



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖRAPORTTI

RUNKOVERKON HALLINTA
Suorituskyky ja dokumentointi

Veli-Matti Kimonen

Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma
Huhtikuu 2007
Työn ohjaaja: Harri Hakonen

TAMPERE 2007



Tekijä	Veli-Matti Kimonen	
Koulutusohjelma	Tietojenkäsittely	
Tutkintotyön nimi	Runkoverkon hallinta: Suorituskyky ja dokumentointi	
Työn valmistumis- kuukausi ja -vuosi	Huhtikuu 2007	
Työn ohjaaja	Harri Hakonen	Sivumäärä: 73

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö on toteutettu toimeksiantona Tamico Systems Oy:lle. Työn teoreettisessa viitekehyksessä perehdytään Gigabit Ethernet -standardiin sekä runkoverkon suorituskykyyn ja dokumentointiin. Myös kaapelointi on osa teoreettista viitekehystä. Opinnäytetyö rakentuu liikekeskuksen Gigabit Ethernet -valokuiturunkoverkon ympärille, ja työn tavoitteena onkin tutkia verkonhallintaa erityisesti suorituskyvyn ja dokumentoinnin näkökulmasta. Työssä tutustutaan myös gigabittisen Ethernetin toimintaperiaatteeseen.

Runkoverkon dokumentointia ryhdyttiin toteuttamaan samanaikaisesti verkon rakentamisen kanssa. Huolellinen suunnittelu oli tärkeä osa projektia, jotta dokumentoinnista saataisiin mahdollisimman tehokas ja käytännöllinen myös tulevaisuudessa. Myös dokumentointivälineet ja työn suorittamiseen vaadittavat käytännöt tuli suunnitella huolellisesti, jotta dokumentoinnista muodostuisi mahdollisimman tehokas työväline verkon ylläpitohenkilöstön käyttöön. Dokumentointi tulisi olla riittävän kattava ja tarkka, muttei liian työläs, jotta se tukisi verkon ylläpitotehtäviä mahdollisimman tehokkaasti, erityisesti vaativissa vikatilanteissa.

Runkoverkon rakennusurakan jälkeen verkonhallinta korostui yrityksen siirryttyä verkon rakennusvaiheesta valmiin verkon ylläpitoon. Verkon liikenteen suorituskyvyn mittaamisen tarkoituksena oli muodostaa peruskäsitys runkoverkon liikenteestä ja sen määrästä, jotta niistä saataisiin vertailupohjaa tuleville mittauksille. Mittaukset suoritettiin tutkimalla koko verkon liikennettä SNMP-verkonhallintaohjelmalla, jonka avulla tarkkailtiin runkoverkon pääkytkimen portteja viikon ajan ympäri vuorokauden.

Verkkoliikenteen perustason määrittäminen onnistui verkon liikenteen suorituskyvyn mittauksen avulla. Tarkasteltaessa tuloksia porttikohtaisesti, esille nousi kuusi jakamokytkintä, joiden liikennemäärä oli muita kytkimiä korkeampi. Ajallisesti tarkasteltuna verkon käyttöasteessa ei ollut eri viikonpäivien välillä merkittäviä eroja, mutta päiväkohtaisesti aamu- ja iltapäivän aikaan ilmeni kaksi runsaamman käytön ajanjaksoa. Mittauksissa analysoitiin myös virheiden ja törmäysten määrää, joiden alhainen määrä todisti verkon laitteiston ja kaapeloinnin olevan kunnossa.

Verkon suorituskykyä tulisi tutkia säännöllisin väliajoin, jotta ylläpitohenkilöstö tietäisi verkon liikenteen tilan myös tulevaisuudessa. Dokumentoinnin osalta tarkkuuden määrittäminen on osoittautunut onnistuneeksi, ja dokumentit ovatkin pysyneet hyvin ajan tasalla. Dokumentointivälineitä tulisi kuitenkin kehittää käytettävämmiksi, kun dokumentoitavan tiedon määrä kasvaa.



Author	Veli-Matti Kimonen	
Degree Programme	Business Information Systems	
Title	Core Network Management: Performance and Documentation	
Month and year	April 2007	
Supervisor	Harri Hakonen	Pages: 73

ABSTRACT

The thesis has been done as assignment to Tamico Systems Ltd. The theoretical part of the thesis is based on Gigabit Ethernet standard, cabling and the performance and documentation of the core networks. The empirical information of the thesis has been gathered from shopping centre's Gigabit Ethernet optical fiber core network. The purpose of the thesis is to investigate network management, especially from the performance and documentation point of view. The thesis also explores the functionality principles of the Gigabit Ethernet.

The documentation of the core network has been done simultaneously with the construction of the network. Careful planning was an important part of the project, so that the documentation would be efficient and practical also in the future. Also the documentation tools and practices were carefully planned so in the future documentation would be efficient tool for system administrators to use. The documentation itself should be extensive and accurate, but not too heavy, so it would support network management, especially in the fault situations. The purpose of the network traffic measurements was to get a clear view out of the network traffic levels, so that the data could be used as a comparison point for the future measurements. Measurements were performed by investigating the whole networks traffic using SNMP network management software, which gathered data from the ports of the core switch during one week 24/7.

The definition of the network traffic baseline was succeeded by using the measurement results. The careful investigation, there were six floor distribution switches, in which traffic was higher than in the others. Within the investigated time period there were no specific differences in utilization between different work days. In daily analysis there were two higher utilization spikes to be found, during morning and afternoon. The low amount of errors and collisions improved that the network devices and cabling were functioning well.

In the future, the performance of the core network should be explored within regulated time periods so that the network administrators would know the current status of the network traffic. The accuracy of the documentation is proved to be successful because documents have been well updated. In the future, also documentation tools should be developed as even more useful as the documentation information increases.

Sisällysluettelo

1 JOHDANTO	6
2 TOIMEKSIANTAJA	8
2.1 YRITYS	8
2.2 PALVELUT	8
2.3 TUOTTEET.....	8
3 GIGABIT ETHERNET	9
3.1 HISTORIAA.....	9
3.2 FAST ETHERNETISTÄ GIGABIT ETHERNETIIN.....	11
3.3 KEHYS	12
3.4 MEDIA ACCESS CONTROL	13
3.5 HALF-DUPLEX.....	15
3.5.1 Backoff-algoritmi.....	16
3.5.2 Slot time	17
3.5.3 Törmäykset.....	17
3.5.4 Carrier extension	18
3.5.5 Frame bursting.....	19
3.6 FULL-DUPLEX	20
3.7 AUTO-NEGOTIATION	21
3.8 SIGNALOINTI JA FYYSINEN VÄLINE	22
4 KAAPELOINTI.....	25
4.1 YLEISKAPELOINTISTANDARDI	25
4.1.1 Aluekaapelointi	26
4.1.2 Nousukaapelointi	26
4.1.3 Kerroskaapelointi	27
4.2 KAAPELIT JA LIITÄNNÄT	27
5 VERKONHALLINTA	29
5.1 HALLINNAN MERKITYS	29
5.2 HALLINNAN OSA-ALUEET	29
6 VERKON SUORITUSKYVYNHALLINTA	30
6.1 ETHERNETIN SUORITUSKYKY.....	30
6.2 SUORITUSKYVYN SEURANTA JA TODENTAMINEN.....	31
6.2.1 SNMP.....	31
6.2.2 RMON.....	33
6.3 SEURANTA-AJAN PITUUS.....	33
6.4 MITÄ TIETOA SEURATAAN?	34
7 VERKON DOKUMENTOINTI.....	36
7.1 DOKUMENTOINNIN MÄÄRITTELY	36
7.2 DOKUMENTOINNIN HYÖDYT	36
7.3 DOKUMENTOINNIN TARKKUUS	37
7.4 TOTEUTUSTAVAT JA -VÄLINEET	38
7.5 VERKKOKARTAT.....	39
7.5.1 Looginen verkkokartta	39
7.5.2 Fyysinen verkkokartta.....	39
8 LIIKEKESKUKSEN RUNKOVERKON KUVAUS.....	40
8.1 LIIKEKESKUS	40
8.2 VERKON YLLÄPITO	40
8.3 LAITTEISTO.....	41

9 DOKUMENTOINNIN KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS.....	42
9.1 TAUSTAA	42
9.2 DOKUMENTOINTIVÄLINEET	42
9.3 DOKUMENTOITAVAT OSAT	43
9.4 NIMEÄMISKÄYTÄNTÖ	45
9.5 RUNKOVERKON KAAPELOINTI	46
9.5.1 Kaapelit ja liittimet	46
9.5.2 Kaapeloinnin merkintä ja värikoodaus	47
9.6 KYTKINTEN KONFIGURAATIOT	48
9.6.1 Konfiguraatiotaulukot	48
9.6.2 Konfiguraatiotiedostot	49
9.7 VLAN-DOKUMENTOINTI	50
9.8 VERKKOKARTAT	51
10 RUNKOVERKON SUORITUSKYVYN MITTAAMINEN.....	52
10.1 TAVOITE	52
10.2 MITTAUSVÄLINEET	52
10.3 MITTAUSTAPA JA MITATTAVAT TIEDOT	53
10.4 SEURANTA-AIKA	53
10.5 MITTAUSTULOKSET	54
11 POHDINTA	62
12 LÄHTEET.....	65
LIITTEET.....	67
LIITE 1: RUNKOVERKON JAKAMOT	67
LIITE 2: JAKAMOT JA RUNKOKUIDUT	68
LIITE 3: LAITEKAAPIN FYYSSINEN KUVAUS	69
LIITE 4: KYTKIMEN KONFIGURAATIOTAULUKKO	70
LIITE 5: VLAN-DOKUMENTTI	71
LIITE 6: VIRTUAALIVERKKOKOHTAINEN DOKUMENTTI	72
LIITE 7: MITTAUSTAVAN LOOGINEN KUVAUS	73

1 Johdanto

Tietoliikenneverkkojen hallinta on tärkeä osa järjestelmätoimittajien ja verkkojen ylläpitäjien toimintaa. Hallinnan merkitys korostuu erityisesti järjestelmien ytimenä toimivissa runkoverkoissa, joiden toiminta heijastuu välittömästi koko järjestelmään. Runkoverkon toimittaminen asiakkaalle on ylläpitoyritykselle valtava projekti, joka ei suinkaan pääty verkon fyysisen rakennusurakan jälkeen. Tämän jälkeen verkon toimintaa tulee ylläpitää, huoltaa ja tarkkailla, sanalla sanoen hallita.

Verkonhallinnan merkitys kasvaa tämän päivän tietoyhteiskunnassa jatkuvasti, eikä suotta. Yhä useammat yritykset panostavat kasvavassa määrin sähköiseen liiketoimintaan ja materiaalia tuotetaan yhä enemmän sähköisessä muodossa. Tietoverkkojen suosio päivittäisessä viestinnässä ja muissa liiketoiminnan rutiineissa korostuu entisestään, yritysten laskiessa toimintaansa yhä enemmän tietoliikenneverkkojen varaan. Tämä lisää luonnollisesti myös verkkojen ylläpidon ja kokonaisvaltaisen hallinnan roolia.

Verkonhallinta on käsitteenä hyvin laaja, ja se voikin pitää sisällään monia eri osa-alueita, jotka kaikki vaikuttavat verkon kokonaisvaltaiseen hallintaan. Näiden kaikkien osa-alueiden läpikäyminen on tämän opin- näytetyön puitteissa hankalaa, ellei jopa mahdotonta, joten tarkoituksena on keskittyä ainoastaan verkon suorituskykyyn ja dokumentointiin.

Opinnäytetyöni rakentuu toimeksiantajayritykseni toimittaman liikekeskuksen runkoverkon ympärille, jonka hallintaan perehdytään suorituskyvyn ja dokumentoinnin osalta. Runkoverkko on toteutettu Gigabit Ethernet -tekniikalla ja se koostuu yhdestä runkoverkon ytimenä toimivasta pääkytkimestä ja siihen liitetyistä kahdestatoista kerroskytkimestä. Kerroskytkimiin on luonnollisesti liitetty vaihteleva määrä lisäkytkimiä ja muita verkon aktiivilaitteita, joita en kuitenkaan pidä runkoverkon perusrunkoon kuuluvina laitteina. Verkon runkokaapelointi on toteutettu valokuidulla.

Tekniikan tunteminen antaa perusedellytykset verkonhallinnalle, ja se helpottaa esimerkiksi vikatilanteiden selvittämistä. Opinnäytetyöni tavoitteena on tutustua verkossa käytettyyn Gigabit Ethernet -tekniikkaan ja tutkia miten se eroaa aiemmista Ethernet-tekniikoista. Mitkä seikat ovat juuri gigabittiselle tekniikalle ominaisia, kehitettäessä yhä nopeampaa verkkotekniikkaa?

Toinen työni tavoitteista on toteuttaa runkoverkon dokumentointia, jotta siitä saataisiin mahdollisimman tehokas työväline verkon ylläpitotehtävien tueksi. Dokumentointiprojektin suunnitteluvaihe nousee tärkeään rooliin, sillä se aloitetaan samaan aikaan runkoverkon rakennusurakan kanssa. Tarkoituksena onkin selvittää toimivan dokumentoinnin ominaisuuksia niin tarpeellisuuden, tarkkuuden kuin työvälineiden osalta. Do-

kumentointi tulisi toteuttaa juuri kyseisen verkon ylläpidon tarpeita ajatellen. Tässä tulisi ottaa huomioon myös verkon mahdollinen laajentuminen ja muut muutokset, jotta se palvelisi käyttäjiään myös tulevaisuudessa.

Yrityksen saatua runkoverkon rakennusurakan päätökseen, siirrytään projektissa rakennusvaiheesta ylläpitovaiheeseen. Järjestelmään ei ole enää lähitulevaisuudessa tiedossa suuria muutoksia, joten verkon liikenteestä olisi saatava perustietoa. Verkon suorituskyvyn mittaamisesta muodostuukin työni kolmas osa-alue.

Verkon suorituskyvyn mittauksen tavoitteena on muodostaa peruskäsitys runkoverkon liikenteestä. Mittausten tarkoituksena on saada käsitys verkon liikennemäärän tasosta, jotta liikennemäärästä saataisiin vertailupohjaa esimerkiksi tulevia mittauksia ajatellen. Mittaukset kohdistuvat siis liikennemäärään, ei liikenteen tyyppiin tai sen sisältöön. Opinnäytetyössäni selvitetään mitä eri välineitä mittausten suorittamiseen on olemassa, ja mitä muuta mittaustapahtumassa tulisi ottaa huomioon, jotta tuloksista saadaan mahdollisimman hyviä. Millainen seuranta-aika mittauksissa kannattaa käytännössä valita, entä mitä tietoa loppujen lopuksi mitataan?

Opinnäytetyöni koostuu rakenteellisesti yhdestätoista pääluvusta. Luvussa kaksi esittelen opinnäytetyöni toimeksiantajayrityksen. Seuraava luku kolme, käsittelee teoreettisesti Ethernetin toimintaperiaatetta, jossa tuodaan esille gigabittiselle tekniikalle ominaisia piirteitä. Luvussa neljä perehdytään verkon kaapelointiin. Luku viisi sisältää teoreettisen yleiskatsauksen verkonhallintaan, joka toimii myös eräänlaisena johdantona seuraaville kahdelle pääluvulle, joissa käsittelen pääaiheitani verkon suorituskykyä ja dokumentointia. Luvussa kahdeksan esittelen liikekeskuksen runkoverkon, jonka ympärille koko työni perustuu. Luvuissa yhdeksän ja kymmenen käsitellään työni käytännönosuutta, jotka sisältävät myös työn tulokset. Työni viimeinen varsinainen tekstiluku 11 sisältää pohdintaa työn tuloksista ja päättää työn yhteenvedon muodossa.

2 Toimeksiantaja

2.1 Yritys

Opinnäytetyöni toimeksiantajana toimii vuonna 1986 perustettu Tamico Systems Oy, joka on Tampereella toimiva ICT-alan asiantuntijayritys. Yritys vastaa PK-yritysten ICT-ratkaisuista Pirkanmaan ja Etelä-Suomen alueella. Tamico Systems Oy:n tavoitteena on toimia asiakasyrityksen kokonaisvaltaisena osaavana IT-kumppanina tietotekniikan ja yritystoiminnan haasteissa. Yritys sijaitsee Tampereen Rantaperkiössä ja sen toimitusjohtajana toimii Hannu K. Mattila. Henkilöstöä yrityksessä on kaiken kaikkiaan 16.

2.2 Palvelut

Yrityksen tärkeimmät palvelut pitävät sisällään ICT-järjestelmien ylläpidon, järjestelmätoimitukset, tietoturvalliset verkot sekä web-pohjaiset sovellukset. Myös tietoturvallinen etähallinta on merkittävä osa yrityksen toimintaa.

Tietotekninen järjestelmä vaatii jatkuvaa ylläpitoa toimiakseen tehokkaasti. Yrityksen konsultointi-, ylläpito- ja tukipalvelut mahdollistavat kokonaisjärjestelmien kustannusten hallinnan, konsultoivalla ja systemaattisella vikojen ennaltaehkäisyllä. Ylläpitotoimien työkaluna toimii myös tehokas dokumentointi, jonka avulla tiedot asiakasyrityksen tietojärjestelmästä pidetään ajan tasalla. Ongelmatilanteet, tietoturvan ja tietoliikenteen asettamat muuttuvat haasteet sekä varmistusjärjestelmien valvonta pystytään hoitamaan keskitetysti myös etäkäytöllä. Kokonaisjärjestelmien ja niiden eri osa-alueiden toimitukset ovat myös luonnollinen osa yrityksen toimintaa.

Yrityksen toimenkuvaan kuuluvat myös asiakkaan tarpeita vastaaviksi räätälöidyt web-pohjaiset sovellusratkaisut. Sivustojen perustana on tietokanta, joka mahdollistaa sisällön helpon ja nopean päivittämisen suoraan selaimella. Tietokanta mahdollistaa myös monikielisuuden, nopeat haut ja integroinnin asiakkaan muihin operatiivisiin järjestelmiin.

2.3 Tuotteet

Yritys toimittaa asiakkailleen kaikki tietojärjestelmissä tarvittavat laitteet ja niihin liittyvät tarvikkeet, kuten palvelimet, työasemat, kannettavat, tulostimet sekä muut oheislaitteet ja ohjelmistot. Myös palomuurit ja muut verkkotekniikan laitteet kuuluvat yrityksen tuotevalikoimaan. Yrityksen tärkeimmät yhteistyökumppanit ovat Hewlett Packard, Microsoft, SonicWall, F-Secure ja American Power Conversion - APC.

3 Gigabit Ethernet

3.1 Historiaa

Vuonna 1980 niin kutsuttu DIX-ryhmä esitteli Ethernetistä version 1, joka perustui loogiseen väylään. Tämä, aluksi DIX-standardina tunnettu Ethernetin ensimmäinen versio piti sisällään Ethernetin toiminnan sekä paksun koaksiaalikaapelin määrittäykset. DIX-nimi muodostui projektissa mukana olleiden yritysten nimien alkukirjaimista. Tämän yhteenliittymän muodostivat Digital, Intel ja Xerox. Samaan aikaan kun DIX-yhteenliittymä julkaisi oman standardinsa Ethernetistä, Insititute of Electrical and Electronics Engineerin eli IEEE, oli jo aloittanut projektin, jonka tarkoituksena oli avoimien verkkostandardien kehittäminen. (Puska 2000: 47, Spurgeon 2001: 29.)

IEEE on vuonna 1963, alun perin Yhdysvalloissa perustettu tietokone- ja sähköinsinööreistä koostuvat yhdistys, joka kehittää ja ylläpitää alaan liittyviä standardeja. Nykyään yhdistyksen toiminta on laajentunut ja sen jäsenet koostuvatkin alan ammattilaisista ympäri maailmaa. IEEE on aatteellinen yhteisö, joka julkaisee myös alan tärkeimpiä tiedelehtiä. (www.ieee.com)

DIX oli luonut Ethernet-käsitteen oman DIX-standardinsa myötä, mutta siltä puuttui vielä kansainvälisesti tunnetut normit ja määritykset. IEEE:n työ Ethernetin standardisoinnista edistyi, tavoitteena olikin tehdä siitä teollisuuden lähiverkkostandardi myös toimistoympäristöön. Hanketta vietin eteenpäin nimeämällä komitea, joka tunnettiin nimellä Project 802. Tälle komitealle perustettiin vuonna 1981 alikomitea 802.3, jonka työn tulos alkoi näkyä puolitoista vuotta myöhemmin, jolloin 19 yritystä antoi tukensa uudelle IEEE 802.3 -luonnokselle. Vuonna 1983 projekti kruunattiin hyväksymällä luonnos viralliseksi IEEE 10Base5 -standardiksi. Lopullinen nimi muodostui käsitteistä nopeus (10 Mb), signaalityyppi (Baseband) ja segmentin pituus (500). Standardi hyväksyttiin myös International Organization for Standardization -järjestelmään (ISO), jonka myötä laitevalmistajat ympäri maailmaa voivat valmistaa toistensa kanssa yhteensopivia 802.3-standardin mukaisia laitteita. (Jaakohuhta 2002: 14.)

Ethernet kehittyi nopeasti suosituimmaksi lähiverkkotekniikaksi, joten paineet sen kehittämiseksi olivat edelleen suuret. Ethernetin käyttö siirtyi testiverkoista tuotantoverkkoihin, joten verkon toiminta piti olla yhä luotettavampaa. Tietoteknisen kehittymisen myötä myös laitteiden verkottaminen tuli yhä ajankohtaisemmaksi samalla, kun laitteiden vaatima lisäkapasiteetti asetti yhä kovemmat paineet myös verkon kapasiteetille. Verkkotekniikan kehittyessä ja pienempien lähiverkkojen yleistyessä tuli tarve liittää olemassa olevia verkkoja toisiinsa, muodostamalla yhä suurempia verkkokokonaisuuksia. Ethernet-verkot, jotka perustuivat jaettuun

mediaan, joutuivat yhä kovemmalta koetukselle verkkojen käyttäjämäärien kasvaessa. Jaetun median toiminta perustuu tekniikkaan, jossa verkon liikennettä seurataan ja kuunnellaan. Mikäli lähettävä asema havaitsee, että verkossa on liikennettä, se odottaa verkkomedian vapautumista ennen lähetyksen aloittamista. Näin ollen verkon laajentuessa ja käyttäjien lukumäärän kasvaessa, verkon kapasiteetti vähenee. (Jaakohuhta 2003: 14.)

Verkon tehokkuutta ryhdyttiin lisäämään kehittämällä verkon aktiivilaitteita. Siltaa (bridge) käytettiin jo lähes Ethernetin alkuajoista lähtien yhdistämään verkon eri segmenttejä. Sillassa käytettiin alun perin ainoastaan kahta porttia välittämään verkon liikennettä verkon segmentistä toiseen. Siltaa kehitettiin, ja työn tuloksena syntyikin moniporttinen laite, joka pystyi näin ollen yhdistämään samanaikaisesti useita eri verkon segmenttejä toisiinsa. Lisäkehityksen myötä laitteesta ryhdyttiin käyttämään nimitystä kytkin (switch), joka erosi edeltäjästään sillasta monien parannettujen ominaisuuksien myötä. Ensimmäinen kytkin sai nimen EtherSwitch EPS-700 vuonna 1990. (Jaakohuhta 2003: 14.)

Kytöntä käytettäessä jokainen käyttäjä voitiin kytkeä omaan porttiinsa, jolloin sen ei tarvinnut jakaa portin kapasiteettia kenenkään toisen käyttäjän kanssa. Lisäksi kytkin sijoitettiin verkon keskelle, eikä reunalle, kuten siltaa käytettäessä. Yksi perinteisen sillan suurimmista ongelmista olivat lähetysviiveet (transmission delay), koska laitteen täytyi lukea koko paketti ennen sen lähettämistä eteenpäin. Kytkimen ominaisuuksiin kuului niin kutsuttu Cut-through-menetelmä, jonka ansiosta paketti voitiin välittää eteenpäin heti kun kohteen osoite oli luettu. Tämä oli huomattavasti edeltäjänsä Store-and-forward-metodia nopeampi vaihtoehto. (Jaakohuhta 2003: 15.)

1980-luvulla alkuperäiseen koaksiaalikaapeliin liittyvät ongelmat nousivat entistä enemmän esille, koska verkkoon kytkettävien koneiden määrä lisääntyi jatkuvasti. Tuolloin käytettiin vielä paksua koaksiaalikaapelia, jonka asentaminen kiinteistöihin oli hankalaa. 1980-luvun puolivälissä markkinoille tullut ohut koaksiaalikaapeli helpotti tilannetta hieman, mutta koaksiaalikaapeliin perustuvaa verkkoa oli edelleen hankala hallita. 1980-luvun lopulla koaksiaalikaapeli-tekniikalle saatiin vihdoin vaihtoehto, kun SynOptics Communication -niminen yritys julkaisi keksinnön, joka piti sisällään kierrettyyn parikaapeliin perustuvan Ethernetin. Innovaation mukaan verkko voitiin rakentaa nyt tähtimäiseen kaapelointitopologiaan perustuen, jolloin tietokoneet kytketään yhteiseen keskittimeen. Tämä keksintö oli suuri mullistus Ethernetille, jonka myötä järjestelmien asentaminen, hallinta ja vianselvitys helpottuivat merkittävästi. (Spurgeon 2001: 44.)

Toinen fyysiseen kaapelointiin liittyvä innovaatio oli full-duplex Ethernet-liikenne. Tämä mahdollisti liikenteen lähettämisen ja vastaanottamisen samanaikaisesti, joka oli jaetun median tunnettu ongelma. Kahden suun-

taisen (full-duplex) liikenteen teki mahdolliseksi kierretty parikaapeli (10BaseT), joka erotteli lähtevän ja saapuvan liikenteen kaapelin sisällä. Full-duplex otettiin käyttöön vuonna 1993, ja kaksi vuotta myöhemmin IEEE ryhtyi standardisoimaan sitä, julkaisten lopulta vuonna 1997 full-duplex-standardin IEEE 802.3x. (Jaakohuhta 2003: 15)

3.2 Fast Ethernetistä Gigabit Ethernetiin

Tietoteknisen kehityksen jatkuva kasvu heijastuu myös Ethernetin kehitykseen, sillä verkon täytyy pystyä tarjoamaan yhteydet verkonlaitteiden välille niiden kehittyessä. Tästä syystä Ethernetiä kehitettiin jatkuvasti ja uutta tekniikkaa luotiin, jotta se pystyisi vastaamaan yhä tehokkaampien laitteiden vaatimuksiin.

Ethernet koki 1990-luvulla selkeän parannuksen. 10Base-T-standardin tekniikkaa kehitettiin edelleen, ja tuloksena olikin kymmenen kertaa tehokkaampi Fast Ethernet (100Base-T), joka vastasi paremmin 1990-luvun huikkeen tietotekniikka-alan kasvun asettamiin vaatimuksiin. Tekniikka nousi huimaan suosioon ja standardia tukevien verkkolaitteiden ja komponenttien määrä nousi nopeasti. Erityisesti palvelinten yhä nouseva tehokkuus ja kaistanvaatimus todistivat sen, että Ethernetiä tuli kehittää yhä tehokkaammaksi. (Intel Corporation 2001: 4 - 5.)

Lopullinen ratkaisu saatiin parin vuoden kuluttua, kun standardi Fast Ethernetistä otettiin virallisesti käyttöön vuonna 1995. Tämä standardi perustui kierretyn parikaapelin lisäksi valokuitukaapelointiin, jotka molemmat tarjosivat nopeat yhteydet runkoverkkoihin. (Jaakohuhta 2003: 17)

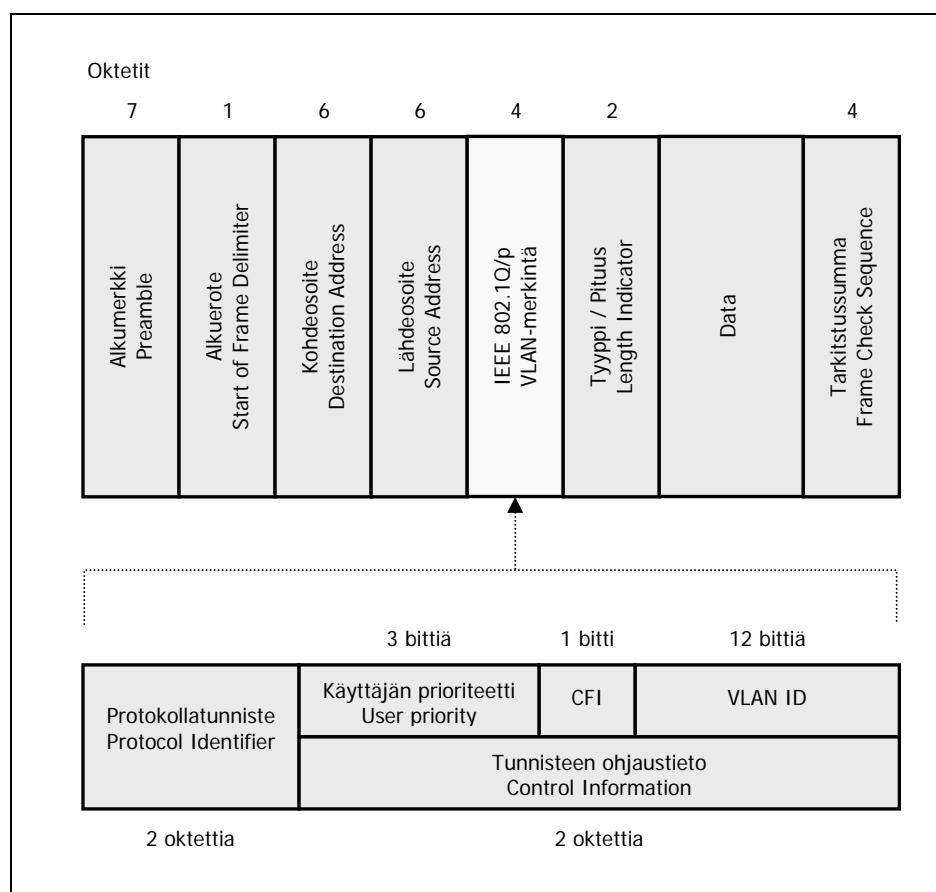
Fast Ethernetin seuraava kehitysaskel oli Gigabit Ethernet, joka standardisoitiin nimellä IEEE 802.3z. Tämä standardi nosti maailman suosituimman verkkotekniikan nopeuden 1000 megabittiin sekunnissa, joten se muodostui ideaaliseksi runkoverkkojen toteutusvälineeksi. Gigabit Ethernet oli luonnollinen jatke kehitykselle ja yksi sen tärkeimmistä ominaisuuksista onkin yhteensopivuus sitä edeltäneisiin Ethernet-tekniikoihin. Se onkin rakennettu 802.3-standardiin perustuen, mutta sisältää muutamia lisäominaisuuksia, jotka ovat tyypillisiä ainoastaan 802.3z-standardille. (Frazier 1998: 6)

Seuraavassa vielä Gigabit Ethernet Alliancen (1998: 8) laatima tiivistetty lista 802.3z-standardin ominaisuuksista:

- Tukee sekä full- että half-duplexia 1000 Mbps nopeudella
- Käyttää Ethernetin 802.3-standardin mukaista kehysrakennetta
- Käyttää CSMA/CD-protokollaa (Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection)
- Yhteensopiva 10Base-T- ja 100Base-T-standardien kanssa

3.3 Kehys

Ethernet-järjestelmän toimintaperiaatteen ymmärtäminen on ehdoton edellytys verkon hallinnalle. Kehys (frame) on Ethernet-järjestelmän ydin, joita on olemassa kahta eri tyyppiä, alkuperäiseen DIX-standardiin perustuva Ethernet ja sitä myöhemmin tarkennettu IEEE 802.3. Näiden kahden kehystyyppin välillä on vain pieniä rakenteellisia eroja, mutta silti ne ovat toistensa kanssa yhteensopimattomia. Tämä on käytännön kannalta erittäin hankalaa, koska koko verkon tulee koostua pelkästään jompaakumpaa kehystyyppiä tukevista laitteista. Onneksi lähes kaikki laite- ja ohjelmistovalmistajat valmistavat 802.3-yhteensopivia tuotteita, joten IEEE:n standardoima 802.3-kehys on käytännössä ainoa käytettävä kehystyyppi. Vain pieni osa valmistajista valmistaa DIX Ethernet-kehysten yhteensopivia, ja vielä pienempi molempia kehystyyppiä tukevia laitteita. Kuviossa 1 on esitetty IEEE 802.3 -kehys. (Held 2003: 156.)



Kuvio 1. IEEE 802.3- kehysen rakenne (Jaakohuhta 2002: 90)

Kuvion 1 mukaan kehysen rakenteeseen sisältyy **VLAN tag** -kenttä, joka kertoo mihin virtuaaliverkkoon eli VLANiin (Virtual Local Area Network) kehys kuuluu. Tämä kenttä on kooltaan neljä tavua eikä se esiinny vakiona kaikissa IEEE 802.3 -kehyksissä, vaan se lisätään kehys-

seen, mikäli kehys kuuluu johonkin VLANiin. Tällöin kehyskokokin kasvaa normaalista 1518 tavusta 1522 tavuun. (Spurgeon 2001: 69.)

Virtuaalinen lähiverkko mahdollistaa verkon jakamisen pienempiin lähetyksiäalueisiin, jossa vain samaan virtuaaliverkkoon liitetyt laitteet voivat liikennöidä keskenään. Verkot jaetaan siis fyysisen jaottelun sijasta loogisesti, jolloin virtuaaliverkon laitteita ei tarvitse liittää samaan kytkimeen, vaan laitteet voivat sijaita esimerkiksi eri kerroksissa. IEEE 802.1Q standardinakin tunnettu virtuaalinen lähiverkkotekniikka helpottaa verkon ylläpitoa ja tekee verkkoratkaisujen toteutuksesta joustavampaa. (Puska 2000: 104 - 105.)

VLAN tag -kenttä koostuu kahdesta kahden tavun kokoisesta osasta, **protokollatunnisteesta** (Protocol Identifier) ja **Tunnisteen ohjaustiedosta** (Control Information). Näistä jälkimmäinen jakautuu kolmeen alakenttään **Käyttäjän prioriteetti** (User priority), **CFI** (Canonical Format Indicator) ja **VLAN ID**. 12-bittinen VLAN ID ilmoittaa mihin VLAN-verkkoon kehys kuuluu, eli tämän kentän avulla tiedetään minkä virtuaaliverkon jäsenille paketti lähetetään. Käyttäjän prioriteetti-arvolla voidaan määrittellä 8 eri aikaluokkaa, jonka avulla ohjataan pakettien tärkeysaste. (Jaakohuhta 2002: 89 - 90.)

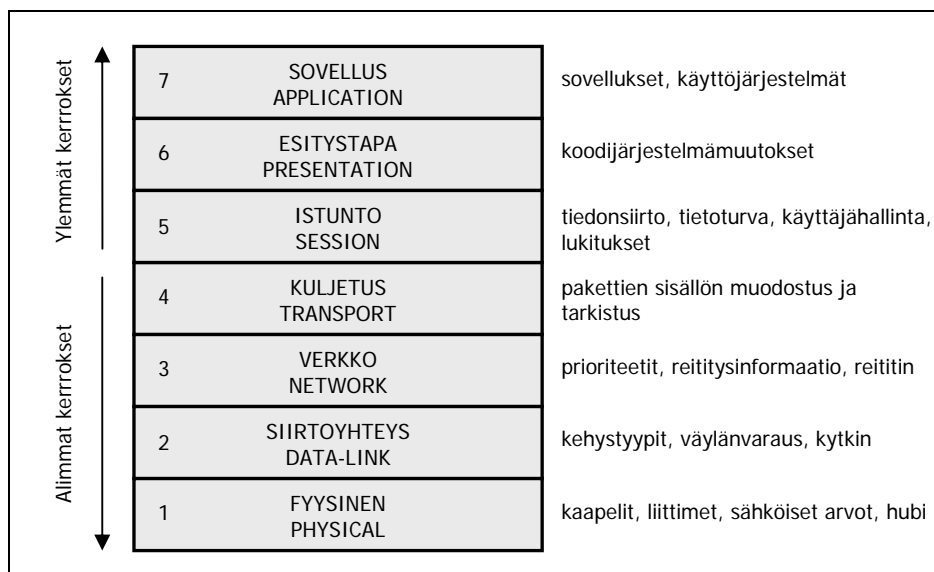
3.4 Media Access Control

Edellä käytiin läpi Ethernetin perusosan, kehyksen rakenne. Seuraavaksi käsitellään toimintaperiaatetta, jolla kehyksiä siirretään Ethernet-verkossa. Ethernetin ydintoiminta tapahtuu Media Access Control-tasolla.

Lähes poikkeuksetta verkkotekniikoiden ja tietojärjestelmien yhteydessä puhutaan OSI-viitemallista (Open Systems Interconnection Reference Model) (Kuvio

2). Viitemallista yritettiin alun perin tehdä standardia, joka mahdollistaisi eri laite- ja ohjelmistovalmistajien tuotteiden täydellisen yhteensopivuuden. Valmistajien välinen kilpailu johti kuitenkin hankkeen epäonnistumiseen, mutta OSI-mallia käytetään edelleenkin tietoliikennejärjestelmien kuvaamiseen. (Hakala & Vainio 2005: 138.)

Malli koostuu seitsemästä tietojärjestelmän kerroksesta, jossa jokainen kerros kuvaa järjestelmän yhtä perustehtävää. Malli on yleispätevä kuvaus järjestelmän rakenteesta ja toiminnasta, jonka avulla on helpompi ymmärtää monimutkaisimpiakin järjestelmiä ja niihin kuuluvien osakokonaisuuksien yhteistoimintaa. (Hakala & Vainio 2005: 138.)



Kuvio 2. OSI-viitemallin seitsemän kerrosta (Hakala & Vainio 2005: 138)

OSI-mallin kaksi alinta tasoa koostuu fyysisestä kerroksesta (physical) ja siirtoyhteyskerroksesta (data-link). Siirtoyhteyskerros määrittelee kuinka data muodostetaan kehyksiksi ja siirretään verkossa, kun taas fyysinen kerros pitää sisällään fyysiset laitteet ja signaaloinnin. Siirtoyhteyskerros on jaettu edelleen kahteen alikerrokseen: Alierroksen ylin kerros on nimeltään Logical Link Control (LLC) ja alempi Media Access Control (MAC). (Frazier & Johnson 1999: 24 - 25)

LLC-alikerros vastaa palveluista OSI-mallissa sen yläpuolella oleville kerroksille. MAC-kerros, joka tasapainottelee fyysisen ja LLC-alikerroksen välissä, pitää sisällään algoritmit, joiden avulla dataa lähetetään ja vastaanotetaan Ethernet-väylässä. MAC pitää sisällään myös CSMA/CD-protokollan, jota voidaan pitää Ethernetin toiminnan sydämenä. Tämä metodi oli painavin syy siihen, miksi Ethernetistä tuli maailman suosituin verkkotekniikka. (Ogletree 2001: 133 - 134)

Ethernet-verkossa jokainen verkon jaettuun väylään liitettävä laite toimii täysin itsenäisesti, riippumatta toisten laitteiden toiminnasta. Ethernet käyttää kehysten, eli pakettien lähettämiseen yleislähetystekniikkaa (broadcast). Tämä tekniikka tarkoittaa sitä, että mikäli Ethernet-verkkoon liitetty laite haluaa lähettää dataa toiselle laitteelle, kaikki jaettuun väylään liitetyt laitteet kuulevat lähetyksen. Vastaanotettuaan signaalin jokainen laite vertaan paketin kohdeosoitekenttää omaan osoitteeseensa. Mikäli osoitteet ovat samat, laite lukee koko paketin, mutta mikäli osoitteet eivät täsmää, laite ei vastaanota kyseistä kehystä kokonaan. (Spurgeon 2001: 50.)

3.5 Half-duplex

Gigabit Ethernetin half-duplex-tilassa kaikki asemat jakavat keskenään yhteisen signalointikanavan ja käyttävät samaa CSMA/CD-menetelmää. CSMA/CD-protokollan toimintaa voidaan kuvailla käytännönläheisesti kahvipöytäkeskustelun avulla. Kaikki pöydän ääressä istuvat henkilöt eivät voi puhua samaan aikaan, vaan jokaisen on odotettava omaa vuoroaan. Tätä tilannetta voisi kuvailla osuvasti myös Ethernet-termeillä, jossa jokaisen keskustelijan on odotettava hetken hiljaisuutta (Carrier Sense) ennen keskustelun avaamista. Tämä keskustelunavausmahdollisuus on kaikille kahvipöydän ääressä istuville henkilöillä (Multiple Access). Mikäli hetken hiljaisuuden jälkeen kaksi henkilöä avaa keskustelun samanaikaisesti, he molemmat huomaavat tämän ja keskeyttävät puheensa (Collision Detect). Hetken hiljaisuuden jälkeen toinen keskustelijoista jatkaa juttuaan toisen odottaessa omaa vuoroaan. (Marshall & Rinaldi 2005: 31.)

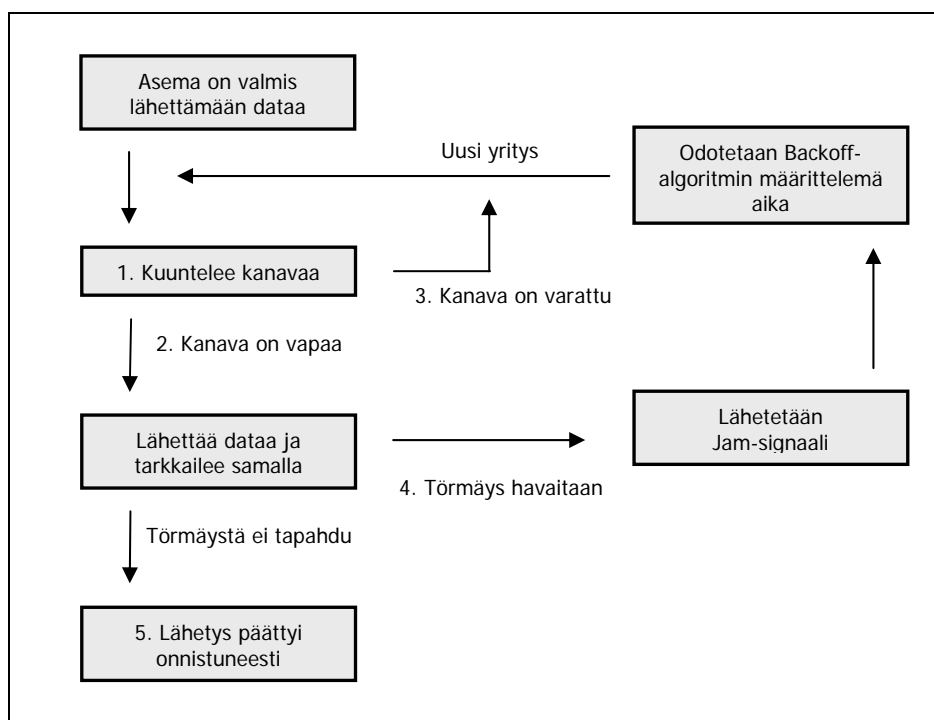
Edellinen esimerkki kuvaa hyvin Ethernetin CSMA/CD-protokollan toimintaa, jota voidaan kuvailla osuvasti myös ”Kuuntele ennen kuin lähetät-protokollaksi”. Jokainen verkon asema kuuntelee verkkoa ennen datan lähettämistä jaettuun kaapeliin. Mikäli kanava on vapaa, voi datan lähettää eteenpäin. Tänä aikana muut asemat odottavat kanavan vapautumista. (Held 2003: 172.)

CSMA/CD-protokollan toiminta koostuu Ogletreen (2001: 172 - 173) ja Spurgeonin (2001: 73 - 74) mukaan viidestä eri vaiheesta. Tapahtumasarjaa on havainnollistettu seuraavalla sivulla kuviossa 3.

1. Asema kuuntelee verkkoa ja sen liikennettä havaitakseen onko väylä vapaa. Tätä vaihetta kuvataan **Carrier Sense**-vaiheeksi (**CS**), koska liikennettä sisältävän väylän sanotaan olevan carrier-tilassa.
2. Mikäli asema kuulee, että verkossa ei ole carrier-signaalia, se ymmärtää väylän olevan vapaa ja odottaa vielä lyhyen hetken ennen lähettämistä. Tätä lyhyttä hetkeä kutsutaan nimellä IFG (Inter Frame Gap). Mikäli asema haluaa lähettää useita kehyksiä samalla kertaa, täytyy kehysten lähetysten välissä odottaa aina IFG:ä vastaava aika, joka Gigabit Ethernetissä on 96 nanosekuntia. Jos useampi asema havaitsee verkon olevan vapaa, on kaikilla mahdollisuus lähettää väylään dataa. Tätä mahdollisuutta kuvataan termillä **Multiple Access (MA)**.
3. Jos asema havaitsee carrier-signaalia väylässä, se jää tarkkailemaan kanavaa, eli palaa vaiheeseen 1.
4. Koska jokaisella laitteella on mahdollisuus lähettää vapaaseen kanavaan dataa, ovat törmäykset mahdollisia. Törmäys aiheuttaa signaalien vääristymisen kanavassa, jolloin laitteet havaitsevat törmäyksen. Tätä toimintoa kuvataan termillä **Collision Detection (CD)**. Törmä-

yksen havaittuaan asema lähettää verkon muille laitteille 32 bitin mittaisen ilmoituksen, jota kutsutaan nimellä Collision Enforcement Jam signal, eli lyhyesti Jam. Tämän jälkeen asema odottaa perääntymisalgoritmin (backoff) määrittelemän ajan verran ja siirtyy takaisen vaiheeseen 1.

- Mikäli 10 Mbps:n tai 100Mbps:n asema on onnistunut lähettämään kehyksestä ensimmäiset 512 bittiä ilman törmäyksiä, ei niitä pitäisi enää esiintyä. Tätä 512-bittiä vastaavaa aikaa kuvataan Ethernetissä termillä Slot time.



Kuvio 3. CSMA/CD-protokollan toiminta.

3.5.1 Backoff-algoritmi

Kuten CSMA/CD-protokollan toimintavaiheissa todettiin, törmäyksen tapahtuessa asema käyttää **perääntymisalgoritmia (backoff)**. Tämän toiminnon tarkoituksena on määritellä törmäyksen jälkeinen aika, jonka asema joutuu odottamaan ennen datan uudelleenlähetyksyritystä (Ogletree 2001: 173).

Ajan määrittelyyn Backoff-algoritmi käyttää Truncated Binary Exponential Backoff Algorithm- laskukaavaa. Kaavan tuloksena syntyy satunnainen arvo, jota käytetään määrittelemään asemalle aika, jonka verran se joutuu odottamaan ennen datan lähettämistä uudelleen. Algoritmin toiminnan kannalta on olennaista, että laskukaavasta syntyy satunnainen eikä kiinteä luku. Mikäli asemat odottaisivat törmäyksen jälkeen aina vakioajan, olisi todennäköistä, että molemmat asemat lähettäisivät dataa jälleen yhtä aikaa, aiheuttaen näin ollen uuden törmäyksen. Mikäli

asema joutuu törmäykseen useita kertoja peräkkäin, backoff-algoritmi määrittelee odotusajan yhä suuremmalla aikavälillä, jolloin törmäyksen todennäköisyys seuraavalla lähetyskerralla pienenee. (Ogletree 2001: 173.)

3.5.2 Slot time

Spurgeonin (2001: 75 - 77) mukaan Ethernetissä Slot time -arvolla tarkoitetaan aikaa, jossa signaali kulkee edestakaisin maksimilaajuisen verkon päästä päähän. Tästä on myös käytetty nimitystä Physical-layer round-trip time. Tämä aika-arvo luonnollisesti vaihtelee, koska siihen vaikuttavat muun muassa käytetty kaapeli ja laitteiden lukumäärä verkossa. Koska Slot timessa lasketaan yhteen kaikki läpäisysignaaliivievet, tulee siinä huomioida myös törmäyksien tapahtumiseen vaadittava enimmäisaika. Tässä huomioidaan aikaväli törmäyksen tapahtumisen ja sen jälkeisen Jam-viestin lähettämisen välillä.

Edellä mainitut ajat lasketaan yhteen, joka antaa tulokseksi Slot timen. Sen arvoksi saatiin muutama lisäbitti lisäämällä lopulta 512 bittiä, joka vakioitiin käytettäväksi Ethernetissä. Slot timea käytetään kahteen eri tarkoitukseen: Se toimii backoff-algoritmin perusaikayksikkönä, jolloin se määrittelee algoritmin muodostaman uudelleenlähetyksen odotusajan. Lisäksi sen avulla määritetään yläraja kanavan haltuunotolle. Tämä tarkoittaa sääntöjen mukaan sitä, että mikäli asema onnistuu lähettämään dataa vähintään 512 bitin verran, törmäyksiä ei enää tämän jälkeen pitäisi syntyä. Tuon 512 bitin jälkeen aseman sanotaan ottaneen kanavan haltuunsa. (Spurgeon 2001: 75 - 79.)

3.5.3 Törmäykset

Vaikka CSMA/CD-protokollan tarkoituksena on estää asemia lähettämästä dataa toisilleen samanaikaisesti, voi tämä kuitenkin olla mahdollista. Näitä yhtäaikaisista lähetyksiä kutsutaan siis törmäyksiksi (collision) ja ne kuuluvat Ethernetin normaaliin toimintaan, ja ne itse asiassa ilmentävätkin protokollan toimivan oikealla tavalla. Törmäyksistä toipuminen tapahtuu todella nopeasti, sillä esimerkiksi 10 Mbps:n Ethernetissä törmäyksen jälkeiseen normaalitilaan siirrytään sekunnin miljoonasosissa. (Spurgeon 2001: 53 - 54.)

Törmäyksistä puhuttaessa on todettava myös, etteivät ne vaikuta millään lailla datan eheyteen. Toisin kuin usein luullaan, data ei korruptoidu törmäysten yhteydessä, vaan tilanne ratkaistaan uudelleenlähetyksellä (Spurgeon 2001: 81).

Milloin verkossa esiintyy liikaa törmäyksiä? Tämä on aiheellinen kysymys, koska törmäyksien esiintyminen kuvaa sen normaalia toimintaa. Ogletreen (2001: 174) mukaan verkossa voi esiintyä ongelma, mikäli laite havaitsee törmäyksiä sillä tiheydellä, mikä vastaa prosenttia koko verkkoliikenteen määrästä. Törmäyksien määrä kasvaa myös sen käyttöasteen noustessa, eli mitä enemmän laitteita kytketään verkkoon, sitä todennäköisemmin myös törmäysten määrä kasvaa. Syy suureen törmäysmäärään voi olla esimerkiksi viallisessa verkkokortissa, väärässä verkotopologiassa tai laitteiden duplex-ristiriidasta. Asiaa voi tutkia erilaisen valvontatyökalujen ja verkkoanalysointilaitteiden avulla.

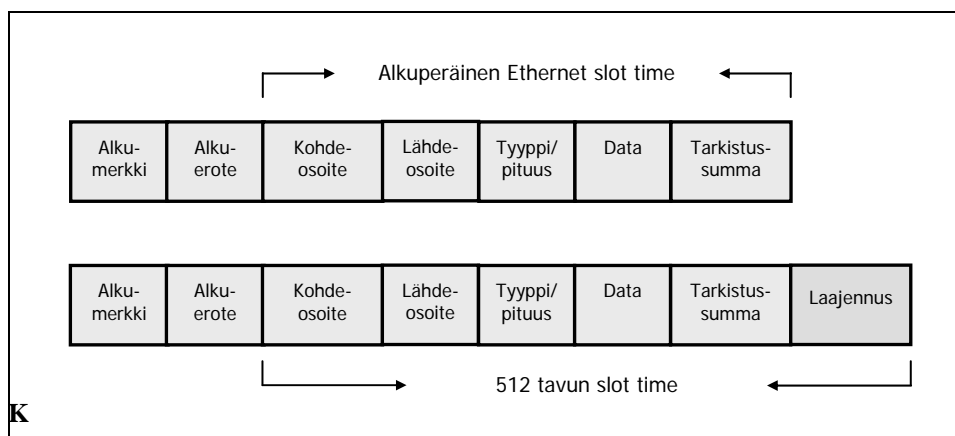
Gigabittisen Ethernetin osalta half-duplex-tilan toteuttaminen on vaatinut muutaman lisäominaisuuden kehittämisen, jotta se toimisi samalla periaatteella kuin hitaimmissakin Ethernet-tekniikoissa. Näihin muutoksiin perehdymme seuraavaksi.

3.5.4 Carrier extension

CSMA/CD-protokollan ja koko Ethernetin toiminnan kannalta tärkeä Slot time määriteltiin aikana, jolloin perinteinen 10 Mbps Ethernet ja Fast Ethernet olivat ainoat Ethernet-johdannaiset. Koska verkon kaapelointi ja Slot timen pituus ovat toisistaan riippuvaisia tekijöitä, asetti myöhemmin kehitelty Gigabit Ethernet laadittuihin menetelmiin ongelmia. Slot timen pituus oli toimiva gigaista Ethernetiä hitaimmille Ethernet-tekniikoille, mutta sen käyttäminen sellaisenaan gigabittiseen järjestelmään olisi aiheuttanut harmia. Mikäli Slot timen pitäminen alkuperäisessä 512 bitissä olisi toteutunut, gigabittisen Ethernet-verkon läpimitta olisi voinut olla half-duplex-muodossa maksimissaan 20 metriä. Tämä matka olisi rajoittanut liikaa tekniikkaa, joka kehitettiin nopeimpia runkoverkkoja ajatellen. (Spurgeon 2001: 77 – 78.)

Ongelmaa ratkaistaessa Ethernetin kaikille nopeusluokille yhteistä rakennetta ei haluttu muuttaa liikaa, koska sitä pidettiin toimivana. Gigabittiselle Ethernetille kehitettiin lisäominaisuus, joka säilytti kehyksen minimikoon 512 bitissä, mutta kasvatti Slot timen 512 tavuun. (Spurgeon 2001: 78)

Tämä lisäominaisuus oli nimeltään **Carrier extension**, joka lisäsi gigabittiseen Ethernet-kehykseen kaivatun lisäosan. Tämä kehysrakenteen loppuun sijoitettu laajennusosa varmistui, että Slot time-arvo kasvoi 512 tavuun käytettäessä half-duplexia (Kuvio 4). Kuten kuviosta 4 näkyy, muutos ei vaikuta varsinaisen kehyksen kokoon, vaan lisää ainoastaan kehyksen kanavassaoloaikaa. (Held 2003: 187 - 188)



Kuvio 4. Alkuperäinen Ethernet- ja Gigabit Ethernet -kehys (Held 2003: 188)

Laajennusosa koostuu laajennusbiteistä (extension bits), jotka koostuvat dataa sisältämättömistä signaaleista. Näiden avulla kehyksen bittiaika lähetettäessä kanavaan kasvaa 4096:een bittiin eli 512 tavuun. Tämä tekniikka mahdollistaa pidempien kaapeleiden käytön, jolloin Gigabit Ethernet säilyttää tehokkuutensa runkoyhteyksissä. Pidempää Slot timea käytetään myös Backoff-algoritmin perusaikayksikkönä, aivan kuten normaalissakin kehysrakenteessa. (Spurgeon 2001: 90)

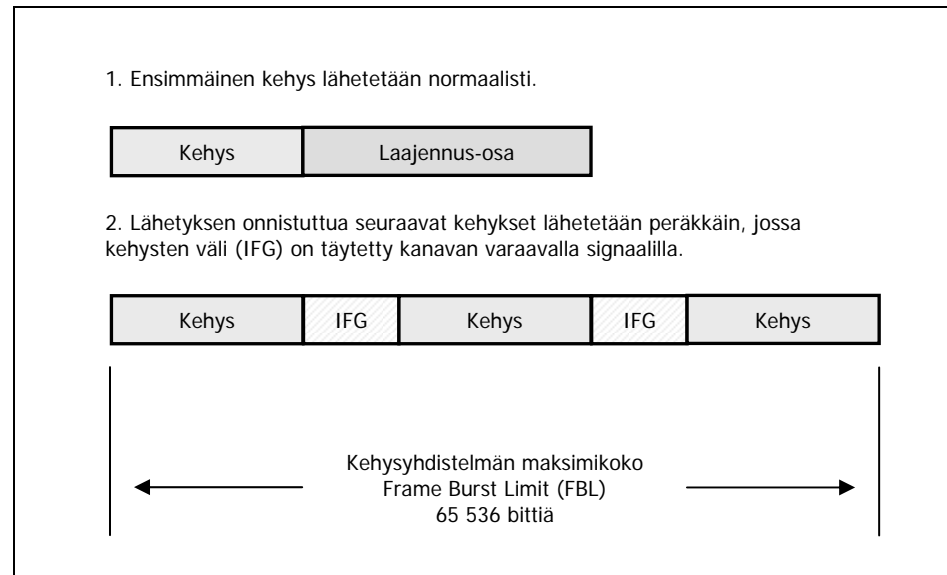
3.5.5 Frame bursting

Carrier-laajennuksen lisäksi gigabitiseen Ethernetiin lisättiin toiminto, joka helpottaa lyhyiden kehysten lähettämistä half-duplex-kanavassa. **Frame bursting** -ominaisuuden avulla asemalla on mahdollisuus lähettää sarja kehyksiä ilman, että se joutuisi luopumaan kanavan varauksesta lähetysten välillä. (Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications 2000: 58.)

Lähetettyään ensimmäisen kehyksen onnistuneesti, asemalla on mahdollisuus lähettää lisäkehyksiä kanavaan, varaamatta väylää uudelleen käyttöönsä. Normaalissa tilanteessa CSMA/CD-protokollan mukaan jokaisella verkon asemalla on päättyneen lähetyksen jälkeen mahdollisuus todeta kanava vapaaksi ja aloittaa oma lähetyksensä. Frame bursting-toiminnon avulla verkon toimivuutta voidaan kuitenkin lisätä pitämällä kanava aktiivisena lyhyiden kehysten lähetysten välillä. (Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications 2000: 59.)

Käytettäessä Frame burstingia lähetyksen ensimmäinen kehykset lähetetään aina normaalisti, sisältäen tarvittaessa laajennusosan (Kuvio 5). Kun kehykset on lähetetty onnistuneesti verkon yli, ryhtyy asema lähettämään kanavaan seuraavia kehyksiä. Jotta kanava pysyisi lähettävälle asemalle varattuna, se lisää kehysten väliin dataa sisältämättömiä signaaleja. Tätä signaalia kutsutaan nimellä Inter Frame Gap (IFG). Tällöin verkon muut

laitteet ymmärtävät kanavan olevan yhä käytössä, eivätkä aloita omia lähetystään. Ensimmäisen kehyksen jälkeiset kehykset eivät sisällä laajennusosaa. (Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications 2000: 59.)



Kuvio 5. Frame bursting (Spurgeon 2001: 92)

Kehyksiä voidaan lähettää kanavassa niin kauan, kunnes FBL-rajaa tulee vastaan. Frame Burst Limit-rajaa on määritelty 65 536 bittiin, jottei frame burstingia käyttävä asema varaisi kanavaa liian pitkäksi ajaksi omaan käyttöönsä. (Spurgeon 2001: 92.)

Frame bursting-toiminto parantaa Gigabit Ethernetin toimintaa half-duplex-tilassa huomattavasti. Mikäli toimintaa ei olisi kehitetty, olisi Gigabit Ethernet vain kaksi kertaa Fast Ethernetiä nopeampi. Nyt lyhyitä kehyksiä lähetettäessä Gigabit Ethernet saavuttaa noin yhdeksänkertaisen nopeuden Fast Ethernetiin verrattuna. Toiminto on myös todella toimiva, koska mahdollinen törmäys tapahtuu aina ensimmäisen kehyksen muodostaman Slot timen aikana, jolloin loput kehyksistä menevät varmasti perille. (Spurgeon 2001: 92 - 93.)

3.6 Full-duplex

Full-duplex eli **kaksisuuntaisuus** tarkoittaa tekniikkaa, jossa laitteella on mahdollisuus lähettää ja vastaanottaa dataa samanaikaisesti. Tämä tehostaa Ethernetin käyttöä perinteiseen vuorosuuntaiseen tekniikkaan verrattaessa, sillä se kaksinkertaistaa verkon teoreettisen nopeuden. Tämä nopeuden muutos toimii myös käytännössä, koska kaksisuuntaisessa Ethernetissä ei pitäisi tapahtua törmäyksiä lainkaan. (Meyers 2003: 145 - 147.)

Kaksisuuntaisuustekniikan toiminta edellyttää kolmen vaatimuksen täyttymistä: Fyysisessä välineessä täytyy olla erilliset kanavat sekä vastaanotettavalle että lähetettävälle datalle, kuten esimerkiksi kierretyssä pari-kaapelissa tai valokuidussa. Lisäksi full-duplex toimitila onnistuu vain, mikäli yhteys muodostetaan vain kahden laitteen välille. Tällöin väylän kummassakin päässä on ainoastaan yksi asema. Full-duplexin toteutuminen edellyttää myös molempien laitteiden tukevan kaksisuuntaisuustekniikkaa. (Spurgeon 2001: 107.)

Kaksisuuntaisuus toimii siis ainoastaan kahden laitteen välillä, jolloin half-duplexista tuttua CSMA/CD-protokollaakaan ei tarvita. Tämä johtuu siitä, ettei väylän käytöstä kilpaile monia laitteita eikä törmäyksen tunnistukseenkaan näin ollen ole tarvetta. Sen sijaan erityisen tärkeää kaksisuuntaisuuden onnistumiseen on identtiset full-duplex-konfiguraatiot molemmissa laitteissa. (Spurgeon 2001: 108 - 109.)

3.7 Auto-Negotiation

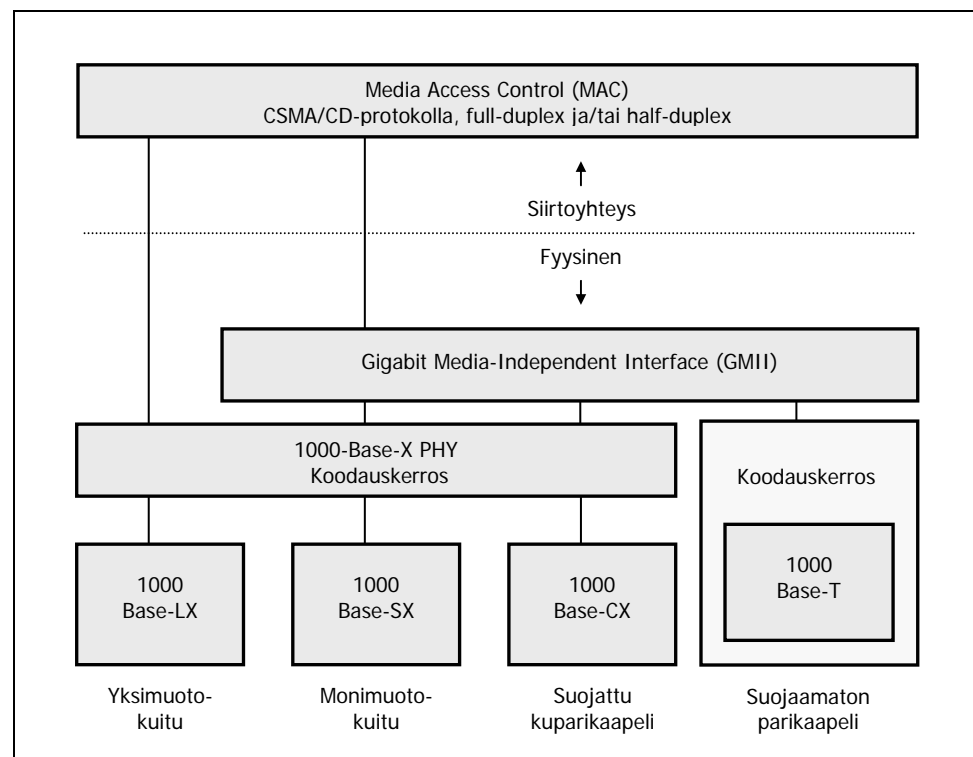
IEEE kehitti Duplex-tilojen määrittelyn helpottamiseksi **Auto-Negotiation**-menetelmän, jonka avulla on tarkoitus ehkäistä Duplex-yhteensopivuusongelmia eri Ethernet-tekniikoiden välillä. Menetelmä takaa eri Ethernet-nopeuksilla toimivien laitteiden toimivuuden keskenään, niin Ethernet, Fast Ethernet kuin gigabittisessäkin Ethernetissä. Menetelmä kehitettiin erityisesti kuparikaapeliin perustuviin Ethernet-tekniikoihin. (Hernandez 2001: 117.)

Auto-Negotiation-laitteiden automaattinen portin konfigurointimenetelmä perustuu NWay-nimellä tunnettuun algoritmiin. Tämän OSI-mallissa fyysisellä tasolla toimivan algoritmin tarkoituksena on neuvotella ja määrittellä kahden laitteen välisen linkin duplex-tila ja nopeus. Nopeudeksi valitaan aina suurin mahdollinen linkkinopeus, jota molemmat laiteparit tukevat. Lisäksi neuvottelun aikana muodostetaan linkkiparin välille Master/slave-suhde, jossa master toimii laiteparin johtajana. Laiteparien roolien muodostus toimii myös linkin oikean aikatahdistuksen perustana, joka luo edellytykset laiteparien välisen linkin toimivuudelle. (Hernandez 2001: 117.)

Auto-Negotiation-toiminto käynnistyy ainoastaan, mikäli molemmat laitteet tukevat ja ovat määritellyt käyttämään Auto-Negotiation menetelmää. Lähes kaikissa verkon aktiivilaitteissa ja verkkokorteissa toiminto on käytössä oletusarvoisesti (Hernandez 2001: 117). Kuviossa 6 on esitetty kaikki gigabittisen Ethernetin nopeus- ja duplex-vaihtoehdot.

Kuviossa 7 on esitetty Gigabit Ethernetin standardoidut kerrokset, josta voidaan havaita myös niiden suhde OSI-mallin kahteen alimpaan kerrokseen. Edellisessä luvussa kuvailtu CSMA/CD-protokolla toimii siirtoyhteyskerroksen alemmalla MAC-alikerroksella, ja kuten kuvasta voidaan havaita, signalointiin liittyvät Gigabit Ethernetin kerrokset OSI-mallin fyysisellä kerroksella.

Gigabit Media-Independent Interface (GMII) toimii välittömästi MAC-alikerroksen jälkeen ja sen tehtävänä on ohjata MAC-kerroksen datavirta alempana sijaitsevalle fyysiselle PHY-koodauskerrokselle. Lisäksi se muuttaa fyysisen kerroksen välinekohtaiset linjasignaalit standardin mukaisiksi datasignaaleiksi. Tämä on tärkeä vaihe gigabittisessä Ethernetissä, sillä standardiin kuuluu kaikkiaan neljä eri välinekohtaista toteutustapaa, jotka on esitelty kuviossa 7. Kuitu- ja parikaapeloinnin koodaustekniikat poikkeavat toteutustavoiltaan toisistaan. (Frazier & Johnson 1999: 26.)



Kuvio 7. Gigabit Ethernetin kerrosrakenne (Frazier & Johnson 1999: 25)

Komponentit vaihtelevat paljon käytettävästä standardista, joten seuraavaksi käydäänkin läpi kolme Gigabit Ethernet -standardia. Standardin neljäs osa, 1000Base-CX ei ole saavuttanut missään vaiheessa valmistajien suosiota, sillä sen korkealaatuinen suojattu kuparikaapelitekniikka mahdollistaa korkeintaan 25 metrin mittaisen kaapelin toteuttamisen. Tämän tekniikan laitteita ei ole saatavilla käytännössä yhdeltäkään laitevalmistajalta. (Spurgeon 2001: 208.)

1000Base-T perustuu IEEE-standardin laajennukseen 802.3ab, jonka tarkoituksena oli toteuttaa gigabittinen tiedonsiirto suojaamattomassa kiertetyssä parikaapelissa. Tämä tekniikka mahdollistaa samanaikaisen lähetyksen ja vastaanottamisen neliparisessa kategorian 5 (CAT5) mukaisessa kaapelissa. (Spurgeon 2001: 191.)

1000Base-T-tekniikalla rakennetun yhteyden molemmissa päissä on identtiset lähetin-vastaanottimet, jotka koostuvat neljästä lähetysosiosta ja neljästä vastaanotto-osiosta. Neliparinen CAT5-kaapeli kytketään molemmista päistä lähetyksen ja vastaanotto-osioiden identtisellä tavalla. Jokaisen johdinparin yhtäaikaista lähetyksen ja vastaanottamisen mahdollistaa erityinen hybridipiiri.

Samanaikainen signaalointi neljässä johdinparissa ei suju täysin ilman ongelmia, sillä jatkuva datan siirto vierekkäisissä johtimissa aiheuttaa signaalien kaikumista ja ylikuulumista, joiden ehkäisemiseksi on kehitetty toimivia tekniikoita. Ongelmat on saatu ratkaisua tehokkaasti ja 1000Base-T:stä on tullut suosituin Gigabit Ethernetin muoto. (Spurgeon 2001: 195 - 198.)

1000Base-SX perustuu monimuotokuituun (multimode fibre), jossa kuidussa etenevällä säteellä on nimensä mukaisesti monia eri muotoja. Muodoilla tarkoitetaan kuidussa kulkevan valon käyttäytymistä. Osa valosta etenee suoraan ja osa muodostaen heijastumia kuidun seinämistä. Koska valo käyttäytyy kuidussa kahdella eri tavalla, esiintyy niiden kulkunopeudessa myös eroja. Osa säteistä törmäilee kuidun seinämiin aiheuttaen alun perin teräväreunaisena lähetetyn signaalin kulumisen, jolloin bittinopeus laskee. Valon kulkuväylänä toimivan lasiytimen paksuus on monimuotokuidussa maksimissaan 100 µm. 1000Base-SX on tarkoitettu valokuituyhteyksille lyhyillä matkoilla, sillä 50 mikronin monimuoto-kaapelia käytettäessä käyttöetäisyys on korkeintaan 300 metriä. Matkaa voidaan pidentää käyttämällä 62,5 mikronin monimuotoa, jolloin käyttöetäisyys on maksimissaan 550m. (Ogletree 2001: 75, Uotila 2001: 74.)

1000Base-LX on 1000Base-SX:n tavoin valokuituun perustuva tekniikka, joka on tarkoitettu erityisesti pitkille etäisyyksille. Kaapelina käytetään yksimuotoista valokaapelia, jolloin tiedonsiirtoetäisyys voidaan nostaa viiteen kilometriin. Tätä tekniikkaa pidetäänkin tehokkaimpana runkoverkkotekniikkana, ja sen käyttö verkkojen runkoelementtinä kasvaa jatkuvasti. Syy tähän löytyy muun muassa erikoistoistimista, joiden avulla tiedonsiirtomatkaa voidaan kasvattaa jopa 70 kilometriin. (Meyers 2003: 150.)

Yksimuotokuidulla (single mode fibre) tarkoitetaan mediaa, jossa lasiytimessä etenee vain yksi valonsäteen muoto. Tällöin lasiytimen, jonka paksuus on alle 10 µm, sisällä kulkeva valo etenee kuidussa suoraan. (Uotila 2001: 74.)

4 Kaapelointi

4.1 Yleiskaapelointistandardi

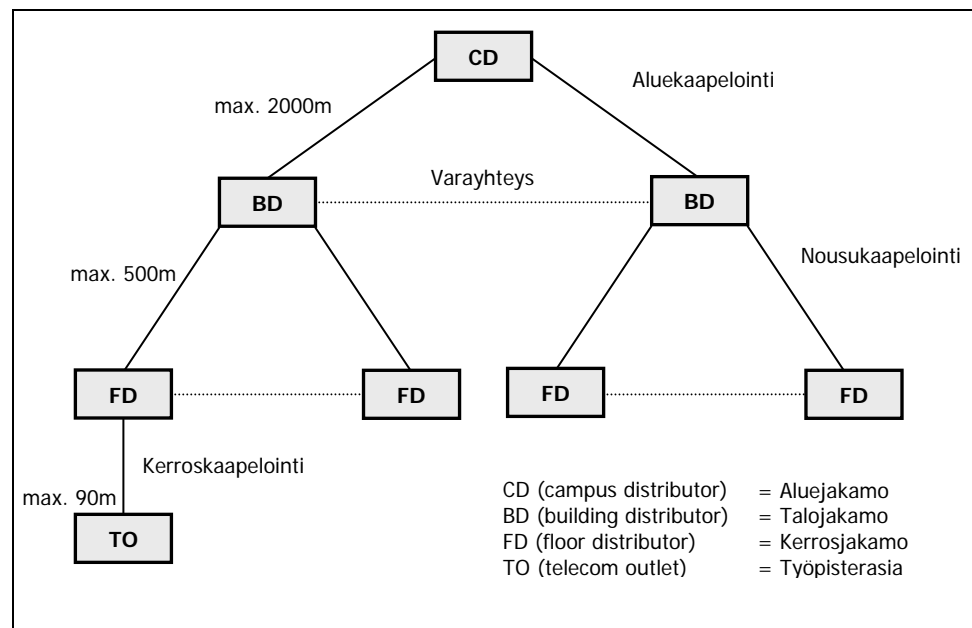
Kaapeloinnin avulla kaikki verkkoon kuuluvat laitteet yhdistetään toisiinsa ja se toimiikin tiedonsiirtoväylänä eri verkon komponenttien välillä. Ethernet-verkon kaapelointi voidaan toteuttaa monella eri tavalla, kuten koaksiaali-, pari- tai valokaapelilla. Ethernet-verkko voi pitää sisällään monenlaisia kaapelityyppejä, sillä Ethernet-standardiin kuuluu enemmän väline- ja liitäntätyyppejä kuin mihinkään muuhun lähiverkotekniikkaan. Oleellisinta eri kaapeleiden käytössä on kuitenkin, että kaapeli täyttää standardin mukaiset vaatimukset. (Jaakohuhta 2002: 35).

Lähiverkkojen kaapeloinnissa on tapahtunut valtavasti kehitystä viimeisten vuosien aikana, sillä tekniikan ja erityisesti tiedonsiirtonopeuksien kasvaessa myös kaapeloinnilta vaaditaan yhä enemmän. Aikoinaan jokaisella laitevalmistajalla oli oma kaapelointijärjestelmänsä, mutta kehityksen myötä tuli ajankohtaiseksi ryhtyä kehittämään kaikille yhteistä kaapelointistandardia. (Jaakohuhta 2002: 49.)

Kaapelointikäytäntöjen yhdenmukaistamiseksi kehitettiin yleiskaapelointistandardi, joka tunnetaan Suomessa nimellä SFS-EN 50173-1. Sen tarkoituksena on määrittää toimittajariippumaton yleiskaapelointistandardi tietoliikennejärjestelmille. Standardissa käytetään valokaapeleita tai kierrettyjä parikaapeleita ja se on suunniteltu ensisijaisesti toimisto- ja liikekiinteistöille, mutta sitä voidaan soveltaa myös muissa kiinteistötyypeissä, kuten teollisuudessa ja asuinrakennuksissa. (Suomen Standardisoimisliitto 2004: 17.)

SFS-EN 50173-1- standardi pitää sisällään kaikki kaapelointiin vaadittavat komponentit ja yleisperiaatteet, kuten kaapeleiden sekä liittimien vaatimukset. Lisäksi standardi määrittelee muun muassa kaapeloinnin suunnittelu- ja mitoitusperiaatteet sekä kaapelointijärjestelmän rakenteelliset vähimmäisvaatimukset. Standardin mukainen kaapelointi tukee myös tietoliikennesovelluksia mukaan lukien datan, tekstin, puheen, kuvan sekä videon. (Jaakohuhta 2002: 51, Suomen Standardisoimisliitto 2004: 17.)

Yleiskaapelointistandardi jaottelee yleiskaapeloinnin rakenteellisesti eri osiin, joita yhdistelemällä muodostuu kaapeloinnin kokonaisrakenne. Tämä tähtimäinen rakenne on esitetty kuviossa 8 (Suomen Standardisoimisliitto 2004: 19). Seuraavassa käydään läpi kolme yleiskaapeloinnin osajärjestelmää.



Kuvio 8. Yleiskaapeloinnin osajärjestelmät ja kaapelipituudet (Jaakohuhta 2002: 53, Suomen Standardisoimisliitto 2004: 20)

4.1.1 Aluekaapelointi

Aluekaapeloinnilla tarkoitetaan kaapelointia aluejakamon ja talojakamon välillä, sekä kahden talojakamon välistä kaapelointiosuutta. Aluekaapelointi pitää sisällään aluekaapelit ja niiden päätteet sekä aluejakamon ristiytkennät. (Jaakohuhta 2002: 52.)

Kuten kaaviosta 8 voidaan todeta, voi aluejakamon ja talojakamon välinen kaapelipituus olla korkeintaan kahden kilometrin mittainen. Pitkillä etäisyyksillä yksimuotoisen 8-9/125 μm valokuitukaapelin käyttö on suositeltavaa, ja pitkän kantamansa ansiosta usein myös ainoa vaihtoehto. Tämä kuitutyyppi onkin syrjäyttänyt monimuotoisen valokuitukaapelin käytön erityisesti Gigabit Ethernet -verkoissa. (Jaakohuhta 2002: 59 - 60.)

4.1.2 Nousukaapelointi

Kaapelointia talojakamon ja kerrosjakamon välillä kutsutaan nousukaapeloinniksi. Siihen kuuluvat nousukaapelit ja niiden päätteet molemmissa jakamoissa sekä talojakamon ristiytkennät. Kaapelointisuosituksena on 62,5/125 μm monimuotokuitu sen enimmäispituuden ollessa 500 metriä. Kaapelina voidaan käyttää myös vähintään kategorian 5 suojattua tai suojaamatonta parikaapelia. Tänä päivänä kaapeloinnissa käytetään lähes poikkeuksetta kategorian 6 mukaisia tuotteita. (Jaakohuhta 2002: 59.)

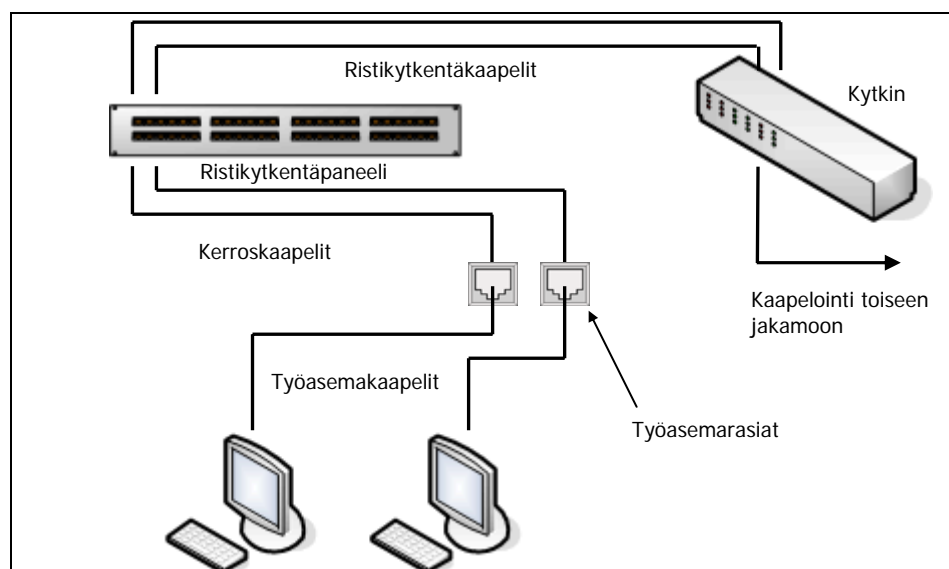
4.1.3 Kerroskaapelointi

Kerroskaapelointi ulottuu kerrosjakamolta työpisterasiaan. Sen tulee olla yhtenäinen koko matkalta ja siihen kuuluu kerroskaapeleiden lisäksi kerroskaapelin päät jakamossa, ristikytkennät ja työpisterasiat. (Jaakohuhta 2002: 52.)

Yleiskaapelointistandardin mukaan kerroskaapelin kiinteästi asennetun osuuden pituus ei saa ylittää 90 metriä. Tämä osuus käsittää kerrosjakamon ristikytkentäpaneelin ja työasemarasian välisen matkan. Tällöin ristikytkentöihin ja laitteiden kytkentään tarkoitettujen kaapeleiden pituus voi olla korkeintaan 10 metriä. Näin toimittaessa kaapeleiden yhteenlaskettu maksimipituus ei ylitä 100 metriä, eikä kategorian 5 parikaapelin tiedonsiirtokykyä vaaranneta. Parikaapeli voi olla joko suojattua tai suojaamatonta ja sen tulee olla vähintään kategorian 5 mukaista. Vaihtoehtoisesti kerroskaapeloinnissa voidaan käyttää myös monimuotovalokaapelia 62.5/125 μm tai 50/125 μm . (Jaakohuhta 2002: 57.)

4.2 Kaapelit ja liitännät

Edellä mainittujen yleiskaapeloinnin osajärjestelmien liittäminen toisiinsa tapahtuu jakamoissa (distributor), kuvion 8 mukaisesti. Jakamoissa sijaitsevista laitekaapeissa olevat ristikytkentäpaneelit toimivat kaapeleiden päätepisteinä, joiden kautta kerroskaapelointi viedään työasemarasioille, joista edelleen työasemakaapeleiden avulla verkon päätelaitteille. Jakamossa suoritetaan ristiinkytkentä paneelin ja verkon aktiivilaitteen, esimerkiksi kytkimen välillä. Kytkimeltä viedään kaapelointi edelleen toiseen jakamoon (Kuvio 9). (Jaakohuhta 2002: 55.)



Kuvio 9. Liitântäesimerkki yleiskaapeloinnista (Jaakohuhta 2002: 55)

Kuparikaapelit Yleiskaapelointistandardin mukaisesti laite- ja ristiinkytkennöissä parikaapeleissa käytetään RJ-45-urosliittimiä ja kiinteissä vaakakaapeloinneissa sekä kytkentäpaneeleissa ja verkkolaitteissa naarasliittimiä. Liittimien kohdalla on varmistettava, että käytettävät liittimet ovat samaa kategorialta kaapeleiden kanssa, sillä liittimissä ei usein ole kategoriamerkintää. (Hakala & Vainio 2005: 129.)

Kuparikaapelien ja liittimien edellytetään olevan vähintään kategorian 5 (CAT5) mukaisia, mutta kaapelointijärjestelmät voidaan toteuttaa myös kehittyneemmän kategorian 5e:n mukaisesti. Markkinoilla on saatavilla myös kategorian 6 mukaisia tuotteita, jotka mahdollistavat Gigabit Ethernet -verkon rakentamisen käyttäen kuparikaapelointia. Ne ovat kalliimpia kuin CAT5e-tuotteet, mutta niiden suosio kaapeloinnin toteutuksessa kasvaa. Tämä onkin käytännössä ensisijainen välinevaihtoehto, sillä uusin tekniikka antaa verkolle käyttöaikaa ja takaa toimivuuden myös tulevaisuudessa. (Hakala & Vainio 2005: 129.)

Valokaapelit Yleiskaapelointistandardin mukaiset valokuidut ovat tyypiltään joko monimuotoisia (multi mode fiber, MM) tai yksimuotoisia (single mode fibre, SM). Monimuotoiset ovat tarkoitettu lyhyisiin rakennuksen sisäisiin kaapelointeihin, kun taas yksimuotokuituja käytetään pidemmissä kaapelivedoissa. Yleiskaapelointistandardissa valokuidun käyttö perustuu siihen lähtökohtaan, että valokuitua voidaan käyttää puheen ja datan siirtoon 2 kilometrin etäisyyksissä. Gigabit Ethernet- käytössä kuiduksi kannattaa valita yksimuotoinen kaapeli, sillä sen avulla saavutetaan pidempi segmenttiväli. Yksimuotoisen kuidun käyttöä puoltaa myös hintojen kehitys, joka pienentää kuitutyyppeiden hintaeroa. (Hakala & Vainio 2005: 129.)

Monimuotoiset kuidut on jaoteltu kolmeen kategoriaan: OM1, OM2 ja OM3. OM1-kategorian monimuotoinen 62,5/125 µm valokuitukaapeli on pisimpään käytössä ollut kaapelityyppi, jota kutsutaan myös nimellä GK-kuitu. Valokuitu 50/125 µm on kategorialtaan OM2, OM3-standardin edustaessa monimuotokuitujen uutta sukupolvea. Yksimuotokuitujen kategoriamerkintä on OS1. (Suomen Standardisoimisliitto 2004: 26.)

Valokaapeleiden liitintätyyppejä on huomattavasti enemmän kuin parikaapeleissa. SFS-EN 50173-1- standardi suosittelee valokaapeloinnissa käytettäväksi SC-liittimiä. Markkinoilla on kuitenkin saatavilla monia liitintyyppiejä, joista MT-RJ-liitin on saavuttamassa yhä suurempaa suosiota. Sitä tukevatkin lähes kaikki merkittävimmät laitevalmistajat. (Jaakohuhta 2002: 75 - 76.)

5 Verkonhallinta

5.1 Hallinnan merkitys

Lähiverkkojen laajentuessa liiketoiminnan kannalta kriittistä materiaalia siirretään verkkoon yhä enemmän ja verkon kautta toimivia ja saatavilla olevia palveluita tuotetaan jatkuvasti. Verkon moitteettoman toiminnan takaaminen on erityisen tärkeää runkoverkossa, johon koko verkon toiminta perustuu. Käyttökatkokset ja suorituskyvyn puute verkon ytimessä heijastuvat koko verkkoon ja sen varaan perustuvaan liiketoimintaan. Lyhyistäkin katkoksista muodostuu nopeasti liiketoimintamenetyksiä ja muita ongelmia, puhumattakaan epäluotettavan verkkoimittajan maineesta. Tämä asettaa verkon käytettävyydelle ja toiminnalle yhä suurempia haasteita, joihin verkon ylläpitäjien on osattava varautua. (Puska 2000: 305 - 306.)

Verkonhallinnan perustehtävänä voidaankin pitää verkon kautta saatavien palveluiden toimivuuden turvaamista. Verkonhaltijan ja – ylläpitäjän on pystyttävä takaamaan yhteyksien luotettavuus, siirtokapasiteetin riittävyys ja verkon turvallisuus. Näiden lisäksi myös verkon aktiivilaitteiden ja kaapeloinnin vikatilanteiden havaitseminen edellyttää nykypäivänä yhä keskitetympää hallintaa. (Hakala & Vainio 2005: 323.)

5.2 Hallinnan osa-alueet

Verkonhallinta on käsitteenä erittäin laaja ja se koostuukin eri osa-alueista, jotka kaikki osaltaan vaikuttavat verkon hallintaan. Hallinta voi käsitellä esimerkiksi turvallisuuden, jonka avulla pyritään kontrolloimaan verkkoa sen mahdollisimman turvallisen käytön varmistamiseksi. On myös mahdollista hallita verkkoa laskutuksen osalta, mikäli verkon käytöstä ja sen tarjoamista palveluista on tarkoitus periä korvausta. (Puska 2000: 307.)

Tämän työn tarkoituksena ei ole perehtyä kaikkiin hallinnan osa-alueisiin, vaan keskittyä erityisesti verkon suorituskyvynhallintaan, johon liittyy kiinteästi myös laitteiden vikojenhallinta. Lisäksi tarkastellaan runkoverkon dokumentointia, sillä se on edellytys kaikelle verkkoon liittyvälle toiminnalle ja hallinnalle. Ilman dokumentaatiota on mahdollista tietää mitä verkossa tulee hallita.

6 Verkon suorituskyvynhallinta

6.1 Ethernetin suorituskyky (Spurgeon 2001: 381 - 388)

Suorituskyky Ethernetin yhteydessä voi merkitä eri henkilöille eri asiaa. Verkon suunnittelija on kiinnostunut verkon laitteiden kyvystä suoriutua verkon liikennöintitehtävistä mahdollisimman tehokkaasti. Käytännössä tämä tarkoittaa Ethernet-kanavan bitti- ja kehysnopeutta. Sen sijaan verkon käyttäjää kiinnostaa erityisesti se, kuinka hyvin hänen käyttämänsä sovellukset toimivat verkossa ja kuinka nopeasti verkko reagoi käyttäjän aiheuttamiin toimintoihin.

Ethernetin suorituskykyä tutkiessa verkkoa on analysoitu sen kuormituksen mukaan. Ethernet-kanavan suorituskykyyn perustuvat simulaatiot ja tutkimukset perustuvat usein verkkojärjestelmään, joka on tarkoituksella ylikuoritettu äärimmilleen. Näin voidaan todeta verkon kuormitus ja toiminta erittäin raskaassa liikennekuormassa.

Ethernet-kanavan toimintaa on tutkittu lähes yhtä kauan kuin Ethernet-järjestelmä on ollut olemassa. Alkuaikoina verkkoa tutkittiin hyvin yksinkertaisetuoin simulaatioiden avulla, joiden tuloksena Ethernetin toiminnasta saatiin hyvin epämääräistä, jopa virheellistä tietoa. Näiden tutkimustulosten seurauksena syntyi Ethernetin suorituskykyyn liittyviä sitkeitä myyttejä, jotka kummittelivat pitkään tietoliikennealalla.

Tutkimustulokset väittivät 1976 tehdyn tutkimuksen mukaan Ethernet-kanavan saavuttavan ainoastaan 37 prosentin tehokkuuden. Tämän jälkeen testauksia ja erilaisia simulaatioita tehtiin niin 1980- kuin 1990-luvuillakin, joiden avulla Ethernet-järjestelmää tutkittiin lisää. Nämä myöhemmät tutkimukset kohdistuivat 10 Mbps nopeudella toimivaan verkkoon, jota kuormitettiin kymmenillä, ja myöhemmin jopa 200 työasemalla. Näin järjestelmän sietokykyä pystyttiin testaamaan äärimmäisissä olosuhteissa, jotka eivät vastanneet millään tavalla tosi tilannetta. Tutkimusten avulla voitiin kuitenkin todeta aiemmat tutkitustulokset vääriksi.

Tutkimustulokset todistivat verkon saavuttaneen sille luvatus täyden tehokkuuden. Jatkuvasti ylikuormitetun verkon toiminnassa ilmeni kuitenkin pitkiä viiveitä, jotka vaikuttivat järjestelmän kaatuvan. Tämä on kuitenkin normaalia verkon toimintaa, mikäli Ethernet-kanava on rasitettu äärimmilleen.

6.2 Suorituskyvyn seuranta ja todentaminen

Edellinen kappale käsitteli Ethernetin toimintaa kuormitettaessa sitä äärimmilleen. Tämä tilanne saadaan aikaan kokeellisessa ympäristössä, jossa tuloksia voidaan tehdä erilaisten simulaatioiden ja testien avulla. Verkon suunnittelijat ja käyttäjät ovat kuitenkin usein kiinnostuneempia verkon toiminnasta sen normaalin toiminnan aikana.

Ethernet-kanavaa voidaan tutkia seuraamalla verkossa liikkuvia Ethernet-kehyskiä, jolloin voidaan selvittää kanavan kokonaisliikennemäärä. Tämän toteuttamiseksi tarvitaan laite, joka pystyy lukemaan ja laskemaan jokaisen lähiverkossa liikkuvan kehyksen. Tämä muodostui vuosia sitten ongelmaksi, sillä sen aikaiset tietokoneet eivät olleet riittävän kehittyneitä pysyäkseen massiivisten liikennemäärien tahdissa. Tästä syystä liikenteenseuraamiseen kehitettiin erityisvalmisteisia laitteita, joiden ainoana tehtävänä oli tiedonkeräys verkon kehysliikenteestä. (Spurgeon 2001: 388 - 389.)

Verkon liikenteen seuraamiseen tarkoitettut analysaattorilaitteet ovat riittävän tehokkaita keräämään tiedot verkon kehysliikenteestä. Tavallisen työaseman käyttäminen analysaattorina rajoittuu usein koneen tehottomuuteen erityisesti verkkokortin osalta, sillä joidenkin PC-tietokoneiden verkkokorteissa on integroitu toiminto, joka hävittää virheitä sisältävät paketit. Tämä on selkeästi este liikenteen luotettavalle seuraamiselle, mikä korostuu erityisesti gigabittisen Ethernet-liikenteen seuraamisessa. (Ogletree 2001: 45.)

Laitteistopohjaiset analysaattorit ovat tunnetusti luotettavia, mutta laitteiden kallis hinta rajoittaa niiden hankintaa. Halvempi vaihtoehto saattaa löytyä ohjelmistopohjaisista analysaattoreista, joiden toiminta perustuu verkon hallintaan kehitettyihin protokolleihin. Näitä protokolleja ovat SNMP (Simple Network Management Protocol) ja RMON (Remote Monitoring), joihin tutustutaan seuraavaksi.

6.2.1 SNMP

Simple Network Management Protocol on valmistajariippumaton protokolla verkonhallintaan. Se kehitettiin TCP/IP-verkkojen keskitettyä hallintaa varten ja se toimii useissa erityyppisissä verkkolaitteissa. Se kehitettiin yksinkertaiseksi, mutta laajennettavaksi protokollaksi, joka tukisi laitteiden etähallintaa myös tulevien teknologioiden kanssa. (Ogletree 2001: 46.)

SNMP:n toiminta koostuu hallintaohjelman (management station) ja hallinta-agentin (agent) välisestä kommunikoinnista. Hallinta-agentti on hallittavaan verkkolaitteeseen sisällytetty toiminto, joka kerää tietoa laitteen toiminnasta. Agentti voi olla lähes missä tahansa verkon laitteessa kuten reitittimessä, kytkimessä, palvelimessa tai työasemassa. Hallintaohjelma sen sijaan on nimensä mukaisesti, esimerkiksi työasemalla ajat-

tava ohjelma, joka koostaa agentin keräämiä tietoja katselukelpoiseen muotoon. Agentin ja hallinta-aseman välinen liikenne perustuu SNMP-protokollaan. (Hakala & Vainio 2005: 323.)

Agentti ylläpitää laitteesta kerättyä tietoa MIB-tietokannassaan (Management Information Base). Se sisältää myös tietotyypit ja muuttujat, joiden avulla hallinta-ohjelma vaikuttaa laitteen toimintaan. Tietokanta on standardoitu rakenteeltaan puumaiseksi, ja se muodostuu joistakin pakollisista objekteista. Nämä objektit löytyvät kaikista SNMP:a tukevista laitteista. Jotkut laitevalmistajat ovat tehneet oman laitteen toiminnan hallitsemisen helpottamiseksi lisäobjekteja, jotka voidaan lisätä MIB-tietokantaan. (Hakala & Vainio 2005: 325.)

SNMP-protokollaa käytettäessä hallituista verkon laitteista käytetään nimitystä yhteisö (community). Jokaisen hallittavan laitteen SNMP-asetuksissa voidaan määrittellä yhteisönimi (community string), johon laite kuuluu. Ainoastaan samalla yhteisönimellä varustetut laitteet voivat keskustella keskenään, joten hallinta-asemaan määritellään yhteisönimi, jonka koneista sen halutaan keräävän tietoja. Oletuksena kaikki laitteet kuuluvat Public-yhteisöön, mutta nimi kannattaa tietoturvasyistä vaihtaa, jottei kuka tahansa pääse onkimaan tietoja laitteista. (Hakala & Vainio 2005: 324.)

SNMP-verkonhallintasovellukset eroavat niin hinnan kuin toimintojensa-kin osalta suuresti toisistaan. Kalliimmissa tuotteissa on usein monipuolisemmat työkalut ja toiminnot, esimerkiksi erilaisten raporttien ja kuvajien tekoon. Markkinoilla on olemassa myös jopa ilmaisia ohjelmia, joiden avulla saa ainakin peruskäsityksen SNMP-protokollan toiminnasta.

SNMP-versiot

SNMP kehitettiin vuonna 1988 alun perin väliaikaiseksi verkon hallinta-protokollaksi, joka kaksi vuotta myöhemmin hyväksyttiin viralliseksi standardiksi. Protokolla saavutti pian suuren suosion IP-pohjaisten verkkojen hallintavälineenä, erityisesti sen helpon käytettävyyden ja yksinkertaisuuden takia. Protokollaa ryhdyttiin kehittämään, ja kehitystyön tuloksena syntyi SNMpv2, suosittu menetelmän toinen versio. (Corrente, Tura 2004: 729 - 730.)

Uusi versio toi parannusta protokollan toiminnan tehokkuuteen, mutta jo edellisen version tietoturvaongelmiin SNMpv2 ei tuonut parannusta. Molemmat versiot kärsivät tietoturvatonta tekniikasta, jossa esimerkiksi yhteisönimet liikkuvat verkossa ilman minkäänlaista salausmenetelmää. (Corrente, Tura 2004: 730.)

Lopulta vuonna 2002 SNMP-protokollasta julkaistiin kolmas kehitysversio, SNMpv3. Tämä versio toi lopulta ratkaisun kaivattuun tietoturvaongelmaan, sillä se tarjoaa käyttäjille ominaisuuksia, joita edellisissä versioissa ei ollut saatavilla. SNMpv3 on osittain menettänyt yksinkertaisen protokollan maineen, sillä lisätyt ominaisuudet, kuten datan oikeellisuus-

den tarkastus ja salausmenetelmät ovat tehneet siitä monimutkaisemman käyttöä. Tämä ei ole kuitenkaan vähentänyt protokollan suosiota. (Corrente, Tura 2004: 730 - 731.)

6.2.2 RMON

Remote Monitoring (RMON) on SNMP:n tapaan verkonhallintaan tarkoitettu analysointityökalu, jota kehitettiin paikkaamaan joitakin SNMP-protokollalle ominaisia puutteita. RMON toimii samalla periaatteella kuin SNMP, käyttäen niin ikään MIB-tietokantaa. (Ogletree 2001: 49.)

SNMP:n toiminta rakentuu agentin ja hallinta-ohjelman selkeään roolijakoon. Hallinta-ohjelma on ikään kuin serverin asemassa, jota asiakkaana toimiva agentti palvelee. RMON-operaatiossa agentit eivät ainoastaan lähetä tietoa hallintaohjelmalle sen sitä pyytäessä, vaan ne kykenevät tarkkailemaan liikennettä ja lähettämään omatoimisesti tietoa verkon poikkeavasta toiminnasta. Nämä niin sanotut Trap-sanomat määritellään hallintaohjelmaan halutun tapahtuman raja-arvona, jonka ylittämisestä agentti lähettää hallintaohjelmalle ilmoituksen. Esimerkiksi kytkimessä Trap-sanomia voisi hyödyntää lähettämällä ilmoitus hallintaohjelmalle yksittäisen portin lakattua toimimasta. (Ogletree 2001: 50.)

6.3 Seuranta-ajan pituus

Normaalisti toimivan verkon kuormitusta seurattaessa, pitää ennen mittauksen aloittamista päättää mittausjakson pituus. Gigabittisessä Ethernet-kanavassa voi normaalitilassa liikkua teoreettisesti jopa 1 488 000 kehystä sekunnissa. Monet verkon analysointiin tarkoitettut järjestelmät onkin määritelty oletuksena tarkkailemaan verkon kuormaa sekunnin mittaisina jaksoina. (Spurgeon 2001: 390.)

Sekunnin mittausjakso soveltuu erinomaisesti verkon reaaliaikaiseen seurantaan, mutta näin lyhyt näyteaika ei välttämättä ole kuitenkaan kaikkein käytännöllisin vaihtoehto. Ethernet-verkon liikenne ei etene kanavassa tasaisesti, vaan epätasaisina purskeina, joten liikennemäärät saattavat vaihdella eri ajanjaksoina suurestikin. Isommissa verkoissa verkon liikenteessä saattaa esiintyä isoja, hetkellisiä huippuja, joten liikenteestä kannattaa laatia raportteja keskiarvoisten tietojen pohjalta. Käytännössä tämän voi toteuttaa hallintasovelluksella, joka kerää tietoa verkon liikenteestä halutun aikajakson mukaan. Sovellus tekee raportteja ja jopa kaavioita esimerkiksi päivän tai viikon liikennemääristä. (Spurgeon 2001: 390.)

Verkon liikennettä on hyvä seurata erilaisten ja vaihtelevien aikasarjojen mukaan. Ylipäätään olisi hyvä kerätä mahdollisimman paljon perustietoa

verkon liikenteestä, jotta tulosten vertailu aikaisemmin tehtyihin ja tuleviin raportteihin olisi helpompaa. Säännöllisen verkon seurannan avulla järjestelmänvalvoja havaitsee juuri omaan verkkonsa sopivat aikasarjat ja mittaustavat, sillä jokaisessa verkossa on erilainen käyttäjien ja laitteiden koostumus. (Spurgeon 2001: 391.)

6.4 Mitä tietoa seurataan?

Seuranta-ajan pituuden jälkeen on päätettävä mitä tietoa verkosta halutaan kerätä. SNMP-tilastoja voisi kerätä muun muassa seuraavien tietojen perusteella.

- Verkossa liikkuvien **kehysten** määrä.
- **Yleislähetykset** (Broadcast) tarkoittavat lähetyksiä, jotka lähetetään kaikille verkon vastaanottajille. Sitä käytetään esimerkiksi tilanteessa, jossa halutaan tietoa kaikista verkon laitteista. Suuri yleislähetysten määrä voi vaikuttaa alentavasti verkon suorituskykyyn, sillä jokaisen broadcast-lähetysten vastaanottava laite joutuu lukemaan lähetyksen ja päättämään siitä mahdollisesti aiheutuvasta toimenpiteestä (Spurgeon 2001: 391).
- **Ryhmälähetys** (Multicast) on Broadcast-viestin kaltainen viestityyppi, jota ei kuitenkaan lähetetä kaikille verkon laitteille, vaan joillekin tietyille vastaanottajille. Se toimii siis yhdeltä monelle -periaatteella, jonka avulla lähettäjä saa lähetettyä viestin ennalta määritetyn ryhmän jäsenille. Multicast-lähetysten määrää on tarkkailtava samasta syystä kuin yleislähetystenkin.
- Verkon **käyttöasteella** (Utilization) tarkoitetaan arvoa, joka ilmaisee verkon kapasiteetin käytön. Tämä arvo ilmoitetaan usein prosentteina ja sen tarkoituksena on ilmaista verkon käyttöaste suhteessa verkon maksimikapasiteettiin. Maksimikapasiteetti perustuu verkon kaistanleveyteen.
- **Törmäykset** kertovat paljon Ethernet-kanavan toiminnasta. Niiden määrä voidaan ilmaista prosenttiosuutena lähetetyistä paketeista. Törmäykset ovat luonnollinen osa verkon toimintaa, joten niitä esiintyy aina mittausten yhteydessä. Törmäysten määrä kasvaa liikenteen määränkin kasvaessa, mutta korkeat törmäyslukemat ilmentävät verkon ongelmista. Yli sadan prosentin törmäysaste kertoo mahdollisesti väärästä kaapeloinnista. Full-duplex-verkossa törmäykset kertovat aina viallisesta kaapeloinnista tai liittimestä, sillä toimivassa kaksisuuntaisessa verkossa ei pitäisi esiintyä törmäyksiä lainkaan. (Spurgeon 2001: 391.)

- Verkon liikenteessä tapahtuu ajoittain myös **virheitä**, kuten esimerkiksi tiedonsiirron oikeellisuuden varmistukseen tai viivästyneisiin törmäyksiin liittyen. Nämä perustason virheet lasketaan liikenteen tarkkailuohjelmissa usein yhteen ja ilmoitetaan niiden esiintyminen ajallisesti sekuntia kohti. (Spurgeon 2001: 391.)
- Linkin kapasiteettia mitataan **kaistanleveydellä** (Bandwidth), joka ilmaistaan gigabittisessä ethernetissä yleensä miljardina bittinä sekunnissa (Spurgeon 2001: 395).

7 Verkon dokumentointi

7.1 Dokumentoinnin määrittely

Dokumentoinnilla tarkoitetaan Jaakohuhdan (2002: 319) mukaan kaikkia verkon rakennetta ja verkon laitteiden toimintaa kuvaavia sähköisiä tai fyysisiä asiakirjoja, jotka ovat ajan tasalla. Dokumentti voidaan määrittellä yksinkertaisesti myös tallennetuksi tiedoksi, joka voi olla muodoltaan ja sisällöltään mitä tahansa käyttäjälle tärkeää materiaalia.

Dokumentointia voidaan pitää yrityksessä myös yleisenä toimintatapana, joka on hiottu yrityksen tarpeiden mukaiseen muotoon. Tällöin siitä voi muodostua yrityksessä jopa osa yrityskulttuuria, jonka avulla sen toimintaa tehostetaan (Anttila 2001: 7). Tämä on tärkeää jokaisessa yrityksessä, mutta dokumentoinnin tehokkuus ja oikeellisuus korostuvat Tamico Systems Oy:n kaltaisessa yrityksessä, jonka tehtävänä on asiakkaiden IT-järjestelmien ylläpito ja hallinta.

Tietoverkon dokumentoinnilla saavutetaan yleiskuva verkosta. Se pitää sisällään kaikki verkon laitteet ja tiedon niiden fyysisistä ja loogisista sijainneista. Lisäksi se kuvaa laitteiden ja järjestelmien välisiä yhteyksiä.

7.2 Dokumentoinnin hyödyt

Hyvällä dokumentoinnilla saavutetaan monia etuja ja hyötyjä, sillä se toimii perustana kaikille verkossa tehdyille toimenpiteille. Mikäli verkon kanssa työskentelevät henkilöt ovat tietoisia verkon toiminnasta ja omaavat hyvän yleistiedon sen laitteista, on siihen liittyvien ratkaisujen tekeminen huomattavasti helpompaa. Tämä korostuu erityisesti vikatilanteissa, jossa hajonnut verkon aktiivilaite on korjattava mahdollisimman nopeasti. Pahimmassa tapauksessa laite on verkon toiminnan kannalta niin kriittinen, että sen rikkoontuminen aiheuttaa koko verkon toimimattomuuden. Dokumentaation hyödyt näkyvät tässä tilanteessa esimerkiksi konfiguraation nopeana palautuksena uuteen laitteeseen ja sen nopeana kytkentänä tarkan ristikytkentätiedon ansiosta.

Vikatilanteiden lisäksi dokumentaation hyödyt tulevat esille suunniteltaessa uusia tietoteknisiä ratkaisuja. Dokumentaation avulla verkon laitteistoista ja topologiasta on kerätty kaikki tarvittava tieto, joten uusien laitteiden hankinta ja jopa suurempi järjestelmämuutos onnistuu helpommin. Päätös uusien laitteiden hankinnasta ja niissä tarvittavista ominaisuuksista on helpompi tehdä, mikäli olemassa olevasta laitekannasta on riittävän hyvät perustiedot. Myös laitteiden käyttöönotto helpottuu, mikäli laiteympäristöstä on olemassa tietoa.

Dokumentointi toimii myös verkonhallinnan ja ylläpidon peruselementtinä. Sen avulla voidaan jopa ennaltaehkäistä tulevia vikatilanteita ja laiterikkoja, tai ainakin varautua niihin paremmin. Tämä onnistuu esimerkiksi kirjaamalla ylös laitteessa havaitut oireet, jotka voivat mahdollisesti johtaa laitteen rikkoontumiseen. Mikäli laitteen tiedot on dokumentoitu riittävän tarkasti, on vian selvittäminen etätöinäkin mahdollista. Huolto-tilanteissa on myös ensisijaisen tärkeää tietää, missä mikäkin laite fyysisesti sijaitsee ja miten sen toiminta vaikuttaa verkon muihin aktiivilaitteisiin.

Dokumentoinnin uskotaan usein aiheuttavan yritykselle ylimääräisiä kustannuksia. Tämä pitää varmasti paikkansa, mutta asialla on myös kääntöpuoli. Vaikka dokumentointiin käytetäänkin erityisesti ylläpito-yrityksessä paljon aikaa, maksavat tehokkaampaan dokumentointiin investoidut rahat itsensä takaisin kustannussäästöinä. Nämä säästöt syntyvät muun muassa tehokkaammista työtavoista ja työn laadun parantumisesta. Dokumentaation ansiosta myös virheiden määrä vähenee. (Anttila 2001: 7.)

Dokumentaatio toimii järjestelmän ja siihen kohdistuvien toimenpiteiden runkona erityisesti silloin, kun esimerkiksi verkon ylläpitohenkilö joutuu tuntemattomaan laiteympäristöön. Nämä tilanteet ovat yleisiä esimerkiksi loma-aikoina, jolloin laiteympäristön vastaava järjestelmänvalvoja on lomalla, eikä häneltä voi kysyä neuvoa järjestelmään liittyvissä asioissa. Tällöin dokumentaation pitää olla sillä tasolla, että siihen voi kuka tahansa luottaa sataprosenttisesti.

Yrityselämään kuuluu luonnollisena osana myös henkilöstön vaihtuvuus, joten dokumentointikäytännön ja – tason tulisi olla niin hyvä, että työntekijän lähtiessä muut voivat jatkaa lähteneen työntekijän töitä mahdollisimman sujuvasti. Parhaimmassa tapauksessa hyvä dokumentaatio on loistava väline uuden työntekijän perehdyttämiseen (Anttila 2001: 7 - 8).

7.3 Dokumentoinnin tarkkuus

Edellisessä kappaleessa puhuttiin hyvästä ja tehokkaasta dokumentaatiosta, mutta mitä sillä oikeastaan tarkoitetaan? Kysymykseen ei ole yksiselitteistä vastausta, sillä jokaisen yrityksen tulee päättää dokumentaation laajuus ja tarkkuus organisaatiokohtaisesti. Nyrkkisääntönä voidaan kuitenkin Jaakohuhdan (2002: 320) mukaan pitää tapaa, jossa liiketoiminnan kannalta merkittävimmät laitteet dokumentoidaan sillä tasolla, että niistä voidaan nopeasti selvittää tarvittavat jatkotoimenpiteet.

Dokumentointia suunniteltaessa on harkittava dokumentoinnin tarkkuus. Mikäli dokumentaatiota ryhdytään tekemään liian tarkasti, voi dokumentaatiotyö käydä yllättävän hitaaksi ja työlääksi. Pahimmassa tapauksessa dokumentointi laiminlyödään kokonaan, ja tilanne muuttuu päin-

vastaiseksi kuin alun perin suunniteltiin. Toisaalta liian pienen tietomäärän kerääminen ja ylläpito eivät anna riittävästi tietoa vikatilanteiden selvittämiseen, vaan osoittautuu tarkkuudeltaan liian niukaksi. Dokumentaation tulisi sisältää vähintään verkon osat, jotka ovat sen toiminnan kannalta kriittisiä. (Jaakohuhta 2002: 321.) Näitä tietoja ovat muun muassa:

- Kaapelointi
- Jakamoiden ja laittilojen sijainti
- Laitteiden sijainti
- Laitetyyppi ja sarjanumero
- MAC-osoite
- IP-osoite

Toimivan dokumentoinnin suunnittelu ja ylläpito eivät ole helppoja tehtäviä. Dokumentointiin käytettävä suuri työmäärä voi yllättää, mutta se palkitsee tekijänsä ongelmatilanteiden esiintyessä. Hyvällä dokumentoinnilla on muutamia tunnusmerkkejä, kuten helppo ylläpidettävyys. Tällä tarkoitetaan dokumentoinnin suunnittelua, jossa dokumentaatiotyö olisi tehty mahdollisimman sujuvaksi, esimerkiksi hyvän dokumentoitavan avulla. Tämä tarkoittaa käytännössä sopivan tasapainon löytämistä tehokkuuden ja helpon ylläpidettävyyden välillä. (Jaakohuhta 2002: 323.)

Toinen onnistuneen dokumentoinnin tunnusmerkeistä on yhdenmukaisuus. Dokumentointi tulisi toteuttaa sovitun kaavan ja standardien mukaisesti, jotta se olisi mahdollisimman yksiselitteinen ja helposti tulkittava. Tämä vaatii yritykseltä selkeää suunnittelua ja halua toimia sovittujen toimintatapojen mukaisesti. Yhdenmukaisuus korostuu erityisesti laitteiden ja muiden verkon komponenttien nimeämisen kohdalla, jossa huono nimeämiskäytäntö voi osoittautua jopa huonommaksi vaihtoehdoksi kuin niiden nimeämättä jättäminen. Lisäksi dokumentaatio tulisi olla helposti kaikkien sitä tarvitsevien saatavilla, mikä edesauttaisi alentamaan kynnystä jokaisen dokumentointia vaativan tapahtuman kirjaamiseen. (Jaakohuhta 2002: 323.)

7.4 Toteutustavat ja -välineet

Verkon dokumentointi toteutetaan tänä päivänä lähes poikkeuksetta sähköisessä muodossa. Dokumentoinnin apuna käytetään usein erityisiä verkon dokumentointiin tarkoitettuja ohjelmia, joiden avulla voidaan tuottaa dokumentteja kaksi- tai kolmiulotteisesti. Nämä ohjelmat tulisi olla mahdollisimman helppokäyttöisiä ja monipuolisia, jotta ne soveltuisivat mahdollisimman monelle käyttäjälle ja moneen eri käyttötarpeeseen. Lisäksi hyvä dokumentointiohjelma pystyy tuottamaan dokumentaation paperiversioksi käyttäjän niin halutessaan. (Jaakohuhta 2002: 324 - 325.)

Itse tietojen kerääminen verkosta tapahtuu käsin tai tarkoitukseen soveltuvan analyysoijan avulla. Analysoija poimii verkosta esimerkiksi laitteiden IP- tai MAC-osoitteet sekä laitenimet. Analysoijoihin voidaan määrittellä melko kattavasti mitä tietoa ne laitteista keräävät, mutta koska ne eivät välttämättä saa kaikkea vaadittavaa tietoa talteen, joudutaan dokumentaatiota usein täydentämään käsin. (Jaakohuhta 2002: 323.)

7.5 Verkkokartat

Verkkokartta on yksi dokumentoinnin tärkeimmistä työkaluista. Sen avulla vianselvityksestä sekä verkon toiminnan suunnittelusta ja muutostöistä saadaan helpompaa ja vaivattomampaa. Verkkokartat voidaan jakaa loogisiin ja fyysisiin karttoihin ja ne tulisikin ottaa jokaisen verkon yhteydessä käyttöön niiden hyödyllisyyden takia. (Ogletree 2001: 22.)

7.5.1 Looginen verkkokartta

Loogisella verkkokartalla tarkoitetaan verkon toimintaa kuvaavaa yksinkertaistettua kuvausta, joka auttaa verkon parissa työskenteleviä henkilöitä ymmärtämään verkon toimintaa. Looginen kartta voi olla hyvinkin pelkistetty, sillä sen tarkoituksena ei ole antaa kaiken kattavaa kuvaa koko verkosta, vaan ilmaista ainoastaan laitteiden väliset suhteet. Näin kartan avulla, verkkoon ensimmäistä kertaa tutustuvakin henkilö voi saada riittävän yleiskuvan verkon toiminnasta. (Ogletree 2001: 22.)

Looginen verkkokartta sopii hyvin myös verkkoon tehtävien päivitysten ja muutosten suunnitteluun, sillä sen avulla ylläpitohenkilöstö saa nopeasti muodostettua suunnitteluun vaadittavia kokonaismielikuvia verkon komponenttien välisistä riippuvuuksista. Loogisen verkkokartan voi piirtää melkein millä tahansa käyttäjälle mieluisalla piirtotyökalulla. Sen voi toteuttaa jopa kynällä ja paperilla, mutta tähän tarkoitukseen on olemassa myös erikoistyökaluja, kuten Microsoftin piirto-ohjelma Visio. Kartta tulisi pitää graafisen suunnittelun osalta mahdollisimman yksinkertaisena, koska karttaa voidaan käyttää lopulta hyvin erilaisissa paikoissa, kuten toimiston mapissa tai Web-sivustolla. (Ogletree 2001: 23.)

7.5.2 Fyysinen verkkokartta

Fyysinen verkkokartta on loogista kaaviota huomattavasti tarkempi ja konkreettisempi. Karttaan on merkitty kaikki laitteet ja kaapelit hyvin yksityiskohtaisesti, aina IP-osoitteista kaapeleiden rasiamerkkintöihin. Koska fyysiset kartat ovat hyvin yksityiskohtaisia, koostuu niihin usein hyvin paljon tietoa. Tästä johtuen karttoja onkin laajemmissa ympäristöissä syytä tehdä useita, jotta niistä saadaan tarkkuuden lisäksi riittävän selkeitä. (Feldman 1999: 29.)

8 Liikekeskuksen runkoverkon kuvaus

8.1 Liikekeskus

Tämä opinnäytetyö rakentuu toimeksiantajayritykseni rakentaman ja hallinnoiman liikekeskuksen runkoverkon ympärille. Liikekeskuksen rakennusurakka käynnistyi vuonna 2004, jolloin alueella aloitettiin rakennustyöt. Noin vuosi tämän jälkeen Tamico Systems Oy sai tilauksen tietoliikenneverkon toimittamisesta kiinteistöön, ja kaapeloinnin rakentaminen aloitettiin suunnittelutyön jälkeen alkuvuodesta 2006. Tamico Systems Oy vastasi verkon suunnittelusta ja toteutustavasta, mutta käytännön kaapelointityön suoritti erillinen sähköurakointiyhtiö.

Runkoverkko on toteutettu gigabittisellä 1000Base-SX-tekniikalla, jossa kaapelityyppinä käytetään monimuotoista valokuitukaapelia. Runkoverkon peruspilareina on 12 telejakamoita, joissa sijaitsee kaikki verkon aktiivilaitteet ja palvelimet. Kaikki telejakamot sijaitsevat samassa kerroksessa ja ne yhdistetään toisiinsa valokuidulla toteutetun runkokaapeloinnin avulla. Yksi telejakamoista toimii verkon keskuksena toimivana pääjakamona, johon tuodaan Internet-yhteys palomuurin kautta. Tätä yhteyttä jaetaan edelleen kytkinverkossa muihin telejakamoihin ja niistä edelleen kauppakeskuksen jokaisessa liiketilassa sijaitseviin telekaappeihin. Verkon rakennetta ja perustoimintaperiaatetta on kuvattu liitteessä 1.

8.2 Verkon ylläpito

Verkon rakentamisen ja käyttöönoton jälkeen projektissa siirryttiin verkon ylläpitovaiheeseen. Liikekeskus pitää sisällään lähes kaksi sataa liikettä, kahdessa eri kerroksessa, joista lähes sadalle Tamico Systems Oy toimittaa Internet-yhteyden. Kytkin-tekniikalla toteutettu runkoverkko muodostaa sähköisen liiketoiminnan perustan siis noin puolelle kiinteistön liikkeistä, joten verkon toiminta sekä sen hallinta ja ylläpito nousevat merkittävään asemaan.

Runkoverkon tarkoituksena ei ole pelkästään toimittaa Internet-yhteyttä liiketiloihin, vaan mahdollistaa myös erilaisten palveluiden tarjoaminen kiinteistön eri osapuolille. Käytännössä tämä tarkoittaa taloautomaation, turvakameroiden, rikosilmoitinjärjestelmän, kulunvalvonnan sekä puhelinjärjestelmän liittämistä runkoverkkoon. Näiden kiinteistön toiminnan kannalta kriittisten järjestelmien kytkeytyminen runkoverkkoon lisää luonnollisesti myös ylläpitohenkilöstön suorittamien toimintojen tärkeyttä. Runkoverkon toiminnan ja laitteiston tunteminen on ehdoton edellytys verkon ylläpitohenkilöstölle. Tästä syystä jo verkon rakennusvaiheeseen osallistui mahdollisimman moni Tamico Systems Oy:n kymmenhenkisestä ylläpitoitiimistä. Rakennusurakan jälkeen ylläpitohenki-

löiden määrä on pienentynyt ja ylläpitotehtävät henkilöityneet selkeämmin eri osaamisalueiden mukaan, joten dokumentoinnilla on yhä suurempi merkitys verkon ylläpitorutiinissa.

8.3 Laitteisto

Runkoverkko on toteutettu käyttämällä kytkintekniikkaa. Verkon perustan muodostavat jokaisessa kerrosjakamossa sijaitsevat Hewlett Packardin ProCurve 2824 -kytkimet. Nämä kytkimet on yhdistetty talojakamo 1:ssä sijaitsevaan keskuskytkimeen, joka on HP:n ProCurve-sarjan järeämpi moduulikytkin 5304xl. Laitteessa on kolme neljällä valokuituliittimellä varustettua moduulia, joten kaikkien 12 kerrosjakamokytkimen valokaapelointi voidaan yhdistää samaan keskuskytkimeen. Kerroskytkimiin on edelleen liitetty vaihteleva määrä muita kytkimiä, kerrosjakamon alueella toimivien asiakkaiden määrästä riippuen. Kerroskytkimiin yhdistetään myös taloautomaation kytkimet. Kaiken kaikkiaan verkossa on 50 vähintään HP:n 2600-sarjan kytkintä.

Kytkinverkossa on käytössä full-duplex-toimitila. Kaikki laitteet toimivat oletusarvoisesti auto-negotiation-tilassa, mikä helpottaa ylläpitoa, sillä laite määrittelee automaattisesti parhaan mahdollisen linkkinopeuden ja oikean duplex-tilan. Koska kaikki laitteet tukevat gigabittisyyttä, käyttöön otetaan automaattisesti gigabittinen full-duplex-muoto. Half-duplex-toimitilan käyttäminen verkossa ei ole järkevää, koska sen avulla ei saavuteta samoja suorituskykyä parantavia ominaisuuksia kuin full-duplexia käytettäessä. Half-duplex edustaakin mielestäni osittain vanhentunutta tekniikkaa, sillä jaetulle kaistalle tyypilliset törmäykset heikentävät Ethernetin toimintaa selvästi. Tästä syystä törmäysvapaata full-duplexia tulisi käyttää mahdollisimman tehokkaasti, verkon parhaan suorituskyvyn saavuttamiseksi.

Talojakamossa 1 sijaitsee verkon rajalla toimiva palomuri, jonka kautta rakennukseen tuodaan Internet-yhteys. Käytössä on SonicWall 4100, joka on kahdennettu vikatilanteiden varalta. Talojakamoissa sijaitsevat myös kaikki verkkoon liitetyt palvelimet. Palvelimia käytetään taloautomaatiossa sekä kamera- ja kulunvalvonnassa. Verkossa on 13 palvelinta, mukaan lukien asiakkaiden omat palvelimet. Palvelimet on rajattu dokumentoinnin ulkopuolelle, sillä en katso niiden liittyvän suoranaisesti runkoverkon laitteisiin.

Jakamoiden sähkönsyötössä on käytetty UPS-laitteita (Uninterruptible Power Supply). Niiden tarkoituksena on suojata verkon aktiivilaitteita virtapiikeiltä ja lyhytaikaisilta sähkökatkoksilta. Jokaisessa kerrosjakamossa on oma UPS-laite, johon kaikki jakamon aktiivilaitteet on kytketty. Sähkönsyöttölaitteita on 12. Runkoverkkoon liitettyjen työasemien määrää on vaikea arvioida, sillä liikkeissä ja myymälöissä voi olla hyvin vaihteleva määrä tietokoneita. Useimmissa liikkeissä ei ole lainkaan käytössä tietokonetta, vaan verkkoon on liitetty ainoastaan maksupäätte.

9 Dokumentoinnin käytännön toteutus

9.1 Taustaa

Verkon dokumentointiprojekti oli mielenkiintoinen ja haastava, koska yritys ei ole aiemmin toteuttanut näin mittavaa verkkoprojektia. Dokumentoinnin onnistumiseen, suunnitteluun ja kehittämiseen oli mahdollisuus panostaa paljon, sillä projektia ryhdyttiin toteuttamaan samanaikaisesti itse verkon rakentamisen kanssa. Suunnitelma olikin tehtävä mahdollisimman huolellisesti, jotta sovittua dokumentointitapaa voitaisiin käyttää projektin alusta loppuun asti. Tämän lisäksi dokumentointi tulisi olla mahdollisimman toimiva myös projektin jälkeen.

Seuraavaksi tutustutaan runkoverkon käytännön toteutukseen. Työssä esitetyt dokumentit ovat osittain pelkistettyjä esimerkkejä tehdyistä dokumenteista, sillä esimerkiksi asiakastietojen paljastaminen ei ole tämän opinnäytetyön puitteissa mahdollista. Lisäksi laitteiden nimet ja osoitteet on muutettu tietoturvasyiden takia. Sen sijaan laitteiden nimeämiskäytäntö ja muut dokumentointiin liittyvät seikat ovat toteutettu myös käytännössä.

9.2 Dokumentointivälineet

Dokumentoinnin apuna käytettiin Microsoft Office 2003 -tuotepaketin välineitä Excel ja Visio. Lisäksi Wordia käytettiin muutamien sanallisten suunnitelmien ja luonnosten tekemiseen. Ohjelmat on havaittu toimiviksi aiempien dokumentointiprojektien yhteydessä, joten ne olivat melko selkeä vaihtoehto myös tämän projektin toteuttamiseen. Erillisen dokumentointiohjelman hankinnalle ei ollut tarvetta, koska yrityksessä on käytössä Web-pohjainen dokumentointisovellus, johon kaikki tässäkin projektissa tuotetut dokumentit on tarkoitus lopulta siirtää.

Visio

Microsoft Office Visio on kaavionluontiin kehitetty ohjelma, joka on tarkoitettu havainnollistamaan monimutkaisia prosesseja ja järjestelmiä. Näin ollen se soveltuu erinomaisesti myös verkkokokoonpanojen ja –järjestelmien kuvaamiseen. Visio on havaittu käytössä selkeäksi ja monipuoliseksi ohjelmaksi, jonka toiminta perustuu eri tarpeisiin soveltuviin kaavionluontityökaluihin. Ohjelman yksi hyvistä ominaisuuksista on eri laitevalmistajilta saatavat symbolilajennukset, jotka voidaan liittää Visioon symbolikirjastoon. Näin kaavioihin ja kuvauksiin saadaan kuvat juuri niistä laitteista, joita järjestelmässä on käytössä. Tämän avulla dokumentoinnista saadaan selkeämpiä ja yhä todenmukaisempia.

Excel	Excel on myös Microsoftin Office-tuoteperheeseen kuuluva ohjelma, joka avulla käyttäjä voi tehdä erilaisia laskentataulukoita. Dokumentoinnin osalta päädyttiin taulukkolaskentaohjelmaan yksinkertaisesti siitä syystä, että sen avulla oli kaikkein yksinkertaisinta ja selkeintä toteuttaa esimerkiksi kytkinten konfiguraatio- ja järjestelmän VLAN-tietojen ylläpito. Office-tuotteiden käytön hyvä puoli on myös siinä, että ohjelmisto on hyvin universaali, ja se onkin käytössä erittäin laajalti. Näin dokumentaatiot ovat hyvin käytettävissä, mikäli niitä tarvitaan muualla kuin oman järjestelmän sisällä.
Sydoc	Sydoc on Tamico Systems Oy:n kehittämä Web-pohjainen dokumentointijärjestelmä, joka mahdollistaa niin kirjallisen dokumentoinnin kuin laitekarttojenkin laatimisen. Järjestelmä on vielä osittain kehitysvaiheessa, eikä sitä ei ole vielä saatu laajamittaiseen käyttöön. Sen monipuolisen ja joustavan käytettävyyden ansiosta tämänkin projektin koko dokumentaatio on tulevaisuudessa tarkoitus siirtää järjestelmään.

9.3 Dokumentoitavat osat

Seuraavassa kuvataan verkon kokoonpanoa ja niihin liittyvät tiedot, jotka on dokumentoitu.

Jakamot	<p>Rakennuksessa on 12 teletilaa, jotka kaikki sijaitsevat samassa kerroksessa. Näitä jakamoita nimitetään yleiskaapelointistandardin mukaisesti kerrosjakamoiksi. Tämän lisäksi kerrosjakamoita 130, 122 ja 124 nimitetään talojakamoiksi 1,2 ja 3. Talojakamot ovat kooltaan suurempia ja niissä sijaitsee kaikki palvelimet ja muut verkon toiminnan kannalta kriittisimmät laitteet. Talojakamo 1 on runkoverkon pääteletila.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nimi • Laitteet • Sijainti
Kaapelointi	<p>Kaapelointi on toteutettu niin ikään yleiskaapelointistandardin mukaisesti. Liitteessä 2 on kuvattu runkokaapeloinnin rakennetta ja kerrosjakamoiden yhdistämisessä käytettyjä kaapelointireittejä sekä asennettujen valokuitukaapeliparien määrää. Kaapeloinnissa on otettu varareittien avulla huomioon myös mahdollinen vikatilanne. Liitteessä korostuu myös talojakamoiden rooli kerrosjakamoihin nähden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tyyppi • Liittimet
Kytkimet	<p>Jokaisessa jakamossa on vaihteleva määrä kytkimiä. Kaikki kytkimet ovat Hewlett Packardin tuotteita, mutta käytössä on useita eri malleja. Tästä huolimatta kaikki verkon kytkimet on dokumentoitu saman kaavan mukaisesti.</p>

	<ul style="list-style-type: none">• Sijainti• Nimi• Malli• Moduulien mallit• Positio (Unit-paikka)• IP-osoite• MAC-osoite• Ohjelmistoversio• Sarjanumero
Palomuri	<p>Rakennuksen lähiverkon ja Internetin rajalla toimii SonicWall 4100-palomuuri, jonka tehtävänä on suojata verkkoa ulkopuolisilta hyökkäyksiltä.</p> <ul style="list-style-type: none">• Nimi• Malli• Sijainti• IP-osoite• MAC-osoite• Ohjelmistoversio• Sarjanumero• Positio (Unit-paikka)
UPS-laitteet	<p>UPS-laitteilla varmistetaan verkon aktiivilaitteiden toiminta lyhytaikaisten sähkökatkosten ja virtapiikkien aikana. Sähkönsyöttöjärjestelmään kuuluvat lisäksi jokaisessa talojakamossa sijaitsevat hallittavat virranjakelupaneelit eli PDU:t (Power Distribution Unit).</p> <p>Näiden UPS-laitteisiin kytkettävien paneelien tarkoituksena on mahdollistaa paneeliin kytkettyjen laitteiden virranhallinta etäkäytöllä. PDU-laitteen mukana tulleen hallintaohjelman avulla paneelin yksittäisistä virtapistokkeista voidaan katkaista virta hallitusti. Tämä on hyödyllinen toiminto esimerkiksi vikatilanteessa, jossa PDU-paneeliin kytketty laite on epäkunnossa ja vian korjaaminen vaatii laitteen uudelleenkäynnistymisen. Tässä tilanteessa laitteesta voidaan katkaista virta etäkäytöllä. Tämän toiminnon käyttäminen on mahdollistettu dokumentoimalla PDU-paneelin virtapistokkeiden numerot ja niihin kytketyt laitteet huolellisesti. Dokumentointi on erityisen tärkeää, sillä väärä dokumentti voi johtaa väärän laitteen alasajoon. PDU-dokumentti on esitetty liitteessä 3.</p> <ul style="list-style-type: none">• Nimi• Malli• Mallinumero• Sijainti• IP-osoite• MAC-osoite• Sarjanumero

9.4 Nimeämiskäytäntö

Nimeämiskäytäntö on tärkeä osa selkeää ja ymmärrettävää dokumentointia. Nimeämiset niin laitteiden kuin laitetilojenkin osalta tulisi suunnitella huolellisesti ja johdonmukaisesti, jotta valittua nimeämiskäytäntöä voitaisiin käyttää tehokkaasti myös tulevaisuudessa.

Nimeäminen tulisi toteuttaa mahdollisimman standardinmukaisesti, jotta sama käytäntö säilyisi kaikkien verkon komponenttien osalta. Saman standardin mukaisesti nimetyt laitteet antavat perustan selkeälle ja helpolukuiselle dokumentille. Suunnittelun yhteydessä hyväksi havaituksi keinoksi todettiin käytäntö, jossa nimeämiset toteutetaan mahdollisimman loogisesti. Tällöin nimi itsessään kertoo verkon laitteisiin ja tiloihin liittyvistä perusasioista.

Verkon laitteiden nimeäminen toteutettiin niin, että nimi kertoo käyttäjälle laitteeseen liittyvää perustietoa. Jotta nimeämisestä saataisiin mahdollisimman toimiva, standardisoinnin kielenä käytettiin englantia. Näin käytännöstä saatiin globaali ja samalla välttyttiin suomenkielelle tyypillisten kirjaimien aiheuttamilta ongelmilta.

Nimi koostuu väliviivalla toisistaan erotetuista lyhenteistä, jotka kertovat laitteen toiminnon, tyypin, jakamon, kaapin sekä järjestysnumeron. Seuraavassa on esimerkki verkon laitteen nimestä, joka havainnollistaa nimeämiskäytännön rakenteen.

BB-SW-FD108-45-03

- **BB** kuvastaa laitteen toimintoa. Kiinteistöissä voi olla tietoliikennelaitteita eri käyttötarkoituksia varten, joten laitteet on hyvä erotella myös niiden toimintakuvaksen perusteella. Tämän laitteen toiminta perustuu runkoverkkoon (BB, Backbone). Toinen käytettävä lyhenne voisi olla esimerkiksi BA, joka tarkoittaa taloautomaatiota (Building Automation).
- **SW** ilmaisee laitteen tyypin, joka tässä tapauksessa on switch eli kytkin. Muita mahdollisia lyhenteitä olisi esimerkiksi FW (firewall/palomuuuri) tai RT (router/reititin)
- **FD108** määrittelee jakamon, jossa FD merkitsee Floor Distributionia eli kerrosjakamoita. Numero jakamotunnuksen perässä ilmaisee tiedon jakamon järjestysnumerosta, jonka avulla saadaan selville jakamon tarkka sijainti. Numerointi on toteutettu hotellien huonenumeroinnistakin tutulla tavalla, jossa yhdistelmän ensimmäinen numero kertoo kerroksen ja seuraavat numerot jakamon numeron juoksevasti. Tässä tapauksessa laite sijaitsee ensimmäisen kerroksen kahdeksannessa jakamossa.

- **45** kertoo kaapin numeron laitetilassa. Suurissa kiinteistöissä jakamoihin kertyy jatkuvasti lisää aktiivilaitteita, joten laitekaappeja-kin voi olla samassa tilassa useita. Kaapien nimeämisellä saadaan selkeyttä myös laitetilojen sisältöön.
- **03** on yksinkertaisesti juokseva järjestysnumero, joka kertoo kuinka monta kyseisen tyyppistä laitetta on sijoitettu laitekaappiin. Tässä tapauksessa tämä on kolmas tähän tilaan ja kaappiin sijoitettu kytkin.

9.5 Runkoverkon kaapelointi

9.5.1 Kaapelit ja liittimet

Runkoverkko perustuu standardiin 1000Base-SX. Standardi sopii kyseiseen kiinteistöön hyvin, sillä kaapeloitavat matkat eivät ylitä käytetylle 50 mikronin monimuotokaapelille ominaista 300 metrin maksimipituutta. Yksimuotokuitu olisi mahdollistanut pidemmät kaapelointimatkat, mutta se oli tässä tapauksessa tarpeetonta. Valintaa puolsi myös monimuotokuidun halvempi hinta.

Valokuitukaapeloinnissa on standardin mukaisesti käytetty tyyppin 50/125 monimuotokuituja, jotka on päätetty laitekaapin SC-liitintyyppin valokuitupaneeliin. Kuitukaapeloinnin ristikytkennässä paneelilta kytkimelle käytetään niin ikään 50/125 monimuotokuitua. Liittiminä ristikytkennässä käytetään paneelin päässä SC-liittimiä ja kytkimessä LC-liitintyyppiä. Kaapeloinnin kategoria-vaihtoehtoina olivat pidempään käytössä olleet OM2 ja uusinta tekniikkaa edustava OM3. Käyttöön valittiin jälkimmäinen, sillä sitä pidettiin parempana vaihtoehtona myös tulevaisuudessa.

Ristikytkentäkuidun LC-liittimet yhdistetään kytkimen porttiin käyttämällä Gigabit-SX-LC mini-GBIC-kuitusovitinta (Gigabit Interface Converter). Sovitin toimii mediamuuntimena, jonka avulla LC-tyypin valokuituliitin voidaan kytkeä kytkimen Gigabit Ethernet -porttiin. GBIC-sovittimet ovat niin sanottuja Hot Plug-tuotteita, jotka voidaan vaihtaa käytön aikana. Niitä käytetään yleisesti gigabittisissä valokuituyhteyksissä.

Valokuitukaapelointi on dokumentoitu tallentamalla jakamon valokuitupaneelin käytetty ristikytkentäliitin ja siihen kytketyn laitteen nimi. Jokainen laitekaapissa oleva valokuitupaneeli on merkitty yksilöllisesti ja niissä olevat liittimet numeroitu juoksevasti. Jokainen jakamo on dokumentoitu erikseen valokuitupaneelien merkintöjen mukaisesti, kuten taulukossa 1 on esitetty.

Taulukko 1. Näyte valokuitukaapeloinnin ristiinkytentätaulukosta.

Jakamo	Paneeli	Liitinpari	Laite/portti
BD50	G01	25-26	BB-SW-FD115-43-01/B2
BD50	G01	27-28	BB-SW-FD117-43-01/D2
BD50	G02	15-17	BB-SW-FD111-43-01/D4
BD50	G02	18-19	BB-SW-FD113-43-01/D3

Kuparikaapeloinnissa on käytetty kategorian 6 mukaisia tuotteita, sillä ne edustavat alan uusinta standardia ja tekniikkaa. Kategoria on huomioitu ristikytentäpaneelissa ja kaapeleissa, jotta käytettävä standardi olisi sama koko kiinteistössä.

9.5.2 Kaapeloinnin merkintä ja värikoodaus

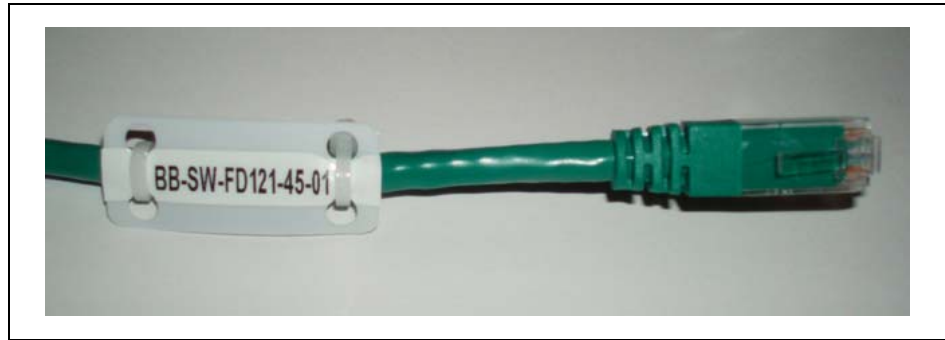
Runkoverkko muodostaa perustan koko rakennuksen tietoteknisille yhteyksille. Runkoverkkoon on liitetty taloautomaatio, IP-puhelinjärjestelmä, turvakamerat, rikosilmoitinjärjestelmä sekä kulunvalvonta. Verkkoon liitettäviä järjestelmiä on varsinaisten data-yhteyksien lisäksi varsin paljon, joten kaapeloinnin merkintään on kiinnitetty erityistä huomiota.

Kaapeloinnin oikea merkintä selkeyttää laittilojen yleisilmettä ja tehostaa verkkoon liittyviä työtehtäviä. Tämä korostuu erityisesti vikatilanteissa, jossa verkkoon liittyvät huoltotoimenpiteet on suoritettava mahdollisimman nopeasti. Tehokkaan merkinnän ansiosta vian paikallistaminen voi onnistua huomattavasti nopeammin.

Kaapeloinnin merkintää tehostettiin käyttämällä erivärisiä kaapeleita verkon eri käyttötärpeissa. Värikoodauksen ansiosta verkon kanssa työskentelevä henkilö voi tehdä nopeita päätelmiä kaapeloinnin suhteen erityisesti laitekaapeissa, joissa eri järjestelmään liittyviä kaapeleita on todella paljon. Seuraava esimerkki kuvaa kaapeloinnin värikoodausta:

- Harmaa = puhelinjärjestelmä
- Keltainen = UPS-laitteet
- Sininen = taloautomaatio
- Vihreä = data
- Musta = kulunvalvonta/turvakamerajärjestelmä

Datakaapelit on värikoodauksen lisäksi merkitty kuvion 10 mukaisella, tarroitetulla merkintälevyllä, jonka avulla kuvataan kaapelin tarkempi kytkentäkohde. Merkintälevy on sijoitettu riittävän lähelle kaapelin liittintä, jottei se jää kaapelimassan alle kaapeliohjaimessa. Levyn kiinnitykseen käytettäviä nippusiteitä ei saa kiristää liian tiukalle, ettei kaapelin rakenne kärsi kovasta puristuksesta.



Kuvio 10. Esimerkki kaapelimerkinnästä.

9.6 Kytkinten konfiguraatiot

Kytkinten konfiguraatiot sisältävät verkon toiminnan kannalta erittäin kriittistä tietoa, joten niiden dokumentointi on tärkeää. Konfiguraatitietoja ylläpidetään fyysisten konfiguraatitiedostojen lisäksi Excel-taulukossa, jotta verkon ylläpito ja dokumentoinnin hallinta onnistuisi mahdollisimman vaivattomasti ja tehokkaasti.

9.6.1 Konfiguraatiotaulukot

Excel-taulukoissa (liite 4) ylläpidetään kaikkia kytkimen konfiguraatioon liittyviä tietoja. Taulukoiden avulla konfiguraatiot voidaan esittää selkokielisesti, jolloin verkon ylläpitäjä saa nopeasti käsityksen kytkinten sisältämästä konfiguraatitiedosta. Liitteessä 4 kuvattu taulukko on esimerkki kerrosjakamokytkimen konfiguraatiosta. Liitteessä mainitut IP- ja MAC-osoitteet, laitteiden nimet sekä VLAN-tiedot eivät ole tietoturvasyistä todellisia, mutta niiden avulla voidaan havainnollistaa dokumentoinnin rakennetta.

Taulukoihin on koottu kytkinten osalta kaikki kohdassa 9.3 mainitut perustiedot. Positiolla tarkoitetaan laitteen yksityiskohtaista paikkaa laitekaapissa. Liitteessä mainittu positiotunnus FD125.45.21 muodostuu jakamon ja laitekaapin numerosta sekä Rack-kaapin Unit-paikasta. Eli kyseinen laite sijaitsee jakamon FD125 laitekaapissa numero 45. Laitteen lopullinen sijainti ilmenee laitekaapin Unit-paikan numerosta, joka on 21. Jakamoissa käytetyt laitekaapit ovat korkeudeltaan 42 Unit:a, josta voidaan havaita, että laite sijaitsee kaapin puolivälissä. Unit-numerointi aloitetaan kaapin alaosasta.

Sarjanumeron ja ohjelmistoversiotiedon ylläpitäminen on osoittautunut erittäin hyödylliseksi erityisesti vikatilanteissa, jolloin laitevalmistajalle saadaan mahdollisimman nopeasti tarvittavat tiedot vioittuneesta laitteesta. Näiden tietojen lisäksi jokaisessa dokumentissa on merkintä ajankohdasta, jolloin dokumenttiin on tehty muutoksia. Päivitystiedon yhteyteen tulee merkintä myös muutosten tekijästä.

Taulukosta löytyvät myös porttikohtaiset konfiguraatiodiedot, jotka kertovat yksityiskohtaisesti kytkimen sisältämästä konfiguraatiosta. Portin tyyppin ja nopeuden lisäksi dokumentista ilmenee porttikohtainen VLAN-informaatio, josta nähdään virtuaaliverkkojen käyttö kussakin kytkimen portissa. Käyttämättömät portit ovat liitetty käyttämättömään, eli niin sanottuun tyhjiin virtuaaliverkkoon tietoturvasyistä. Näin teletilassa asiattomasti liikkuva henkilö ei pääse kytkimen vapaasta portista kiinni mihinkään verkkoon.

Tietoturvaan liittyy myös Port-Security-asetus, joka on niin ikään dokumentoitu kytkinten osalta. Tällä asetuksella varmistetaan, että porttiin voidaan kytkeä ainoastaan tietyllä MAC-osoitteella varustettu laite. Tästä esimerkkinä on liitteen 4, kytkimen ensimmäinen portti, joka on kytketty taloautomaatiolaitteeseen BA-SW-FD125-55-01 porttiin 24. Tämän laitteen MAC-osoite on määritelty kytkimen portin Port-Security-konfiguraatioon, jolloin porttiin voidaan liittää ainoastaan tämän MAC-osoitteen mukainen laite. Ylläpidon helpottamiseksi Port-Security on otettu käyttöön vain verkon toiminnan kannalta kriittisimpien laitteiden ja porttien osalta. Liitteen kytkentäkohteessa mainittu SFD-merkintä (Site Floor Distribution) tarkoittaa asiakkaan tiloissa olevaa telekaappia.

Dokumenttien ylläpidon ja vianetsinnän kannalta dokumenttiin on lisätty myös merkintä portin konfiguraation yhteydessä täytettävä ajankohta käyttöönottopäivästä ja konfiguroinnin suorittajasta. Päivämäärän tarpeellisuus tulee esille erityisesti vikatilanteen selvittämisessä, jossa kytkimen lokeista saatua tietoa voidaan verrata ajallisestikin toisiinsa. Näin vianetsintää voidaan rajata ja tarkentaa tietyn ajan mukaan. Kaikkien runkoverkon kytkimien kellonajat synkronoidaan järjestelmään asennetun aikapalvelimen avulla, joka määrittelee jokaiselle kytkimelle saman kellonajan automaattisesti.

9.6.2 Konfiguraatiodiedot

Fyysisten konfiguraatiodiedostojen varmuuskopiointi ja dokumentointi ovat kytkentäisen verkon moitteettoman toiminnan kannalta erityisen tärkeitä. Laitevalmistajat panostavat jatkuvasti tuotekehittelyyn ja laitteistot kehittyvätkin yhä tehokkaammiksi ja kestävimiksi. Tästä huolimatta laiterikkoja tapahtuu yllättävänkin usein ja niihin on osattava varautua riittävällä tehokkuudella. Syyt laiterikkoihin löytyvät viallisten laitteiden lisäksi usein myös laitetilojen liian korkeasta lämpötilasta ja liasta, joka kulkeutuu ilmavirran mukana laitteiden sisälle.

Varmuuskopioinnin tärkeitä tunnusmerkkejä ovat säännöllisyys, luotettavuus ja vaivattomuus. Säännöllisyydellä taataan kopioitavien tiedostojen mahdollisimman suuri paikkansapitävyys, mikäli varmistusrutiini suoritetaan riittävän usein. Paras mahdollinen tilanne saavutetaan ottamalla manuaalinen varmuuskopio kytkimestä aina jokaisen konfiguraatiomu-

toksen jälkeen. Tässä vaihtoehdossa ylläpito henkilön pitää itse huolehtia varmuuskopiointista konfiguraatiotyön yhteydessä, myös nopeissa vika-tilanteissa, jolloin varmuuskopiointi helposti unohtuu.

Tehokas tapa parantaa säännöllisyyttä ja samalla vaivattomuutta on automatisoita varmistustapahtuma. Näin varmuuskopiot otettaisiin tietyn automaation mukaan varmistuspalvelimelle säännöllisin väliajoin, esimerkiksi kerran viikossa. Näin varmuuskopioinneista ei tarvitsisi huolehtia yksittäisten kytkinten kohdalla, vaan varmuusrutiini hoitaisi kaikkien kytkinten varmistuksen säännöllisesti. Tämä tapa kuitenkin vähentää luotettavuutta, koska automatisoidussa rutiinissa virheet tapahtuvat ylläpito henkilöstön huomaamatta. Varmistusrutiinin toimivuus tulisikin testata säännöllisesti, sillä pitkään epäkunnossa oleva varmistusrutiini voi olla laiterikon yllättäessä tuhoisa.

Tämän verkon yhteydessä kytkinlaitteiden varmistus on hoidettu manuaalisesti. Rutiinin vaivattomuutta lisää etäkäyttö, jonka avulla varmuuskopioiden ottaminen kytkimistä onnistuu myös etäkäytöllä. Etäkoneelle asennettu TFTP-palvelin mahdollistaa kytkimen konfiguraatioiden tallentamisen Telnet-yhteyden avulla. Näin varmuuskopiot voidaan ottaa vaivattomasti ja luotettavasti, siihen parhaiten soveltuvana ajankohtana. Varmuuskopiotiedoston nimeen lisätään tallennuksen yhteydessä päivämäärä varmuuskopiotiedoston ottamisesta. Näin tiedoston paikkansapitävyyttä voidaan verrata kytkindokumentin muokkauspäivämäärään.

Palomuurin osalta dokumentointi on suoritettu konfiguraation tallentamisella, koska mittavan sääntökokoelman dokumentointi muuten olisi käytännössä vaikea toteuttaa. Riittävän säännöllisellä konfiguraatiotiedoston varmistamisella turvataan palomuurin uudelleenkonfigurointimahdollisuus ongelmatilanteissa. Konfiguraatiotiedostot säilytetään verkossa siten, että ne ovat helposti saatavilla niitä tarvittaessa.

9.7 VLAN-dokumentointi

Virtuaaliset lähiverkot ovat olennainen osa kytkentäistä lähiverkkoa. Liitteessä 5 on osa VLAN-dokumenttia, joka on toteutettu Excel-taulukkolaskentaohjelman avulla. Excelin avulla on helppo luoda luettelomaisia asiakirjoja suuriakin määriä, ja hallita niitä välilehtien avulla. Näin tiedot jopa kymmenistä verkoista säilyvät yhdessä tiedostossa.

Liite 5 toimii yhteenvetona kaikille virtuaalisille lähiverkoille. Taulukossa on esitetty perustiedot jokaisesta käytössä olevasta verkosta. Tämän lisäksi jokaisesta verkosta on oma tarkempi dokumentti, johon on kirjattu verkkokohtaista lisätietoa. Tästä esimerkkinä on verkko 5, jonka dokumentti on esitetty liitteessä 6.

Verkkokohtaisiin tietoihin kerätään verkon perustietojen lisäksi tiedot kaikista verkkoon asennetuista laitteista. Tämä dokumentti pitää sisällään vain kaikkein oleellisimmat tiedot verkon laitteista, sillä kymmenien verkkojen yksityiskohtainen dokumentointi on todella työlästä. Pahimassa tapauksessa liian tarkka dokumentointi voisi aiheuttaa dokumentoinnin laiminlyömiseen. Tämän dokumentin tarkoituksena onkin saada tieto käytössä olevista ja vapaista IP-osoitteista sekä yleiskuva osoitteille varatuista laitteista.

9.8 Verkkokartat

Verkkokarttoja on käytetty verkon suunnittelun ja rakentamisen apuvälineenä projektin alusta lähtien. Erityisesti loogisia verkkokuvauksia on käytetty suunnitteluvaiheessa paljon, sillä ne auttavat laajojen kokonaisuuksien hahmottamista. Loogisia karttoja laadittiin esimerkiksi teletilojen sijainneista, kytkinverkon laitteiden riippuvuuksista ja kaapeloinnista, kuten esimerkiksi liitteessä 2. Joissakin tapauksissa loogisten karttojen pohjalla on käytetty myös rakennuksen pohjapiirustusta, mikä on osaltaan helpottanut ja tehostanut dokumentin käyttöä.

Fyysisiä verkkokarttoja on luotu jakamoiden laitekaapeista, joissa kaapin sisältämä laitteisto on kuvattu mahdollisimman tarkasti. Tästä esimerkkinä liite 3, jossa on kuvattu kerrosjakamon 2 yhtä laitekaappia. Karttaan on merkitty laitteen nimi ja malli sekä sille varatun Unit-paikan numero. Kuvaan on merkitty myös ristikytkentäpaneelit ja muu kaapin sisältö sekä PDU:n käytössä olevat sähköpistokkeet. Näin ylläpitohenkilöstö pysyy ajan tasalla laitekaappien tilankäytöstä, joka edelleen helpottaa uuden laitteiston sijoitteluun vaadittavaa suunnittelua.

10 Runkoverkon suorituskyvyn mittaaminen

10.1 Tavoite

Verkkoliikenteen seuraamisen ja analysoinnin tavoitteena on saada peruskäsitys verkon liikenteen tasosta ja määrästä verkon normaalitilassa. Tarkoituksena on siis tutkia tuotantoverkon liikennettä ja muodostaa näin peruskuva verkon normaalista toiminnasta. Verkon varsinainen rakentaminen on päättynyt, eikä suuria muutoksia ole enää luvassa. Verkko tulee tulevaisuudessa kuitenkin kehittymään ja laitteistomääräkin kasvamaan, joten nyt on otollinen tilaisuus muodostaa mielikuva verkkoliikenteen perustasosta.

Perustason avulla saadaan muodostettua arvot, johon jatkossa mittaustuloksia voidaan verrata. Mittauksia olisikin hyvä tehdä säännöllisin väliajoin, jotta verkon tilasta saadaan tietoa myös jatkossa. Liikenteen analysoinnilla voidaan selvittää myös verkon mahdolliset ongelmakohdat.

10.2 Mittausvälineet

Markkinoilla on saatavissa monia SNMP-pohjaisia verkkohallintaohjelmistoja, jotka tosin poikkeavat toisistaan ominaisuuksiensa osalta. Suorituskyvyn mittaamiseen käytettiin amerikkalaisen Castle Rock Computing:n valmistamaa SNMPc Network Manager -verkkohallintaohjelmaa, joka sopii hyvin myös verkon suorituskyvyn tarkasteluun. SNMPc Network Manager valittiin mittausvälineeksi, koska ohjelma on varsin kattava verkkohallintakokonaisuus, joka tukee kaikkia SNMP-protokollan versioita ja hallitsee valmistajariippumattomasti kaikkia SNMP-protokollaa tukevia laitteita. Se valittiin käytettäväksi ohjelmaksi myös siitä syystä, että se mittaa riittävän kattavasti verkon eri suorituskykyyn liittyviä arvoja ja pitää sisällään raportointiominaisuudet.

Hyvät raportointiominaisuudet ovatkin verkon suorituskyvyn tutkimisen kannalta erittäin tärkeitä, sillä harvalla järjestelmänvalvojalla on aikaa tarkkailla verkon liikennettä reaaliajassa. Hyvä raportointiominaisuus pitääkin sisällään niin graafisen kuin numeerisen yhteenvedon verkon liikenteestä ohjelman käyttäjän määrittelemän aikavälin mukaisesti.

SNMPc Network Managerissa käyttäjä voi itse määritellä tallennetaankotulokset numeerisessa vai graafisessa muodossa, molemmat vaihtoehdot voidaan valita myös samanaikaisesti. Ohjelma mahdollistaa raporttien lähettämisen myös haluttuun sähköpostiosoitteeseen, mikä helpottaa niiden seuraamisrutiinia. Järjestelmänvalvoja voi halutessaan myös asettaa järjestelmän verkkoliikenteelle raja-arvoja, joiden ylittyessä ohjelma varoittaa tapahtuneesta automaattisesti. SNMPc Network Manager -ohjelmaan on saatavissa myös raportointia parantava lisäosa, SNMPc Online.

Ohjelma asennettiin Microsoft Windows XP -käyttöjärjestelmällä varustettuun Pentium IV -tasoiseen työasemaan, joka täytti hyvin ohjelmiston suorittamiseen asetetut laitteiston minimivaatimukset. Riittävä teho työasemassa varmistaa myös ohjelman tehokkuuden, jonka avulla varmistetaan, että ohjelma pysyy jokaisen Ethernet-kanavassa liikkuvan kehyyksen mukana.

10.3 Mittaustapa ja mitattavat tiedot

Verkonhallintaohjelmalla varustettu työasema liitettiin samaan verkkoon järjestelmän ytimenä toimivan Hewlett Packardin Procurve 5304xl -kytkimen kanssa. Käytännössä työasema liitettiin suoraan kytkimen vapaaseen porttiin CAT6-verkkokaapelilla. Tämän jälkeen pääkytkin lisättiin verkonhallintaohjelman laitelistaan IP-osoitteen mukaan. Osoitteen perusteella ohjelma tietää mistä laitteesta se ryhtyy keräämään tietoa. Laitteen lisäämisen yhteydessä ohjelmaan määriteltiin myös sama SNMP-yhteisönimi, joka oli aiemmin määritelty kytkimen konfiguraatiossa. Ilman oikeaa yhteisönimeä ohjelma ei osaa kerätä SNMP-tietoa laitteelta.

Talojakamossa sijaitsevassa verkon pääkytkimessä on kolme valokuitu-moduulia, joissa on yhteensä kaksitoista valokuituporttia. Näistä porteista lähtee valokuitukaapeli jokaiseen kerroskytkimeen, joita on niin ikään kaksitoista. Pääkytkimen portit on esitetty mittaustavan loogisessa kuvauksessa liitteessä 7. Jokaiseen kerroskytkimeen on liitetty erinäinen määrä verkon aktiivilaitteita ja loppukäyttäjien laitteita. Näin ollen verkon pääkytkintä tarkkailemalla saadaan yleiskuva koko verkon toiminnasta ja liikennemäärästä.

Verkosta päätettiin tutkia sen toiminnan kannalta mahdollisimman hyödyllistä ja oleellista tietoa. Liian suuri tiedonkeruumäärä voisi liian tarkan dokumentoinnin tapaan johtaa verkon analysoinnin laiminlyömiseen. Seurantaan valittiin tärkeimmät Ethernet-kanavan analysointiin tarkoitetut arvot; kehysten määrä, multi- ja broadcast lähetykset, virheet, käyttöaste sekä kaistanleveys.

10.4 Seuranta-aika

Verkon liikennettä mitattiin viikon ajan aikavälillä 5. - 11.2.2007. Viikon kokonaisnäytteen lisäksi verkosta kerättiin tietoa myös päiväkohtaisesti. Hallintaohjelma määriteltiin ottamaan näyte ympäri vuorokauden puolelentojen välein, jolloin mittaustuloksia saatiin riittävän tihein väliajoin. Riittävän tiheän näytevälin avulla verkon liikenteeseen liittyvät johtopäätökset voidaan kartoittaa kapeammalle aikavälille. Tällöin saadaan selville esimerkiksi ajat, jolloin verkon kuormitus on korkeimmillaan.

Vaikka tietoa kerättiin ympäri vuorokauden, mittaustuloksia tutkittiin tarkemmin päivittäin aikavälillä 6.00 - 22.00. Aikaväli valittiin ostoskeskuksen aukioloaikojen mukaan, jossa liikennettä tarkkailtiin myös muutamia tunteja niiden ulkopuolella. Liikekeskus on avoinna arkinen 9.00 - 21.00 ja lauantaisin 9.00 - 18.00, mutta henkilökunta aiheuttaa liikennettä verkossa myös näiden aikojen ulkopuolella. Valittaessa tutkimusväliksi 6.00 - 22.00, saatiin tietoa henkilökunnan aiheuttamasta verkon kuormituksesta kolme tuntia ennen keskuksen avaamista ja tunti sen sulkemisen jälkeen. Asetetun aikavälin lisäksi tietoa saatiin myös yö-aikaisesta verkon liikennetasosta.

Verkkoon kohdistuu oletettavasti enemmän kuormaa maanantain ja lauantain välisenä aikana, jolloin verkossa on enemmän käyttäjiä. Sunnuntai otettiin mittaukseen mukaan siksi, jotta mittaustulos kattaisi kokonaisen viikon aikajakson. Lisäksi on mielenkiintoista seurata, millainen on liikennetaso verkon ollessa niin sanotusti lepotilassa. Tosin verkossa esiintyy jatkuvaa liikennettä taloautomaatiosta ja valvontakamerajärjestelmästä johtuen.

10.5 Mittaustulokset

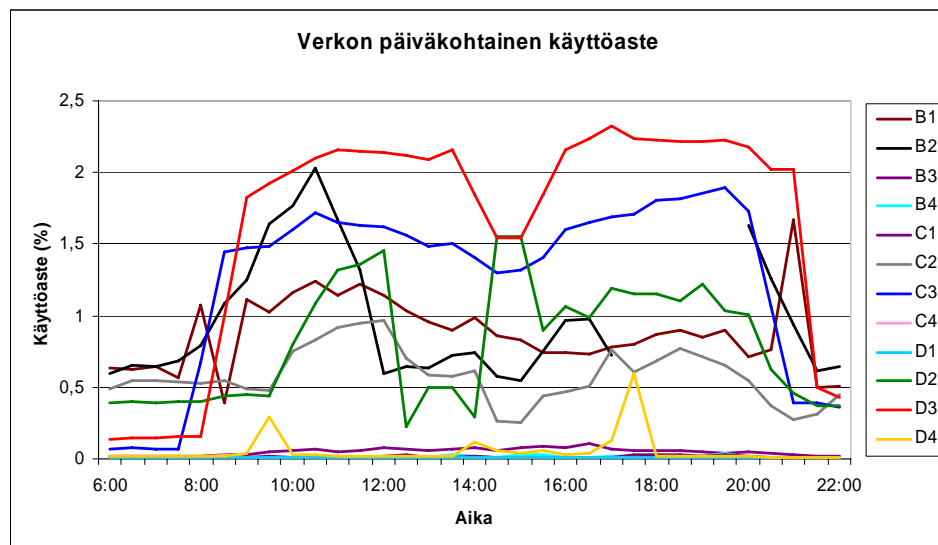
Mittausohjelmana käytetty SNMPc Network Manager toimi varsin hyvin ja tietoa saatiin kerättyä luotettavasti. Ohjelma tosin jätti tallentamatta joitakin numeerisia arvoja satunnaisina aikaleimoina, mutta nämä olivat yksittäisiä tapahtumia, eivätkä ne vaikuttaneet mittaustuloksiin. Ohjelma määriteltiin tallentamaan tulokset sekä numeeriseen että graafiseen muotoon.

Numeeriset arvot tallennettiin CSV-tiedostomuotoon (Comma Separated Values), jossa arvot tallentuvat taulukkomuotoisina. Tiedostot ovat siis avattavissa taulukkolaskentaohjelmalla, kuten esimerkiksi Excelillä, mikä helpottaa tiedon käsittelyä. Graafinen tieto tallentuu ohjelmassa automaattisesti HTML-muotoon (Hyper Text Markup Language), joten niitä voidaan tarkastella selaimen avulla. Käyttäjä voi itse määrittellä ohjelmaan minkä tyyppisiä kaavioita tuloksista muodostetaan.

Ohjelman muodostamia graafisia kaavioita tutkiessani sain peruskäsityksen verkkoliikenteen tapahtumista. Tuloksia analysoidessani havaitsin kuitenkin, että parhaimman käsityksen verkon liikenteen tilasta saa tutkimalla verkon numeeriseen muotoon tallennettua materiaalia. Taulukkolaskentaohjelman avulla materiaalista voi helposti tehdä omia johtopäätöksiä muodostamalla itse erilaisia kaavioita ja taulukoita. Näin tuloksista voi muodostaa esimerkiksi haluamiaan riippuvuuksia ja niitä voi havainnollistaa juuri haluamallaan tavalla. Ohjelman automaattisesti muodostamat kaaviot toimivat kuitenkin hyvin, mikäli tuloksia ei ole tarkoitus tutkia tarkemmin. Seuraavaksi esitettävien tulosten havainnollistamiseksi käytetyt kaaviot onkin muodostettu erikseen taulukkolaskentaohjelman avulla.

Käyttöaste

Verkon käyttöaste antoi mielenkiintoista ja havainnollista tietoa verkon käytetystä kapasiteetista eri aikajaksoina. Alla olevassa kuviossa 11 on esitetty verkon päiväkohtainen käyttöaste torstailta 8.2.2007, josta voimme päätellä verkon käyttöastetta eri kellonaikoina. Kuten kuviosta voidaan todeta, on verkon käyttöaste todella alhainen aamu kuuden ja kahdeksan välillä. Tämä liikennetaso kuvaa hyvin myös yö-aikaista käyttöastetta, jossa verkon kapasiteetti on huomattavan alhainen.



Kuvio 11. Verkon päiväkohtainen käyttöaste.

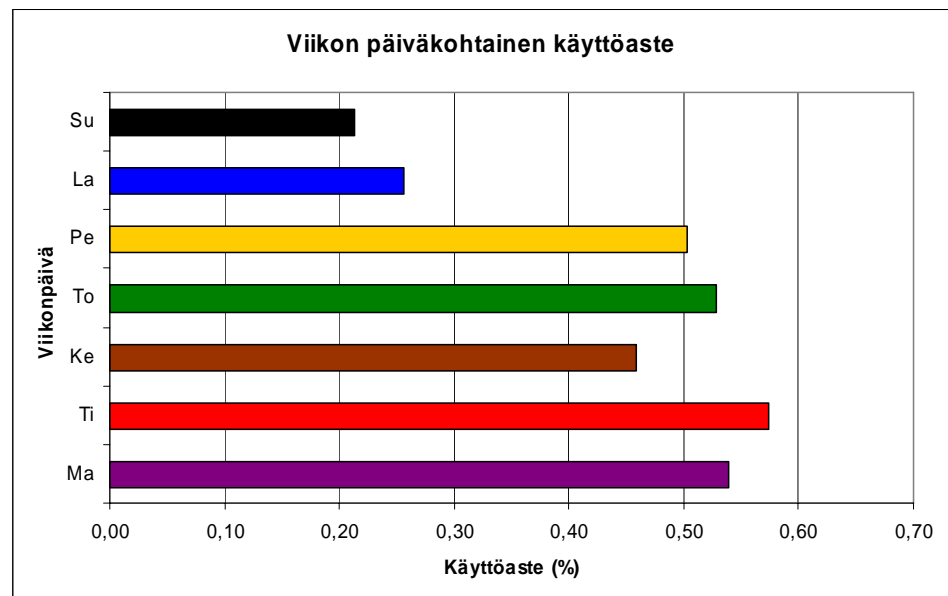
Käyttöaste nousee ensimmäisen kerran aamulla noin kahdeksan aikaan, jolloin henkilökunta pääosin saapuu töihin. Käyttöaste jatkaa nousujohteista kasvua aina puolille päiville asti, jonka jälkeen käyttöaste alkaa laskea. Verkossa on selvästi taantuneempi vaihe aikavälillä 11.00 - 15.00, jonka jälkeen käyttöaste nousee jälleen melko tasaisesti noin kello 19.00 asti. Tämän jälkeen käytetty kapasiteetti laskee ensin tasaisesti, jonka jälkeen ostoskeskuksen mennessä kiinni klo 21.00, verkon käyttöaste tippuu yö-ajan lukemiin.

Kuten todettua, kuvio 11 kuvaa verkon käyttöastetta torstaina, mutta se toimii samalla esimerkkinä arkipäivien tyypillisenä käyttöastekuvauksena. Jokaisen arkipäivän grafiikka osoittaa kaksi aktiivisempaa ajanjaksoa, jolloin verkon kapasiteettia käytetään enemmän. Nämä jaksot sijoituvat aamupäivään 8.00 - 11.00 ja iltapäivään kello 14.30 - 19.00 välisenä aikana. Kaikkien päivien tilastot osoittavat myös verkon käyttöasteen tasaantuvan ja hieman myös laskevan puolen päivän aikaan aikavälillä 11.00 - 14.30.

Nämä ajanjaksot selittyvät asiakkaiden ostoskäyttäytymisellä, jossa ostoksia tehdään selkeästi heti aamusta, tai myöhemmin iltapäivällä, erityisesti tyypillisen työajan päättymisen jälkeen. Tunti ennen ostoskeskuksen

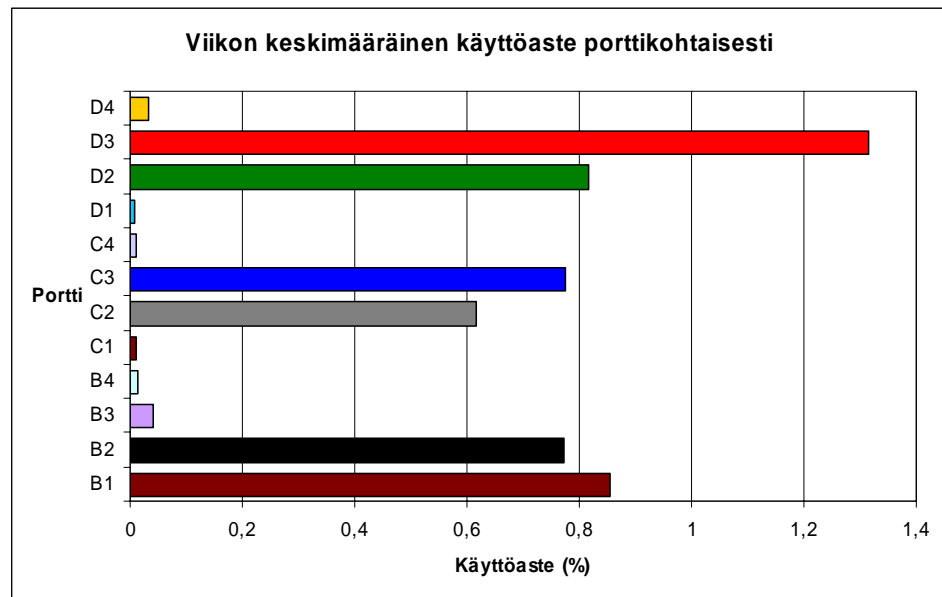
avaamista, eli aikaväli 8.00 - 9.00, selittyy henkilökunnan aiheuttamasta verkkokäytöstä. Tällöin henkilökunta voi käyttää verkkoa muun muassa sähköpostiviestintään ja muuhun Internet-käyttöön.

Tarkasteltaessa päivittäisiä keskiarvotuloksia kaikkien porttien osalta, saatiin selville verkon päiväkohtaisten käyttöasteiden erot. Kuvio 12 osoittaa tiistain olleen käyttöasteen osalta aktiivisin päivä, tosin vain pienellä erolla muihin arkipäiviin nähden. Viikonlopun osalta käyttöasteen lukemat ovat odotetusti alhaisemmat. Lauantai on kuitenkin varsin vilkas päivä, ottaen huomioon liikekeskuksen ollessa avoinna ainoastaan 9.00 - 18.00 välisenä aikana. Sunnuntai kuvaa käyttöastetta verkon ollessa lepotilassa. Kuvio tosin antaa hieman virheellisen kuvan, koska ostoskeskuksessa järjestettiin testausviikolla sunnuntaina messut. Tällöin myös keskuksen liikkeet olivat auki, joten verkossa esiintyi varmasti normaalisunnuntaita enemmän liikennettä.



Kuvio 12. Viikon päiväkohtainen käyttöaste.

Päiväkohtaisen käyttöasteen lisäksi viikon aikana seurattiin myös portti-kohtaista käyttöastetta. Kuviossa 13 onkin esitetty keskiarvoihin perustuva viikon keskimääräinen käyttöaste porttikohtaisesti. Kuten jo kuvio-osta 11 näimme, käyttöasteen osalta erottuu selvästi kuusi porttia, joiden kapasiteetti on selvästi muita portteja korkeampi. Näiden kuuden portin selvästi korkeampi käyttöaste korostuu erityisesti kuviossa 13.

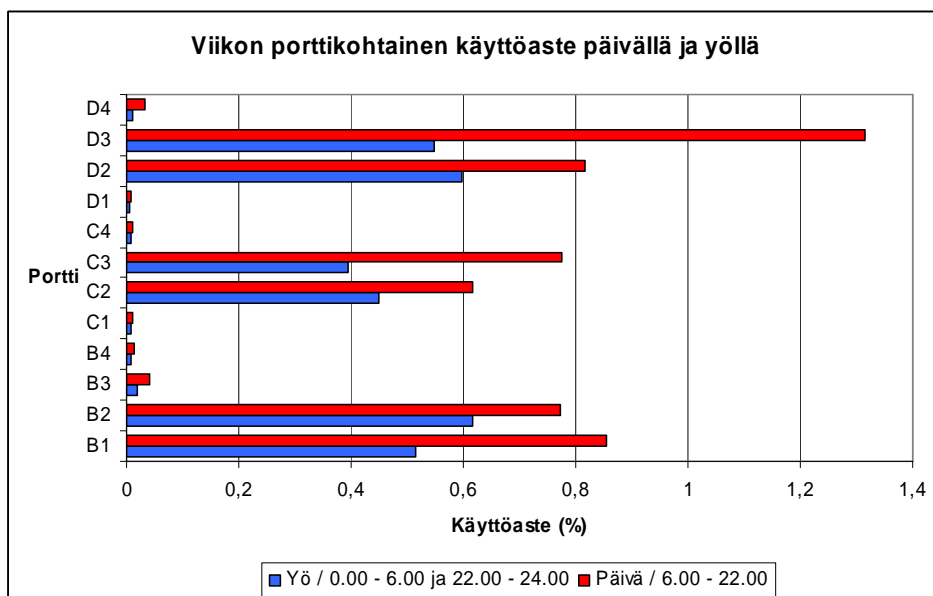


Kuvio 13. Viikon keskimääräinen käyttöaste porttikohtaisesti.

Näiden kuuden portin korkeammat arvot selittyvät yksinkertaisesti porttien takana olevilla kerrosjakamoiden suurilla laitteistomäärillä. Näissä jakamoissa on useita verkon aktiivilaitteita ja niissä runsaasti asiakaskäyttökentöjä. Esimerkiksi suurimman käyttöasteen omaavan D3-portin takana olevassa FD125-jakamossa on viisi HP:n 2600- tai 2800-sarjan kytkintä, ja lisäksi jatkoysteys liikekeskuksen Info-pisteeseen, jossa verkon käyttö on niin ikään aktiivista.

Kaiken kaikkiaan viikon keskimääräinen käyttöaste prosentti oli 0,44 viikon maksimikäyttöasteen noustessa kolmeen prosenttiin ainoastaan keran, perjantaina kello 16.00, portissa D3. Verkossa kulkee pääosin ajoittain tapahtuvaa maksuliikennettä. Liikkeissä on maksupäätteiden lisäksi usein korkeintaan kaksi runkoverkkoon yhdistettyä työasemaa, joita käytetään todennäköisesti lähinnä Internet-selailuun, sähköpostiviestintään sekä tilausten tekoon. Verkon keskimääräinen käyttöaste olisi varmasti korkeampi, mikäli kyseessä olisi esimerkiksi toimistorakennus.

Maksuliikenteen suurta liikennöintiosuutta kuvaa myös kuvio 14, joka esittää viikon keskimääräistä käyttöastetta porteittain, eroteltuna päivä- ja yöaikaan. Yö-aikaisessa käyttöasteessa korostuvat samat kuusi porttia, joiden käyttöaste oli selvästi korkeampi myös päivällä. Mielenkiintoista on kuitenkin mielestäni varsin pieni ero yö- ja päivä-ajan käyttöasteen välillä. Tämä korostuu hyvin esimerkiksi porteissa C2 ja B2. Tämä kertoo verkon liikenteen muodostuvan suurilta osin vuorokauden ajasta riippumattomista, verkkoa kuormittavista tapahtumista, kuten kameravalvonnasta ja taloautomaatiosta. Selkeän poikkeuksen tähän tekee portti D3, jonka käyttö on selvästi runsaampaa päivällä. Viikon keskimääräinen käyttöaste päivällä oli 0,44 ja yöllä 0,26.



Kuvio 14. Viikon keskimääräinen käyttöaste päivällä ja yöllä.

Kehykset

Viikon aikana kerättiin tietoa myös porteissa liikkuvista paketeista. Pakettien määrää seurattiin niin ikään 6.00 - 22.00 välisenä aikana porttikohtaisesti näytteenottovälin olleessa edelleen 30 minuuttia. Taulukossa 2 on portista B1 kerättyä esimerkkidataa keskiviikolta 8.2.2007, josta on tilansäästämiseksi jätetty muutama rivi pois.

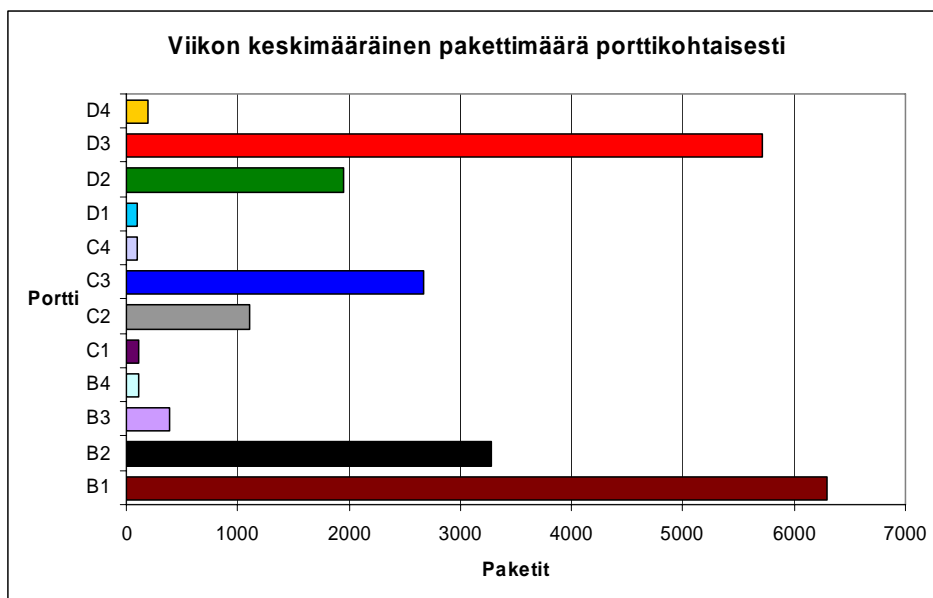
Taulukko 2. Portista B1 koottua SNMP-dataa.

Aika	Paketit	Broadcast	Multicast	Broadcast%	Multicast%
6:00	1299	5	1	0,36	0,06
6:30	1293	5	1	0,40	0,06
7:00	1306	5	1	0,36	0,06
7:30	1199	5	1	0,39	0,07
8:00	3297	5	1	0,15	0,03
8:30	7966	5	1	0,07	0,01
9:00	10879	6	1	0,05	0,01
9:30	11455	7	1	0,06	0,01
10:00	11720	8	1	0,06	0,01
10:30	12135	8	1	0,07	0,01
...					
19:00	12970	7	2	0,06	0,01
19:30	11829	9	2	0,07	0,02
20:00	11651	7	1	0,06	0,01
20:30	12242	6	1	0,05	0,01
21:00	8262	5	2	0,07	0,02
21:30	1107	5	1	0,48	0,13
22:00	1115	5	1	0,48	0,10

Taulukkoon 2 on koottu dataa kehyksistä sekä yleis- ja ryhmälähetystyyppeistä. Lisäksi taulukkoon on laskettu yleis- ja ryhmälähetysten prosentuaalinen osuus pakettien määrästä. Tämä helpottaa tulosten tulkintaa, vaikka runkoverkossa liikkuvien kehysten määrä onkin alhainen. Molempien lähetystyyppien prosentuaalinen osuus pysyy lähes vakiona ostoskeskuksen ollessa avoinna, mutta nousee muuna aikana merkittävästi. Tämä voidaan selittää normaalin dataliikenteen rauhoittumisella, mistä johtuen yleis- ja ryhmälähetysten määrä kasvaa prosentuaalisesti.

Laskettaessa kaikkien porttien keskimääräisiä tuloksia arkipäivien osalta, saadaan päiväsaikana liikkuvien pakettien keskimääräiseksi määräksi 2281 sekuntia kohti. Öiseen aikaan kehysiä liikkuu keskiarvon mukaan 957. Broadcast-lähetysten prosentuaaliseksi osuudeksi muodostuu näin ollen päivällä 0,28 ja yöllä 0,55. Multicast-lähetysten vastaavat arvot ovat 0,05 ja 0,09.

Kuviossa 15 on esitetty viikon keskimääräinen pakettimäärä porttikohtaisesti, josta voidaan todeta, että myös pakettimäärien mukaan joukosta erottuvat samat kuusi porttia, jotka olivat voimakkaasti esillä myös käyttöasteen osalta. Kuvioista erottuvat erityisesti porttien B1 ja D3 suuret kehysmäärät, jotka ovat helposti selitettävissä. Portti D3 yhdistää pääkytkimen jakamoon, jossa sijaitsee paljon asiakasyhteyksiä käsittävä kytkin. Kuten jo käyttöasteen tulosten käsittelyn aikana totesin, tästä jakamosta on yhteys myös Info-pisteeseen, jossa liikenne on varsin runsasta. Info-pisteessä on myös kameravalvontapiste. Portin B1 suuri kehysmäärä johtuu 130-kerrosjakamossa sijaitsevista valvontakamerapalvelimista.



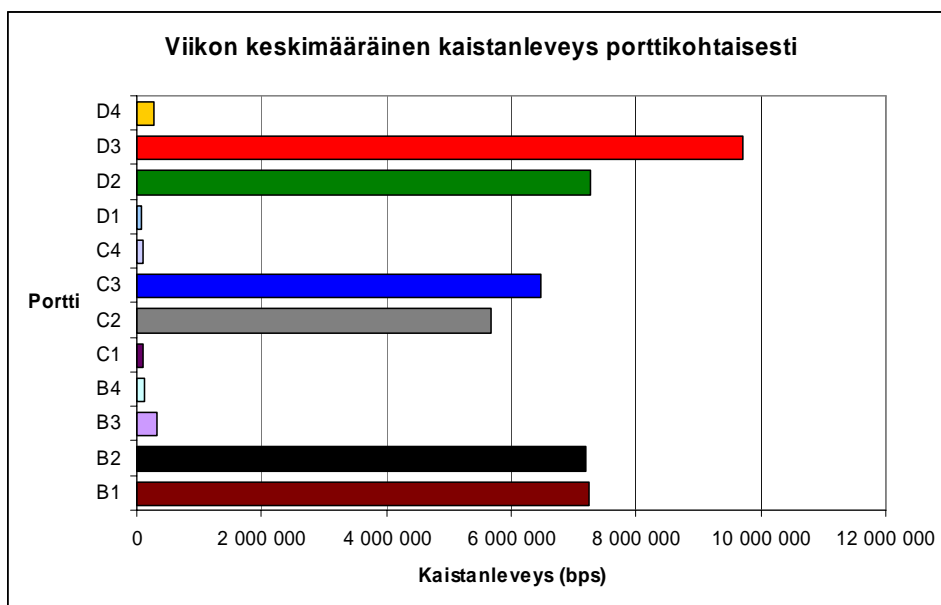
Kuvio 15. Viikon keskimääräinen pakettimäärä porttikohtaisesti.

Kaistanleveys

Järjestelmää tutkittiin myös kaistanleveyden osalta, josta on koottu esimerkkitaulukko 3, johon on kaistanleveyden lisäksi liitetty myös tiedot pakettien määrästä ja linkin käyttöasteesta. Kuten taulukosta voidaan havaita, on kaistanleveys suoraan verrannollinen kanavassa kulkevien pakettien määrään. Käyttöaste lasketaan myös kaistanleveyden mukaan, joten sekin korreloi suoraan mitatun käyttöasteen kanssa. Kuviossa 16 on vielä havainnollistettu viikon keskimääräistä kaistaleveyttä porttikohtaisesti.

Taulukko 3. Portista D3 koottua SNMP-dataa.

Aika	Kaistanleveys (bps)	Paketit	Käyttöaste (%)
7:00	2031268	527	0,20
7:30	2030836	529	0,20
8:00	2084716	535	0,21
8:30	3746162	817	0,37
9:00	3877292	826	0,39
9:30	5402329	1070	0,54
10:00	5109341	1098	0,51
10:30	4579499	996	0,46
...			
20:00	14854490	6886	1,49
20:30	13114450	6637	1,31
21:00	12918564	6686	1,29
21:30	6994446	3737	0,70
22:00	1681674	454	0,17



Kuvio 16. Viikon keskimääräinen kaistanleveys porttikohtaisesti.

Törmäykset ja virheet

Järjestelmästä etsittiin myös törmäyksiä ja virheitä, vaikka virheiden muodostuminen full-duplex-verkossa on käytännössä mahdotonta. Törmäysten osalta mittausten tarkoituksena olikin selvittää verkossa mahdollisesti vialliset laitteet tai komponentit, jotka ilmenevät full-duplex-verkossa virheinä. Tarkkailtaviksi virheiksi valittiin joitakin perustason virheitä, kuten tiedon oikeellisuuden varmistusjärjestelmään liittyvät CRC-virheet, ali- ja ylikokoiset sekä hylätyt paketit. Mittausohjelman avulla eri virheet koottiin yhteen ilmoittamalla kaikista virheistä koostuva virheprosentti.

Hallintaohjelmalla suoritettavat mittaukset osoittivat kuituverkon Full-duplex-ominaisuuden toimivan erinomaisesti, sillä verkossa ei tavattu törmäyksiä lainkaan. Verkossa ei tapahtunut myöskään minkäänlaisia virheitä, joten kaapeloinnin voidaan päätellä onnistuneen hyvin. Tämän osoittavat myös kaapeloinnin jälkeen suoritettavat fyysiset kaapelimittaukset. Liikenteen virheettömyys kuvaa myös valokaapeliliittimien hyvää kuntoa ja puhtautta, sillä mikään ei tunnu aiheuttavan ongelmia datan liikkeestä kaapelissa.

11 Pohdinta

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli tutkia verkonhallintaa suorituskyvyn ja dokumentoinnin osalta. Verkonhallinta on käsitteenä erittäin laaja, joten työssä keskityttiin ainoastaan näihin kahteen osa-alueeseen. Tutkimuskohteena oli liikekeskuksen valokuiturunkoverkko, joka on toteutettu Gigabit Ethernet -tekniikalla. Tavoitteena oli perehtyä käytettyyn tekniikkaan ja tutkia verkon suorituskykyä mittauksien avulla. Työhön kuului myös runkoverkon dokumentointi.

Verkon suorituskyvyn mittaukset toteutettiin SNMPc Network Manager -ohjelmalla, joka on verkonhallintaan tarkoitettu ohjelmisto. Mittauksissa kerättiin tietoa verkon liikenteen tasosta viikon ajan ympäri vuorokauden, jolloin liikenteestä saatiin mahdollisimman kattava käsitys. Mittaukset suoritettiin kyseisessä verkossa ensimmäistä kertaa, joten varsinaista vertailupohjaa tuloksille ei ollut olemassa. Tärkein mittausten tavoitteista olikin liikenteen perustason selvittäminen mahdollisia jatkomittauksia varten.

Verkkoliikenteen perustason määrittäminen onnistui mielestäni hyvin, sillä verkon liikenteen tasosta saatiin käsitys kaikkien mittaukseen valittujen arvojen osalta. Mittauksissa otettiin huomioon kehysten, yleis- ja ryhmälähetysten määrä, käyttöaste, kaistanleveys sekä virheet ja törmäykset. Virheiden ja törmäysten tarkastelun avulla selvitettiin mahdolliset laite- ja kaapelointiviat, sillä full-duplex-verkossa ei normaalisti esiinny törmäyksiä lainkaan.

Verkon liikenne muodostuu pääosin maksupääteliikenteestä, runkoverkoon kytkettyjen tietokoneiden määrän ollessa alhainen, joka myös selittää verkon liikennetasoa. Työasemat on useimmissa myymälöissä sijoitettu liikkeen takahuoneeseen, jossa niitä käytetään pääosin ajoittain tapahtuvaan sähköpostiviestintään, tilausten tekoon ja nettiselailuun. Hallintaohjelma määriteltiin ottamaan näyte ympäri vuorokauden puolentunnin välein, jolloin mittaustuloksia saatiin riittävän tihein väliajoin. Vielä tiheämpi näyteväli olisi todennäköisesti antanut mittaustuloksiin joitakin korkeampia arvoja, esimerkiksi käyttöasteen osalta, sillä data kulkee Ethernet-verkossa epätasaisina purskeina. Puolen tunnin näyteväli oli kuitenkin riittävä kokonaisvaltaisen mittaustuloksen selvittämiseksi.

Tuloksia tarkasteltaessa porttikohtaisesti, esiin nousi kuusi pääkytkimen porttia, joiden liikennetaso oli muita selvästi korkeampi. Porttien takana on jakamoita, joissa paljon asiakaskytkentöjä ja kameravalvonnan laitteita. Portteihin on yhdistetty myös Info-pisteet, jotka aiheuttavat verkolle kuormaa. Yleisesti ottaen porttien ja kaapeloinnin suhteen mittaukset olivat positiivisia, sillä törmäysten ja virheiden olematon määrä kertoi kaapeloinnin olevan kunnossa.

Mittauksissa selvisi myös verkon käyttö eri aikajaksoina. Verkon käyttöaste on luonnollisesti korkeimmillaan arkipäivinä, mutta päivien välillä ei ollut merkittäviä eroja, vaikka tiistain käyttöaste olikin viikon korkein. Sen sijaan päiväkohtaisesti liikenteessä oli havaittavissa kaksi runsaamman käytön jaksoa. Nämä jaksot sijoittuvat aamupäivään 8.00 - 11.00 ja iltapäivään kello 14.30 - 19.00 välisenä aikana. Liikekeskuksen aukioloaikojen ulkopuolella, verkon olleessa lepotilassa, sitä kuormittavat erityisesti taloautomaatio ja kameravalvonta.

Mittausohjelma toimi mielestäni hyvin, vaikka se jättikin joitakin yksittäisiä arvoja tallentamatta. Nämä puutteet olivat kuitenkin yksittäisiä, eivätkä ne vaikuttaneet tulosten oikeellisuuteen. Vaikka ohjelman raportointiominaisuudet olivatkin hyvät ja monipuoliset, havaitsin, että johtopäätösten teko onnistuu tehokkaimmin järjestelmästä saatua SNMP-raakadataa tutkimalla. Datan tutkiminen on tosin työlästä, sillä laajasta verkosta kerättyä materiaalia kertyy paljon ja sen analysoimiseen kuluu tästä syystä varsin paljon aikaa. Käsiteltyä tietoa voidaan kuitenkin esittää halutussa muodossa, osoittaen juuri kyseiselle verkolle ominaista tietoa. Järjestelmän automaattisesti luomat kaaviot eivät sellaisenaan antaneet riittävää informaatiota verkon liikenteestä, vaan toimivat lähinnä tulosten laadintaa tukevana elementtinä.

Verkon dokumentointi oli työni toinen osa-alue. Dokumentointiprojektille oli ominaista huolellinen suunnittelu, sillä sitä ryhdyttiin toteuttamaan samaan aikaan itse verkon rakentamisen kanssa. Suunnittelussa oleellista oli löytää dokumentointitavat ja – menetelmät, jotka palvelisivat tehokasta dokumentointia myös tulevaisuudessa.

Dokumentoinnin välineinä käytettiin Microsoftin Office-tuotteita, jotka toimivat käytössä hyvin. Niiden käyttäminen on kaikille tuttua, joten dokumenttien ylläpito on tältä osin vaivatonta. Niiden käytettävyys ei kuitenkaan ole paras mahdollinen, sillä dokumentoitavan materiaalin kasvessa ylläpidettävien tiedostojen koko kasvaa, muuttaen niitä yhä raskaammiksi käyttää. Tämä korostuu erityisesti etäyhteyksissä, jossa dokumenttia käytetään nettiyhteyden avulla etäkäytöllä.

Merkittävin päätös dokumentoinnin suhteen oli tehtävä dokumentoitavien asioiden tarkkuudessa. Liian tarkka dokumentointi voi helposti johdattaa tiedon ylläpidon laiminlyömiseen, kun taas toisaalta, liian suppea ja niukka dokumentointitapa ei anna käyttäjälleen riittävästi tietoa verkosta. Ylläpidettäväksi tiedoksi valittiin verkon toiminnan kannalta ainoastaan kaikkein oleellisimmat asiat, jotta dokumentointi olisi mahdollisimman kattava, sen ylläpitoon vaadittavaan työmäärään nähden.

Dokumentoinnin selkeyteen ja käytettävyyteen panostettiin esimerkiksi laitteiden nimeämiskäytännön sekä kaapeleiden värikoodauksen ja merkinnän avulla. Laitteet nimettiin sovitun standardin mukaisesti siten, että nimi itsessään antaisi käyttäjälle perustietoa laitteen ominaisuuksista.

Kaapeleiden värikoodaus ja selkeä merkitseminen helpottaa työskentelyä laitekaappien johtoviidakossa.

Pohdittaessa kehitysehdotuksia sekä suorituskyvyn mittaamisen että dokumentoinnin osalta, mieleeni tulee muutamia asioita. Verkon suorituskykyä olisi mielenkiintoista ja myös tarpeellista tutkia säännöllisin väliajoin, jotta verkon liikenteessä tapahtuvat mahdolliset muutokset voidaan havaita. Säännöllisten mittausten avulla voidaan seurata verkkoliikenteen kehittymistä, sillä tämän työn puitteissa tehty mittaaminen antaa kuvan vain liikennemäärän perustasosta. Mittausten avulla saadaan selville myös mahdolliset kaapeliviat, jotka ilmenevät suurina virhelukuina.

Jatkomittauksia voisi suorittaa esimerkiksi myös kuukausitasolla, jotta liikennetasosta saataisiin vertailupohjaa useammalta aikaväliltä. Lisäksi olisi mielenkiintoista mitata verkon käyttöä liikekeskuksessa eri sesonkien aikana, esimerkiksi jouluna tai hiihtolomaviikolla. Näinä aikoina ostoskeskuksen asiakasmäärä on korkeampi, mikä vaikuttaa varmasti myös verkon käyttöön. Mittausten analysointi vaatii kuitenkin aikaa, mikä osaltaan vaikuttaa mittausten suoritusiheyteen.

Dokumentoinnin tarkkuuden määrittäminen on tähänastisten kokemusten perusteella onnistunut hyvin, sillä dokumentit ovat pysyneet ajan tasalla. Dokumenttien hallittavuus ja käytettävyys on kuitenkin hankalaa, ja dokumentointia onkin ryhdytty siirtämään ongelman helpottamiseksi yrityksen omaan Web-pohjaiseen dokumentointijärjestelmään Sydociin. Tämä kehityssuunta tekee dokumentoinnista vaivattomampaa, sillä selainpohjainen järjestelmä on kevyempi ja nopeampi käyttää. Se on myös huomattavasti mobiilimpi vaihtoehto.

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen ja sopivan haasteellinen projekti, jonka myötä sain paljon arvokasta käytännön kokemusta. Erityisesti mitaustulosten analysointi oli mielenkiintoista, sillä suoritin tehtävän täysin itsenäisesti eikä verkon liikenteestä ei ollut aikaisempaa tietoa. Dokumentointi oli verkon rakentamisen aikana tärkein vastuualueeni, mutta nyt, verkon ollessa valmis, jokainen yrityksen työntekijä luonnollisesti dokumentoi verkkoa käytännön työnsä ohella. Työn tekeminen säilyi mielekkäänä, sillä projektia vietiin kirjoitustyön ohella eteenpäin myös käytännön työelämässä. Kaiken kaikkiaan pidän opinnäytetyötäni tasapainoisena ja onnistuneena kokonaisuutena.

12 Lähteet

Anttila, Juha 2001. Dokumenttien hallinta. Helsinki: IT Press.

Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications 2000. [online][viitattu 3.11.2006].
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/7057/19017/00879000.pdf?tp=&arnumber=879000&isnumber=19017>. www.ieee.org

Corrente, A & Tura, L 2004. Security Performance Analysis of SNMPv3 with Respect to SNMPv2c. [online][viitattu 12.2.2007].
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/9208/29204/01317760.pdf?tp=&arnumber=1317760&isnumber=29204>. www.ieee.org

Feldman, Jonathan 1999. Verkonhallinta Trainer. Helsinki: IT Press.

Frazier, Howard 1998. The 802.3z Gigabit Ethernet Standard. [online][viitattu 31.10.2006].
www.ieeexplore.ieee.org/iel4/65/15117/00690946.pdf?tp=&arnumber=690946&isnumber=15117. www.ieee.org

Frazier, Howard & Johnson, Howard 1999. Gigabit Ethernet: From 100 to 1,000 Mbps. [online][viitattu 31.10.2006].
www.ieeexplore.ieee.org/iel4/4236/16134/00747317.pdf?tp=&arnumber=747317&isnumber=16134. www.ieee.org

Gigabit Ethernet Alliance, 1998. Gigabit Ethernet Accelerating the Standard for Speed. [online][viitattu 31.10.2006].
www.ethernetalliance.org/technology/white_papers/gea_speed.pdf.
www.ethernetalliance.org

Hakala, Mika & Vainio, Mika 2005. Tietoverkon rakentaminen. Porvoo: Dodenco Finland Oy.

Held, Gilbert 2003. Ethernet Networks: Design, Implementation, Operation and Management. Fourth Edition. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.

Hernandez, Rich 2001. Gigabit Ethernet Auto-Negotiation. [online][viitattu 11.2.2007].
<http://www.ethermanage.com/ethernet/pdf/dell-auto-neg.pdf>.
www.ethermanage.com

Institute of Electrical and Electronics Engineer 2006. [online][viitattu 29.10.2006].
www.ieee.com

Intel Corporation 2001. Gigabit Ethernet Technology and Solutions. [online][viitattu 31.10.2006].
www.intel.com/network/connectivity/resources/doc_library/white_papers/gigabit_ethernet/gigabit_ethernet.pdf. www.intel.com

Jaakohuhta, Hannu 2003. Local Area Networks - Ethernet. Helsinki: IT Press.

Jaakohuhta, Hannu 2002. Lähiverkot - Ethernet. 3. uudistettu painos. Helsinki: IT Press.

Marshall, Perry S. & Rinaldi, John S. 2005. Industrial Ethernet: How to plan, install, and maintain TCP/IP Ethernet networks : the basic reference guide for automation and process control engineers. 2nd Edition. USA: ISA - Instrumentation, Systems, and Automation Society.

Meyers, Michael 2003. Verkot+-sertifikaatti. Helsinki: IT Press.

Ogletree, Terry 2001. Inside Verkot. Helsinki: IT Press.

Puska, Matti 2000. Lähiverkkojen tekniikka – Pro Training. 2. uudistettu painos. Helsinki: Satku.

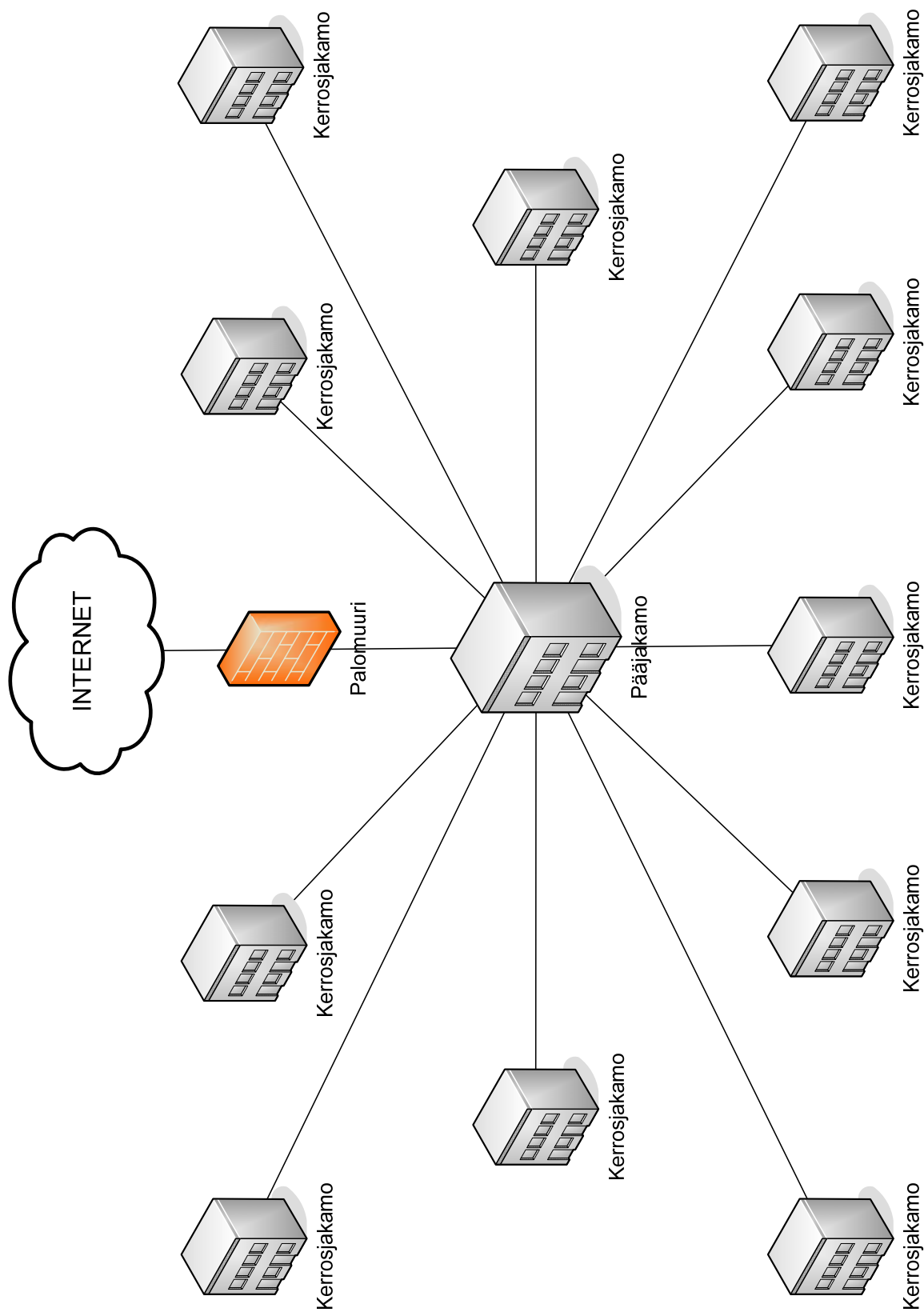
Suomen Standardisoimisliitto 2004. Tietotekniikan yleiskaapelointi = Information technology: General cabling. Helsinki: SFS.

Spurgeon, Charles E. 2001. Ethernet tehokäyttäjän opas. Helsinki: Satku.

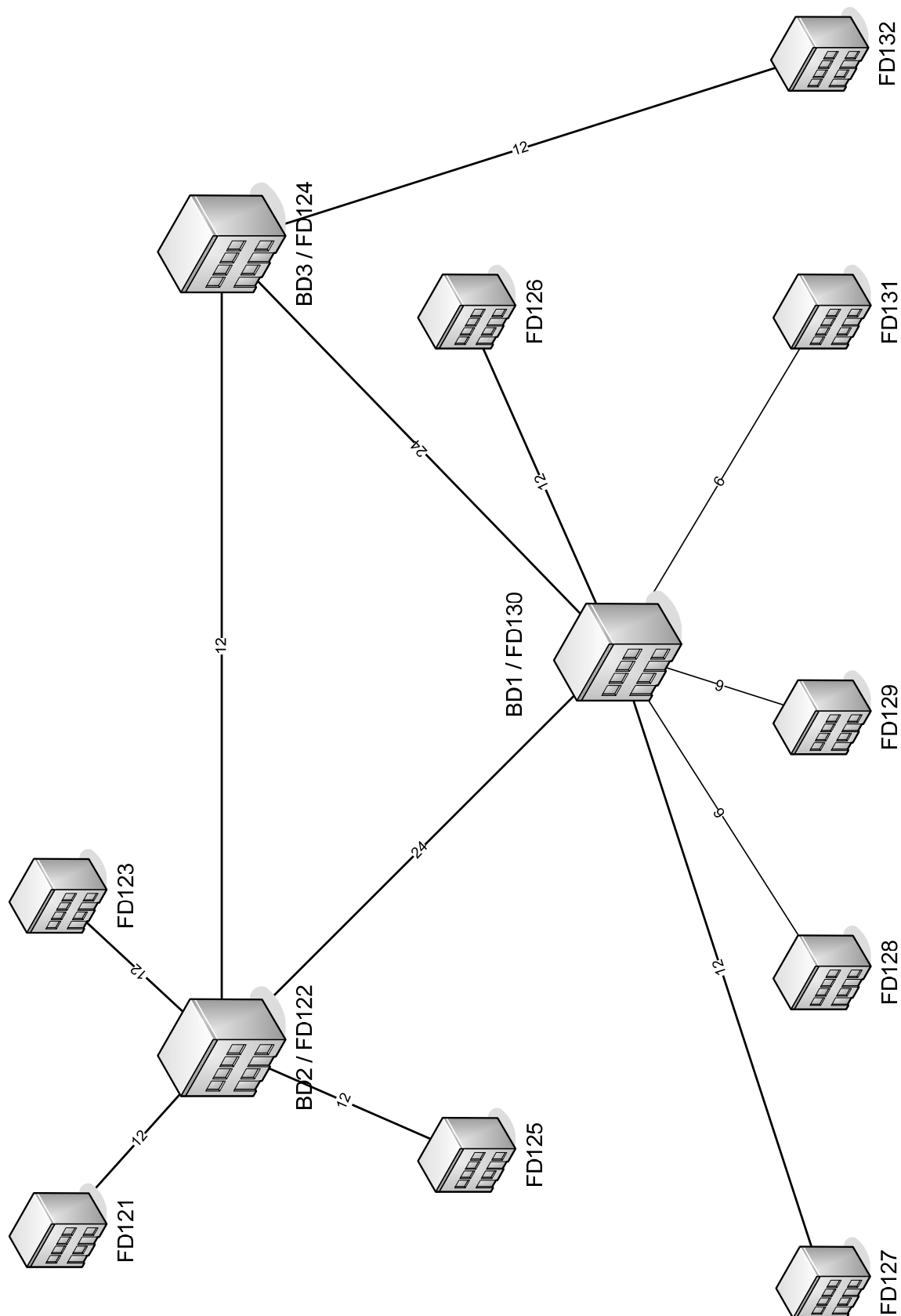
Uotila, Pekka 2001. Tietoliikenteen tekniikka: verkot ja protokollat. Helsinki: Satku.

Liitteet

Liite 1: Runkoverkon jakamot

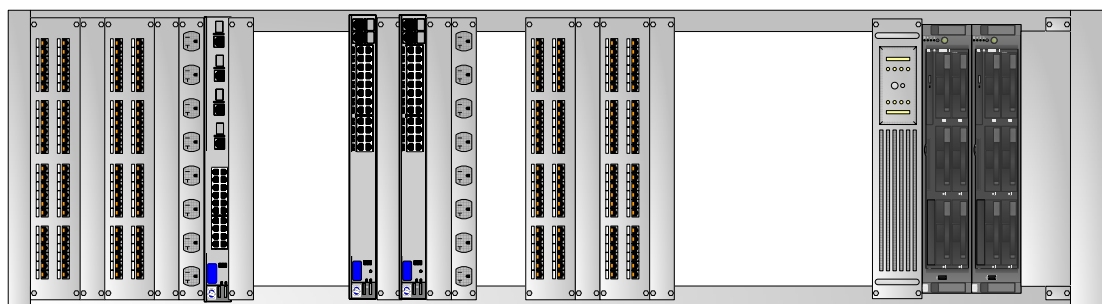


Liite 2: Jakamot ja runkokuidut



Liite 3: Laitekaapin fyysinen kuvaus

FD112-45



HP ProCurve 2824

HP ProCurve 2626

HP ProCurve 2626

APC Smart-ups 2200VA

PDU



[6] BB-SW-FD122-45-01

[5] BB-SW-FD122-45-02

[4] BB-SW-FD122-45-03

[3] Kameratallennin 2

[2] Kameratallennin 1

[1] APC ADU

Liite 4: Kytkimen konfiguraatiotaulukko

Sijainti:	FD125
Nimi:	BB-SW-FD125-45-01
Positio:	FD125.45.21
Merkki/malli:	HP Procurve 2824
Sarjanumero:	SG621SJ09QH
IP-osoite:	192.168.5.17
MAC-osoite:	00-16-35-B9-16-80
Firmware:	I.08.105
Päivitetty:	30.10.2006 / vmk

Portti	Tyyppi	Nopeus	VLAN(s) (tagged/untagged)	Port-Security (y/n) (MAC-address)	Kytkentäkohde	Käyttöaika	Kuitaus
1	10/100/1000 TX	1000	7,18,26 (tagged)	00-16-35-B1-C4-61	BA-SW-FD125-55-01 port-24	30.6.2006	vmk
2	10/100/1000 TX	100	2 (untagged)	00-20-ED-4T-6A-SD	SFD116.R01.07 / BB-WL-FD125-45-05	17.10.2006	vmk
3	10/100/1000 TX	100	2 (untagged)	00-20-ED-4T-5A-SU	SFD116.R01.05 / BB-WL-FD125-45-06	26.10.2006	vmk
4	10/100/1000 TX	100	2 (untagged)	00-20-ED-4T-6A-SE	SFD116.R01.03 / BB-WL-FD125-45-07	26.10.2006	vmk
5	10/100/1000 TX	100	19 (untagged)	no	SFD9.38.H01.01 / AsiakasN	17.9.2006	vmk
6	10/100/1000 TX	100	34 (untagged)	no	SFD9.40.H01.01 / AsiakasAC	19.11.2006	vmk
7	10/100/1000 TX	100	25 (untagged)	no	SFD9.40.H01.14 / AsiakasT	10.10.2006	vmk
8	10/100/1000 TX	100	15 (untagged)	no	SFD9.37.H01.01 / AsiakasJ	31.8.2006	vmk
9	10/100/1000 TX	100	23 (untagged)	no	SFD9.40.H01.13 / AsiakasR	2.10.2006	vmk
10	10/100/1000 TX		1 (untagged)				
11	10/100/1000 TX		1 (untagged)				
12	10/100/1000 TX		1 (untagged)				
13	10/100/1000 TX		1 (untagged)				
14	10/100/1000 TX	100	1 (untagged)				
15	10/100/1000 TX	100	5 (untagged)	no	BB-UP-FD125-45-01	23.10.2006	vmk
16	10/100/1000 TX		1 (untagged)				
17	10/100/1000 TX		1 (untagged)				
18	10/100/1000 TX		1 (untagged)				
19	10/100/1000 TX		1 (untagged)				
20	10/100/1000 TX	1000	17 (untagged)	no	Kulunvalvonta	28.9.2006	vmk
21	10/100/1000 TX		1 (untagged)				
22	10/100/1000 TX		1 (untagged)				
23	10/100/1000 TX		1 (untagged)				
24	1000 SX LC	1000	2,5,7,15,17,18,19,23,25,26,28 (tagged)	00-16-35-F1-C2-61	AIN-SW-BD001-45-01 port-C4	30.6.2006	vmk

Liite 5: VLAN-dokumentti

VLAN ID	IP-Verkko	Verkon nimi	Käyttäjä / Asiakas	Kuvaus / lisätietoja	Käyttöönotto	Kuittaus
1	192.168.1.0/24	default	Tamico Systems Oy	Kytkimien käyttämättömät portit	1.8.2006	vmk
2	192.168.2.0/24	operator1	Tamico Systems Oy	Operaattori1	3.8.2006	vmk
3	192.168.3.0/24	operator2	Tamico Systems Oy	Operaattori2	5.9.2006	vmk
4	192.168.4.0/24	servers	Tamico Systems Oy	Palvelimet	7.10.2006	vmk
5	192.168.5.0/24	switches	Tamico Systems Oy	Kytkimet	1.7.2006	vmk
6	192.168.6.0/24	nw006	AsiakasA	Verkko 006	7.8.2006	vmk
7	192.168.7.0/24	nw007	AsiakasB	Verkko 007	9.8.2006	vmk
8	192.168.8.0/24	nw008	AsiakasC	Verkko 008	10.8.2006	vmk
9	192.168.9.0/24	nw009	AsiakasD	Verkko 009	12.8.2006	vmk
10	192.168.10.0/24	nw010	AsiakasE	Verkko 010	14.8.2006	vmk
11	192.168.11.0/24	nw011	AsiakasF	Verkko 011	18.8.2006	vmk
12	192.168.12.0/24	nw012	AsiakasG	Verkko 012	20.8.2006	vmk
13	192.168.13.0/24	nw013	AsiakasH	Verkko 013	23.8.2006	vmk
14	192.168.14.0/24	nw014	AsiakasI	Verkko 014	29.8.2006	vmk
15	192.168.15.0/24	nw015	AsiakasJ	Verkko 015	31.8.2006	vmk
16	192.168.16.0/24	nw016	AsiakasK	Verkko 016	1.9.2006	vmk
17	192.168.17.0/24	nw017	AsiakasL	Verkko 017	14.9.2006	vmk
18	192.168.18.0/24	nw018	AsiakasM	Verkko 018	16.9.2006	vmk
19	192.168.19.0/24	nw019	AsiakasN	Verkko 019	17.9.2006	vmk
20	192.168.20.0/24	nw020	AsiakasO	Verkko 020	18.9.2006	vmk
21	192.168.21.0/24	nw021	AsiakasP	Verkko 021	30.9.2006	vmk
22	192.168.22.0/24	nw022	AsiakasQ	Verkko 022	1.10.2006	vmk
23	192.168.23.0/24	nw023	AsiakasR	Verkko 023	2.10.2006	vmk
24	192.168.24.0/24	nw024	AsiakasS	Verkko 024	7.10.2006	vmk
25	192.168.25.0/24	nw025	AsiakasT	Verkko 025	10.10.2006	vmk
26	192.168.26.0/24	nw026	AsiakasY	Verkko 026	11.10.2006	vmk
27	192.168.27.0/24	nw027	AsiakasV	Verkko 027	30.10.2006	vmk
28	192.168.28.0/24	nw028	AsiakasW	Verkko 028	31.10.2006	vmk
29	192.168.29.0/24	nw029	AsiakasX	Verkko 029	4.11.2006	vmk
30	192.168.30.0/24	nw030	AsiakasY	Verkko 030	4.11.2006	vmk
31	192.168.31.0/24	nw031	AsiakasZ	Verkko 031	12.11.2006	vmk
32	192.168.32.0/24	nw032	AsiakasAA	Verkko 032	13.11.2006	vmk
33	192.168.33.0/24	nw033	AsiakasAB	Verkko 033	14.11.2006	vmk
34	192.168.34.0/24	nw034	AsiakasAC	Verkko 034	19.11.2006	vmk
35	192.168.35.0/24	nw035	AsiakasAD	Verkko 035	20.11.2006	vmk
36	192.168.36.0/24	nw036	AsiakasAE	Verkko 036	21.11.2006	vmk
37	192.168.37.0/24	nw037	AsiakasAF	Verkko 037	22.11.2006	vmk
...						
94	192.168.94.0/24	nw094	AsiakasDF	Verkko 094	1.2.2007	vmk
95	192.168.95.0/24	nw095	AsiakasDE	Verkko 095	2.3.2007	vmk

Liite 6: Virtuaaliverkkokohtainen dokumentti

VLAN ID:	5
IP-Verkko:	192.168.5.0
Verkkomaski:	255.255.255.0
Yhdyskäytävä:	192.168.5.1
Käyttäjä/Asiakas:	Tamico Systems Oy
Lisätietoja:	Kytkimet
DHCP-palvelu:	Ei käytössä

IP-osoite	MAC-osoite	Laite	Kuvaus/lisätieto	Sijainti	Käyttöönotto	Kuittaus
192.168.5.1			Palomuri			
192.168.5.2						
192.168.5.3						
192.168.5.4						
192.168.5.5						
192.168.5.6						
192.168.5.7						
192.168.5.8						
192.168.5.9						
192.168.5.10	001635f35f00	BB-SW-FD130-45-01	BB / HP Procurve 5304xl	FD130	23.9.2006	vmk
192.168.5.11	001635b9d660	BB-SW-FD121-45-01	BB / HP Procurve 2824	FD121	12.12.2006	vmk
192.168.5.12	001635b926e0	BB-SW-FD122-45-01	BB / HP Procurve 2824	FD122	14.10.2006	vmk
192.168.5.13	001635b965c0	BB-SW-FD123-45-01	BB / HP Procurve 2824	FD123	15.10.2006	vmk
192.168.5.14	001635ba2020	BB-SW-FD124-45-02	BB / HP Procurve 2824	FD124	25.9.2006	vmk
192.168.5.15	001635b98520	BB-SW-FD12745-01	BB / HP Procurve 2824	FD127	15.11.2006	vmk
192.168.5.16	001635b7c1e0	BB-SW-FD126-45-00	BB / HP Procurve 2824	FD126	12.10.2006	vmk
192.168.5.17	001635b91680	BB-SW-FD125-45-01	BB / HP Procurve 2824	FD125	23.9.2006	vmk
192.168.5.18	001635b9c560	BB-SW-FD129-45-02	BB / HP Procurve 2824	FD129	13.10.2006	vmk
192.168.5.19	001635b98540	BB-SW-FD130-45-01	BB / HP Procurve 2824	FD130	16.10.2006	vmk
192.168.5.20	001635b897a0	BB-SW-FD132-45-01	BB / HP Procurve 2824	FD132	17.10.2006	vmk
192.168.5.21	001635b997e0	BB-SW-FD131-45-01	BB / HP Procurve 2824	FD131	24.9.2006	vmk
192.168.5.22	001635b8cb80	BB-SW-FD128-45-01	BB / HP Procurve 2824	FD128	23.8.2006	vmk
192.168.5.23						
192.168.5.24						
192.168.5.25						
192.168.5.26						
192.168.5.27						
192.168.5.28						
192.168.5.29						
192.168.5.30						
192.168.5.31						
192.168.5.32						
192.168.5.33						
192.168.5.34						
192.168.5.35						
192.168.5.36						
192.168.5.37						
192.168.5.38						
192.168.5.39						
192.168.5.40						
192.168.5.41						
...						
192.168.5.254						

Liite 7: Mittaustavan looginen kuvaus

