



**TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU**

OPINNÄYTETYÖ

Case: Tampereen Työväen Teatterin lähiverkon dokumentointi

Harri Järvenpää

Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma
marraskuu 2007

Työn ohjaaja: Harri Hakonen

TAMPERE 2007



Tekijä(t)	Harri Järvenpää	
Koulutusohjelma(t)	Tietojenkäsittely	
Opinnäytetyön nimi	Case: Tampereen Työväen Teatterin lähiverkon dokumentointi	
Työn valmistumis- kuukausi ja -vuosi	Marraskuu 2007	
Työn ohjaaja	Harri Hakonen	Sivumäärä: 35

TIIVISTELMÄ

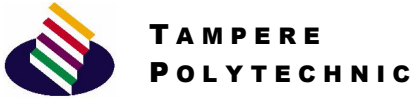
Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Tampereen Työväen Teatteri (=TTT). Työn tavoitteena oli saada ajantasaista ja keskitettyä dokumentointiaineistoa TTT:n verkon aktiivilaitteista sekä verkosta. Tämän dokumentoinnin tuli olla apuna tulevien ongelmatilanteiden mahdollisimman sujuvaan selvittämiseen, sekä verkon ylläpitotoimien varalle. Tavoitteena oli myös löytää mahdollisia kehitysehdotuksia TTT:n verkkoa koskien. Toimeksiantajan kannalta tämä työ oli tarpeellinen, koska heillä ei ollut verkosta kunnollista ja ajantasaista dokumentointia.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään OSI-mallin rakennetta ennen langallisen siirtotien, kaapeloinnin ja langattoman siirtotien lyhyitä esittelyjä. Näiden jälkeen siirrytään tietoliikenneverkon osoitteistoon ja aliverkosta NAT-osoitteenmuunnokseen. Seuraavaksi määritellään työn kannalta oleellisia lähiverkon verkkokomponentteja. Teoriaosuuden lopuksi käsitellään dokumentoinnin tekemistä ja siitä saatavia hyötyjä.

Tämän opinnäytetyön tutkimustyypinä on käytetty tapaustutkimusta. Aineistoa on kerätty verkon kannalta tärkeiltä laitteilta, jotka ovat yhdistyneet verkkoon. Näitä ovat esimerkiksi työasemat, palvelimet ja verkkotulostimet. Tietojen keräämiseksi on laadittu Excel-taulukko, johon on kerätty verkkokomponenttejen tietoja. Kerättyyn aineistoon perustuen luotiin verkkokaavioita lähiverkosta.

TTT:n verkko koostuu kiinteästä osasta ja langattomasta osasta. Työasemia verkossa on 62 kappaletta, lisäksi verkossa on neljä verkkotulostinta, kolme palvelinta, sekä yhdeksän kytkintä ja kaksi reititintä. Opinnäytetyön tuloksesta syntyi ajantasainen ja helposti päivitettävissä oleva dokumentointi TTT:n lähiverkosta. Tämän dokumentoinnin avulla jo toteutettu verkon kehittäminen, sekä esiintulleet kehitysehdotukset ovat osoitus dokumentoinnin hyödyllisyydestä organisaatiossa. Dokumentoinnin avulla on mahdollista saada aikaan kustannussäästöjä esimerkiksi verkon ongelmaratkaisuaikojen lyhentyessä.

Opinnäytetyön avulla jo toteutettu verkonkehittäminen on DHCP-palvelimen jakamien IP-osoitteiden määrän kasvattaminen. Esiintulleita verkon kehitysehdotuksia ovat NAT:n käyttöönotto TTT:n lähiverkolle, sekä WLAN-tukiasemien kattavuuden tutkiminen mahdollisten VoIP-puhelimien käyttöönottoa varten. Kolmantena kehitysehdotuksena on siirtyä enemmän keskitettyyn hallintaan tietoturvapäivitysten osalta. Viimeisenä ehdotuksena on tutkia, miten verkkokovalevylle datan siirtoa voitaisiin nopeuttaa.



Author(s)	Harri Järvenpää	
Degree Programme(s)	Business Information Systems	
Title	Case: TTT-Theatre's LAN documentation	
Month and year	November 2007	
Supervisor	Harri Hakonen	Pages: 35

ABSTRACT

This thesis was ordered by TTT-Theatre. The purpose of this work was to gain up to date and centralized documentation from TTT-Theatre's LAN and network devices. This documentation was to be valuable guide to troubleshoot network problems and LAN maintenance. One purpose also was to point out possible development suggestions concerning TTT-Theatre's LAN. From TTT-Theatre's point of view this work is valuable because they didn't have any recent and up to date knowledge and documentation from their LAN.

Theory part of this thesis explains OSI-model before short descriptions of LAN, cabling and WLAN. Then computer network addresses, subnetting and NAT (network address translation) are explained. After those, essential LAN components are determined from this thesis point of view. At the end of theory part making of documentation and benefits it yields are covered.

This thesis research type was case study. The material has been gathered from important network devices. These are for example workstations, servers and network printers. Excel form has been used to sum gathered information. This gathered information also gave the needed knowledge to make network diagrams from this LAN.

TTT-Theatre's LAN is formed by wired and wireless parts. This LAN has 62 workstations, four network printers, three servers, nine switches and two routers. The result of this thesis is up to date and easily updated documentation from TTT-Theatre's LAN. With the help of this documentation, there has already been implemented one development suggestion to TTT-Theatre's LAN. That and other development suggestions are proofs of documentations usefulness in the organization. With the documentation it is possible to gain financial benefits thanks to shorter network troubleshooting times for example.

With this thesis there has already been implemented DHCP-server development suggestion. Server's IP-address pool was over doubled to what it used to be. Other development suggestions are implementing NAT and to examine does WLAN access points cover well enough to sustain possible implementation of VoIP-phones in the future. The third development suggestion is to move to more centralized management on security updates. Last development suggestion is to examine how to speed up data transfer to network drive.

Keywords LAN documentation network diagram

Sisällysluettelo

1 Johdanto	5
2 Työn tehtävät ja tavoitteet	6
3 Tutkimustyyppi ja aineiston kerääminen	7
4 OSI-malli	9
5 Langallinen ja langaton siirtotie	10
5.1 Ethernet.....	10
5.2 Kaapelityyppejä	11
5.3 WLAN.....	11
6 Tietoliikenneverkon osoitteisto ja NAT	13
6.1 MAC-osoite	13
6.2 IP-osoite.....	13
6.3 Aliverkotus	14
6.4 NAT.....	14
7 TTT:n tietoliikenneverkon komponentteja	15
7.1 Työasema.....	15
7.2 Palvelin.....	15
7.3 Verkkotulostin.....	15
7.4 Reititin.....	15
7.5 Kytkin.....	15
7.6 WLAN-tukiasema	16
8 Tietoverkkojen dokumentointi	17
8.1 Dokumentoinnin tekeminen.....	17
8.2 Dokumentoinnin hyödyt.....	17
9 TTT:n lähiverkko	19
9.1 Dokumentointiprojektin taustaa.....	19
9.2 TTT:n verkon yleiskuvaus.....	19
9.3 TTT:n verkon tarkempi dokumentointi.....	20
10 Kehitysehdotukset ja pohdintaa	22
LÄHTEET	25
LIITTEET	26
Liite 1. Luettelo työasemista	26
Liite 2. Luettelo palvelimista.....	27
Liite 3. Luettelo verkkotulostimista.....	28
Liite 4. Selitteet verkkokaavion symboleille	29
Liite 5. Yleiskuva TTT:n verkkokaaviosta.....	30
Liite 6. Kytkinhuoneen ja päänäyttämön ohjaamon verkkokaaviot	31
Liite 7. Puhelinvaihtehuoneen verkkokaavio	32
Liite 8. Kellariteatterin verkkokaavio	33
Liite 9. Elna ja Eero kokoushuoneen verkkokaavio	34
Liite 10. Verkkotulostinhuoneiden verkkokaavio	35

1 Johdanto

Suoritin harjoitteluani syksyn 2006 ja kevään 2007 aikana Tampereen Työväen Teatterissa, joka myös toimi opinnäytetyöni toimeksiantajana. Viitataan jatkossa Tampereen Työväen Teatteriin lyhenteellä TTT. TTT:n perustamispäivänä pidetään 27.8.1901, jolloin Minna Canthin Anna-Liisa valmistui ensi-iltaan, joten TTT on harjoittanut toimintaansa jo yli sadan vuoden ajan. Henkilöstön määrä oli vuonna 2005 323 ja vuosittainen liikevaihto on noin 10 miljoonaa euroa. TTT on Suomen kolmanneksi suurin teatteri. (TTT 2007; Tampereen Työväen Teatteri toimintakertomus 2006, 19, 21-23.)

Konserniin kuuluu lisäksi TTT-Teatteripalvelut Oy, joka vastaa teatterin lämpiömyynnistä, henkilökuntaravintolasta sekä pukuvuokrauksesta. TTT:n ystävät ry on teatteriin liittyvä yhdistys, jonka tavoitteena on tukea TTT:n toimintaa. Yhdistyksellä oli jäseniä vuoden 2006 lopussa 276. (Tampereen Työväen Teatteri toimintakertomus 2006, 20.)

Opinnäytetyön aiheeseen paneuduin, kun havaitsin, että TTT:n lähiverkon dokumentaatio on vanhentunut ja puutteellinen. Tästä on ollut haittaa harjoittelussani mikrotuen tehtävissä. Tästä syntyi aihe TTT:n sisäverkon dokumentoinnista ja siihen liittyen kehitysehdotusten tekemisestä. Tämän työn tavoitteena on tuottaa kattava dokumentointi verkon laitteista, sekä kehitysehdotukset verkkoon liittyvistä puutteista. Dokumentoinnilla on tarkoitus saada myös tietoa, missä verkon ”pullonkaulat” sijaitsevat.

Keskeisiä kysymyksiä, mihin toivon saavani vastaukset opinnäytetyössä ovat TTT:n verkon rakenne, sen laitteet, niiden tiedot ja sijainnit, sekä verkossa mahdollisesti ilmenivät puutteet, kuten IP-osoitteiston ongelmat. Minulla oli entuudestaan omakohtaisia kokemuksia verkossa ilmenneistä ongelmista harjoittelun tiimoilta, koska olen joutunut niitä työni yhteydessä ratkaisemaan.

Työn alussa määrittelen tämän opinnäytetyön tehtäviä ja tavoitteita. Luvussa kolme kerron työn tutkimustyyppistä ja miten keräsin aineiston. Tämän jälkeen selvitän OSI-mallin rakennetta ennen muita verkkotekniikoita, koska OSI-malli luo perustan verkkotekniikoiden ymmärtämiselle. Langallisen ja langattoman siirtotien lyhyen esittelyn jälkeen kerron tietoliikenneverkon osoitteistosta, aliverkotuksesta ja NAT-osoitteenmuunnoksesta. Luvussa seitsemän esittelen TTT:n lähiverkon verkkokomponentteja. Kahdeksannessa luvussa kerron dokumentoinnin tekemisestä ja sen hyödyistä. Luvussa yhdeksän käyn läpi TTT:n lähiverkkoa ja luvussa kymmenen esitän kehitysehdotuksia ja jo tekemiäni muutoksia.

2 Työn tehtävät ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saada ajantasaista ja keskitettyä dokumentointiaineistoa TTT:n verkon aktiivilaitteista sekä verkosta. Dokumentoinnin tarkoituksena on olla apuna ongelmatilanteiden mahdollisimman sujuvan selvittämisen, sekä verkon ylläpitotoimien varalle. Lopputuloksena syntyvää dokumentointiaineistoa olisi syytä päivittää sitä mukaa, kun muutoksia verkkoon tehdään. Tästä syystä tavoitteena oli saada dokumentoinnista mahdollisimman helposti päivitettävä.

Tavoitteena oli myös löytää mahdollisia kehitysehdotuksia TTT:n verkkoa koskien. Nämä ehdotukset ovat sellaisia, josta olisi oleellista hyötyä joko verkon ylläpitäjälle tai verkon käyttäjille. Dokumentointiaineisto koostuu verkkokaavioista ja Excel-taulukosta, joka sisältää muun muassa TTT:llä käytettävän IP-osoitevaruuden, verkkoon liittyneet aktiivilaitteet, kuten palvelimet, verkkotulostimet ja reitittimet.

TTT:n kannalta tämä työ oli tarpeellinen, koska heillä ei ollut verkosta kunnollista ja ajantasaista dokumentointia. Tästä oli haittaa organisaation normaalissa toiminnassa, koska verkon vikojen ilmetessä ei ollut ongelmien ratkaisuun tarvittavaa tietoa. Lisäksi dokumentoimattomuus oli haitaksi myös IP-osoitteistoon liittyvissä ongelmissa, koska ilman dokumentointia ei ollut tietoa, mitä staattisia osoitteita on missäkin ja mitkä osoitteista ovat dynaamisina. Kokonaisuutena verkon dokumentoimattomuus johti myös siihen, että korjauksia on tehty ennen dokumentointia tietämättä verkon muista osista riittävästi. Ilman ajantasaista dokumentointia tehdyt korjaukset voivat johtaa verkon epänormaaliin toimintaan, koska saattaa syntyä tilanteita, joissa esimerkiksi samaa IP-osoitetta käytetään samaan aikaan useammalla laitteella verkossa.

3 Tutkimustyyppi ja aineiston kerääminen

Tämän opinnäytetyön tutkimustyyppinä käytin tapaustutkimusta (case-tutkimus). Tämä oli mielestäniärkevin tutkimustyyppi tässä tapauksessa, koska työn aihe oli melko yksiselitteinen kartoitus, ja sen tuloksista omien johtopäätösten tekeminen. Tämän opinnäytetyön tuloksia voidaan suoraan soveltaa käytäntöön toimeksiantajan toimesta esimerkiksi uuden työntekijän verkkoon perehdyttämisessä. Työtä voidaan myös soveltaa muun muassa verkossa ilmenevien ongelmien paikallistamiseen, fyysisen kaapeloinnin laajentamisen suunnitteluun, sekä mahdollisiin IP-osoitteistossa ilmeneviin ongelmiin. Vaikka tämä on tapaustutkimus TTT:n sisäverkosta, niin siitä voi tehdä jonkinlaisia yleistyksiä TTT:n kaltaisiin verkkoihin, jotka ovat rakennettu vähällä suunnittelulla, vastaamaan nopeasti kasvavaa verkon laajentumisen tarvetta organisaatiossa.

Keräsin aineistoa kaikilta laitteilta, jotka ovat liittyneet verkkoon, näitä olivat muun muassa työasemat, palvelimet ja verkkotulostimet. Käytin apuna aikaisempaa vanhentunutta materiaalia, jota oli saatavilla. Tämän lisäksi käytin apuna laitteiden kartoituksessa ja löytämisessä palvelimen myöntämiä dynaamisia IP-osoitteita, sillä sen avulla löysin laitteita, joiden olemassaolosta minulla ei ollut tietoa. Ongelmana tällä menetelmällä kuitenkin oli, ettei se havaitse pois päältä olevia laitteita.

Keräsin aineistoa TTT:n tiloissa, josta oli mahdollista päästä sisäverkkoon käsiksi ja koska kaikki dokumentoitavat laitteet sijaitsevat siellä. Tietojen keräämiseksi laadin Excel-taulukon (Liite 1.), johon keräsin kaikilta työasemilta samat tiedot, kuten IP-osoitteen (jos staattinen), nimen, käyttäjän ja niin edelleen. Laadin myös samantyyppisen taulukon (Liite 2.) palvelimille ja tulostimille (Liite 3.), joista käy ilmi tarvittavat tiedot kyseisistä laitteista. Siitä, mitä tietoa laitteista kartoitin, kysyin toimeksiantajan mielipidettä haastattelemalla TTT:n teknistä johtajaa. Tällöin sain selville, oliko toimeksiantajalla jotain erityistä toivetta, mitä itse en ollut tullut ajatelleeksi.

Ongelmana aineiston keräämisessä oli, että työasemien tietojen keräämiseksi käyttäjän piti olla paikalla, koska minulla ei ollut mahdollisuutta päästä kirjautumaan kaikille työasemille ilman heidän käyttäjätunnusta ja salasanaa. TTT:n ollessa auki aamusta iltaan ongelmia tuli tavoittaa henkilöitä, joiden työasemalta tietoja tulisi kerätä. Näyttämöhenkilöstön tavoittaminen oli kaikista ongelmallisinta, koska heidän työaikansa ei noudata toimistotyöaikoja.

Verkkokaavioita varten tein selitesivun (Liite 4.), josta käy ilmi verkkokaavioissa käytetyt symbolit. Kerätystä aineistosta sain luotua TTT:n verkkokaavion yleiskuvan (Liite 5.), josta ilmenee verkossa olevat verkkolaitteet, työasemia lukuun ottamatta. Työasemia en liittänyt kaavioon, koska niiden lukumäärä vaihtelee kausittain ja lisäksi osan työasemien paikat vaihtelevat paljon. Ei ollut myöskään mielekästä esitellä yksittäisissä huoneissa sijaitsevia ja tietoverkkoon vähän vaikuttavia työasemia. Myöskään WLAN-tukiasemia ei sisällytetty verkkokaavioon, koska niiden määrä ja sijainnit tulevat vielä muuttumaan, kun niiden kattavuudesta saadaan tarkempaa tietoa. Yleiskuvan lisäksi tein tarkemmat verkkokaaviot (Liitteet 6.-9.), jossa jaottelin huoneet loogisesti yhteyksien mukaan. Poikkeuksen tekevät verkkotulostimet (Liite 10.), jotka sijaitsevat huoneissa, joissa ei ole muita verkkolaitteita.

Verkkokaavioilla tarkoitan piirrosta, josta ilmenevät muun muassa verkkolaitteet, niiden väliset yhteydet ja sijainti. Tarkemmista verkkokaavioista käy ilmi myös laitteiden mahdollisesti käyttämät IP-osoitteet ja verkkonimet. Tietoturvasyistä käytin keksittyjä nimiä ja IP-osoitteita kuvaamaan laitteita. Lisäksi piilotin toimialueiden nimet ja käyttäjätiedot. Verkkokaaviot tein Microsoft Office Visio 2007-ohjelman avulla. Aineiston myötä pääsin myös tutkimaan, minkälaisia puutteita verkossa on ja sen pohjalta tekemään kehitysehdotuksia, missä olisi parannettavaa.

4 OSI-malli

Kaikki verkkotekniikat voidaan mallintaa OSI-pinon avulla. OSI tulee sanoista Open System Interconnection. Se on kansainvälisen standardointiorganisaatio ISO:n (International Organization for Standardization) 80-luvulla kehittämä malli. Sen tarkoituksena oli, että sen avulla saadaan yhteensopivuusongelmat poistettua ja että se tulevaisuudessa yhdistäisi kaikki maailman laitteet toisiinsa. (Anttila 2000, 30-31.)

OSI-mallista ei kuitenkaan tullut tarpeeksi levinnyttä ja siitä kehittyikin pikkuhiljaa niin sanottu referenssipinona toimiva seitsenkerroksena toimiva malli. OSI:n kerrosmallin avulla jokainen kerros voidaan toteuttaa omana kokonaisuutena. OSI-mallin hyötynä ovat esimerkiksi seuraavat asiat:

- Ymmärrettävyys
- Suunnittelun helpottuminen.
- Kehitystyön nopeutuminen.
- Implementointi yksinkertaisempaa.
- Kilpailun lisääntyminen. (Anttila 2000, 31-32.)

Anttila (2000, 32-34) listaa OSI-mallin seitsemän kerrosta ja kertoo niiden tarkoituksen näin:

- 1) Fyysinen kerros (Physical Layer). Fyysisellä kerroksella määritellään fyysinen tekniikka.
- 2) Siirtoyhteyskerros (Data Link Layer). Siirtoyhteyskerros tarjoaa tavan, millä data voi kulkea verkossa ja mahdollistaa virheiden havaitsemisen ja korjauksen, mitä voi tapahtua fyysisellä kerroksella.
- 3) Verkkokerros (Network Layer). Verkkokerroksen tehtävänä on hoitaa reititys ja kohdelaitteen löytäminen.
- 4) Kuljetuskerros (Transport Layer). Kuljetuskerros huolehtii, että paketit tulevat perille, sekä kokoaa ne oikeaan järjestykseen.
- 5) Yhteysjaksokerros (Session Layer). Yhteyskerros hallitsee laitteiden yhteyksiä ja istuntoja.
- 6) Esitystapakerros (Presentation Layer). Esitystapakerros muuntaa datan käyttäjälle näkyvään muotoon.
- 7) Sovelluskerros (Application Layer). Sovelluskerros tarjoaa palveluita sovellusprosesseille.

5 Langallinen ja langaton siirtotie

Tietoliikenteessä lähiverkko LAN (local area network) tarkoittaa maantieteellisesti rajatun pienehkön alueen sisäistä verkkoa, esimerkiksi toimistorakennuksen verkkoa. Lähiverkolle on ominaista suuri siirtokapasiteetti ja se on tavallisesti yhden organisaation hallinnassa. Verkko koostuu kaapeleista, verkkolaitteista, työasemista ja palvelimista. (Jaakohuhta 2000, 3; Saarelainen 1997, 14.)

Saarelaisen (1997, 15) mukaan lähiverkot voidaan jaotella kolmeen päätopologiaan, mikä tarkoittaa verkon rakennetta. Näitä ovat tähti, väylä ja rengas.

- Tähtiverkossa asemat ovat liittyneet yhteiseen keskuspisteeseen, joka voi olla napa, solmu, vaihde, keskitin tai keskus.
- Väylä eli bussi (bus) on topologia, jossa työasemat liittyvät yhteiseen siirtotiehen.
- Rengas on verkkotyyppi, jossa kaikilla asemilla on kaksi naapuria.

5.1 Ethernet

Ethernet on pakettipohjainen (LAN), joka on yleisin ja ensimmäisenä laajasti hyväksytty lähiverkkotekniikka. Ethernet on topologialtaan nykyään tähtimäinen. (A_Wikipedia 2007.) Ethernetin kantavin idea on ollut jaettu siirtotie. Idea jaetusta siirtotiestä syntyi 1960-luvun lopulta, kun Havaijin yliopiston Norman Abramson ja hänen työryhmänsä kehittivät radioverkkoa, joka tunnettiin nimellä ALOHA. Abramson julkaisi vuonna 1970 joukon papereita ALOHA-järjestelmän teoriasta ja sovelluksista. Robert Metcalfe tutustui Abramsonin työn tuloksiin 1972 syksyllä ja saman vuoden lopulla hän ja David R. Boggs suunnittelivat verkon, jolla yhdistettiin joukko ALTO-tietokoneita EARS-lasertulostimeen. (Jaakohuhta 2000, 9-12.)

Kehitystyön aikana Metcalfe keskittyi työssään ALTO-ALOHA –verkkoon, koska se perustui ALOHA –järjestelmään ja joukkoon yhdistettyjä tietokoneita. ALTO ALOHA –verkko oli maailman ensimmäinen lähiverkko, joka oli toteutettu mikroilla. Se toimi ensimmäisen kerran toukokuun 22. päivänä vuonna 1973. Metcalfe kirjoitti samana päivänä muistionsa verkolle uuden nimen Ethernet. Nimi perustuu 1800-luvun lopulle saakka eläneeseen uskomukseen eetterin (ether) kyvystä välittää sähkömagneettista säteilyä. (Jaakohuhta 2000, 12.)

Koaksiaalikaapelia käyttävä ohut-Ethernet hyväksyttiin standardiksi nimellä 10Base-2 vuonna 1984, jossa 10 tarkoittaa 10 Mb/s ja 2 virheellisesti segmentin pituudeksi 200 metriä, joka todellisuudessa on kuitenkin 185 metriä. Ohuesta Ethernetä tuli ylivoimaisesti suosituin tapa tehdä Ethernet-verkkoa. Suosion perustana oli mahdollisuus korvata aikaisemmin käytetty kallis keltainen paksu-Ethernet-kaapeli halvemmalla, ohuemalla ja helpommin käsiteltävällä ohut-Ethernet-kaapelilla. (Jaakohuhta 2000, 15-18.)

Ohuella Ethernetillä oli kuitenkin myös haittapuolensa. Käyttäjän esimerkiksi saattoi vahingossa irrottaa kaapelin liittimestä, jolloin koko verkko lakkasi toimimasta. Kaapeli oli myös terminoitava molemmista päistä. Mikäli käyttäjä vaihtoi fyysisesti paikkaa,

kaapelin oli tehtävä lenkki uuteen pisteeseen. Tästä saattoi syntyä mitoitusongelmia, sekä muutoksista johtuvia verkkokatkoksia. (Jaakohuhta 2000, 18.)

Lopulta vuonna 1995 saavutettiin nykyään laajalti käytössä oleva 100 Mbit/s siirtonopeus, joka toteutetaan parikaapeloinnilla. FastEthernet eri versioista 100baseTX on jäänyt käyttöön. Perustana siirtonopeuden kasvulle on ollut paitsi kehittyneemmät verkkolaitteet ja laadukkaammat kaapelit (Cat5) ennen kaikkea verkon rakenteen muuttunen. Nykyään on jo olemassa mahdollisuus käyttää 10GBaseT-verkkoja. Alusta alkaen Ethernetissä käytetty väylärakenne oli muuttunut tähtimäiseksi. (A_Wikipedia 2007; Granlund 2007, 44.)

5.2 Kaapelityyppejä

Tietoliikenteessä on nykyään yleisimmin käytössä seuraavat kaapelointityypit: pari-, koaksiaalikaapeli sekä valokuitu. Parikaapelia on käytetty aikaisemmin puhelinverkoissa, mutta tietotekniikan yleistyessä sen suosio on kasvanut, johtuen sen hyvistä ominaisuuksista sekä halvasta hinnasta. Parikaapelilla voidaan toteuttaa seuraavia: 10Base-T, 100Base-T4 sekä 100BaseTX. Lisäksi Gigabit Ethernet (1000Base-T) voidaan toteuttaa parikaapelilla. (Granlund 2007, 42-44.)

Kuten parikaapeliakin niin myös koaksiaalikaapelia käytettiin toiseen tarkoitukseen kuin tietoliikenteen tarpeisiin. Aluksi se oli tarkoitettu videojärjestelmiä varten. Koaksiaalikaapelin hyviä ominaisuuksia ovat häiriönsietokyky ja suuri kaistanleveys. Näistä ominaisuuksista johtuen koaksiaalikaapeli on ollut tärkeä vaihtoehto puhelinverkoissa ennen optisia kuituja. Koaksiaalikaapelilla voidaan toteuttaa seuraavia: 10Base-2 ja 10Base-5. (Granlund 2007, 46-48.)

Valokuidussa digitaalinen tieto kulkee valopulssejen avulla ja muista kaapeloinneista se poikkeaa siten, ettei siinä esiinny tyypillisiä sähköisten signaalien ongelmia, vaan ainoat ongelmat muodostavat dispersio ja vaimeneminen. Granlund summaa valokuidun etuja muihin kaapeleihin verrattuna: suurempi kapasiteetti, sen keveys, pienempi signaalin vaimeneminen, häiriönsietokyky ja turvallisuus salakuuntelun suhteen. Valokuidulla voidaan toteuttaa seuraavia: 1000Base-SX, 1000Base-LX, 1000Base-BX sekä 1000Base-ZX. (Granlund 2007, 48-53.)

5.3 WLAN

Langattoman lähiverkon (wireless local area network, WLAN) fyysinen kaapelointi korvataan radiotiellä. Kaapelointia tarvitaan vain tukiasemalta verkkolaitteelle. Tämä mahdollistaa yrityksen lähiverkon täydentämisen. Langattomuuden ansiosta on mahdollista verkottaa haluttuja kohteita ilman kaapelointia. Uusimpien langattomien lähiverkkojen teoreettinen siirtonopeus on 54 Mbit/s. (Puska 2005, 13; Jaakohuhta 2000, 247.)

WLAN-yhteyden tarjoama liikkuvuus on hyödyksi erityisesti nykyaikaisissa toimistoympäristöissä, joissa työtä ei tehdä ainoastaan yhdessä kiinteässä paikassa. Kannettava tietokone, jossa on WLAN-sovitin mahdollistaa pääsyn samoihin tiedostoihin ja palve-

luihin niin omasta toimistohuoneesta, kuin neuvotteluhuoneesta tai aulasta. (Puska 2005, 18.)

Langaton lähiverkko on helpompi nopeampi ja halvempi asentaa kuin kaapelointiin perustuva lähiverkko. Usein hankalasti kaapeloitavia kohteita ovat esimerkiksi toimistorakennukset ja liiketilojen auditoriot, neuvotteluhuoneet, aulat ja kokoustilat. Näitä tiloja on vaikea kaapeloida kauniisti ja käytännöllisesti, joten tällöin langaton lähiverkko on hyvä ratkaisu. (Puska 2005, 19.)

Puskan (2005, 21-23) mielestä langattomien lähiverkkojen toteutukseen liittyy useita teknisiä ja taloudellisia haasteita, joita hän listaa:

- Radiotiestä ja WLAN-standardien puutteista johtuva huono tietoturva. Radioaaltojen etenemistä ei voida pysäyttää rakennuksen sisälle.
- Langattoman lähiverkon suorituskyky on selvästi Ethernet-lähiverkkoja pienempi ja vaikeasti ennakoitavissa.
- Radiosignaalin etenemistä on vaikea mallintaa ja kontrolloida.
- Edellä mainituista syistä verkon suunnittelu ja asennus on vaativampaa kuin lankaverkossa.
- Langattoman lähiverkon ja siihen liitetyn Ethernet-verkon mitoitus on vaikeaa.
- Radiosignaalin monimutkaisten etenemistapojen vuoksi langattoman lähiverkon toteutus kattavasti ja luotettavasti on hankalaa.
- 802.11 WLAN-standardit eivät tarjoa täydellistä yhteensopivuutta eri valmistajien laitteiden välillä.
- Langattomien lähiverkkojen ylläpito on haasteellisempaa kuin perinteisten lähiverkkojen.
- Langattomien päätelaitteiden teho otetaan akusta, jonka kapasiteetti on rajallinen.
- Langattoman verkon kokonaiskustannukset, mukaan lukien yhdyspisteiden tehonsyöttö ja verkon ylläpitoresurssit, voi lisätä verkkoinfran investointi- ja ylläpitokustannuksia, etenkin jos langaton verkko rakennetaan päällekkäin lankaverkon kanssa palvelemaan kannettavia päätelaitteita.

6 Tietoliikenneverkon osoitteisto ja NAT

6.1 MAC-osoite

Tietoliikenneverkoissa kaikki datan liikkuminen tapahtuu jonkinlaisen osoitteen perusteella. Tämä osoite voi olla MAC-osoite, joka on yksilöllinen osoite ja se on esimerkiksi jokaisella verkkokortilla. MAC-osoite sijaitsee OSI-mallissa siirtoyhteyskerroksella. Osoitteita voidaan myös käyttää yhdessä, jolloin verkkokerroksen osoite toimii virtuaalisena osoitteena, joka ohjaa, mihin verkkoon paketti tulee ohjata ja MAC-osoitteesta vastaanottava kone tietää kuuluuko paketti sille. (Anttila 2000, 83.)

6.2 IP-osoite

IP-osoite sijaitsee OSI-mallin verkkokerroksella. Kaikissa verkoissa, jotka ovat kytkettyinä Internetiin, tulee olla yksilöllinen verkko-osoite. Poikkeuksena on jos verkkojen välissä käytetään NAT-nimistä (Network Address Translation) tekniikkaa. IP-osoite on 32 bittinen ja koska ihmisen on vaikea muistaa bittimuotoisia osoitteita, ne esitetäänkin normaalisti neljän pisteillä toisistaan erotetun desimaaliluvun sarjana, joiden arvona on 0-255. Esimerkkinä IP-osoitteesta on 68.70.137.162 ja bittimuodossa tämä olisi 01000100 01000110 10001001 10100010. (Anttila 2000, 84-87.)

IP-osoitteesta on erotettavissa verkko-osoite ja laiteosoite. Nämä saadaan kun tarkastellaan mihin luokkaan IP-osoite kuuluu. Anttila (2000, 88-90) kertoo luokista seuraavasti.

- Luokka A: Tämän luokan verkot ovat kaikkein suurimpia ja siitä johtuen niitä on myös vähiten käytettävissä. Sen tunnuksena on, että IP-osoitteen ensimmäisen oktetin desimaaliesityksen arvo on väliltä 0-127. Näistä ei ole käytettäviä 0 (oletusreitti) ja 127 (takaisinkytketty diagnostiikkaosoite). Verkko-osuuden muodostaa ensimmäinen oktetti, eli kahdeksan ensimmäistä bittiä ja laiteosuudeksi jää loppuosa, eli 24 bittiä.
- Luokka B: Tämän luokan verkot ovat keskisuuria. Luokan tunnuksena on ensimmäisen oktetin desimaaliesityksen arvo väliltä 128-191. Kaksi ensimmäistä oktetia on varattu verkko-osuudelle ja kaksi viimeistä laite-osuudelle.
- Luokka C: C-luokan verkko on pienin normaalissa käytössä olevista luokista. Sen tunnistaa desimaaliesityksessä siitä, että ensimmäinen oktetti on väliltä 192-223.
- Luokka D: Tämän luokan osoitteet ovat varattu ryhmälähetysosoitteiksi. Näitä osoitteita ei käytetä normaalisti yksittäisen laitteen osoitteena. Tämän luokan osoitteen tuntee desimaaliesityksessä siitä, että ensimmäinen oktetti on väliltä 224-239.
- Luokka E: Tämän luokan osoitteet on varattu kokeilukäyttöön ja tulevaisuutta varten. Tämän luokan osoitteen tuntee desimaaliesityksessä siitä, että ensimmäinen oktetti on väliltä 240-255.

Osa IP-osoitteista on varattuja, ettei niitä saa käyttää yksittäisten laitteiden osoitteina. Näitä Anttila (2000, 91-92) listaa:

- **127.b.c.d.** Tämä osoite on varattu takaisinkytketyksi diagnostiikkaosoitteeksi. Tämä tarkoittaa, että kaikki liikenne, joka lähetetään 127-alkuiseen osoitteeseen, ohjataan lähettäjän koneeseen.
- **Kaikki laiteosuuden bitit ovat ykkösiä.** Tämä on tarkoitettu levitysviesteille. Se tarkoittaa, että viestit on tarkoitettu useammalle verkko-osoitteelle.
- **Kaikki laiteosuuden bitit ovat nollia.** Tämä ei ole sallittu yksittäisen koneen osoite, koska se tarkoittaa verkkoa itseään.
- **Ryhmälähetysosoitteet 224.b.c.d-239.b.c.d.** Nämä osoitteet ovat varattu pelkästään ryhmälähetystykseen.
- **E-luokan osoitteet.** Nämä ovat varattu ainoastaan kokeilukäyttöön.

Lisäksi IANA (Internet Assigned Numbers Authority) on varannut kolme IP-osoitealuetta yksityisosoitteiksi, joita kutsutaan myös harmaan sarjan osoitteiksi. Näitä ei saa reitittää julkisessa Internetissä. Nämä IP-osoitealueet ovat 10.0.0.0 – 10.255.255.255, 172.16.0.0 – 172.31.255.255 ja 192.168.0.0 – 192.168.255.255. (B_Wikipedia 2007.)

6.3 Aliverkotus

Aliverkotuksella tarkoitetaan prosessia, joka jakaa isomman IP-verkon pienemmiksi aliverkoiksi (Odom 2005, 460). Aliverkotuksen tarkoituksena on jakaa A-, B- tai C-luokan verkko pienempiin osiin eli aliverkkoihin. Kun käytetään aliverkotusta, saman IP-aliverkon osoitteet ovat samassa fyysisessä verkossa, mutta kutakin aliverkkoa käsitellään erillisenä IP-verkkona. Aliverkotuksen tarkoituksena on IP-osoitteiden säästäminen, kun kokonaista esimerkiksi C-luokan verkkoa ei tarvitse antaa muutamalle laitteelle, kun tarve olisi vain parille osoitteelle. (Odom 2005, 229-232.)

6.4 NAT

NAT (Network Address Translation) -tekniikassa reitittimen sisäverkossa voidaan käyttää sellaisia IP-osoitteita, joita ei normaalista voisi käyttää. Näitä ovat esimerkiksi yksityisosoitteet väliltä 192.168.0.0 – 192.168.255.0. Kun laite, jolla on tällainen yksityinenosoite ottaa yhteyden ulkomaailmaan, se lähettää sanomansa ensin reitittimelle. Reititin vaihtaa alkuperäisen lähettäjän osoitteen tilalle erillisestä osoitetaulusta Internetissä sallitun osoitteen. Takaisinpäin tapahtuvassa yhteydessä reititin osaa välittää sen takaisin alkuperäiselle lähettäjälle, muodostamansa taulun perusteella. (Anttila 2000, 86.)

7 TTT:n tietoliikenneverkon komponentteja

Tässä luvussa esittelen lyhyesti TTT:n verkossa olevia komponentteja:

7.1 Työasema

Verkon kannalta työasema (workstation) on komponentti, jonka avulla käyttäjä on yhteydessä verkkoon ja sen tarjoamiin palveluihin. Työasemana voidaan pitää mikrotietokonetta tai UNIX-työasemaa, jossa on tarvittavat komponentit asennettuna verkkoyhteyttä varten (verkkokortti, protokollapino ja verkko-ohjelmisto). (Jaakohuhta 2000, 6.)

7.2 Palvelin

Palvelin (server) on laite, ohjelma tai niiden muodostama kokonaisuus, joka on kytketty verkkoon tarjoamaan sisältämiään palveluja verkon käyttäjille. Tulostinten jakaminen, levytila, verkkosovellukset, tietokannat ja ulkoiset yhteydet ovat mahdollisia palveluita. Sama palvelin voi tarjota useita tehtäviä samaan aikaan, kuten tulostinten ja CD-ROM-asemien jakamista. Palvelimella voi olla kuitenkin tietyissä tapauksissa vain yksi ainoa tehtävä, kuten esimerkiksi tietokantapalvelut. (Jaakohuhta 2000, 6.)

7.3 Verkkotulostin

Verkkotulostin on tulostin, jota pystyy käyttämään verkon kautta. Yleensä palvelin jakaa tulostimen muille verkkoon liittyneille työasemille. Tällöin työasemille ei tarvitse erikseen asentaa tulostimen ajureita, vaan ne saavat ajurit palvelimelta tulostimen asennuksen yhteydessä.

7.4 Reititin

Reititin (router) toimii OSI-mallin verkkokerroksella. Se hallitsee IP-tason protokollat, joten se kykenee reitittämään datapaketit IP-verkoissa ja niiden välillä. Reititin myös pilkkoo verkkoa osiin omiksi segmenteiksi estämään yleislähetysmyrskyjä, jotka voivat halvaannuttaa verkon. Reititin kykenee välittämään dataliikennettä porteissansa samanaikaisesti ilman datan törmäystä. (Granlund 2007, 274-275; Kaario 2002, 31.)

7.5 Kytkin

Kytkin (switch) toimii useimmiten OSI-mallin siirtoyhteys-kerroksella, mutta on myös olemassa verkkokerroksella olevia kytkimiä. Myös kytkin kykenee välittämään liikennettä porteissansa samanaikaisesti, kuten reititin. Siirtoyhteys-kerroksen kytkin käyttää vain käytetyn lähiverkkoratkaisun protokollia, jotka useimmiten ovat Ethernetin. Kytkin kykenee tekemään suodatusta liikenteessä ja täten jakamaan verkkoa omiin segmentteihin. (Kaario 2002, 30.)

7.6 WLAN-tukiasema

WLAN-tukiasemema on langattoman verkon tukipiste, joka fyysisen kaapelin sijaan käyttää radiosignaalia. Tukiasema voi toimia reitittävänä tai reitityksen voi tehdä kyt-kin, johon tukiasema on liitetty. Mikäli tukiasema ei tee reititystä sille ei tarvitse määri-tellä omaa IP-osoitetta. Jos tukiasemia on useita, siinä on etuna, ettei useita IP-osoitteita kulu ”hukkaan” tukiasemille.

8 Tietoverkkojen dokumentointi

8.1 Dokumentoinnin tekeminen

Anttilan (2001, 1) mukaan dokumentin määritelmänä voisi olla ”ihmisen käsiteltäväksi tarkoitettu tietojoukko. Eli dokumentti on ihmisen tarkasteltavaksi tarkoitettu asiakokonaisuus. Aikaisemmin perinteisen dokumentin esiintymismuotona on ollut paperi, mutta nykyään dokumentit tuotetaan pääosin sähköisesti. Tämän erona on se, että se on tallennettu tietokoneen ymmärtämässä muodossa. Sähköisiä dokumentteja ovat muun muassa tekstinkäsittelyohjelmalla tehty muistio, taulukkolaskennalla tehty taulukko tai suunniteluohjelmalla tuotettu piirustus. (Anttila 2001, 1.) Sivistyssanakirja puolestaan kertoo dokumentoinnilla tarkoitettavan tietokoneen käyttö- ja huolto-ohjeita ja muuta niihin liittyvää kirjallista aineistoa, joka voi olla painetussa tai elektronisessa muodossa (Nurmi, Rekiaro & Rekiaro 2001, 42).

Jaakohuhan (2000, 312) mukaan dokumentointi tehdään usein kahdella eri periaatteella: loogisella kuvauksella ja fyysisellä kuvauksella. Loogisen kuvauksen tarkoitus on esittää looginen rakenne siten, että laitteiden ja niiden liitännöiden suhde on helposti hahmotettavissa. Fyysisen kuvauksen tarkoitus on kertoa, miten verkko on fyysisesti rakennettu. Dokumentoinnin vaatima tieto voidaan kerätä joko käsin tai jonkin analysaattorin avulla. Käsin kerääminen edellyttää, että tehdään tiedonkeruukaavake. Analysaattorin ja ohjelmistojen avulla saadaan vain osa tiedoista. (Jaakohuhta 2000, 312-313.)

Tehokkaan vika-analysoinnin edellytyksenä on, että ylläpitäjällä on riittävästi tietoa verkon rakenteesta ja toiminnasta. Tämä edellyttää, että verkon rakenteesta on ajan tasalla oleva dokumentaatio. Tämä dokumentointi tulee olla jonkun tai joidenkin henkilöiden vastuulla. (Jaakohuhta 2000, 311.)

Jaakohuhan (2000, 315) mukaan hyvän verkon dokumentoinnin ominaisuuksia ovat:

- ylläpidettävissä helposti ja taloudellisesti
- dokumentoinnin tarkkus tunnettu
- helppo saatavuus
- yhdenmukaistettu organisaatiossa
- mahdollisuus yhdistää jo olemassa oleviin dokumentointeihin (esimerkiksi pohjapiirustus)
- standardeja noudatettu symboleissa

8.2 Dokumentoinnin hyödyt

Dokumentoinnin hyötynä voidaan pitää käytettävyyttä. Dokumentoinnin avulla ongelmatilanteista toipuminen on nopeampaa ja muutoksien toteuttaminen helpottuu. Mikäli käyttöympäristö on dokumentoitu riittävästi hyvin, se vähentää vikojen korjausaikoja, sekä helpottaa käyttöönottoa ja suunnittelua. Dokumentoinnin ajatellaan usein vain tuovan kustannuksia, mutta kun jotain tapahtuu, dokumentoinnissa säästetyt rahat menetetään moninkertaisesti. Esimerkkinä tästä on verkon pettäminen ja liiketoiminnan keskeytyminen. (Jaakohuhta 2000, 311-312.)

Myös Anttila (2001, 7) näkee dokumentoinnin hyötynä kustannussäästöt organisaatioille. Säästöä syntyy esimerkiksi, kun dokumentit ovat helposti saatavilla ja tiedot tarkistettavissa. Hyvin tehty dokumentointi on hyödyllinen työkalu perehdytettäessä uusia työntekijöitä ja lisäksi dokumentoitu tieto jää yrityksen käyttöön työntekijän jäädessä pois yrityksen palveluksesta.

Hyvällä dokumentoinnilla saadaan tarkat tiedot verkon laitteista, sekä loogiset ja fyysiset sijainnit. Tämä on perusedellytys hyvälle verkonhallinnalle ja ylläpidolle, lisäksi se antaa paremmat mahdollisuudet suunnitella mahdollisia tulevia tietoteknisiä ratkaisuja. (Jaakohuhta 2000, 312.)

9 TTT:n lähiverkko

9.1 Dokumentointiprojektin taustaa

Tämän opinnäytetyön idea sai alkunsa työskennellessäni TTT:llä harjoittelussa mikrotukihenkilönä. Tehtäviini kuului verkon ja palvelinten ylläpito, sekä muiden tietoteknisten ongelmien selvittäminen. Tällöin havaitsin omakohtaisten kokemusteni pohjalta puutteita verkon dokumentoinnissa. Vähäiset dokumentoinnit olivat vanhentuneita, niiden kattavuus oli heikko, eivätkä ne tukeneet toimiani harjoittelussa.

Tämän vuoksi tarkoitukseni oli kartoittaa verkkoa tämän työn muodossa. Lopullinen päämäärä oli saada ajantasainen dokumentointi verkosta, jotta se helpottaisi tulevaa verkon ja palvelinten hallinta- ja ylläpitotoimia, jotka koin hankalaksi ilman kunnollista dokumentointia. Tarkoituksena oli myös kiinnittää huomiota ongelmakohtiin, joita mahdollisesti havaitsen tämän työn aikana ja mahdollisuuksien mukaan pyrkiä korjaamaan niitä.

Esittelin tämän opinnäytetyöidean TTT:n tekniselle johtajalle vuoden 2007 alussa. Hänen mielestään tämä työ olisi tarpeellinen heille. Tämän jälkeen ryhdyin suunnittelemaan, mitä opinnäytetyöhöni sisältyy. Sen jälkeen se hyväksyttiin opinnäytetyön ohjaajalla, jonka jälkeen työ saattoi alkaa.

Aloitin tämän työn työstämisen helmikuussa 2007. Tällöin kuitenkin oli jo tiedossa TTT:n lähiverkkoon tuleva kaapeloimisprojekti, jonka tarkoituksena oli korvata ohut-Ethernet-osio verkosta nykyaikaisemmalla ratkaisulla. Lisäksi loppukesästä 2007 tehtiin myös palvelinuudistus, jossa aikaisemmin käytössä olleet Microsoft Windows 2000 Server ja NT palvelimet korvattiin kahdella Microsoft Windows 2003 Server-palvelimella. Windows 2000 Server palvelimen hoitamat tehtävät jaettiin näiden kahden uuden palvelimen kanssa. Toinen niistä hoitaa taloushallinnon tehtävät ja toisen tehtäväksi saatettiin muut verkossa tarjottavat palvelut, kuten jaettu levyosio ja verkkotulostinten jakaminen.

Kaapelointiprojektin yhteydessä uudistettiin myös langaton verkko, jolloin WLAN-reitittimet korvattiin reitittämättömillä tukiasemilla, joiden reititys tapahtuu WLAN-kytkimen kautta. Tällöin tukiasemat eivät myöskään tarvitse IP-osoitteita. Uusi WLAN-verkko kattaa myös huomattavasti entistä isomman alueen, johtuen tukiasemien isomasta määrästä.

9.2 TTT:n verkon yleiskuvaus

TTT:n verkko koostuu kiinteästä osasta ja langattomasta osasta. Kuten aikaisemmasta kappaleesta kävi ilmi, kiinteästä osasta poistettiin kesän 2007 aikana ohut-Ethernet osa ja se korvattiin valokuidulla ja kuparikaapeloinnilla. Lähiverkkoon on liittynyt yli 60 työasemaa, joiden määrä vaihtelee tarpeen mukaan. Osa työasemista on kannettavia tietokoneita ja suurin osa pöytäkoneita. Dokumentointiprojektin aikana kartoitin käytössä

olevat työasemat, sekä muut verkon aktiivilaitteet. Työasemien lisäksi verkossa on neljä verkkotulostinta ja kolme palvelinta, sekä yhdeksän kytkintä ja kaksi reititintä.

IP-osoitteavaruus kostuu aliverkotetusta julkisesta C-luokan osoitealueesta. Tällöin IP-osoitteet eivät siis ole NAT:n takana. Tämä C-luokan IP-osoiteavaruus on aliverkotettu 25 bittisellä verkkomaskilla, kun normaalilla C-luokan osoitteistolla on 24 bittinen verkkomaski. 25 bittisellä verkkomaskilla saadaan toimivia laiteosoitteita 126 kappaletta. Tämä on siis maksimimäärä IP-osoitteita, mitä voi olla käytössä TTT:n sisäverkossa.

Langattoman verkon keskuksena on reitityksen hoitava kytkin, johon kaikki langattomat tukiasemat ovat yhteydessä. Langattomia tukiasemia on 22 kappaletta hajautettuna ympäri kiinteistöä optimaalisen kattavuuden takaamiseksi. TTT:n tiloissa on kaksi erillistä langatonta verkkoa, joista toinen on henkilökunnalle, jotka saavat IP-osoitteen palvelimelta samasta DHCP-poolista kuin kiinteät yhteydet. Tämä henkilökunnan langaton verkko on suojattu salasanalla ja sen tietävät vain muutamat tekniikasta vastaavat henkilöt. Langatonta verkkoa käyttävät toimistotyöntekijät, joilla on kannettavat tietokoneet. He tarvitsevat tietokonettaan kokouksissa eri puolilla kiinteistöä, jolloin heillä on myös tarve käyttää Internet-yhteyttä.

TTT:n kiinteää lähiverkkoa käyttävät toimistohenkilökunta päästäkseen verkon resursseihin, lukeakseen sähköpostia, sekä muuhun teatterin toimistotyöhön, kuten lipunmyyntiin ja taloushallintoon. Kannettavien tietokoneiden käyttäjät käyttävät samoihin työtehtäviin myös henkilökunnan langatonta verkkoa, silloin kuin kiinteää verkkoa ei ole mahdollista käyttää. TTT:n näyttämötekniikka käyttää omaa suljettua ympäristöä, joka ei ole yhteydessä lähiverkkoon, eli mahdollisesti lähiverkossa ilmenevät ongelmat eivät heijastu mitenkään teatteriesityksiin.

TTT:n tiloissa käyvät vierailijat ja kokousvieraat pääsevät käyttämään erillistä vierailijoille tarkoitettua langatonta verkkoa, joka ei ole yhteydessä TTT:n henkilöstön käyttämään lähiverkkoon vaan käyttää erillistä yksityistä IP-osoitealuetta, sekä erillistä yhteyttä ulkomaailmaan. Tämä vierailijaverkko ei siis ole missään tekemisissä TTT:n lähiverkon kanssa, eikä siitä ole pääsyä lähiverkon resursseihin. Sekä toimistohenkilökunnan, että vierailijoiden langattomat verkot ovat WPA TKIP -tekniikalla salattuja.

Verkkoa ylläpidetään nykyään pääasiallisesti yhden henkilön täysipäiväisellä työpanoksella. Tarvittaessa isompiin muutos- tai ylläpitotöihin on kuitenkin saatavilla apua myös TTT:lle laitteita toimittaneista yrityksistä. Aiempaan tilanteeseen verrattuna nykyinen tilanne on parempi, sillä aiemmin verkon ylläpidossa ei ollut ensimmäistäkään täysipäiväistä työntekijää.

9.3 TTT:n verkon tarkempi dokumentointi

Kytkinhuone ja päänäyttämön ohjaamo

Kytkinhuoneessa sijaitsee TTT:n lähiverkon reititin, jonka kautta on yhteys Internetiin. Reititin on yhteydessä lähiverkkoon NB 432 kytkimen kautta, joka on lähiverkon oletusyhdyskäytävä. NB 432 kytkimestä yhteys jatkuu 3COM:n 4250T kytkimelle, josta

yhteys on toiselle samanmalliselle 4250T kytkimelle. Jälkimmäisen 3COM:n 4250T kytkimeltä yhteys jatkuu Extremen X450e-24p kytkimelle, josta yhteys haaroittuu. Yksi haara johtaa päänäyttämölle Extreme Summit 200-24:lle valokuidulla. Toinen haara on 1000Mb:n linjalla puhelinvaihdhuoneeseen. Lisäksi Extremen X450e-24p kytkimeen on yhteydessä Symbolin WS5100 WLAN-tukiasemien reititin. (Liite 6.)

Puhelinvaihdhuone

Puhelinvaihdhuoneessa sijaitsee kaikki kolme lähiverkon palvelinta. Kaikilla palvelimilla on Windows 2003 Server käyttöjärjestelmänään. Romulus-palvelimella sijaitsee Active Directory¹, eli se on toimialueen ohjaukone². Lisäksi Romulus jakaa työntekijöiden yhteistä verkkolevytilaa ja verkkotulostimia. Remus-palvelin on keskittynyt talouspuolen palvelimeksi ja sillä sijaitsee talouspuolen käyttämät sovellukset ja tietokannat. Nestor-palvelin toimii työaikaseurantapalvelimena. Sähkökatkosten varalle palvelimet ovat UPS:iin yhdistettyinä, jottei sähkökatkoksista tulisi hallitsemattomia palvelinten sammumisia. Palvelimet ovat liittyneet HP:n ProCurve-kytkimen kautta verkkoon. ProCurve-kytkin on yhteydessä 1000Mb:n linjalla Extreme X450a-kytkimeen, josta yhteys jakautuu 1000Mb:n kuparikaapelilla kytkinhuoneeseen ja valokuidulla Kellariteatteriin. (Liite 7.)

Kellariteatteri

Kellariteatterissa on kaksi kytkintä Extreme Summit 200-24 ja HP ProCurve 2708. Näistä vain Extreme-kytkin on käytössä. Extremen kytkin on valokuidulla yhteydessä puhelinvaihdhuoneeseen. (Liite 8.)

Elna ja Eero

Elna ja Eero kokoushuoneessa on Zyxel Prestige 660HW-61 reititin ja siihen on konfiguroituna NAT, joka mahdollistaa yksityisten osoitteiden käytön vierailijaverkossa. Reitittimen tehtävänä on luoda yhteys Internetiin langattomalle vierailijaverkolla. Reitittimen kautta vierailijaverkolla on 512 kt Internet-yhteys. (Liite 9.)

Verkkotulostimet

TTT:n lähiverkossa on neljä verkkotulostinta, joiden jaon verkon laitteille tekee Romulus-palvelin. Kolme näistä tulostimista sijaitsee toisessa kerroksessa, missä suurin osa toimistoistakin on. Neljäs tulostin on ensimmäisessä kerroksessa taukokuoneessa ja sen verkkonimi on Tulostin1. Toisen kerroksen tulostimet on sijoitettu niin, että yksi on neuvonnassa ja tulostimen verkkonimenä on Tulostin4. Loput kaksi tulostinta toisessa kerroksessa ovat tulostushuoneessa. Näiden verkkonimet ovat Tulostin2 ja Tulostin3. (Liite 10.)

¹ Active Directory –hakemistopalvelu on laajennettava ja skaalautuva hakemistopalvelu, mikä mahdollistaa tehokkaan tavan hallita verkon resursseja (Stanek 2004, 133).

² Windows Server 2003 käyttöjärjestelmä voi toimia toimialueen ohjaukoneena tai jäsenpalvelimena. Erona näillä on se että ohjaukone hoitaa Active Directorya. (Stanek 2004, 140.)

10 Kehitysehdotukset ja pohdintaa

Opinnäytetyön parissa työskentely oli haastavaa ja mielenkiintoista, koska sitä tehdessä paljastui koko ajan lisää TTT:n verkon rakenteesta ja siinä piilevistä ongelmakohdista. Yllättävää oli myös se, ettei aina ongelmallisinta ollutkaan tekniikan parissa, vaan työasemien käyttäjien tavoittaminen. Tämä työ on kuitenkin ollut varsin opettavainen, koska kyseessä oli ensimmäinen kerta, kun teen vastaavanlaista kartoitusta.

Verkko ei ollut aivan sitä, mitä sen odotin olevan IP-osoiteavaruuden osalta. Luulin verkon ennen tätä opinnäytetyötä olevan NAT:n takana, vaikka sen osoitteet ovatkin julkisen IP-osoitealueen osoitteita. Asia kuitenkin selvisi minulle tehdessäni kokeen työkoneni komentokehoitteessa. Liityin vierailijaverkkoon, joka on eri osoitealueella kuin TTT:n lähiverkko. Komentokehoitteen traceroute-komennolla sain selville, että data kulki vierailijaverkon reitittimen kautta Internetiin ja Internetistä lähiverkon reitittimen kautta sisälle lähiverkkoon.

Opinnäytetyön tuloksesta syntyi ajantasainen ja helposti päivitettävissä oleva dokumentointi TTT:n lähiverkosta. Tämä työ on myös opettanut, kuinka tärkeässä asemassa hyvä dokumentointi on verkon ylläpidon kannalta, koska olen saanut tämän opinnäytetyön ohessa syntynyttä aineistoa käyttämällä tehtyä selkeitä parannuksia aikaisempaan verrattuna. Esimerkkinä mainitakseni DHCP-palvelimen jakamien IP-osoitteiden määrän kasvattaminen. Tällä on ollut huomattava hyöty työntekijöiden mahdollisuuteen työskennellä ilman huolta taustalla olevan tekniikan toimivuudesta. Dokumentoinnin hyötynä voi myös pitää verkon tulevien ylläpitotoimien sujuvampaa ratkeamista.

Opinnäytetyössä syntyneen aineiston avulla on mahdollista ylläpitää TTT:n verkon dokumentointia myös tulevaisuudessa, mikäli muutokset siihen vain päivitetään aineistoon. Sähköisessä muodossa Microsoft Office Visio 2007:llä ja Excel:llä tehdyt kaaviot ja taulukot ovat helposti päivitettävissä. Päivittämistä helpottaa verkkokaavion jakaminen pienempiin osakokonaisuuksiin, jolloin on mahdollista päivittää vain yhtä osaa dokumentoinnista. Dokumentointi on myös helppo pitää yhdessä sähköisen muodon ansiosta. Tämä aineisto on myös tärkeässä osassa, kun perehdytetään uutta työntekijää verkkoa ylläpitämään. Tulevaisuudessa voi myös olla tarpeen luoda aivan uutta aineistoa dokumentointiin, koska nykyinen dokumentointi kattaa ainoastaan nykyisen tarpeen.

Eräs käyttäjille näkyvä kiusallinen ongelma TTT:n lähiverkossa oli IP-osoitteiden pieni määrä DHCP-palvelimella. IP-osoitteita oli palvelimelta saatavilla vain noin 30 kappaletta, kun IP-osoitteita DHCP-palvelimelta tarvitsevia laitteita olisi noin 35 kappaletta ja jotkin laitteet tarvitsevat kaksi IP-osoitetta. Lisäksi osalla työntekijöistä on kannettavat tietokoneet, joissa on langaton verkkokortti langallisen lisäksi, joten kyseiset tietokoneet varaavat kaksi IP-osoitetta.

Erityisesti tämä ongelma häytti puolen päivän aikaan, kun suurin osa tietokoneista oli käytössä ja varanneet DHCP-palvelimen rajalliset IP-osoitteet. Tämän jälkeen käyttöön otettavat tietokoneet eivät saaneet DHCP-palvelimelta osoitetta ja kyseiset tietokoneet eivät päässeet lähiverkon resursseihin eivätkä Internetiin. IP-osoitteen laina-aika DHCP-

palvelimella oli yksi vuorokausi, joten jokainen varattu IP-osoite pysyi myös varattuna yhden vuorokauden, vaikka käyttäjä olisi lopettanut koneen käytön 10 minuutin jälkeen.

Tämän opinnäytetyön kartoitusvaiheessa sain listattua käytetyt IP-osoitteet TTT:n lähiverkosta ja sen perusteella oli mahdollista hakea tähän ongelmaan ratkaisua. Näiden IP-osoitteiden avulla oli mahdollista kasvattaa DHCP-palvelimen jakamien IP-osoitteiden määrää siten, että se kattaa mahdollisimman tiiviisti TTT:n käyttämän verkko-osion. Tämän seurauksena aikaisemmasta tehottomasta DHCP-palvelimen jaosta saatiin rationalisoimalla lähes 2,5-kertainen määrä jaettavia IP-osoitteita, joka ratkaisi aikaisemman heikon IP-osoitteiden saatavuuden. Tämän jälkeen IP-osoitteita oli 72 kappaletta jaossa DHCP-palvelimella.

Tämä edellä mainittu ongelma on päässyt syntymään todennäköisesti hiljalleen kasvaneen lähiverkon tuloksena. Vanhat määrittämisen DHCP-palvelimella eivät ole riittäneet tyydyttämään nykyistä tarvetta. Lisäksi staattisia (itse määriteltäviä) IP-osoitteita on poistunut käytöstä, mutta niitä ei ole vapautettu DHCP-palvelimen käyttöön.

Kehitysehdotuksena on myös NAT:n käyttöönotto TTT:n verkkoa koskien. Sen avulla olisi mahdollista tehdä huomattavasti enemmän muutoksia verkkoon esimerkiksi IP-osoitteiston suhteen, koska silloin ei tarvitsisi käyttää toista julkista osoitealuetta, jos olisi tarve saada lisää IP-osoitteita. Isompi määrä julkisia osoitteita toisi myös turhia lisäkustannuksia, jotka olisi mahdollista välttää NAT:n avulla. Julkiset osoitteet eivät ole hyödyllisiä suurimmalle osalle verkkolaitteista, koska niihin ei ole tarvetta muodostaa yhteyttä Internetistä päin. NAT:n käyttöönotto toisi myös turvallisuutta, koska se piilottaisi laitteet julkisesta Internetistä.

Ongelmana NAT:n toteuttamisessa on, että tiettyihin laitteisiin tulee saada yhteys Internetistä päin. Näitä ovat esimerkiksi Lippupisteen tulostin, jonka kytkimelle Lippupisteestä otetaan yhteys, jolla raportit tulostuvat. Tähän on tietysti mahdollista tehdä NAT:lle poikkeus, mutta ei ole varmuutta kaikista laitteista, jotka tarvitsevat tämän poikkeuksen, jolloin NAT:n tulo voisi aiheuttaa yllättäviä ongelmia.

TTT:n verkko on alun perin peräisin 80-luvun lopulta ja tämän takia siihen ei alun perin ole saatu NAT:ia vaan julkinen IP-osoitealue. Todennäköisesti myöhemminkään ei ole päätetty hankkia NAT:ia Internetin ja TTT:n verkon väliin juuri sen mahdollisten ongelmien takia. Tulevaisuudessa olisi hyvä kuitenkin tutkia mahdollisuutta NAT:n käyttöönottoon.

Väliaikaisena vaihtoehtona NAT:lle olisivat reitittimelle tai kytkimelle konfiguroidut pääsyylistat, joiden avulla on mahdollista rajata tietoliikennettä, esimerkiksi IP-osoitteiden mukaan. Pääsyylistoilla saataisiin tällöin parannettua lähiverkon tietoturva. Pääsyylistat olisivat kuitenkin vain väliaikainen ratkaisu, koska TTT:llä tulee todennäköisesti tulevaisuudessa olemaan tarvetta saada lisää IP-osoitteita ja tällöin NAT olisi parempi vaihtoehto, koska silloin TTT:n lähiverkossa voitaisiin käyttää yksityisosoitteita julkisten IP-osoitteiden tilalla. Näiden yksityisosoitteiden käyttö olisi myös taloudellisempaa, kuin julkisten IP-osoitteiden hankkiminen.

WLAN-tukiasemien kattavuus olisi myös hyvä tutkia tarkasti, sillä tulevaisuudessa mahdollisesti tulevat Voice over Internet Protocol (VoIP)-puhelimet käyttäisivät nykyisiä WLAN-tukiasemia, joten niiden kattavuus tulisi riittää laajalle alueelle. Tällä hetkellä WLAN-tukiasemia on käytössä 22 kappaletta, mutta Symbol WS5100 WLAN-kytkin kykenee käsittelemään yhtäaikaisesti useampaakin WLAN-tukiasemaa, joten on mahdollista lisätä niiden määrää kattavuuden laajentamiseksi. Lisäksi tukiasemien määrää voi joutua lisäämään paikoissa, joissa tulee liian paljon liikennettä yhden tukiaseman käsiteltäväksi.

Tietoturvan hoidossa olisi syytä siirtyä enemmän keskitettyyn hallintaan käyttöjärjestelmä- sekä virustunnistepäivityksissä. Tämä nostaisi tietoturvan tasoa ja mahdollistaisi tiedon siitä, miten päivitykset ovat sujuneet. Tällöin ei myöskään työntekijöiden viitsemäisyyden varaan jäisi päivitysten lataaminen ja asentaminen.

Viimeisenä kehitysehdotuksena TTT:n verkon suhteen mielestäni olisi syytä tutkia, miten verkkokovalevylle datan siirtämistä voisi jouduttaa esimerkiksi graafikoiden osalta. Yhtenä vaihtoehtona voisi olla yhden kytkimen lisääminen kytkinhuoneeseen. Tämä kytkin palvelisi paljon dataa siirtäviä käyttäjiä. Lisäksi kytkinhuoneesta tarvitsisi ylimääräisen kaapeli- tai valokuituyhteyden puhelinvaihdhuoneeseen, joka olisi pelkästään käytössä näille paljon dataa siirtäville.

LÄHTEET

Anttila, J 2001. Dokumenttien hallinta. Helsinki: Oy Edita Ab.

Granolund, K 2007. Tietoliikenne. Porvoo: WS Bookwell.

Jaakohuhta, H 2000. Lähiverkot – Ethernet. Jyväskylä: Oy Edita Ab.

Kaario, K 2002. TCP/IP-verkot. Porvoo: WS Bookwell.

Nurmi, T; Rekiaro, I; Rekiaro, P 2001. Sivistyssanakirja. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Odom, W 2005. Tietoverkot perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.

Puska, M 2005. Langattomat lähiverkot. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Saarelainen, K 1997. Lähiverkkojen tekniikka. Jyväskylä: Suomen ATK-kustannus Oy.

Stanek, W. R 2004. Microsoft Windows Server 2003 Asiantuntijan käsikirja. Helsinki: Edita Prima Oy.

Tampereen Työväen Teatteri toimintakertomus 2006.

TTT 2007. [Online] [Viitattu 24.8.2007]. http://www.ttt-teatteri.fi/ttt_tieto.

A_Wikipedia 2007. [Online] [Viitattu 3.3.2007]. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Ethernet>.

B_Wikipedia 2007. [Online] [Viitattu 4.11.2007]. <http://fi.wikipedia.org/wiki/IP-osoite>.

LIITTEET

Liite 1. Luettelo työasemista

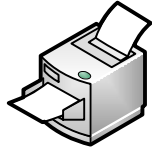
Työasemat												
Nro	Tietokoneen nimi	Sijainti	Käyttäjän nimi	Koneen merkki	Koneen malli	Käyttöjärjestelmä	IP osoite	MAC-osoite	Kaapelointi	LAN/WLAN	Toimialue/ Työryhmä	
1		1		Compaq	Evo D310	Windows XP Pro	150 150 1 1		RJ-45	LAN		
2		1		HP	Compaq dc5750	Windows XP Pro	150 150 1 2		RJ-45	LAN		
3		1		HP	Compaq dx6100 mt	Windows XP Pro	150 150 1 3		RJ-45	LAN		
4		1		Compaq	Evo D310	Windows XP Pro	150 150 1 4		RJ-45	LAN		
5		1		Compaq	D31m	Windows XP Pro	150 150 1 5		RJ-45	LAN		
6		1		Compaq	Evo D310	Windows XP Pro	150 150 1 6		RJ-45	LAN		
7		1		-	-	Windows XP Pro	150 150 1 7		RJ-45	LAN		
8		1		Compaq	Evo D310	Windows XP Pro	150 150 1 8		RJ-45	LAN		
9		1		Compaq	Evo D310	Windows XP Pro	150 150 1 9		RJ-45	LAN		
10		1		HP	Compaq nx9010	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		
11		2		HP	Compaq dc5750	Windows XP Pro	150 150 1 10		RJ-45	LAN		
12		2		HP	d330 uT	Windows XP Pro	150 150 1 11		RJ-45	LAN		
13		2		HP	dx2300	Windows XP Pro	150 150 1 12		RJ-45	LAN		
14		2		IBM	ThinkPad 1858CLG	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		
15		2		IBM	ThinkPad 1829 RGG	Windows XP Pro			-	WLAN		
16		2							RJ-45	LAN		
17		2		Fujitsu-Siemens	Scenic T, i815e	Windows 2000 Pro			-	WLAN		
18		2		Toshiba	-	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		
19		2		IBM	ThinkPad 1858CLG	Windows XP Pro			-	WLAN		
20		2		IBM	ThinkPad 1858 CLG	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		
21		2		Compaq	Evo D510	Windows XP Pro			-	WLAN		
22		2		Apple	Mac PowerPC G5	OS X			RJ-45	LAN		
23		2		Apple	Mac PowerPC G5	OS X			RJ-45	LAN		
24		2		Compaq	Evo D510	Windows XP Pro	150 150 1 13		RJ-45	LAN		
25		2		Compaq	Evo	Windows 2000 SP4	150 150 1 14		RJ-45	LAN		
26		2		HP	Compaq dc5750	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		
27		2		LG	K1 EXPRESS	Windows XP Pro	150 150 1 15		RJ-45	LAN		
28		2		HP	d330 uT	Windows XP Pro	150 150 1 16		RJ-45	LAN		
29		2		Fujitsu-Siemens	Scenic T, i815	Windows XP Pro	150 150 1 17		RJ-45	LAN		
30		2		-	-	Windows XP Pro	150 150 1 18		RJ-45	LAN		
31		2		HP	Compaq dc5750	Windows XP Pro			-	LAN		
32		2		HP	d330 uT	Windows XP Pro	150 150 1 19		RJ-45	LAN		
33		2		HP	d330 uT	Windows XP Pro	150 150 1 20		RJ-45	LAN		
34		2		Compaq	Evo	Windows XP Pro	150 150 1 21		RJ-45	LAN		
35		2		Compaq	Evo	Windows XP Pro	150 150 1 22		RJ-45	LAN2		
36		2		Apple	Mac PowerBook G4	OS X			RJ-45	LAN		
37		2		HP	Pavilion Media Center	XP Media Center	150 150 1 23		-	WLAN		
38		2		Nexus	-	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		
39		2		Apple	Mac Pro Quad Core	OS X	150 150 1 24		-	WLAN		
40		2		Apple	Mac PowerPC G4	OS X	150 150 1 25		RJ-45	LAN		
41		2		Compaq	Armada M700	Windows XP Pro			-	WLAN		
42		2		Fujitsu-Siemens	Stylistic 4000	Windows XP Pro	150 150 1 26		RJ-45	LAN		
43		2		Compaq	Armada M700	Windows XP Pro	150 150 1 31		RJ-45	LAN		
44		3		IBM	ThinkPad 2668F36	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		
45		3		-	-	Windows XP Pro			-	WLAN		
46		3		Compaq	DeskPro	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		
47		3		Compaq	Evo D310	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		
48		3		Compaq	DeskPro	Windows NT4	150 150 1 27		RJ-45	LAN		
49		3		Apple	Mac PowerBook G4	OS X			RJ-45	LAN		
50		3		-	-	Windows XP Pro			-	WLAN		
51		3		IBM	ThinkPad 1858 CLG	Windows XP Pro	150 150 1 28		RJ-45	LAN2		
52		3		LG	K1 EXPRESS	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		
53		3		IBM	ThinkPad 1858CQG	Windows XP Pro			-	WLAN		
54		3		HP	d330uT	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		
55		3		IBM	ThinkPad 1858CQG	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		
56		3		IBM	ThinkPad 1858CLG	Windows XP Pro			-	WLAN		
57		3		IBM	ThinkPad 1858CLG	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		
58		3		Compaq	Evo	Windows XP Pro	150 150 1 29		-	WLAN		
59		3		Apple	Mac PowerPC G4	OS X			RJ-45	LAN		
60		4		-	-	Windows XP Pro	150 150 1 30		-	WLAN		
61		4		Compaq	EvoD310	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		
62		4		HP	HP530	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		
63		4		-	-	Windows XP Pro			-	WLAN		
64		4		-	-	Windows XP Pro			RJ-45	LAN		

Liite 2. Luettelo palvelimista

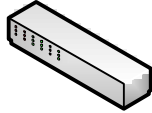
Palvelimet											
Nro	Palvelimen nimi	Sijainti		Käyttöjärjestelmä	IP osoite				MAC-osoite	Kaapelointi	Toimialue/ Työryhmä
		Kerros	hno nro								
1	ROMULUS	1		Windows 2003 Server	150	150	1	32		RJ-45	
2	REMUS	1		Windows 2003 Server	150	150	1	33		RJ-45	
3	NESTOR	1		Windows 2003 Server	150	150	1	34		RJ-45	

Liite 3. Luettelo verkkotulostimista

Verkkotulostimet											
Nro	Nimi	Malli	Sarjanumero	Sijainti		IP osoite				Kaapelointi	Verkkojako
				Kerros	hno nro						
1	TULOSTIN1	Canon iR4600N		1		150	150	1	35	RJ-45	
2	TULOSTIN2	Canon iR5020i		2		150	150	1	36	RJ-45	
3	TULOSTIN3	Canon C3200		2		150	150	1	37	RJ-45	
4	TULOSTIN4	Canon iR1600		2		150	150	1	38	RJ-45	

Liite 4. Selitteet verkkokaavion symboleille

verkkotulostin



kytkin



reititin



palvelin



valokuitukaapeli

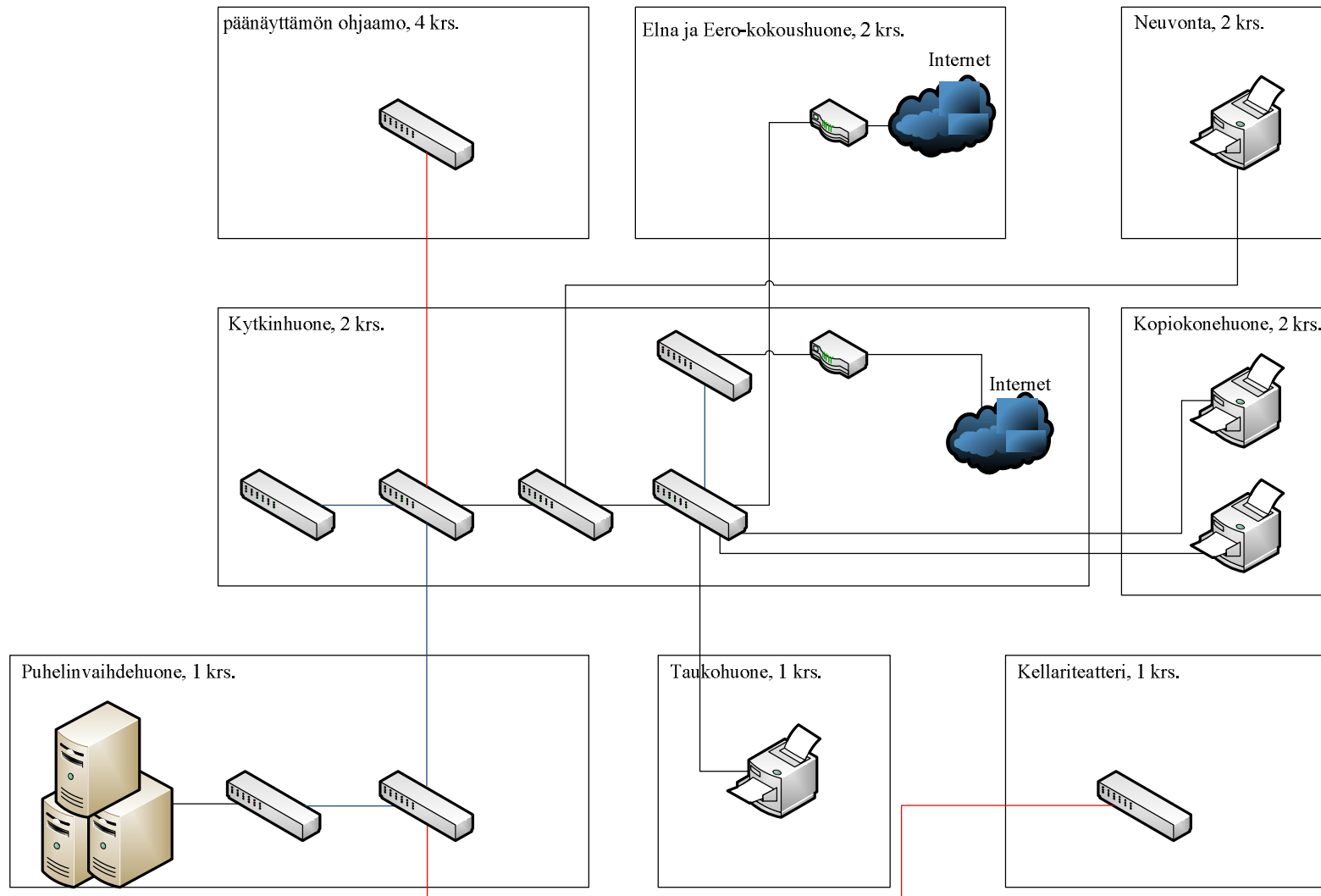


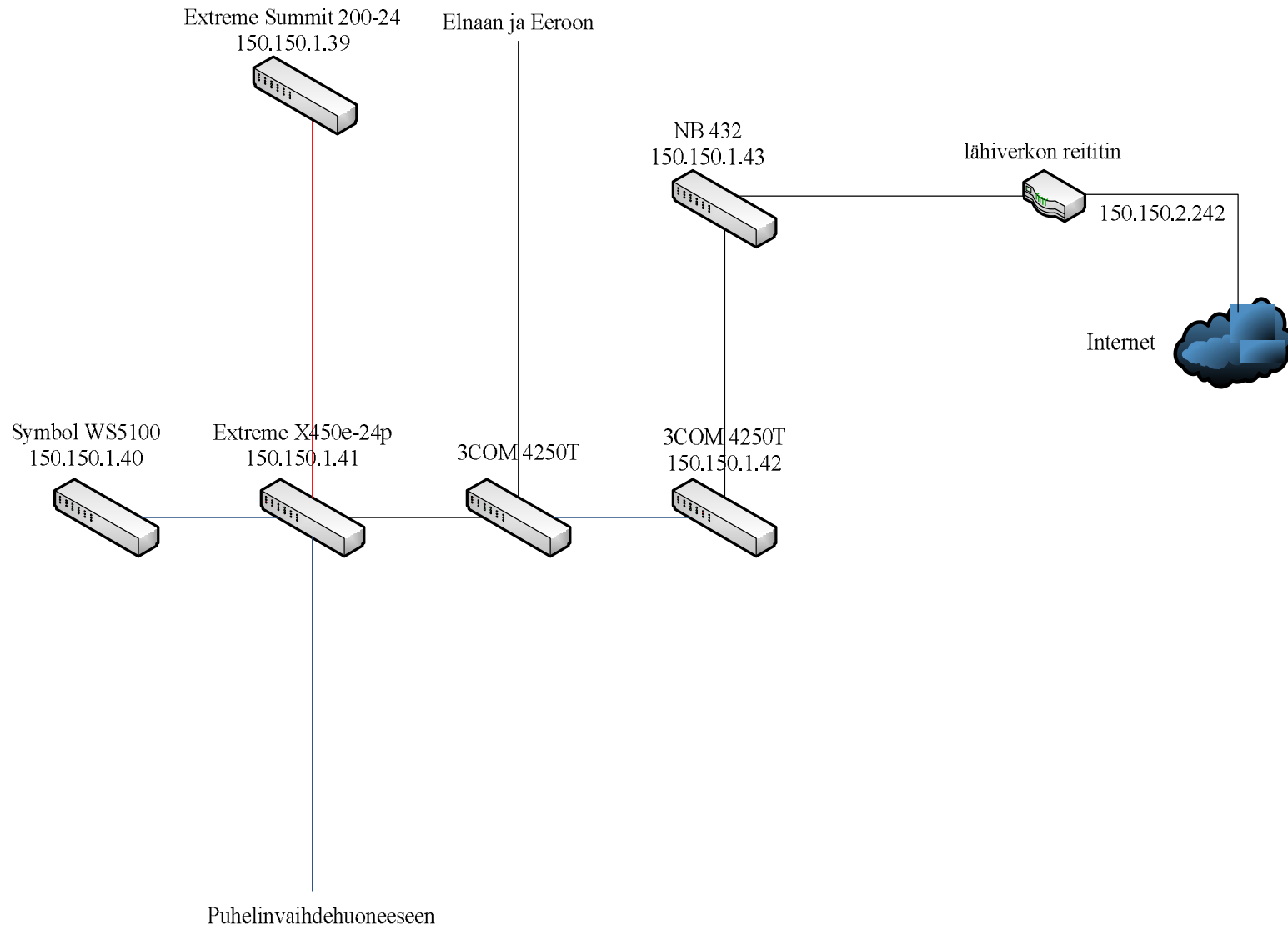
kuparikaapeli



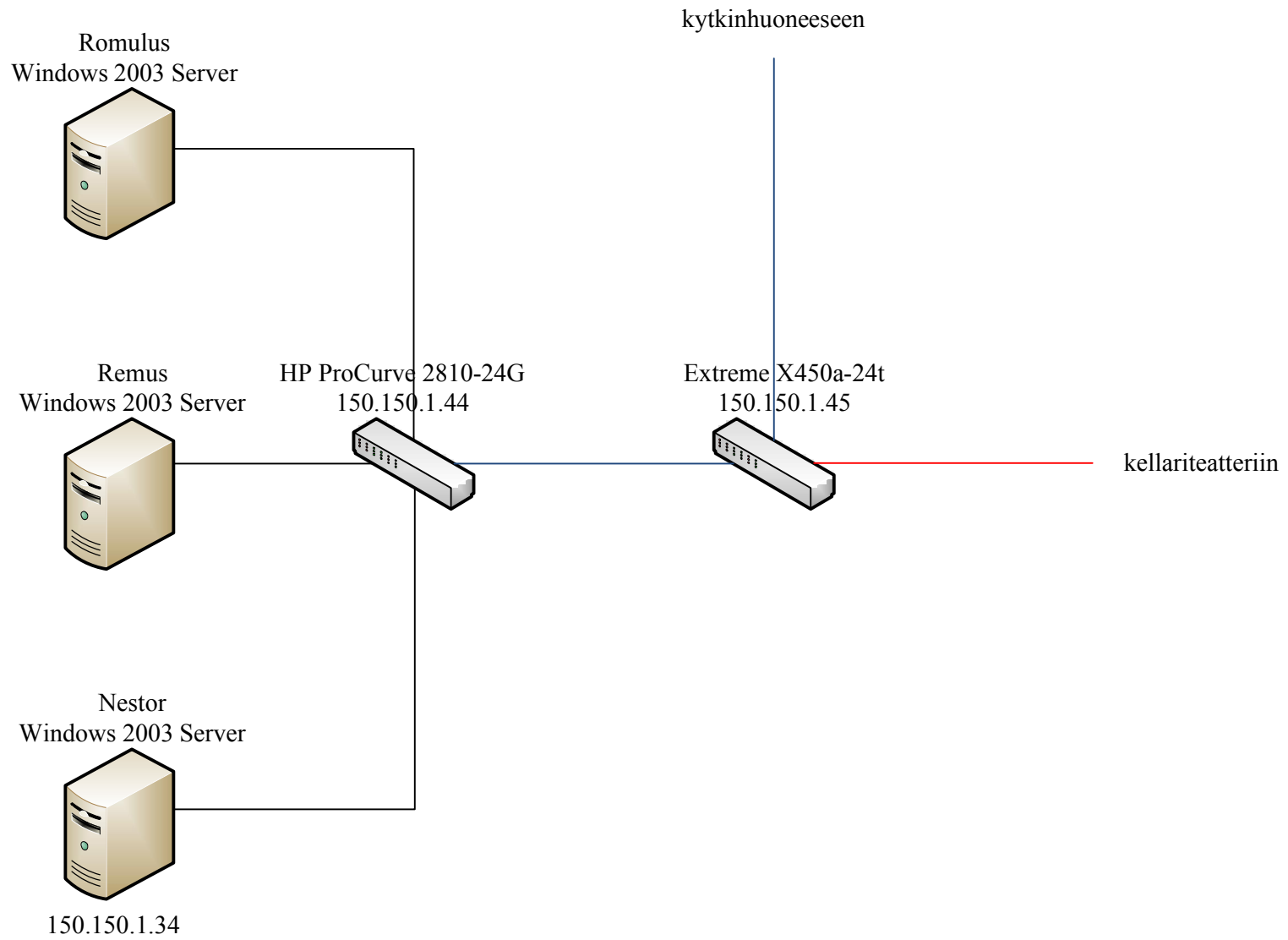
1000 Mb kuparikaapeli

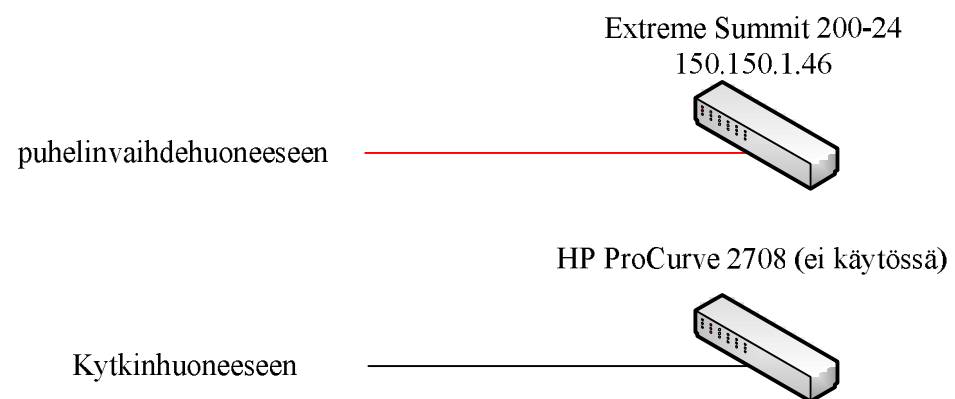
Liite 5. Yleiskuva TTT:n verkkokaaviosta

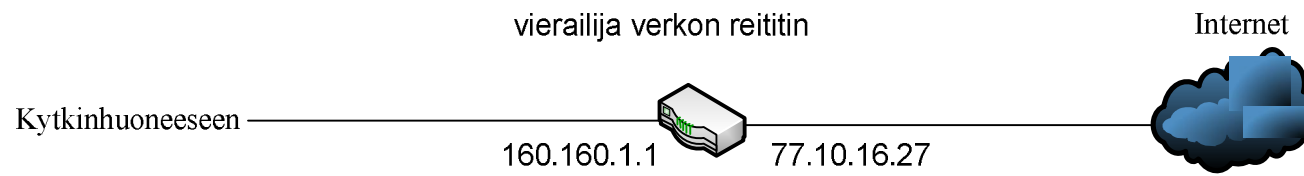


Liite 6. Kytkinhuoneen ja päänäyttämön ohjaamon verkkokaaviot

Liite 7. Puhelinvaihteluoneen verkkokaavio



Liite 8. Kellariteatterin verkkokaavio

Liite 9. Elna ja Eero kokoushuoneen verkkokaavio

Liite 10. Verkkotulostinhuoneiden verkkokaavio