



Jarmo Järvenoja

Vihdin kunnan tietoliikenneverkon dokumentointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Tietotekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
Päivämäärä 26.4.2011

Tekijä Otsikko	Jarmo Järvenoja Vihdin kunnan tietoliikenneverkon dokumentointi
Sivumäärä Aika	49 sivua + 1 liite 26.4.2011
Tutkinto	tietotekniikka
Koulutusohjelma	insinööri (AMK)
Suuntautumisvaihtoehto	tietoliikennetekniikka
Ohjaaja(t)	järjestelmäasiantuntija Tomi Karusalmi lehtori Erik Pätynen
<p>Insinööri työ sai alkunsa Vihdin kunnan toimeksiannosta kuvata kunnan tietoliikenneverkko. Työn tavoitteena oli tuottaa dokumentaatio, jossa on yhteen asiakirjaan koottu kaikki Vihdin kunnan toimipisteet, tietoliikenneyhteydet ja toimipisteissä olevat verkkolaitteet.</p> <p>Insinööri työn teoriaosassa käsitellään verkonhallinnan eri osa-alueita. Painopisteinä on verkonhallinta ja valvonta sekä OSI-viitemallin kuvaaminen ja SNMP-protokolla eri versioineen. SNMP-protokollasta esitellään myös MIB-tietokanta.</p> <p>Kuvaustyö tehtiin Microsoft Visio -ohjelmalla. Tarpeiden kartoittaminen ja työn eri vaiheiden arviointi tehtiin haastattelemalla avainhenkilöitä. Työmenetelmät, joita käytettiin verkkokartoitukseen, olivat etähallintasovellus, vanhat dokumentaatiot ja toimipisteessä käynti. Taustaa teorian kirjoittamiselle haettiin kirjallisuudesta ja muista verkosta löytyvistä lähteistä.</p> <p>Työn tuloksena saatiin sähköinen dokumentaatio, jossa on kuvattuna Vihdin kunnan toimipisteiden verkkolaitteet. Verkon toimivuuden arvioinnissa kehitysideoiksi nostettiin verkkoyhteyksien parantaminen, laitekannan uusiminen ja eri osapuolten välisen yhteistyön kehittäminen erityisesti vikatilanteissa. Jatkotoimenpide-ehdotuksissa keskityttiin dokumentaatioon käyttöönottoon ja siihen liittyviin tukitoimenpiteisiin. Dokumentaatioon liittyviä kehitysideoita pystytään hyödyntämään kuvaustyön laajentuessa koko kuntayhtymän toiminta-alueelle.</p>	
Avainsanat	verkonhallinta, SNMP, OSI

Author(s) Title	Jarmo Järvenoja Documentation of the data network of the municipality of Vihti
Number of Pages Date	49 pages + 1 appendice 11.12.2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Telecommunications Technology
Instructor(s)	Tomi Karusalmi, Systems Specialist Erik Pätynen, Lecturer
<p>The thesis project was started on request by the municipality of Vihti to describe their data network. The aim was to produce a document with information gathered from all offices, data networks and network equipment.</p> <p>The theory section of this thesis covers the different parts of network management. The focus was on network management and monitoring as well as description of the OSI model and the different versions of the SNMP protocol and its management information base.</p> <p>The description was done using Microsoft Visio software. By interviewing the key persons it was possible to cover the needs and to estimate the different steps of the documentation. The working methods used for network mapping were remote management software, existing documents and visits to different offices. The background for the theoretical section was gathered from literature and online sources.</p> <p>As an outcome, a document covering the data network of the municipality of Vihti was produced. When evaluating the functionality of the data network, the following development ideas arose: improving the data network, retooling network devices and evolving interaction of various issues in problem solving. Suggestions for follow-up actions were: implementation of the document and support measures for it. Development ideas relating to the document could be drawn up if the description work covered the functions of the federation of the municipalities concerned.</p>	
Keywords	SNMP, OSI, network management

Sisällys

1 Johdanto	1
2 Verkonhallinta	2
2.1 Verkonhallinta ja valvonta	2
2.1.1 Valvonta	2
2.1.2 Kysely ja tapahtumaraportointi	4
2.1.3 Verkonhallinta	6
2.2 OSI-viitemalli	8
2.3 Simple Network Management Protocol	10
2.4 Viestien rakenne	12
2.5 SNMP-tietokanta ja SMI	14
2.6 SNMP versioiden erot	16
2.7 Palvelutasosopimus ja palvelutasonhallinta	17
3 Organisaation kuvaus	18
3.1 Vihdin kunta	18
3.2 Kuntayhtymät Karviainen ja Puhti	19
4 Insinööriyön suunnittelu ja rajaaminen	19
4.1 Kunnan nykytila	19
4.2 Työn tavoite	21
4.3 Työn riskit, haasteet ja rajaus	21
4.4 Työmenetelmät	22
4.5 Windows Visio	22
4.6 Enterprise Switch Manager	23
5 Dokumentaatio ja sen laatiminen	25
5.1 Dokumentaation lähtökohtia	25
5.2 Dokumentaation laatiminen	26
6 Kehitysideoita	34
6.1 Tietoliikenneverkon kehitysideat	34
6.2 Dokumentaation kehitysideat	35
7 Jatkotoimenpiteet	37
8 Yhteenveto	39
Lähteet	41
Liitteet	
Liite 1. Kuva dokumentaatiosta	

Lyhenne- ja käsiteluettelo

3DES	Yleisemmin käytetty salausmuoto.
ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i> . Verkkokytöntekniikka
AES	<i>Advanced encryption standard</i> . Lohkosalausmenetelmä, jota käytetään yleisesti tietotekniikassa
ASN.1	<i>Abstract Syntax Notation one</i> . OSI:n standardoima kieli abstraktien kielioppien määrittelemiseksi.
CCITT	<i>International Telegraph and Telephone Consultative Comitee</i> . Standardien koordinoitsija.
CLTS	<i>Connection-Less Transport Service</i> . Tietoliikenneprotokolla.
DDP	<i>Data Delivery Protocol</i> . Tietoliikenneprotokolla.
DES	<i>Data Encryption Standard</i> . Salausmenetelmä.
EDGE	<i>Enhanced Data rates for Global Evolution</i> . Pakettikytkentäinen tiedonsiirtoon suunniteltu tekniikka matkapuhelimelle.
ESM	<i>Enterprise Switch Manager</i> . Hallittavien kytkimien hallinnoimiseen käytettävä sovellus
HDSL	<i>High bit rate Digital Subscriber line</i> .
HMAC	<i>Hash-based Message Authentication Code</i> . Viestin tunnistamiskoodi.
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i> . Avoimesti standardoitu kuvauskieli, jolla voidaan esimerkiksi luoda Internet-sivuja.
IP-osoite	<i>Internet Protocol</i> . Numerosarja, jonka avulla voidaan yksilöidä verkossa oleva tietokone.
IPX	<i>Internetwork Packet Exchange</i> . Tietoliikenneprotokolla
ISO	Kansainvälinen standardoimisjärjestö
LTSP	<i>Linux Terminal Server Project</i> . Linuxin lisäosa, jonka avulla usea ihminen voi käyttää yhtäaikaaisesti samaa palvelintietokonetta päätekoneiden kautta.
Malli	Esittää Visiossa konkreettisia käsitteitä ja esineitä.
MIB	<i>Management Information Base</i> . SNMP:n käyttämä tietokanta.
Muoto	Esittää Visiossa konkreettisia käsitteitä ja esineitä.
OID	<i>Object Identifier</i> . Yksilöintitunnus.

OSI	<i>Open Systems Interconnection</i> . ISO:n määrittelemä standardi, joka määrittelee verkon toimintaa
PDU	<i>Protocol Data Unit</i> . Tiedonsiirrossa käytetty informaatioyksikkö.
RMON	<i>Remote Network Monitoring</i> . Tietokanta, jolla voidaan suorittaa valvontaa
SHA-1	<i>Secure Hash Algorithm</i> . Algoritmi, jolla pystytään muodostamaan esim. todennuksessa käytetty luku.
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i> . Verkonhallintaprotokolla.
SPX	<i>Sequenced Packet Exchange</i> . Yhteydellinen protokolla
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet protocol</i> . Yhteydellinen tiedonsiirtoon käytetty protokolla.
UDP	<i>User Datagram Protocol</i> . Yhteydetön tiedonsiirtoon käytetty protokolla.
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply</i> . Järjestelmä tai laite, jolla pyritään takaamaan sähkökatkoksissa tasainen virransyöttö.
USM	<i>User-based Security Model</i> . Käyttöoikeusmalli.
VACM	<i>View-based Access Control Model</i> . Käyttöoikeusmalli.
VLAN	<i>Virtual Lan</i> . Tietoliikennetekniikka, jolla fyysinen verkko voidaan jakaa osiin.
VPN	<i>Virtual Private Network</i> . Virtuaalinen sisäverkko.
Windows Visio	Microsoftin luoma ohjelma, jolla voidaan tehdä kaavioita.

1 Johdanto

Insinööriyön aiheena on Vihdin kunnan nykyisen tietoliikenneverkon dokumentointi ja kehityssuunnitelman laatiminen. Työn tavoitteena on tehdä dokumentaatio, jossa on koottuna yhteen asiakirjaan kaikki Vihdin kunnan toimipisteet, datayhteydet ja toimipisteissä sijaitsevat verkkolaitteet. Toimipisteitä on Vihdin kunnalla yli 40.

Dokumentointi tehdään Microsoft Visio -ohjelman avulla. Visio on ohjelma, jolla voidaan luoda hierarkkisia tai monitasoisia kaavioita. Visiossa on vakiona mukana monia malleja, joilla tarkoitetaan esimerkiksi erilaisia rakennuksia, tietokoneita ja palvelimia. Malleja voidaan hakea tarvittaessa myös internetistä. Ohjelmalla pystytään luomaan hyperlinkkejä muotoihin. Hyperlinkin avulla pystytään helposti siirtymään rakennuksen sisälle katsomaan, mitä verkkolaitteita sieltä löytyy tai esimerkiksi ottamaan etäyhteys laitteeseen.

Visio-dokumentointiin sisällytetään myös sivu tai linkki, josta käy ilmi kunnan tekemät verkkosopimukset. Näistä sopimuksista käyttäjä näkee verkkoyhteyden nopeuden, hinnan, sopimusnumeron, ja mikä operaattori vastaa verkosta sekä onko kuitu ja kuituputki oma vai vuokralla.

Insinööriyön toisessa luvussa käsitellään verkonhallintaa, OSI-mallia ja SNMP:n teoriaa. Verkonhallinta voidaan jakaa kahteen osaan, jotka ovat verkonvalvonta ja verkonhallinta. OSI-malli on tiedonsiirtoprotokollayhdistelmä, jota voidaan kuvata seitsemässä kerroksessa. SNMP on verkonhallintaan käytettävä TCP/IP-protokolla. SNMP:llä voidaan valvoa verkkolaitteiden tilaa.

Kolmannessa luvussa kerrotaan tarkemmin kuvauksen kohteena olevasta organisaatiosta ja kerrotaan tarkemmin organisaation rakenteesta.

Neljännessä luvussa käsitellään insinööriyön suunnittelua ja rajaamista. Luvussa kuvataan kunnan tietoliikenneverkon dokumentoinnin nykytilaa, insinööriyön tavoitteita, mahdollisia riskejä, erilaisia haasteita, itse kuvaustyön rajaamista, erilaisia työkaluja. Viidennessä luvussa esitetään dokumentaation tekemistä kuvien avulla.

Kuudennessa luvussa arvioidaan Vihdin kunnan tietoliikenneverkon nykytilaa ja

kerrotaan kehitysideoista sekä dokumentaation kehittamisestä. Lisäksi arvioidaan laadittua verkon dokumentaatiota.

Seitsemännessä luvussa käsitellään jatkotoimenpiteitä ja pohditaan dokumentaation käyttöönottoon ja päivitykseen liittyviä asioita.

2 Verkonhallinta

2.1 Verkonhallinta ja valvonta

2.1.1 Valvonta

Verkonvalvonnalla pyritään hallitsemaan suorituskykyä, vikoja ja käyttöä, sillä nämä osa-alueet koostuvat lähinnä valvonnasta. Verkonvalvontaa suoritetaan yleensä verkonvalvontatyökaluilla, joilla mitataan vasteaikoja, käyttöastetta ja saatavuutta. Verkon liikennemääriä ja käyttöoikeuksien väärinkäytöksiä tarkkaillaan valvonnalla, jotta voidaan parantaa käytönhallintaa. Vasteaikojen, saatavuuden, käyttöasteen ja liikennemäärien tietojen keräämisellä pyritään parantamaan suorituskykyä. Verkon liikenteen valvonnalla vaikutetaan turvallisuuden, vikojen sekä käytön hallintaan. Valvonnalla saaduilla tiedoilla voidaan määrittää erilaisia hälytyksiä ja hälytyksen sattuessa määritellä jatkotoimenpiteet. Liikennettä valvotaan niihin tarkoitetuilla työkaluilla tai palomuurilla. Näillä toimilla pyritään selvittämään ongelmatilanteita, joita voi syntyä. Työkaluilla ja palomuurilla voi myös todistaa mahdolliset väärinkäytökset, jos työkaluilla tai laitteella voi tallentaa liikennettä. Valvonnalla voidaan parantaa hallintaa esimerkiksi vikatilanteissa. [16; 20; 24.]

Verkonvalvonta koostuu kolmesta alueesta:

- Valvottavan tiedon saatavuus. Miten määritellään valvottava tieto ja miten tieto saadaan lähteestä käsiteltäväksi?
- Valvontamekanismin suunnittelu. Miten saadaan paras informaatio lähteestä?
- Valvottavan tiedon soveltaminen. Miten valvottavaa tietoa käytetään hallinnan eri osa-alueilla? [24.]

Ennen verkonvalvonnan suunnittelua kannattaa harkita, minkälaista tietoa pitää valvoa. Verkonvalvonnan toteuttamiseen tarvitaan tietoa, jonka voi jakaa kolmeen ryhmään:

- Staattinen tieto: tieto, joka muuttuu harvoin. Kertoo verkon ja elementtien kokoonpanon, kuten reitittimen portin numeron ja tunnisteiden.
- Dynaaminen tieto: tieto, joka liittyy verkon muutoksiin ja tapahtumiin, kuten laitteen tilanmuutokseen.
- Tilastollinen tieto: tieto, joka muodostetaan dynaamisesta tiedosta. Esimerkkinä tilastollisesta tiedosta on keskimääräinen lähetettyjen pakettien määrä tunnissa tietyllä laitteella. [24.]

Valvottavan tiedon tyypillä on merkitystä siinä, mihin laitteiden tuottamat tiedot kerätään ja tallennetaan. Staattista tietoa tuottaa verkonvalvontaan osallistuva laite, kuten reititin. [24.]

Dynaamista tietoa tyypillisesti tuottaa jokin verkon elementti. Kuitenkin, jos laite on kytketty lähiverkkoon, suurta osaa sen tietoliikenteestä voidaan valvoa laitteella, joka on samassa verkossa sen kanssa. Tiettyä dynaamista tietoa voi tuottaa vain laite itse. [24.]

Tilastollista tietoa voi tuottaa mikä tahansa laite, jolla on pääsy dynaamisen tietoon. Verkonvalvonta voi itse tuottaa tilastollista tietoa. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki raakadata pitää lähettää valvojalle, jossa data analysoidaan ja tehdään siitä yhteenveto. [24.]

Verkonvalvonnan neljä tärkeätä komponenttia ovat seuraavat:

- Valvontaohjelma sisältää komponentit, jotka ovat näkyvissä käyttäjälle, kuten suorituskyvynvalvonta, käytönvalvonta ja vikojenvalvonta.
- Hallintaohjelma suorittaa tiedon keräämisen valvontaa.
- Agentti kerää ja tallentaa hallintatietoa yhdestä tai useammasta verkon elementistä ja kommunikoi tiedon valvojalle.
- Hallittavat objektit ovat hallintatiedon lähde. [24.]

Tieto, joka on hyödyllistä verkonvalvontaa varten, kerätään ja tallennetaan agenttien toimesta ja tehdään yhden tai useamman hallintajärjestelmän saatavaksi. Tietoa saadaan kahdella eri tavalla agentilta hallintajärjestelmälle: kyselyllä tai tapahtuman

raportoinnilla. [24.]

2.1.2 Kysely ja tapahtumaraportointi

Kysely on agentin ja hallintajärjestelmän välinen pyyntö-vastaus-keskustelu. Hallintajärjestelmä tiedustelee ja pyytää agentilta erilaisia arvoja eri elementeistä. Agentti hakee tiedon omasta tietokannastaan. Hallintajärjestelmä voi kysellä tietoja siksi, että se haluaa oppia tuntemaan hallittavan kohteensa, päivittää tietojansa tai tutkia aluetta, jossa on tapahtunut virhe. [24.]

Tapahtumaraportoinnissa agentilla on aloitteen tekijän rooli ja hallintajärjestelmällä on kuulijan rooli. Hallintajärjestelmä odottaa tulevaa tietoa. Agentti voi luoda raportin säännöllisin väliajoin hallintajärjestelmälle. Raportin ajankohdan voi määritellä ennakkoon, tai hallintajärjestelmä voi asettaa sen itse. Agentti voi luoda raportin aina, kun ilmenee merkittävä tapahtuma tai jotain epätavallista tapahtuu (esim. vika). Tehtäväraportointi on tehokkaampaa kuin kyselyiden tekeminen sellaisille laitteille, joiden tilat tai arvot muuttuvat harvemmin. [24.]

Kyselyt ja tapahtumaraportointi ovat molemmat käteviä keinoja ja yleensä verkonvalvontajärjestelmät käyttävät molempia. SNMP luottaa kyselyihin enemmän ja turvautuu tapahtumaraportointiin harvemmin. OSI-mallin järjestelmänhallinta on jossain kyselyiden ja tapahtumaraportoinnin välillä. Molempien järjestelmänhallinta antaa kuitenkin käyttäjälle toiminnanvapautta määrittää kumpaan keinoon hallinta painottuu. Painotus voi riippua esimerkiksi seuraavista asioista:

- järjestelmien luomasta verkkoliikenteestä
- verkon vakaudesta kriittisissä tilanteissa
- käytettävästä verkonvalvontaohjelmistosta
- hallittavien laitteiden tiedon käsittelykyvystä
- tiedon käsittelyn määrästä hallittavissa laitteissa
- valinnasta luotettavan ja epäluotettavan tiedonsiirron välillä
- nopeudesta, jolla ilmoitus lähetetään virheen sattuessa. [24.]

Verkkoa ei voi hallita, jos sen suorituskykyä ei voida valvoa. Yksi haasteista on oikeiden mittarien käyttäminen, joilla valvotaan verkon suorituskykyä. Ongelmia, joita voi

esiintyä ovat mm seuraavat:

- Indikaattoreita on liikaa.
- Kaikkien indikaattorien käyttötarvetta ei ymmärretä.
- Joitakin indikaattoreita tukevat vain tietyt laitevalmistajat.
- Silloin tällöin indikaattorit näyttävät mittaavan oikein, mutta tulos tulkitaan väärin.
- Indikaattoreita ei voi vertailla keskenään. [24.]

Tyypillisiä suorituskykymittareita ovat saatavuus, vasteaika, tarkkuus, suoritusteho ja käyttöaste [24.].

Saatavuutta mitataan sillä, kuinka varmasti järjestelmä toimii, kun sen palveluille on tarvetta. Yritys voi menettää paljon rahaa, kun ohjelma ei ole saatavilla. Järjestelmän saatavuus riippuu paljon siitä, kuinka järjestelmän osat on toteutettu. Hyvin tehty järjestelmä ei kaadu, vaikka yksi sen osista ei toimisikaan kunnolla. [24.]

Vasteaika tarkoittaa sitä, kuinka kauan järjestelmän kestää reagoida syötettyyn tietoon. Tarkkuutta tarvitaan esimerkiksi silloin, kun kaksi laitetta kommunikoi keskenään. Tätä ominaisuutta mitataan esimerkiksi valvomalla, kuinka paljon virheellisiä paketteja saapuu perille. Suoritustehoa kuvaavana mittarina voi olla esimerkiksi tieto siitä, kuinka monta tapahtumaa suoritetaan tietyllä ajanjaksolla. Käyttöasteella tarkoitetaan sitä, kuinka paljon ohjelmaa käytetään tietyn ajanjakson aikana. Käyttötarkoituksia tälle on muun muassa pullonkaulojen ja ruuhkaisten alueiden etsiminen. Käyttöasteen noustessa yleensä myös vasteaika nousee. [24.]

Virheiden valvonnan tarkoituksena on tunnistaa virhe mahdollisimman nopeasti, kun se on tapahtunut ja selvittää, mikä sen on aiheuttanut. Nykyaikaisissa järjestelmissä virheiden paikallistaminen ja diagnosointi voi olla vaikeaa. Tietynlaisia virheitä ei voida huomata paikallisesti. Osittain näkyvät virheet voivat olla havaittavissa, mutta niiden tarkka kohdentaminen tuottaa vaikeuksia. Laite ei ehkä vastaa, koska laitteessa olevan alemman kerroksen protokollassa on virhe. Epävarmat virheet ovat mahdollisia, vaikka selkeät havainnot virheestä ovat näkyvissä. Esimerkiksi laitteelle lähetetyssä komennossa on pitkä viive, joka voi johtua siitä, että verkossa on ruuhkaa tai laite on jumissa. [24.]

Kun vika on havaittu, on tärkeää eristää vika tiettyyn laitteeseen. Ongelmat lisääntyvät, jos vian aiheuttajia on useita. Tällöin on vaikeampi löytää vian alkuperäistä lähdettä. Yksi virhe voi vaikuttaa moneen osaan ja vikojen valvonta voi erheellisesti näyttää vikoja joka puolella verkkoa. Vikojen valvontajärjestelmän tulisi testata muun muassa datan luotettavuutta, vasteaikoja, protokollien yhtenäisyyttä ja toimivuutta. [24.]

Käytönhallinnan valvonnalla tarkkaillaan käyttäjän käyttämiä verkkoresursseja. Tällä tavalla voidaan esimerkiksi tarkastella, kuinka paljon tietty käyttäjäryhmä käyttää tiettyjä resursseja ja sitten voidaan määritellä, kuinka paljon heille pitää antaa kaikkiaan verkon resursseja käytettäväksi. [24.]

2.1.3 Verkonhallinta

ISO on määritellyt verkonhallinnalle seuraavat avainalueet:

- Vikojen hallinta (Fault management)
- Käytönhallinta (Accounting management)
- Kokoonpanon hallinta (Configuration management)
- Suorituskyvyn hallinta (Performance management)
- Turvallisuuden hallinta (Security management). [16.]

Vikojen hallinnan avainalueella pyritään siihen, että jokainen tärkeä verkkolaite on toimintakunnossa. Vian sattuessa on tärkeää, että vika pystytään paikallistamaan heti ja eristämään se muusta verkosta niin, ettei siitä koidu häiriötä muulle verkolle. Näiden toimenpiteiden jälkeen pyritään minimoimaan muulle verkolle koituvat häiriöt laitteiden asetuksien muutoksilla tai muuttamaan verkon loogista rakennetta. Viimeisessä vaiheessa laite pitää korjata tai vaihtaa uuteen ja verkko palauttaa toimivaan kuntoon. Tehokkaaksi vian selvitykseksi katsotaan nopea ja luotettava vian havaitseminen ja vian lähteen löytäminen. Kahdennetuilla komponenteilla voidaan minimoida vikojen kesto sekä aika. Vaihtoehtoisilla tietoliikenneyhteyksillä voidaan yrittää tehdä verkosta vikasietoinen. [16; 24.]

Vikojen hallinnan etuina voidaan pitää sitä, että sillä voidaan parantaa verkon luotettavuutta, koska verkon ylläpitäjällä on työkalut eri vikojen havaitsemiseen ja korjaamiseen. Tästä on myös hyötyä verkon käyttäjille, jotka ovat riippuvaisia sen toiminnasta. Käyttäjät usein uskovat, että verkko toimii aina, vaikka käytännössä 100

-%:n toimintavarmuus ei ole realistista. Käyttäjät odottavat, että heitä pidetään ajan tasalla verkon toimivuudesta, myös suunnitelluista kuin myös suunnittelemattomista haitallisista huoltotöistä. Vikojen korjauksien jälkeen olisi hyvä, että käyttäjille kerrotaan, ettei vika toistu ja verkko toimii jälleen täysipainoisesti. Ihannetilanne verkon ylläpitäjän kannalta olisi se, että ongelmat ja verkkokatkot olisivat lyhyitä ja siitä olisi tavalliselle käyttäjälle mahdollisimman vähän haittaa. Ikävä tosiasia on se, että verkon korjaaminen on yleensä aikaa vievää eikä verkon kehittämiseen ole useinkaan aikaa eikä pitkäjänteisyyttä. [16; 24.]

Käytönhallinnalla tarkoitetaan verkon valvomista ja tietoliikenteen tallentamista, joiden avulla voidaan esimerkiksi laskuttaa verkon käyttäjiä. Operaattorit käyttävät tätä esimerkiksi kännykkädatan laskuttamisessa. Käytönhallinnalla saadaan hyvä kuva verkon käytöstä ja voidaan selvittää, missä käyttö on tehotonta. Sen jälkeen voidaan suunnitella mahdollisia parannuksia tai laajennuksia verkkoon. Ylläpitäjän pitää määrittellä, miten tieto kerätään, mistä sitä kerätään ja aikaväli, jolla tiedot yhdistetään. Lisäksi ylläpitäjän pitää pystyä määrittelemään laskutusperiaate analysoiduista tiedoista. [15; 16; 24.]

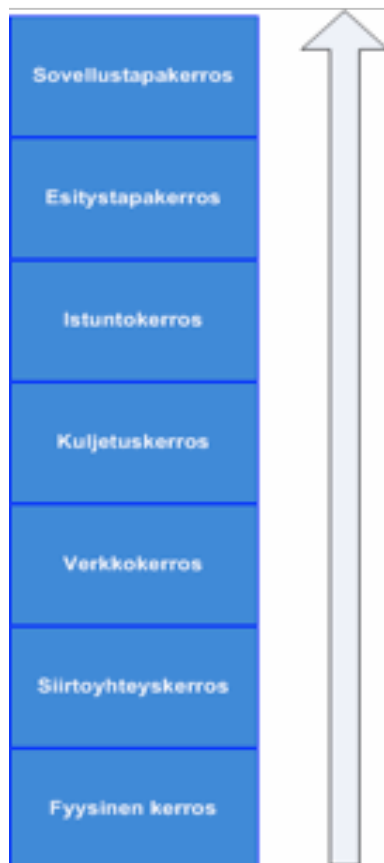
Kokoonpanon hallinnan tehtävänä on käynnistää ja pysäyttää verkkolaitteita hallitusti. Kokoonpanon hallintaan kuuluu myös verkon osien ja laitteiden uudelleenmäärittäminen. Tähän hallintaan kuuluu myös asetusten, versioiden ja muutoksien seuraaminen. Mahdollisessa vikatilanteessa tarvitaan näitä tietoja, jos verkon reitityksiä pitää muuttaa ja samalla varmistetaan, ettei siitä koidu häiriötä muulle verkolle. [16; 24.]

Suorituskyvyn hallinnassa on kaksi vaihetta: tiedon kerääminen (valvonta) ja tiedon analysoiminen (hallinta). Tiedon keräämisellä voidaan valvoa verkon suorituskykyä esimerkiksi käyttöastetta, liikennemäärää, vasteaikaa ja palveluiden saatavuutta. Ennen tietojen keräämistä pitää kuitenkin tarkkaan harkita, mitä tietoja ja mistä paikasta tiedot halutaan. Kun tiedot on kerätty, voidaan niitä alkaa hyödyntää säätämällä eri laitteiden asetuksia, jotta laitteet toimisivat mahdollisimman tehokkaasti. Ennen tietyn ohjelman käyttämistä verkkopalveluissa käyttäjä voi haluta tietää sen suorituskyvystä ja luotettavuudesta. Peruskäyttäjä odottaa, että verkon suorituskyky riittää ohjelman sulavaan käyttämiseen. [16; 24.]

Turvallisuuden hallinnalla tarkoitetaan verkon ja sen laitteiden pääsynvalvontaa, kontrolloimista ja tiedon tallentamista. Lisäksi se tarkoittaa pääsyä niihin tietoihin, joita on kerätty osana verkonhallintaa. Turvallisuuden hallinta on suurelta osaltaan myös lokitietojen keräämistä, tallentamista ja analysoimista. Tällä hallinnalla ei tarkoiteta eri käyttäjien tai ryhmien oikeuksien hallintaa ja määrittelyä, vaan kenellä ja mistä on oikeus päästä laitteisiin tai verkkoon käsiksi. Hallinnalla pyritään parantamaan järjestelmien turvallisuutta esimerkiksi murtautumisyriksiä vastaan. [16; 24.]

2.2 OSI-viitemalli

OSI-mallilla kuvataan tiedonsiirtoprotokollan yhdistelmää, jossa on seitsemän kerrosta. Mallin avulla muodostetaan perusta tietokoneiden liittämiseen hajautetuissa tietojärjestelmissä. Jokainen kerros tarjoaa palveluja kerrosta ylemmäs ja käyttää kerrosta alempana olevan palveluja. OSI-mallin seitsemän kerrosta esitellään kuvassa 1.



Kuva 1. OSI-mallin kerrokset
[4; 13.]

Sovelluskerros ei tarjoa palveluita muille kerroksille, vaan tarjoaa palveluita ohjelmille, jotka eivät kuulu OSI-malliin mutta jotka kuitenkin keskustelevat mallin kanssa. Kerros toimii lähimpänä peruskäyttäjää. [11; 14.]

Esitystapakerros määrittää, missä muodossa tietovirta lähetetään. Esitystapakerroksessa tieto muunnetaan tietokoneen sisäisestä muodosta sellaiseen muotoon, että se voidaan lähettää eteenpäin tietoverkoissa. Tiedon vastaanottavassa päässä data dekodataan haluttuun muotoon. Erilaisia sopimuksia ja käännöksiä tarvitaan, sillä jokaisella tietokoneella voi olla erilainen tapa lukea tietoa. Toinen kone voi lukea tavut oikealta vasemmalle ja toinen vasemmalta oikealle. [11; 12.]

Istuntokerroksessa muodostetaan, hallitaan ja puretaan asiakkaan ja palvelimen välillä olevia istuntoja. Esimerkkinä voidaan esittää kahden tietokoneen välillä tapahtuva tiedonsiirto. Yksi istuntokerroksen tarjoamista palveluista on tarkistuspisteiden määrittäminen tietovirrassa. Tästä on hyötyä muun muassa isojen tiedostojen siirroissa, joissa yksi virhe voi tuhota koko tiedoston. Tarkistuspisteen avulla koko tiedostoa ei tarvitse ladata uudelleen, vaan voidaan jatkaa viimeisestä tarkistuspisteestä, jossa tiedosto oli vielä ehjä. [5; 11.]

Kuljetuskerros tarjoaa tiedonsiirtoyhteyden kahden päätelaitteen välille. Kerros tarjoaa luotettavia datansiirtopalveluja ylemmille kerroksille. Kuljetusprotokollia tässä kerroksessa ovat muun muassa SPX ja TCP. Nämä protokollat pilkkovat sovelluksen lähettämät tiedot pienempiin paketteihin. Yhteys voi olla yhteydellinen tai yhteydetön. Yhteydellinen protokolla huolehtii yhteyden muodostamiseen tarvittavista rutiineista, määrittelee lähetysyksikön maksimikoon ja varmistaa vastaanotetun datan kuitaamisen. Yhteydetöntä yhteyttä käytetään silloin, kun tehtävä on tarpeeksi yksinkertainen eikä tarvita varmistusta siitä, että tieto menee perille. UDP on yhteydetön protokolla. [12; 13.]

Verkkokerros määrittelee reitityksen verkkojen välisessä tietoliikenteessä ja priorisoi eri liikennöintimuodot. Näiden tehtävien hoitamiseen käytetään yleensä IP-protokollaa tai IPX-protokollaa. Verkkokerros voi myös ilmoittaa siirtovirheistä, pilkkoa datapakettia pienempiin osiin, jos paketit ovat liian isoja sekä järjestää ne uudelleen. Keskeisin laite on reititin. [5; 12.]

Siirtoyhteyskerroksessa tieto siirretään fyysisen linkin yli. Kerros määrittelee lähetettävästä datasta kehyksiä ja soluja sekä määrittelee tietoja lähettävän ja tietoja vastaanottavan laitteen fyysiset osoitteet. Siirtoyhteyskerros valvoo, että yhteys kahden pisteen välillä toimii. Se myös havaitsee ja korjaa mahdolliset virheet, jotka tapahtuvat fyysisessä kerroksessa. Sillat, kytkimet ja verkkokortit kuuluvat tähän kerrokseen. [12; 14.]

Fyysisellä kerroksella tarkoitetaan esimerkiksi kaapeleita ja liittimiä. Fyysisen kerroksen laitteita ovat toistimet, mediamuuntimet ja keskittimet. Fyysisessä kerroksessa määritellään toiminnalliset, mekaaniset ja fyysiset ominaisuudet. Kerros muuntaa bittejä sähkösignaaleiksi, valoiksi tai pulsseiksi. Jos tällä kerroksella tapahtuu virheitä, niitä ei korjata, vaan korjaaminen tehdään ylemmissä kerroksissa. [11; 12; 13.]

Nykypäivänä OSI-malli on jäänyt TCP/IP-viitemallin varjoon. OSI-mallia käytetään ohjenuorana tietoliikenteessä ja sitä opeteltaessa. TCP/IP-viitemallia pidetään yksinkertaisempana, koska kerroksia on vähemmän. TCP/IP-viitemallissa on neljä kerrosta: liittymä-, internet-, kuljetus- ja sovelluskerros. Suurimmat erot OSI-mallin ja TCP/IP-viitemallin välillä liittyvät kerrokseen. OSI-mallin fyysinen ja siirtoyhteyskerros vastaavat TCP/IP-viitemallin liittymäkerrosta. TCP/IP-viitemallin sovelluskerros on OSI-mallissa istunto-, esitystapa- ja sovelluskerros. [4; 5; 11.]

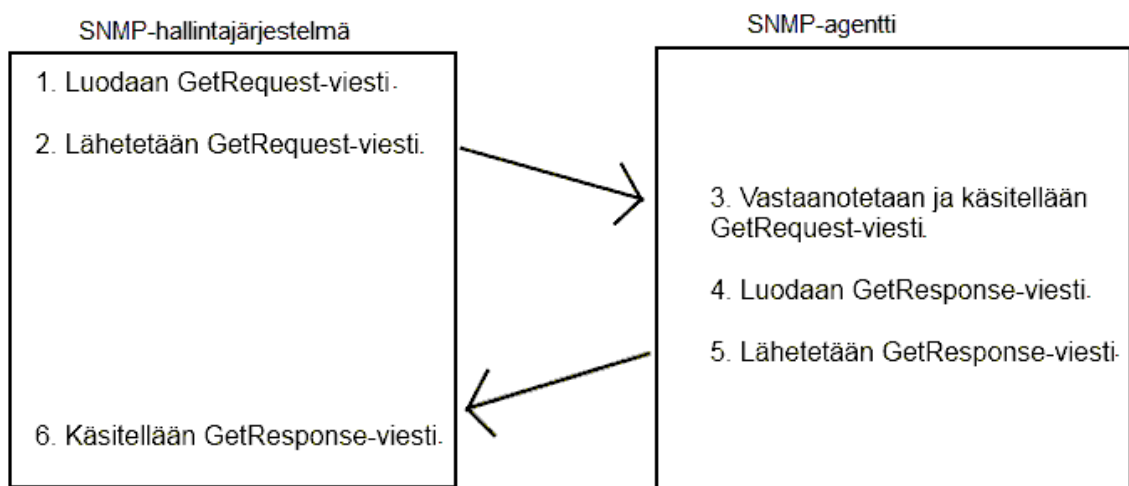
2.3 Simple Network Management Protocol

SNMP-protokolla on verkkojen hallintaan käytettävä TCP/IP-protokolla. Kyseisellä protokollalla voidaan valvoa verkossa olevien laitteiden tilaa. SNMP on yhteydetön protokolla, eli agentin ja aseman välistä viestintää ei ylläpidetä. Jokainen hallinta-aseman ja agentin välinen tietojenvaihto on aina erillinen, eli jos viesti ei mene perille, pitää SNMP:n huolehtia viestin uudelleenlähettämisestä. SNMP toimii yhteydettömän UDP-protokollan päällä, joka kuuluu kuljetuskerrokseen. TCP/IP-protokollassa se kuuluu ylimmälle eli sovelluskerrokselle. SNMP:n peruselementit ovat hallinta-asema, hallinta-agentti, hallintatietokanta ja verkonhallintaprotokolla. (SNMP-protokolla). [15; 16; 24.]

Hallinta-asemassa voidaan muun muassa analysoida tietoja, ja lisäksi ylläpitäjä voi hallita ja valvoa verkkoa. Asema voi lähettää kolmenlaisia viestejä: SetRequest-viestillä muutetaan agentin paikallisen tietokannan tietoja, GetRequest- ja GetNextRequest-

viesteillä luetaan agentin tietoja. [15; 16; 24.]

Hallinta-agenttia käytetään tietokoneissa, kytkimissä, reitittimissä ja silloissa, jotta hallinta-asema voisi niitä hallita. Agentti voi antaa asemalle tietoa, vastata aseman kyselyihin ja toimintoihin. Kuvassa 2 esitetään, miten hallinta-agentti vastaa hallinta-aseman pyyntöihin GetResponse-viestillä. Jokaisen agentin pitää toteuttaa IP, UDP ja SNMP. Lisäksi agentin prosessi ohjaa agentin hallintatietokantaa ja tulkitsee SNMP:n viestit. Verkon kuormitusta voidaan pienentää rajoittamalla kyselyjen määrää. Tämä on suositeltavaa, jos hallinta-asemia on paljon ja agenttien paikalliset tietokannat ovat suuria. [15; 16; 24.]



Kuva 2. Esimerkki managerin ja agentin välisestä viestinnästä

Hallintatietokanta sisältää tietoa hallittavista elementeistä. Hallintatietokannan pitää täyttää seuraavat kaksi ehtoa: tieto ja rakenne pitää esittää sellaisella tavalla, että jokaisen hallintajärjestelmän valmistajan ohjelmat voivat toimia yhdessä. Tietojen, joilla esitetään objektin resursseja, pitää olla jokaisessa laitteessa samat.

[15, 16, 24.]

SNMP:n perustoiminnot ovat seuraavat:

GET: komento hakee hallinta-agentilta objektin arvon ja antaa sen asemalle.

SET: asema määrää agentin antamaan objektille arvon.

TRAP: agentilla on mahdollisuus hälyttää asemalle merkittävästä tapahtumasta, jonka asema on määrittänyt. [15.]

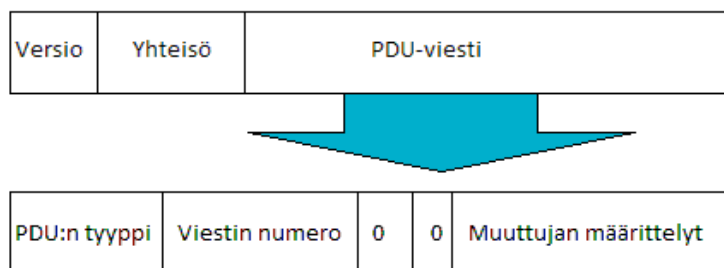
SNMP-viestin kentät ja niiden kuvaus esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. SNMP-viestin kentät.

Kenttä	Kuvaus
Version	Käytetty SNMP:n versio
Community	Yhteisötunnus
Request-id	Viestitunnus
Error-status	Virhetyyppi
Error-index	Liittää virheen tiettyyn objektiin
Variablebindings	Lista objekteista ja niiden arvoista
Enterprise	Trap-viestin luoneen verkkoelementin tunnus
Agent-addr	Trap-viestin luoneen verkkoelementin verkko-osoite
Generic-trap	Trap-viestin perustyyppi
Specific-trap	Tarkempi kuvaus Trap-viestin tyypistä
Time-stamp	Aikaleima

2.4 Viestien rakenne

Hallinta-asema ja agentti kommunikoivat SNMP-viestien avulla. Viestissä on SNMP:n käyttämä versionumero, yhteisötunnus ja operaatioviesti (PDU), jotka on esitetty kuvassa 3. Operaatioviestejä on viisi erilaista, mutta vain yhtä niistä voidaan käyttää kerrallaan viestissä. Neljä näistä viesteistä on rakenteeltaan hyvin samanlaisia, ainoastaan Trap-viesti on erilainen. [15.]



Kuva 3. SNMP-viesti ja PDU:n sisältö

PDU:n tyyppillä kerrotaan, minkälainen viesti on kyseessä. Viestinumero laitetaan estämään sekaannuksia ja muuttujan määrittelyihin laitetaan tiedot haettavista muuttujista. [17.]

GetRequest-viestiä käytetään, kun halutaan lukea hallintatietokannan objektin

esiintymän arvo. Objektien esiintymän arvot laitetaan muuttujamäärittelykenttään. Hallinta-asema lähettää GetRequest-viestin hallinta-agentille. [15; 17; 24.]

Kuvassa 4 on hallinta-agentin vastaus (GetResponse) asemalle lähetettävään viestiin. Hallinta-agentti kokoaa aseman haluamat arvot viestiin. Jos kaikkia aseman arvoja ei pystytä laittamaan viestiin, yhtään arvoa ei palauteta ja viestissä on virhekoodi. Vastausviestissä on myös kentät mahdollisia virhetilanteita varten. [15; 16; 17.]

PDU tyyppi	Viestin numero	Virheilmoitus	Virheen yksityiskohdat	Muuttujan määrittelyt
------------	----------------	---------------	------------------------	-----------------------

Kuva 4. SNMP-vastausviestin osa

GetNextRequest-viestiin vastataan GetResponsella, jossa palautetaan arvot siinä järjestyksessä kuin ne ovat muuttujan määrittelyt -kentässä. Jos jokin arvo puuttuu, palautetaan seuraava arvo kahteen kertaan. [15; 16; 24.]

SetRequest-viestillä muutetaan objektin esiintymän arvoja. Tähän viestiin vastataan GetResponsella, jossa on SetRequestin haluamat uudet objektin esiintymän arvot. Yksikin virheellinen arvo estää myös muiden esiintymien arvojen laittamisen. [15; 16; 24.]

Kuvassa 5 esitetään Trap-viestin osat. Trap-viesti lähetetään agentilta asemalle. Tällä viestillä ilmoitetaan tapahtumista, jotka ovat poikkeuksellisia. Lähettäjän tyyppillä kerrotaan tarkemmin järjestelmästä, joka ilmoitti virheestä. Seuraavassa kentässä kerrotaan lähettäjän IP-osoite. Trap-viestin tyyppillä ilmoitetaan, jos viestin syy on ennakkoon määriteltä. Jos viestin syy ei ole yksi kuudesta ennakkoon määritellystä, Trap-viestin tarkenteesta löytyy siihen tarkempi määrittely. Aikaleimalla ilmoitetaan, kuinka kauan laite on ollut toiminnassa yhtäjaksoisesti. Muuttujan tyyppissä on tietoa viestistä. Tietojen merkitys riippuu toteutuksesta. Viestin perillemeno ei varmisteta mitenkään. [15; 16; 17.]

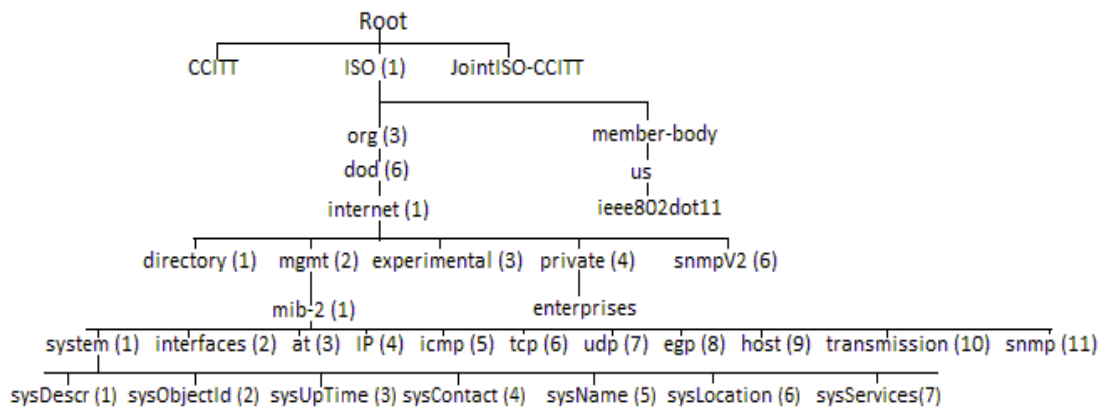
PDU:n tyyppi	Lähettäjän tyyppi	Lähettäjän IP-osoite	Trap-viestin tyyppi	Trap-viestin tarkenne	Aika-leima	Muuttujan tyyppi
--------------	-------------------	----------------------	---------------------	-----------------------	------------	------------------

Kuva 5. Trap-viestin osat

2.5 SNMP-tietokanta ja SMI

SNMP:n tietokanta eli Management Information Base (MIB) sisältää tietoa hallittavista kohteista. Tietokannan tiedot esitetään puumaisessa hierarkiarakenteessa, kuten kuvassa 6 on esitetty. Puu alkaa juuresta (root) ja sisältää oksia, jotka identifioidaan nimellä ja numerolla. MIB:n rakenne on standardoitu, eli tietyt objektit löytyvät aina samasta paikasta. Tietokannan pitää täyttää tietyt ehtoja, jotta se voi tarjota palvelujaan verkkohallintajärjestelmälle. Ehtona on, että esittämisellä pitää olla yksi yhteinen rakenne hallintatietokannassa, jotta eri valmistajien laitteet pystyisivät viestimään keskenään. Toisena ehtona on, että tietojen, joilla esitetään objektin resursseja, pitää olla jokaisessa laitteessa samat. Tietokannassa voidaan esittää muun muassa seuraavia tietoja: MAC-osoite ja IP-osoite.

[15; 16; 17; 20.]



Kuva 6. SNMP:n SMI:n rakenne

Puun ylimmät tasot on määritelty standardeissa ja valmistajat ovat määritelleet alemmat tasot. Absoluuttinen polku esimerkiksi juuresta sysDescr:n arvoille on .1.3.6.1.2.1.1.1.0 (ensimmäinen piste on juuri ja viimeisellä nolalla tarkoitetaan arvoja). [18; 20.]

SMI:llä määritellään yleinen kehys. Kehyksellä määritetään rajat sille, kuinka tietokanta voi toimia. SMI:llä määritellään käytettävät tietotyypit ja resurssien esitys- ja nimeämistavat. Näillä tavoilla pyritään edistämään tietokannan skaalautuvuutta ja yksinkertaisuutta. Hallintatiedon pitää täyttää seuraavat ehdot:

- tarjota yhtenäinen tapa tietyn hallintatietokannan rakenteen määrittämiseen
- tarjota yhtenäinen tapa yksittäisten objektien (sisältäen syntaksin ja objektien arvon) määrittämiseen
- tarjota yhtenäinen tapa objektien arvojen koodaamiseen [15.]

SMI:n ja hallintatietokannan kuvaukseen käytetään ASN.1-formaattia, jonka on standardoinut ja kehittänyt International Telegraph and Telephone Consultative Comitee (CCITT). Kaikkia ASN.1-formaatin ominaisuuksia ei ole otettu käyttöön hallintatietokannan kuvaukseen. [15.]

Kaikki hallittavan tietokannan objektit (oliot) identifioidaan tunnisteella (OID). Nimeäminen tapahtuu hierarkkisesti, koska samalla voidaan myös kuvata objektityyppien hierarkkinen rakenne. Nimi koostuu joukosta kokonaislukuja. OID:ta käytetään silloin, kun esimerkiksi SNMP-hallintajärjestelmä haluaa agentilta tietoa. Hallintajärjestelmä lisää viestiin OID:n ja agentti dekodaa sen, jotta voi antaa hallintaohjelmistolle tarvittavat tiedot.[15; 20.]

Objektien käyttämät perustyytit ovat INTEGER, NULL, OCTET STRING, OBJECT IDENTIFIER, SEQUENCE ja SEQUENCE OF. Neljä ensimmäistä ovat perusmuuttujia, joita käytetään olioiden kuvaamiseen. Taulukoiden määrittelyssä käytetään SEQUENCE- ja SEQUENCE OF -tietotyypppejä. SMI:n määrittelemiä sovelluskohtaisia tietotyypppejä ovat NetworkAddress, IpAddress, Counter, Gauge, TimeTicks ja Opague. Nämä sovelluskohtaiset tietotyypit olisivat voineet olla myös perusmuuttujia, mutta ne on erotettu erikseen erikoisominaisuuksien takia. [15; 24.]

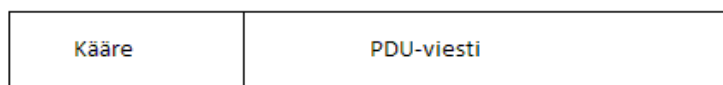
SNMP:n pyyntö-vastausprotokolla ei ole tehokas protokolla keräämään tietoa liikenteen määrästä, koska hallinta-aseman pitää määrätyn väliajoin hakea tietokantaan arvoja. RMON-konsepti ja MIB kehiteltiin tietoliikenteen valvontaa varten. RMON on laajennus tavallisen SNMP-agentin toimintaan. Tämä laajennus toteutetaan RMON-tietokannalla. Tietokannassa on enemmän objekteja normaalien lähiverkkojen valvontaan. Normaali MIB sisältää tietoa vain yhdestä verkon laitteesta. RMON:n mittapäiden avulla saadaan yksityiskohtaista tietoa koko verkon toiminnasta. RMON:n mittapäät (probe) keräävät tietoa verkon segmenteistä. Mittapäät eivät ole jatkuvasti yhteydessä hallinta-asemaan, vaan ne voivat kerätä itsenäisesti tietoa verkosta. Virheen ilmaantuessa ne ilmoittavat

hallinta-asemalle virheestä. [18; 20.]

2.6 SNMP-versioiden erot

SNMPv1:stä kritisoitiin aikanaan turvattomaksi, koska siinä ei ollut hyvää todennusta. SNMPv1 ei pystynyt takaamaan sitä, että laitteet, jotka lähettävät pyyntöjä, ovat varmasti oikeita laitteita, eli viestin alkuperää ei pystytä varmistamaan. Jokaisessa SNMP:n viestissä on yhteisötunnus, joka on luettavissa helposti, koska se on selvänä tekstinä. Viestin vastaanottavassa päässä ei pystytä tarkistamaan, onko viestin sisältö muuttunut matkan varrella. [15; 17.]

SNMPv2:ssa turvallisuutta, suorituskykyä, luotettavuutta ja hallinta-aseman välistä kommunikaatiota oli parannettu. Uudessa versiossa turvallisuutta oli parannettu, mutta näitä parannuksia ei koskaan otettu käyttöön. Valmistajat sanoivat, että turvallisuusominaisuuksissa oli suuria puutteita, eikä niitä korjattu aikatauluongelmien vuoksi ollenkaan. SNMPv2 käyttää edelleen heikkoa yhteisötunnusta. SNMPv1 toimii ainoastaan UDP/IP protokollien päällä, mutta SNMPv2:ssa mukaan otettiin myös muita kuljetusprotokollia, kuten Novel Internetwork Packet Exchange (IPX), Open Systems Interconnection (OSI), AppleTalk Datagram Delivery Protocol (DDP) ja Connectionless-mode Transport Service (CLTS). Hallintatietokanta sai kaksi uutta päähaaraa, jotka ovat SNMPv2 ja security. PDU-toiminnoista muuttuivat GetResponse- ja TrapResponse-viestit. GetResponse vaihtoi nimensä Responseksi ja TrapResponse korvattiin samannimisellä SNMPv2 hallintasanomalla. Kääre (Wrapper) korvaa viestin versionumeron ja yhteisökentän kuten kuvassa 7 on esitetty. [15; 17; 18; 19.]



Kuva 7. SNMPv2

Uuden version myötä tuli myös kaksi uutta sanomaa, jotka ovat GetBulkRequest ja InformRequest. GetBulkRequest-viestillä voidaan pyytää yhdellä pyynnöllä suuri määrä tietoa tietokannasta. InformRequest-viestillä hallinta-asemat vaihtavat keskenään tietojaan. Toinen uudistus oli PDU:n sisällön muuttuminen. Virheilmoituskenttään tuli mahdolliseksi lisätä ei-toistettavat muuttujat ja virheen yksityiskohdat-kenttään toistettavat muuttujat. Näillä lisäyksillä voidaan pyytää enemmän tietoa yksittäisessä

viestissä. SNMPv2-viestin rakenne esitetään kuvassa 8. [15; 17; 18.]

PDU tyyppi	Viestin numero	Virheilmoitus tai ei-toistettavat muuttujat	Virheen yksityiskohdat tai toistettavat muuttujat	Muuttujan määrittelyt
------------	----------------	---	---	-----------------------

Kuva 8. SNMPv2-viestin rakenne

SNMPv3:ssa on käytössä SNMPv2:sen hylättyjä tietoturvaominaisuuksia. SNMP:n tietoturvaa on päivitetty todentamisella. HMAC (Hash Message Authentication Code) käytetään todentamisessa ja DES:ä (Data Encryption Standard) salaamisessa. Valmistajat ovat ottaneet omiin tuotteisiinsa uudempia ja parempia salaus- ja todennusmenetelmiä, koska HMAC ja DES ovat jo aika vanhoja. Sanoman eheydellä pyritään varmistamaan, että paketin sisältöä ei pystytä muuttamaan siirron aikana. Yksi uudistus oli myös parempi hallittavuus. Yhteisönimi korvataan ryhmänimellä ja käyttäjänimellä. Jokaiselle käyttäjänimelle ja ryhmälle voidaan määrittää omat turvallisuustasot. [15; 17.]

SNMPv3:ssa on myös käyttäjäkohtainen turvallisuusmalli USM (User-based Security Model), jossa on kolme eritasoista turvallisuusmallia: NoAuthNoPriv, AuthNoPriv ja AuthPriv. NoAuth tarkoittaa, että paketti todennetaan käyttäjänimen perusteella. Auth tarkoittaa, että paketti todennetaan SHA-1- tai HMAC MD5 -menetelmää käyttämällä ja määritellään käyttäjälle salasana. Priv tarkoittaa, että paketti todennetaan käyttämällä SHA-1- tai HMAC MD5 -menetelmää ja paketti salataan 3DES-, DES- tai AES-menetelmän avulla ja käyttäjälle määritellään salasana. [19.]

SNMPv3:n toinen turvallisuusmalli on VACM (View-Based Access Control Model) eli näkymäkohtainen malli. VACM määrittelee käyttäjän oikeudet tietokantojen katseluun ja todentamis- ja salausmenetelmät. Nämä määritellään laittamalla käyttäjät ryhmiin, joissa oikeudet on määritelty. [17]

2.7 Palvelutasosopimus ja palvelutasonhallinta

Palvelutasosopimus on asiakkaan ja palveluntarjoajan laatima sopimus, jossa määritellään asiakkaalle tarjotun palvelun sisältö ja laatu. Sopimus antaa asiakkaalle

selkeän ja realistisen käsityksen tuotettavista palveluista. Sopimuksessa määritellään palveluille tavoitearvot, joihin palveluntarjoaja on sitoutunut. Toimivuuden kannalta kriittiset kohteet kuvataan ja niille määritellään yhdessä tavoitearvot. Mikäli palveluntarjoaja ei pysty tuottamaan asiakkaalle sovittuja palveluita, joutuu palveluntarjoaja maksamaan asiakkaalle korvauksia, jotka on määritelty sopimuksessa. Palvelutasosopimuksien tulee olla täysin yksiselitteisiä, ettei tulkinnanvaraa pääse syntymään, vaan molemmat osapuolet ymmärtävät asian samalla tavalla. [21; 22.]

Palvelutasonhallinta auttaa käyttäjän kokeman laadun onnistunutta toteuttamista ja toteutumista. Hallinta kuvaa jatkuvaa palveluiden tuottamista asiakkaan tarpeiden mukaan ja laadun toteutumisen seuranta ja niihin liittyviä toimenpiteitä. Palvelutasonhallintaan liittyvät palvelutasosopimukset, joilla tarkoitetaan palveluntarjoajan ja asiakkaan välistä kirjallista sopimusta, johon on määritelty palvelutasotavoitteet. [21; 22.]

Palvelutasonhallinnassa seurataan toteutunutta palvelutasoa ja sitä verrataan kirjallisesti määriteltyihin palvelutasotavoitteisiin. Hallinnalla parannetaan ja hallitaan osapuolten välistä palvelutasoa. Palvelutasonhallinnalla palveluntarjoaja pystyy jakamaan verkkonsa resurssit tehokkaasti. Laadun jatkuva parantaminen on yksi oleellinen osa palvelutasonhallintaa. Tämä voidaan toteuttaa pitämällä säännöllisin väliajoin laatu- ja seurantapalavereita. [21; 22.]

3 Organisaation kuvaus

3.1 Vihdin kunta

Vihdin kunta sijaitsee noin 50 kilometriä Helsingistä länteen. Vihdin kunta on perustettu vuonna 1507 ja siellä asuu nykyään noin 28000 asukasta. Vihti on kasvava kunta, jonka elinkeinorakenne muodostuu suurimmaksi osaksi palveluista mutta myös jalostuksesta. Tärkeimmät teollisuuden alat ovat elektroniikka, metalli, kaluste ja puu sekä rakennusaine. Asukkaita Vihtiin houkutellaan nopeilla kulkuyhteyksillä pääkaupunkiseudulle, kauniilla maisemilla sekä hyvillä palveluilla ja harrastusmahdollisuuksilla. Kunnan alueella työpaikkoja on noin 7800. Yritysten lukumäärä on noin 1400, joista teollisuusyrityksiä on 140. [2.]

3.2 Kuntayhtymät Karviainen ja Puhti

Perusturvakuntayhtymä Karviainen on Länsi-Uudellamaalla toimiva perusterveydenhuollon ja sosiaalitoimen kuntayhtymä, joka tarjoaa sosiaali- ja terveyspalveluja Vihdille, Karkkilalle ja Nummi-Pusulalle. Karviainen on aloittanut toimintansa 1.1.2009 ja siihen kuuluvat Karkkilan kaupunki sekä Nummi-Pusulan ja Vihdin kunnat. Kuntayhtymän väestöpohja on noin 43.000 asukasta. Henkilökuntaa kuntayhtymän eri tehtävissä kolmen kunnan alueella on noin 500 henkilöä. [1.]

Puhti on liikelaitoskuntayhtymä, joka on aloittanut toimintansa 1.1.2009. Laitoksen tarkoituksena on tarjota perusturvakuntayhtymä Karviaiselle, Vihdin kunnalle, Karkkilan kaupungille ja Nummi-Pusulan kunnalle laskenta-, palkanlaskenta-, puhelin- sekä tietohallintopalvelut. Karviaisen ja Puhdin tarjotessa palveluja kolmelle kunnalle on myös tietoliikenneverkon toimivuus entistä tärkeämpää. Henkilöstöä Puhdin tietohallinnossa on 10. Käyttäjätunnuksia Puhdin ylläpidossa on noin 2300, työasemia 2200 ja palvelimia noin 70. Kouluissa tietokoneissa käytetään LTSP-järjestelmää, joka vaatii hyvää ja laadukasta tietoliikenneverkkoa toimiakseen. LTSP-järjestelmässä käytettävät palvelimet sijaitsevat keskitetysti Kuoppanummen koululla. Puhdin helpdesk-palvelulla on toimipiste Nummelassa ja Karkkilassa. Tukipyynnöitä helpdeskiin on tullut vajaassa kahdessa vuodessa noin 2800. Monet kunnan työntekijät kuitenkin soittavat helpdeskin ohi suoraan tietohallinnon työntekijöille joko vanhasta tottumuksesta tai tietäen, että jollakin työntekijällä voi olla ennestään kokemusta samasta ohjelmasta ja ongelmasta. Tyypillisimmät vikatilanteet, joihin tietohallinnossa on törmätty, koskevat sovelluksen toimintahäiriötä, tietokoneen rikkoutumisia ja asiakkaan neuvomista sovelluksen käytössä sekä yleisiä verkkohäiriöitä (katkoksia), jotka johtuvat yleensä verkkolaitteiden häiriöistä. Koska terveydenhuollon järjestelmä ja muut kriittiset järjestelmät ovat käyttöpalveluja on tärkeää, että tietoliikenneverkko toimii hyvin. [3.]

4 Insinööriyön suunnittelu ja rajaaminen

4.1 Kunnan nykytila

Vihdin kunnalla ei ole ollut kaiken kattavaa dokumentaatiota verkkolaitteista ja toimipisteistä. Hallittavien kytkinten välinen verkosto löytyy etäohjelman kautta.

Älykkäisiin kytkimiin voi ottaa myös yhteyden TELNETin tai konsoliportin avulla. Operaattoriyhteyksien sopimustiedot löytyvät erillisestä Excel-taulukosta. Joitain vanhoja sopimuksia ei löydy kuitenkaan operaattorilta tai kunnalta. Tietohallinnolla on ollut yksittäisistä rakennuksista yksityiskohtaisia kuvauksia laitteista ja laitetiloista. Taulukko IP-osoitteista ja laitemalleista on olemassa.

Vihdin kunnassa palvelutasonhallintaa käytetään yhteyksissä muihin kuntiin (Karkkila, Nummi-Pusula ja Lohja). Tavoitteena olisi, että valvontaa lisättäisiin myös kunnan runkoverkon osalle. Kytkimiin, reitittämiin ja langattoman verkon laitteisiin kunnalla on olemassa tukipalvelu, jonka kautta voidaan hoitaa korjauksia, pyytää varaosia ja tehdä etähallintaa.

Kunnalta löytyy keskitetty palomuuuri, virustorjunta ja VPN-ratkaisu. Palomuuuri ja VPN ovat ostopalveluita. Laitteisiin on rajattu pääsy sekä fyysisesti että virtuaalisesti. Laitteiden hallinta on rajattu tietyille IP-osoitteille. Verkkolaitteet ovat valvotuissa sekä lukituissa tiloissa.

Vihdin kunnalla on yli 40 toimipistettä eri puolella Vihtiä. Matkaa toimipisteestä toiseen voi helposti kertyä yli 30 kilometriä. Dokumentointityön tarkoituksena on helpottaa tietohallinnon tehtäviä mahdollisissa ongelmatilanteissa, kun tarvitaan tietoa kaukana toisessa toimipisteessä olevista verkkolaitteista ja datayhteyksistä. Tietohallinnolla on verkkolaitteista monta eri dokumenttia. Osa dokumenteista on Excel-muodossa, osa Microsoftin Word-ohjelman doc-muodossa. Joissakin dokumenteissa on laitteiden nimet ja IP-osoitteet, ja joissakin toisissa dokumenteissa mainitaan verkkolaitteiden sijainti.

Kun lähdin kartoittamaan verkkolaitteiden nimiä, IP-osoitteita ja sijaintia, en tiennyt mihin dokumentteihin voisin luottaa. Dokumentissa a saattoi lukea, että laite sijaitsee paikassa b ja toisessa dokumentissa saattoi lukea, että laite sijaitsee paikassa c. Eri dokumenteissa olevat tiedot olivat usein joko vanhentuneita tai saattoivat kumota toisensa. Tietohallinnolla on käytössään etähallintasovellus, jonka avulla lähes kaikkiin verkkolaitteisiin saadaan tarvittaessa otettua etäyhteys. Etäyhteysohjelman avulla verkkolaitteen tietoa voidaan muuttaa tai tarkistaa. Ohjelmalla pystytään tarvittaessa esimerkiksi muuttamaan verkkolaitteen IP-osoite ja porttien määritykset. Myös etähallintasovelluksessa on ollut väärää tietoa laitteiden sijainneista, nimistä ja IP-osoitteista.

Erilaisia verkkolaitteita kuten, kytkimiä, reitittimiä ja modeemeja, kunnalla on paljon. Reitittimet ja kytkimet ovat pääasiassa Nortelin valmistamia. Monet langattomat verkkolaitteet ovat joko Symbolin/Motorolan tai Linksysin/Ciscon valmistamia.

4.2 Työn tavoite

Insinööriyön aiheena on Vihdin kunnan nykyisen tietoliikenneverkon dokumentointi ja kehityssuunnitelman tekeminen. Työn tavoitteena on tehdä dokumentaatio, jossa on kuvattuna kaikki Vihdin kunnan toimipisteet, datayhteydet ja toimipisteissä sijaitsevat verkkolaitteet. Toimipisteitä on Vihdin kunnalla yli 40.

Dokumentaatio tallennetaan Visio omaan vsd-muotoon sekä html-muotoon. Visio tallentaa tiedoston oletusmuotoisesti vsd-muotoon. Vsd-muodolla pystytään sijoittamaan rakennukset kaavioon ja laittamaan verkkolaitteet rakennuksien sisälle. Jos dokumentaatio tallennettaisiin pelkästään vsd-muotoon, ongelmaksi muodostuisi se, että jokaisella tietohallinnon työntekijällä ei ole käytettävissä Microsoft Visio-ohjelmaa. Visio lisenssit eivät ole halpoja. HTML-muodossa jokainen tietohallinnon työntekijä pystyy katsomaan dokumentaatiota, jos hänellä on nettiyhteys ja Internet Explorer -selain. Dokumentaation pitää olla helposti käytettävä, sillä siitä ei ole hyötyä, jos kukaan ei osaa käyttää sitä. Dokumentaatiota varten luodaan myös käyttöohjeet, jotta sitä on helppo ylläpitää. Tietoa dokumentaatiossa pitää olla riittävästi, jotta tarvittaessa tietoa voidaan antaa ulkopuolisille helposti ja nopeasti myös mahdollisessa hätätapauksessa.

4.3 Työn riskit, haasteet ja rajaus

Riskeinä voidaan dokumentaatiota tehdessä pitää sitä, että dokumentaatiossa on liikaa tietoa. Tiedon paljoudella voidaan hämärtää oikeasti kriittisiä tietoja. Liian vähäinen tiedon määrä aiheuttaa sen, että tietoa pitää etsiä muualta ja aikaa voi kulua liian paljon asian korjaamisen kustannuksella. Dokumentaation pitää olla käyttäjäystävällinen. Käyttäjän pitää löytää oikeat tiedot helposti ja nopeasti. Välillä verkkolaitteiden tiedot ja sijainnit muuttuvat nopeasti ja vaarana on, että dokumentaatiota ei päivitetä tarpeeksi usein. Tietojen pitää olla helposti ylläpidettävissä, koska käyttäjä voi turhautua, jos ohjelmaa on hankala käyttää.

Työn haasteina oli ajan rajallisuus. Suurin osa kuvaustyöstä piti tehdä kahden kuukauden aikana. Monesti Visiolla piirtäminen keskeytyi muiden tehtävien vuoksi. Toisena suurena haasteena oli tiedon paikkansapitävyys. Uuden ohjelman käyttäminen tuotti aluksi jonkin verran hankaluuksia, mutta yritys/erehdys-periaatteella työnteko alkoi sujua. Epävarmuutena koin sen, että en ollut varma siitä, osaanko tehdä työstä sellaisen kuin muut ovat sen ajatelleet olevan (näyttääkö työ selvältä muiden näkökulmasta)

Insinööri työ on rajattu koskemaan Vihdin kunnan kaikkia toimipisteitä. Ajallisesti kuvaustyö rajoittui muutamalle kuukaudelle kesällä 2010.

4.4 Työmenetelmät

Verkonkartoitukseen käytettiin menetelminä etähallintasovellusta, vanhoja dokumentaatioita ja toimipisteissä käyntejä. Etähallinnalla pystytään helposti tarkistamaan verkkolaitteiden porttien määritykset kuten VLAN:t. Etähallinnan avulla työ eteni ripeästi ja helposti, sillä sen avulla jokaisessa toimipisteessä ei tarvinnut itse käydä paikan päällä katsomassa, mitä laitteita siellä on ja miten laitteet on kytketty toisiinsa. Toinen pääasiallinen tapa oli käydä paikan päällä tutkimassa laitteet. Tällä tavalla pystyttiin olemaan täysin varmoja laitteiden kytkennöistä ja varmistamaan laitteiden mallit ja muut tiedot. Huonona puolena tässä oli se, että ajokilometrejä tuli aika paljon. Pääasiassa toimittiin niin, että tukipyynnön tullessa selvitettiin ennakkoon, mitä laitteita rakennuksessa on, ja jos ongelma vaati, että paikalla piti käydä tarkistamassa tilanne, saatiin myös helposti varmistettua laitteiden tiedot ja kytkennät. Vaikka vanhoissa dokumenteissa oli jonkin verran virheitä, pystyin monella varmistuksella todentamaan tietojen paikkansapitävyyden. Kysymällä työtoverilta verkkolaitteista saatiin ajantasaiset tiedot yleensä nopeasti.

4.5 Windows Visio

Insinööri työnsä tavoitteena on, että verkkolaitteet dokumentoidaan Microsoft Windows Visio -ohjelmalla. Windows Visio -ohjelmaan päädyttiin siksi, että ohjelma on ennestään tuttu muutamalle ihmiselle tietohallinnossa ja kunnalla on lisenssit ohjelmaan. Ohjelmaa on helppo käyttää, kun siihen on hetken aikaa tutustunut. Dokumentaatio

tallennetaan Vision tarjoamaan vsd-muotoon. Tiedosto julkaistaan myös HTML-muodossa. HTML-tiedoston voi esimerkiksi kopioida jokainen omalle koneelleen tai usb-muistitikulle. Tarkoituksena on, että helpdeskin työntekijät pääsevät tarvittaessa helposti tarkistamaan, mitä laitteita eri toimipaikoissa sijaitsee. Osaan laitteista voidaan muodostaa etäyhteys helposti Vision avulla. Näin voidaan testata, että yhteys ja laite toimivat kunnolla. Jokaiselle toimipisteelle on määritelty karttalinkki. Jokaisesta verkkolaitteesta kirjataan valmistajan nimi, malli, IP-osoite, mitkä portit vievät eteenpäin (esim. portin 26 johto menee toiseen rakennukseen), onko laitteessa kuituportteja tai kupariportteja, ovatko verkkolaitteet UPS:n takana, mitkä VLAN:t laitteesta löytyvät ja missä päin rakennusta laite sijaitsee.

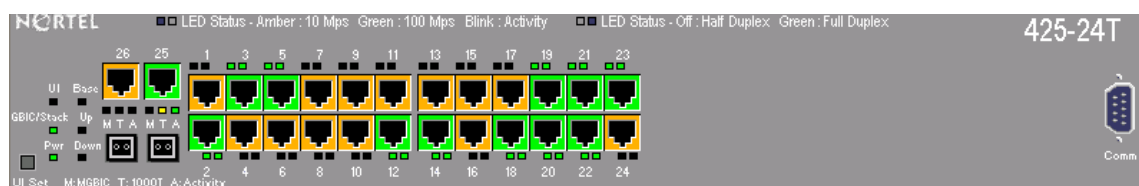
4.6 Enterprise Switch Manager

Etähallintaohjelma, jota käytin työssäni oli nimeltään Enterprise Switch Manager (ESM). ESM on Java-pohjainen ohjelma, joka toimii Windows- Linux- ja Sun Solaris/SunOS -käyttöjärjestelmissä. Ohjelmalla voidaan tutkia, hallita ja säädellä protokollia ja valvoa verkossa olevia älykkäitä Nortelin verkkolaitteita (kytkimiä, reitittäjiä ja wlan-tukiasemia) ja niiden fyysisiä linkkejä verkkotopologiassa. ESM kykenee myös tunnistamaan toisen valmistajan laitteita (mutta ei konfiguroimaan), jos kyseisissä laitteissa on 802.1ab-tuki.



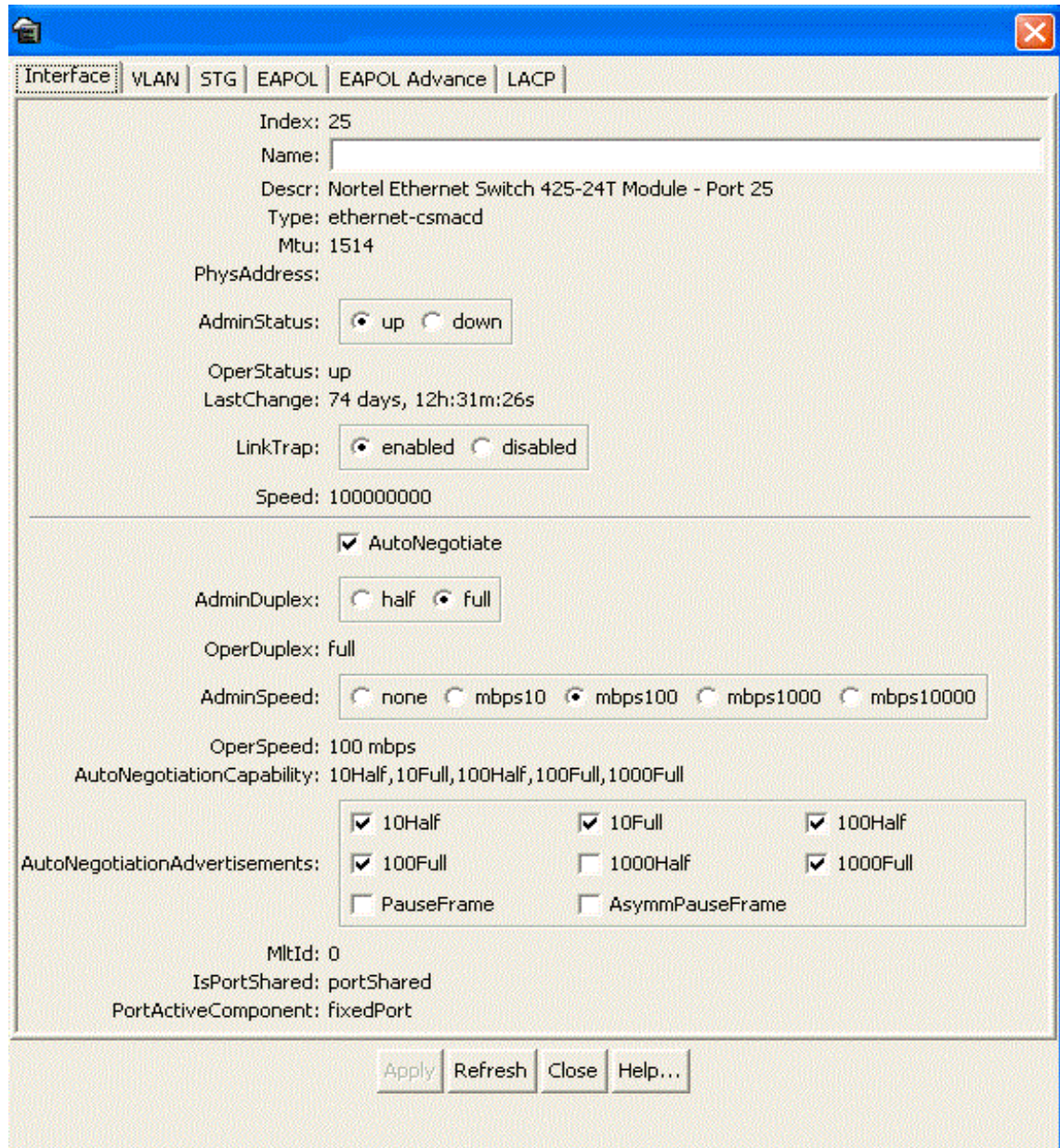
Kuva 9. ESM:n perusnäkyssä oleva laite

ESM:n perusnäkyssä, joka on esitetty kuvassa 9, nähdään hallittavat laitteet ja se, ovatko laitteet kiinni mahdollisesti toisessa hallittavassa laitteessa. Tässä näkyssä voidaan myös kertoa esimerkiksi, missä laite sijaitsee ja mikä on laitteen tarkka malli ja mahdollisesti sen ip-osoite.



Kuva 10. Kytkimen portit laitekohtaisessa näkyssä

Kuvassa 10 on avautuu perusnäkö, kun käyttäjä haluaa tarkastella laitetta tarkemmin. Näkymässä näkyy porttien määrä (jonka voi myös arvella laitteen nimestä), porttien aktiivisuus, porttien nopeus ja se, onko laitteessa mahdollisesti kuituportteja.



Kuva 11. Porttikohtainen näkö

Laitteen jokaisesta portista voidaan ottaa porttikohtainen näkö, jonka avulla voidaan tarkastaa tai muuttaa monia asetuksia muun muassa valita portin nopeusluokat ja määrittellä käytettävät VLAN:t. Esimerkki porttikohtaisesta näkymästä on esitetty kuvassa 11.

Basic Advanced Forwarding													
ID	Name	VLAN	Color Identifier	Type	StgId	PortMembers	ActiveMembers	StaticMembers	NotAllowToJoin	OspfPassiveMembers	ProtocolId	SubnetAddr	SubnetMask
1		2049	white	byPort	1	1/1,3/1-3/8,4/2-4/3	1/1,3/1-3/8,4/2-4/3				none	N/A	N/A
5		2050	yellow	byPort	1	1/18,1/46,2/1,3/1-3/8,4/1	1/18,1/46,2/1,3/1-3/8,4/1				none	N/A	N/A
20		2051	red	byPort	1	1/48,2/1,2/48,3/1-3/8,4/1	1/48,2/1,2/48,3/1-3/8,4/1				none	N/A	N/A
201		2052	red	byPort	1	1/1,3/3,4/1	1/1,3/3,4/1				none	N/A	N/A
287		2053	LightGrey	byPort	1	2/38-2/42,3/1-3/8,4/11-4/16	2/38-2/42,3/1-3/8,4/11-4/16				none	N/A	N/A
288		2054	red	byPort	1	2/1,3/1-3/8,4/1	2/1,3/1-3/8,4/1				none	N/A	N/A
289		2055	white	byPort	1	1/32,3/1-3/8	1/32,3/1-3/8				none	N/A	N/A
290		2056	red	byPort	1	1/19-1/31,1/33-1/45,1/47,2/1,2/5-2/16,3/1-3/8,4/1,4/4	1/19-1/31,1/33-1/45,1/47,2/1,2/5-2/16,3/1-3/8,4/1,4/4				none	N/A	N/A
291		2057	green	byPort	1	2/1,2/17-2/37,2/43,3/1-3/8,4/1,4/5-4/10	2/1,2/17-2/37,2/43,3/1-3/8,4/1,4/5-4/10				none	N/A	N/A
292		2058	blue	byPort	1	2/1,3/1-3/8,4/1	2/1,3/1-3/8,4/1				none	N/A	N/A
293		2059	orange	byPort	1	2/1,3/1-3/8,4/1	2/1,3/1-3/8,4/1				none	N/A	N/A
294		2060	orange	byPort	1	1/2-1/17,2/1,3/1-3/8,4/1	1/2-1/17,2/1,3/1-3/8,4/1				none	N/A	N/A
295		2061	magenta	byPort	1	2/1-2/4,2/45-2/47,3/1-3/8,4/1	2/1-2/4,2/45-2/47,3/1-3/8,4/1				none	N/A	N/A
296		2062	orange	byPort	1	2/1,3/1-3/8,4/1	2/1,3/1-3/8,4/1				none	N/A	N/A
297		2063	orange	byPort	1	2/1,3/1-3/8,4/1	2/1,3/1-3/8,4/1				none	N/A	N/A
298		2064	orange	byPort	1	2/1,3/1-3/8,4/1	2/1,3/1-3/8,4/1				none	N/A	N/A
299		2065	orange	byPort	1	2/1,3/1-3/8,4/1	2/1,3/1-3/8,4/1				none	N/A	N/A
800		2066	red	byPort	1	3/2-3/3,4/1	3/2-3/3,4/1				none	N/A	N/A
801		2067	green	byPort	1	3/2-3/3,4/1	3/2-3/3,4/1				none	N/A	N/A
802		2068	green	byPort	1	3/2-3/3,4/1	3/2-3/3,4/1				none	N/A	N/A

Kuva 12. Porttikohtaisen näkymän VLAN:t

Yksi porttikohtaisen näkymän vaihtoehtoista on VLAN:en listaus, jossa voi nähdä, mitkä eri VLAN:t on käytössä. VLAN:t näkyvät helposti luettavassa listassa ja niitä voidaan helposti muokata. Näkymää voidaan tarkastella kuvassa 12.

5 Dokumentaatio ja sen laatiminen

5.1 Dokumentaation lähtökohtia

Dokumentaation voidaan jakaa sisältöön, muotoon ja rakenteeseen. Dokumentaation sisältöön vaikuttavat asiasisältö ja tapa, jolla sitä halutaan esitellä. Muodolla tarkoitetaan tekstityppiä, kuvia ja värejä. Dokumentaation luonne esim. tekninen dokumentaatio vaikuttaa rakenteeseen. [23.]

Dokumentaation tarpeellisuudelle löytyy useita perusteluita: jatkuvuuden turvaaminen, kehittymisen mahdollisuus, ongelmien ratkaiseminen ja turvallisuudesta huolehtiminen. Organisaatio pyrkii jatkuvuudella turvaamaan tietotaidon vaikka yksi tai useampi henkilö lähtisi pois yrityksestä. [23.]

Dokumentaation kehittämisessä tarvitaan reaaliaikaista tietoa järjestelmän nykytilasta. Kehittämistä on hankala tehdä, jos ei ole käytettävissä reaaliaikaista tietoa. Tämä taas johtaa siihen, että suunnittelutyöstä tulee erittäin hankalaa tai mahdotonta. [23.]

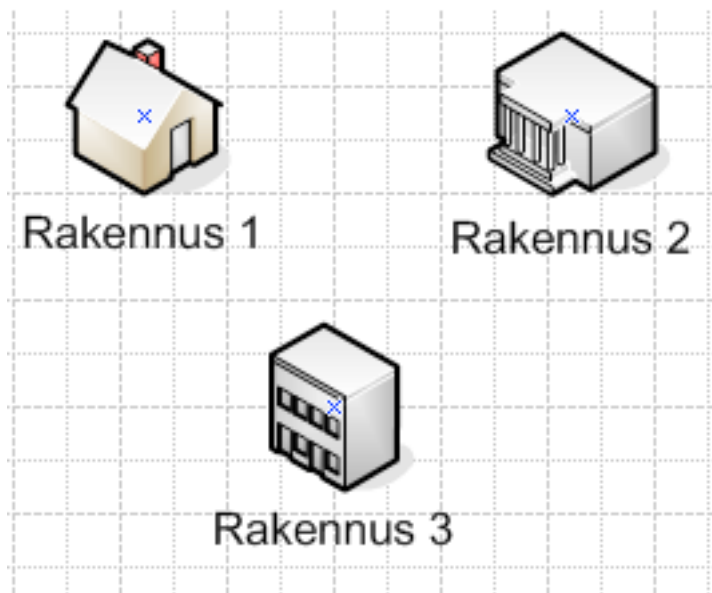
Turvallisuutta on tietojen tallentaminen ja niiden oikea (turvallinen) säilyttäminen [23.].

Ongelman ratkaiseminen helpottuu huomattavasti, jos dokumentointi on tehty hyvin ja

sitä pidetään ajan tasalla. Hyvin tehty dokumentointi säästää aikaa myös vian etsimisessä. Hyvin suunniteltu dokumentaatio voi olla organisaatiolle taloudellisesti hyödyksi. [23.]

5.2 Dokumentaation laatiminen

Tässä luvussa kerrotaan, miten dokumentaatiota on laadittu ja miten Visio-ohjelman ominaisuuksia on käytetty hyödyksi. Kuvilla havainnollistetaan keskeisimmät työvaiheet dokumentaation teosta.



Kuva 13. Erilaiset rakennukset

Kuvassa 13 näytetään eri rakennusmalleja, joita dokumentaation teossa on käytetty. Erityyppisiä rakennuksia voidaan havainnollistaa omilla muodoilla esimerkiksi kaikki koulut merkitään samanlaisella muodolla.



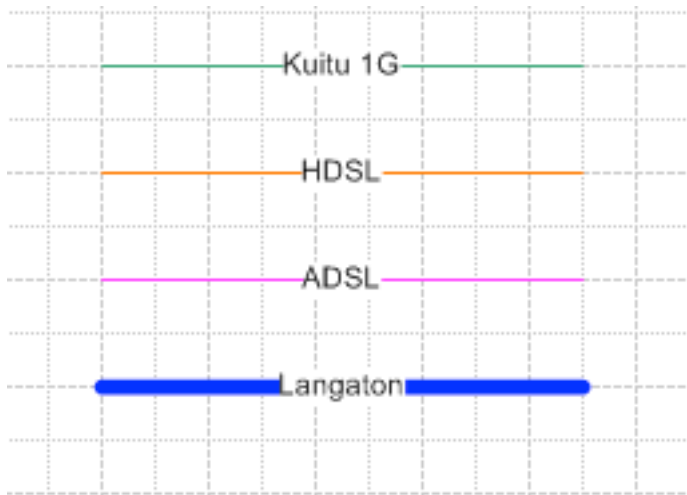
Kuva 14. Erilaiset verkkolaitteet

Kuvassa 14 esitellään dokumentaatioissa käytetyt kytkin- tai reititin- ja xdsl- tai reuna-
laitteet, joita toimipisteissä on.



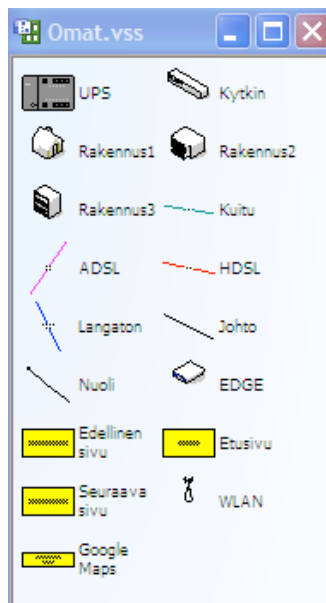
Kuva 15. UPS (varavirtalähde)

Kuvassa 15 on UPS, jota käytettiin dokumentaatioissa ilmaisemaan, jos verkkolaitteet on
kytketty UPS:iin. Mahdollisissa vikatilanteissa (joissa UPS on rikki) voidaan tarkistaa
malli ja viedä korvaava laite tilalle.



Kuva 16. Eri verkkoyhteydet

Erilaiset yhteysmuodot merkittiin toisistaan poikkeavilla viivoilla. Kuvassa 16 näytetään,
miten viivojen väreillä ja muodoilla voidaan esittää erilaisia verkkoyhteyksiä.



Kuva 17. Valitut mallit

Kuvassa 17 esitellään muodot, jotka voidaan lisätä toimipistekohtaisille sivuille. Nämä on tehty helpottamaan uusien sivujen luomista, sillä jos sivuja on paljon, on helpompaa valita tarvittava muoto ja kopioida se haluttuun paikkaan. Jokaisessa muodossa on kaikki tarvittavat kentät valmiina täyttöä varten.



Kuva 18. Google Maps -karttalinkki

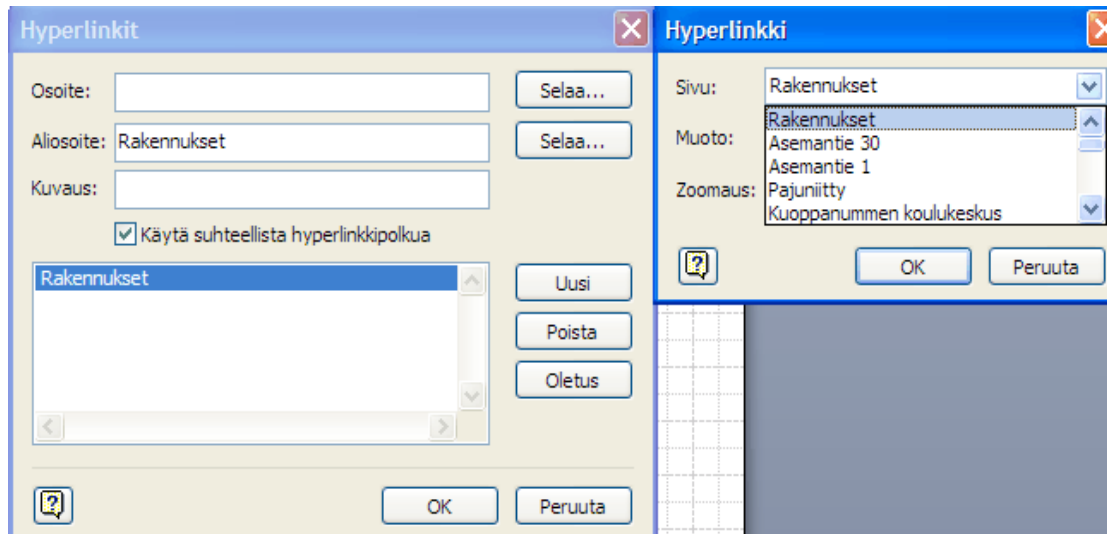
Jokaisen toimipisteen omalle sivulle laitetaan kuvan 18 kaltainen Google Maps -karttalinkki. Kartan avulla on mahdollista ennakkoon suunnitella reittiä korjauspisteestä toiseen tai näyttää rakennuksen sijainti henkilölle, joka ei ennen ole kyseisessä toimipisteessä käynyt.



Kuva 19. Sivujen alareunassa olevat valinnat

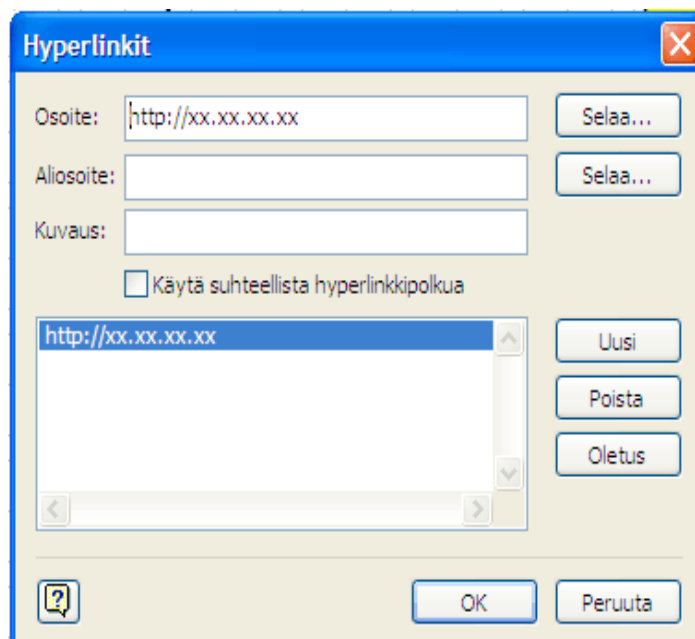
Kuvassa 19 esitetään jokaiselle sivulle laitettavat valinnat: edellinen sivu, etusivu ja

seuraava sivu. Valintojen (linkkien) tarkoitus on helpottaa liikkumista sivujen välillä. Valinnat laitetaan sivun alareunaan niin, etteivät ne ole tiellä ja ne löytyvät aina samasta paikasta jokaisella sivulla. Valintoihin laitetaan hyperlinkkien kautta alioisite.



Kuva 20. Hyperlinkin luominen

Kuvassa 20 on esimerkki jokaiselle rakennukselle ja sivulle laitettavasta hyperlinkistä. Linkki lisätään valitsemalla kohde (eli rakennus tai malli), johon linkki halutaan lisätä. Kohteen valinnan jälkeen ylärivistä löytyy Lisää-valikko ja sieltä valitaan hyperlinkit. Linkki luodaan tekemällä siitä alioisite. Painamalla Selaa-painiketta, tulee näkyviin uusi ikkuna, jossa on lista kaikista sivuista, jotka on luotu.



Kuva 21. Linkin luominen EDGE-laitteelle

Reunalaitteille luotiin myös omat hyperlinkit, kuten kuvasta 21 näkyy. Reunalaitteisiin pystyy muodostamaan etäyhteyden internet-selaimen avulla, kunhan tietää laitteen IP-osoitteen. Kirjoittamalla hyperlinkit-asetuksiin osoitteen kohdalle laitteen IP-numeron voi laitetta klikkaamalla muodostaa etäyhteyden.

Muodon tiedot

Kohteen numero:

Sarjanumero:

Sijainti:

Rakennus:

Huone:

Valmistaja:

Tuotenumero:

Osanumero:

Tuotteen kuvaus:

Verkkonimi:

IP-osoite:

Aliverkon peite:

Ylläpitoliittymä:

Porttien määrä:

MAC-osoite:

Yhteisötunnus:

Verkon kuvaus:

Portit:

Kuituportit:

(Huomautus: Lisäominaisuuksia ei näytetä)

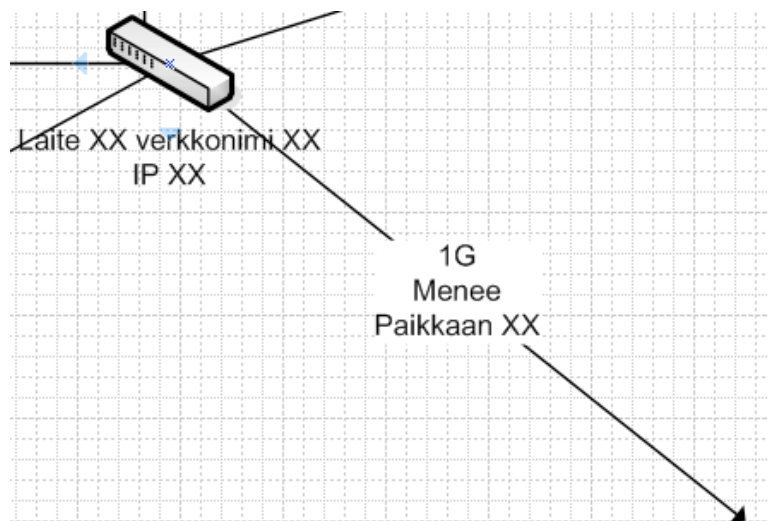
[Kehote](#)

Kuva 22. Muodon tietojen muokkaaminen

Kuvassa 22 näytetään, miten laitteelle pääsee lisäämään tietoja ja kenttiä napsauttamalla hiiren oikealla painikkeella laitetta ja valitsemalla muodon tiedot. Jokaisesta laitteesta merkitään muun muassa tiedot sijainnista, siitä missä rakennuksessa kyseinen laite on, laitteen valmistaja, verkkonimi ja IP-osoite. Jos laite on yhdistetty johonkin toiseen reitittimeen tai kytkimeen, myös niiden tiedot kirjataan muistiin. Kyseiset merkinnät on sijoitettu kohtaan Portit ja Kuituportit.

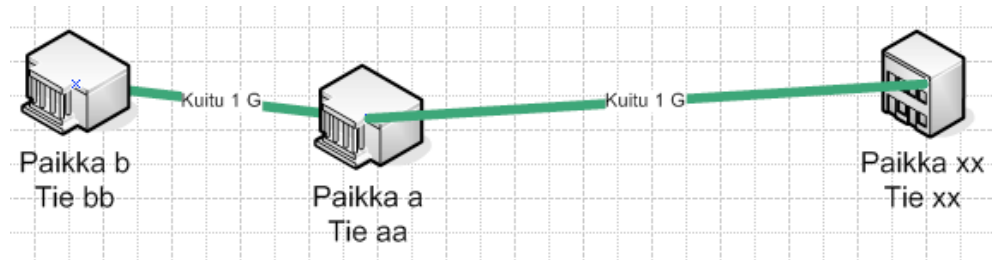
Kuva 23. Verkkoyhteyden tiedot

Verkkoyhteyksien tietojen lisääminen on esitetty kuvassa 23. Kuitujen ja muiden yhteyksien tiedot lisätään samalla tavalla kuin laitteiden tiedot. Jokaisesta kuidusta tai muusta yhteydestä merkittiin tiedot siitä, mitä tyyppiä johto on, operaattori ja sopimusnumero. Tiedot syöttämällä on helppoa ajaa raportti, jossa on koottuna kaikkien yhteyksien tiedot yhteen xml-taulukkoon.



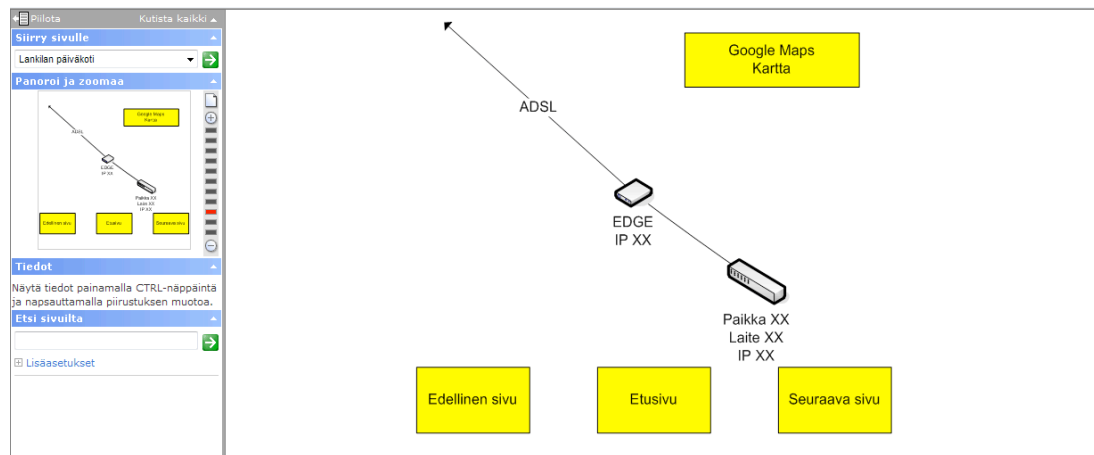
Kuva 24. Laitteiden yhteydet

Kuvassa 24 on esimerkki laitteesta ja sen mahdollisista yhteyksistä muihin laitteisiin. Viivoilla pyritään havainnollistamaan, mitkä laitteet ovat yhteydessä toisiinsa ja mistä laitteesta lähtee yhteys toiseen rakennukseen tai mihin laitteeseen tulee yhteys ulkoverkosta.



Kuva 25. Rakennuksien väliset yhteydet

Kuvassa 25 on yksi esimerkki siitä, miten rakennukset on yhdistetty toisiinsa. Rakennukset yhdistetään toisiinsa erivärisillä viivoilla, jotka kuvaavat erityyppisiä verkkoyhteyksiä. Kuituyhteydet on merkitty vihreällä värillä, HDSL-yhteydet oranssilla, langattomat sinisellä ja ADSL vaaleanpunaisella. Jokaisen rakennuksen omalla sivulla eli rakennuskohtaisella sivulla verkkoyhteydet on merkitty mustalla värillä, ja lisäksi on merkitty, millä nopeudella tai millä yhteysmuodolla verkko liittyy verkkolaitteisiin.



Kuva 26. Internet Explorerin näkymä

Kuvassa 26 on esitetty internet-selaimen näkymä yhdeltä sivulta. Vasemmassa reunassa on panoroi- ja zoomaa-toiminto, jonka avulla sivua voi suurentaa. Vasemmassa yläkulmassa on vaihtoehto, josta voi saada näkyviin luettelon sivujen nimistä ja jonka avulla voi siirtyä haluamalleen sivulle.

Tiedot	
Muodon nimi: Kytkin.1854	
Otsikko	Arvo
Kohteen numero	
Sarjanumero	
Sijainti	tietie
Rakennus	XX
Huone	
Valmistaja	XX
Tuotenumero	
Osanumero	
Tuotteen kuvaus	Malli XX
Verkkonimi	XX
IP-osoite	
Aliverkon peite	
Ylläpitoliittymä	
Porttien määrä	
MAC-osoite	
Yhteisötunnus	
Verkon kuvaus	

Kuva 27. Laitteen lisätiedot

Napsauttamalla laitetta ja samanaikaisesti painamalla ctrl-näppäintä sivupalkkiin tulee näkyviin laitteen tietokentät: verkkoyhteyksien nopeudet, hinnat, operaattorit ynnä muuta sellaista. Tiedot saadaan näkyviin samalla tavalla napsauttamalla verkkoyhteyttä kuvaavalla johdolla. Esimerkki laitteen lisätiedoista näkyy kuvassa 27.

Etsi sivuilta

[Lisäasetukset](#)

Etsi tuloksista: **Laite XX**

- [1G Menee Paikkaan XX](#)
- [Laite XX verkkonimi XX IP XX](#)

Kuva 28. Etsi-toiminto

Sivupalkissa olevasta hausta voi etsiä tietoa laitteista. Kuvassa 28 on esimerkki tietyn laitteen hakemisesta.



Kuva 29 sivupalkin sivuluettelo

Kuvassa 29 on esitetty sivuluettelo, jonka kautta on helpompi navigoida eri sivujen välillä. Sivupalkissa olevan luettelon sivujärjestys muodostuu siihen järjestykseen, jossa sivut on luotu.

6 Kehitysideoita

Vihdin kunnan tietoliikenneverkko on arvioiden mukaan hyvässä kunnossa. Runkoverkko on hyvä, ja suurimmat keskittymät ovat kuituyhteyksien päässä. Osa käytetyistä kuiduista on omia mutta osa on vuokrattu. Useat etäpisteet ovat pitkien etäisyyksien takana. Operaattoreilla ei valitettavasti ole kiinnostusta ja taloudellisesti hyötyä tarjota nopeampia yhteyksiä näihin toimipisteisiin. Tästä aiheutuu ongelmia joillekin sovelluksille, jotka tarvitsevat nopeaa verkkoyhteyttä toimiakseen hyvin. Tavoitteena on, että kaikki kuituverkot olisivat omia. Osa runkoverkosta on toteutettu langattomasti ja käytetyt ratkaisut ovat toimivia. Joihinkin kunnan toimipisteisiin menee kuparijohto. Kunnalla ei ole ollut mitään suuria ongelmia kupariyhteyksien kanssa tosin mitä pitempiä kuparijohdot ovat, sitä hitaammin verkko toimii. Toimipisteissä, joissa on käytössä adsl-yhteys, käytetään VPN-ratkaisua, vaikka se onkin työlästä.

6.1 Tietoliikenneverkon kehitysideat

Tietoliikenneverkon toimintaa pystyisi tehostamaan rakentamalla kuituyhteyden jokaiseen toimipisteeseen. Tämä ratkaisu ei ole kuitenkaan mikään halpa vaihtoehto. Kuidun hinnan osuus on pieni verrattuna kokonaiskustannuksiin. Maan kaivamisen tilalle voitaisiin myös harkita kuidun vetämistä järven pohjaa pitkin. Yhteys Vihdin

kirkonkylän ja Nummelan välille järven kautta voisi olla taloudellisesti kannattavaa, ja vesistöä pitkin matka olisi lyhyempi kuin kuidun kaivaminen peltoja ja tienvarsia pitkin.

Laitekannan (kytkimien ja reitittimien) uusiminen toisi tietoliikenneverkkoon nopeutta, parantaisi vikasietoisuutta, käytettävyyttä ja tietoturvallisuutta.

Jotkin sovellukset (palvelut) vaativat nopean ja laadukkaan yhteyden toimiakseen hyvin. Varayhteydet keskeisten toimipisteiden välillä parantaisivat vikasietoisuutta ja mahdollisissa yhteyskatkoksissa pääsy tarvittaviin palveluihin voitaisiin tarjota varayhteyksien kautta. Vikatilanteissa kannattaa harkita myös mobiilidatayhteyksien käyttöä. Tällä hetkellä liikkuvaa työtä tekevillä kunnan työntekijöillä on käytössään mobiilidatayhteydet.

Vikatilanteissa tarvitaan selkeämpää yhteistyötä operaattorin kanssa. Vian selvittäminen ja uuden yhteyden tilaaminenkin voi joskus kestää kohtuuttoman pitkään. Käytännössä esimerkiksi operaattori voi vuokrata kuparia toiselta operaattorilta ja vikatilanteen sattuessa operaattorit voivat siirtää vastuuta toiselle eikä asiakkaan suuntaan löydy kaikissa tapauksissa selvää vastuutahoa.

6.2 Dokumentaation kehitysideoita

Dokumentaation tulokset esiteltiin koko tietohallinnon ryhmälle ja lyhyen esittelyn jälkeen sain positiivista palautetta kuvaustyöstä sekä muutamia kehitysehdotuksia. Vihdin kunnalla on paljon toimipisteitä ympäri Vihtiä. Dokumentaatio saattaa asiaan perehtymättömän näkökulmasta näyttää hiukan sekavalta, mikäli ei ennestään tiedä, miten toimipisteet on kytketty toisiinsa. Toimipisteet on listattu näytön sivupalkkiin, josta ne voidaan löytää. Toimipisteiden listaus näyttää toimipisteet siinä järjestyksessä kuin ne on lisätty työhön, eikä esimerkiksi aakkosjärjestyksessä. Järjestys voidaan käytännössä muuttaa vaihtamalla Visiossa sivujen järjestystä ja tämän jälkeen muuntamalla tiedosto uudestaan html-muotoon.

Dokumentaatiosta saa tarvittaessa erilaisia raportteja. Dokumentaation yleiskuvaa voi käyttää kehityssuunnitteluun. Verkkoyhteyksien värikoodit ovat selkeästi toisistaan erottuvia. Kaikki toimipisteet ja toimipisteiden laitteet ovat nyt yhdessä dokumentaatiossa eikä laitteiden tietoja tarvitse enää etsiä useista eri dokumenteista.

Tietoa on helpompi jakaa toisille.

Dokumentaatiota voi olla vaikea käyttää, jos käyttäjä ei tiedä kaikkia ominaisuuksia, joita siihen sisältyy. Vaikka käyttäjä pääsee helposti toimipisteen omalle sivulle, voi olla, ettei hän tiedä, miten laitteista saa lisätietoa näkyviin. Sama ongelma voi tulla esiin myös pääsivulla, jossa on näkyvillä kaikki toimipisteet. Toimipisteet on yhdistetty toisiinsa verkkoyhteyksillä, joista saa lisätietoa samalla tavalla kuin itse laitteista. Lisätietoja voi olla vaikea havaita, koska ne ovat sivun vasemmassa alalaidassa. Epäkohdan voi korjata toimipistekohtaisille sivuille tehtävillä muutoksilla. Jokaisen laitteen viereen voidaan tehdä tietokenttä, jossa on näkyvillä kaikki tarpeellinen tieto laitteesta.

Dokumentaatiossa on myös toinen verkkoyhteyksiin liittyvä ongelma. Yhteyksien välinen viiva on erittäin ohut ja eteen saattaa tulla hankaluuksia, jos käyttäjä haluaa lisätietoja verkkoyhteyksistä. Mikäli napsautus ei osu tarkalleen viivan kohdalle, lisätietokentässä näkyy edellisen yhteyden tiedot. Käyttäjä ei välttämättä huomaa tätä, vaan luulee katsovansa uusia tietoja. Yksi ratkaisu tähän ongelmaan voi olla se, että viivojen paksuutta lisätään.

Dokumentaation html-versio toimii täydellisesti vain Internet Explorer -selaimella. Muilla selaimilla kaikki ominaisuudet eivät ole käytettävissä, eivätkä kaikki tiedot välttämättä näy. Google Maps -linkkiä klikatessa IE (Internet Explorer) ei avaa uutta välilehteä (tai uutta sivua) vaan siirtyy dokumentaatiosta suoraan Google Maps -palveluun. Tämän voi korjata.

Pääsivulle luodaan html-linkki, josta päästään raporttiin, jossa ovat operaattoriyhteyksien hinnat. Raportissa olisi aina päivitetty hinnat, ja ne olisi helposti tulostettavissa taulukkomuodossa.

Yksi iso kehitysehdotus on toimipisteiden liittäminen karttapohjalle, jossa olisi koko Vihdin kunta. Tämän avulla olisi mahdollista nähdä silmämääräisesti, missä päin Vihtiä tietty toimipiste sijaitsee. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin kunnan alueen laajuus. Toimipisteet eivät sijaitse keskitetysti tietyllä alueella, vaan ympäri Vihtiä. Kartan skaalaus järkevään kokoon on mahdotonta.

Etusivulle olisi hyvä laittaa muutospäiväkirja, josta näkee viimeisimmät muutokset, jotka työhön on tehty. Dokumentaatioissa pidetään varalla tallessa yksi tai useampi vanhempi versio. Dokumentaatioon lisätään yksi sivu, joka varataan operaattoreiden ja yhteistyökumppaneiden tiedoille. Sivulle laitetaan puhelinnumerot, ilmoitukset, kopiot korjauspyynnöistä, VPN-yhteyksien tiedot ja IP-numerot.

Verkkoyhteyksien johdot pitää dokumentaatioissa piirtää erilaisiksi. Tällä hetkellä kaikki johdot ovat erivärisiä, mutta samaa mallia. Muutoksella haetaan sitä, että jokainen yhteysmuoto on johdon ulkonäöltä erilainen ja samalla helpotetaan inventaarion tekemistä eri yhteystyypeistä (kuitu, hdsl, adsl ynnä muuta sellaista.).

7 Jatkotoimenpiteet

Tietoliikenneverkon dokumentoinnin valmistumisen jälkeen on tärkeää kiinnittää huomiota kuvauksen käyttöönottamiseen ja sen asianmukaiseen ylläpitoon. Vihdin kunnan tietohallinnon henkilöstöstä vain osa on aikaisemmin tutustunut Visio-ohjelman ominaisuuksiin ja sen käyttämiseen.

Kehitysideoissa tuotiin esiin tarve laajentaa seudullisen yhteistyön lisääntyessä tietoliikenneverkon kuvaaminen Vihdin lisäksi myös Karkkilan kaupungin ja Nummi-Pusulan kunnan alueelle. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tietoliikenneverkko on aikaisempaa laajempi, käyttäjien määrä suurempi, haasteet monipuolistuvat, käyttöpalvelut yleistyvät ja verkon toimintavarmuuden turvaaminen on entistä tärkeämpää. Lisäksi dokumentaation hyödyntäjien määrä on kuntayhtymä Puhdin myötä suurempi kuin lähtötilanteessa.

Dokumentaation käyttäjät ja ylläpitäjät

Kuvauksen täysimittaisen hyödyntämisen ja asianmukaisen ylläpitämisen vuoksi tulisi tietohallinnossa sopia, ketkä henkilöt toimivat käyttäjien roolissa ja ketkä huolehtivat ylläpitäjän roolissa dokumentaation tietojen pitämisestä ajan tasalla. Ylläpitäjän roolissa pitäisi toimia vähintään kaksi henkilöä eli varsinainen pääkäyttäjä ja hänen sijaisensa. Suotavaa kuitenkin olisi, että henkilöitä olisi enemmän varsinkin, kun kuntayhtymän toiminta-alue on laaja ja laitekanta kehittyy koko ajan. Lisäksi on huomattava, että tietohallinnon henkilöstön paikallistuntemusta ei ehkä jatkossa pystytä kaikissa tilanteissa hyödyntämään, vaan esimerkiksi Karkkilassa toimineet asiantuntijat joutuvat

huolehtimaan myös Vihdin puolella tapahtuvista toimeksiannoista tai toisin päin.

Dokumentaation tietojen päivittäminen

Tietohallinnossa olisi hyvä sopia, kuinka usein ja missä tilanteissa dokumentaatiota päivitetään. Kiireessä dokumentaation ylläpitäminen saattaa helposti jäädä muiden töiden jalkoihin ja asianmukaisten päivitysten puuttuessa dokumentaation luotettavuus työvälineenä kärsii. Helpointa olisi liittää päivitystyö johonkin olemassa olevaan prosessiin esimerkiksi uuden laitteen hankintaprosessiin tai laitteen asennusprosessiin. Päivitystyötä tehtäessä on tärkeää muistaa tarkistaa ja mahdollisesti korjata seuraavat tiedot:

- sijainti
- rakennus
- valmistaja
- tuotteen kuvaus
- ip-numero
- verkkonimi
- kuituportit.

Tietohallinnon henkilöstön osaaminen

Valmiin kuvauksen hyödyntäjiltä ja toisaalta ylläpitäjiltä vaaditaan erilaista osaamista. Peruskäyttäjien osalta riittää, että he tuntevat dokumentaation sisällön ja osaavat hyödyntää sitä työssään. Ylläpitäjiltä puolestaan edellytetään Visio-ohjelman syvällisempää tuntemusta. Käyttöönoton onnistumisen vuoksi onkin tärkeää järjestää tietohallinnon nykyhenkilöstölle Vision käyttökoulutusta.

Koulutus voitaisiin toteuttaa esimerkiksi puolen päivän pituisena tilaisuutena, jossa alku olisi yhteistä koko tietohallinnon henkilöstölle ja siinä keskityttäisiin käyttäjän rooliin liittyviin asioihin. Tämän jälkeen dokumentaation ylläpitäjien kanssa käydään läpi rooliin liittyvät tehtävät.

Koulutuksen tavoitteena on, että koulutuksen jälkeen dokumentaation käyttäjät tuntevat dokumentaation toimintaperiaatteet ja Visio-ohjelman perusteet. Tavoitteena on myös, että dokumentaation ylläpitäjät osaavat käyttää Visio-ohjelmaa sujuvasti ja

tehdä dokumentaatioon tarvittavat päivitykset ja laatia tarvittaessa siihen uusia osia. Koulutuksen osa-alueita voisivat olla muun muassa:

- dokumentaation yleiskuva ja toimintaperiaatteet
- visio-ohjelman perusteita
- laitteen tai rakennuksen lisääminen dokumentaatioon
- laitteen tai verkkoyhteyden tietojen lisääminen dokumentaatioon
- raportin luominen tai päivittäminen
- uuden sivun luominen
- hyperlinkkien luominen
- uuden muodon luominen.

Tietohallinnon henkilöstön perehdyttäminen

Nykyhenkilöstön kouluttamisen lisäksi on tärkeää varautua siihen, että myös tietohallintoon tulevien uusien henkilöiden osaaminen varmistetaan tietoliikenneverkon dokumentoinnin osalta. Visio-ohjelmaan ja dokumentaatioon liittyvä osuus olisi hyvä liittää perehdyttämisprosessiin ja mahdollisiin henkilökohtaisiin perehdyttämissuunnitelmiin. Perehdyttämisessä voidaan tarvittaessa hyödyntää koulutuksessa käytettäviä materiaaleja. Visio-ohjelman oppiminen tapahtuu parhaiten itse tekemällä kuten monien muidenkin tietoteknisten ohjelmien.

8 Yhteenveto

Insinööriyön suunnitteluvaiheessa pohdittiin dokumentointiin liittyviä riskejä. Yksi keskeisimmistä riskeistä oli tiedon määrä. Oman arvioni mukaan laaditusta dokumentaatiosta löytyy todella paljon tietoa. Vaikka tietoa on paljon, se on jäsennelty käyttäjän kannalta helppolukaiseksi (tieto löytyy helposti). Kehitysideoiden toteuttamisen jälkeen tarvittavaa tietoa saa vielä helpommin esille. Yleisnäkymä (liite 1) auttaa hahmottamaan kokonaisuutta.

Työn haasteena oli ajan rajallisuus, koska sopimuksen mukaan suurin osa kuvaustyöstä piti tehdä parin kuukauden aikana. Käytännössä varattu aika ei ollut riittävä, vaan kuvaustyötä piti tehdä myös työpaikan ulkopuolella. Työpaikalla kuvaustyö keskeytyi usein muiden tehtävien vuoksi. Työn aikana Windows Visio -ohjelma osoittautui

helppokäyttöiseksi työkaluksi. Työpaikalla tukihenkilöt antoivat pitkin matkaa palautetta kuvaustyöstä ja samalla varmistettiin, että asiakkaan odotukset tulevat huomioiduksi.

Insinöörityön kannalta alueen rajaus oli onnistunut. Koska Puhti tarjoaa palveluitaan kolmelle kunnalle, olisi ollut tarkoituksenmukaista tehdä kuvaustyö kaikkien osalta mutta omalta kannaltani oli helpompaa keskittyä yhden kunnan tietoliikenneverkon kuvaamiseen. Jatkotyönä kuitenkin sovimme, että teen samanlaisen kuvauksen Karkkilan kaupungin ja Nummi-Pusulan kunnan tietoliikenneverkoista sekä kokonaiskuvan kuntien välisestä verkosta.

Työmenetelmien osalta pysyttiin ennakkosuunnitelmissa. Ohjelmat, joita työhön voidaan käyttää, voivat muuttua mutta kuvauksessa tarvittavien tietojen hankintatavat ovat samoja. Työssä käytettyjä menetelmiä ja saatuja kokemuksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa.

Lähteet

- 1 Perusturvakuntayhtymä Karviainen. 2010. Verkkodokumentti. Karviainen
<<http://www.karviainen.fi/>>. Luettu 7.10.2010.
- 2 Vihdin Kunta. 2010. Verkkodokumentti. Vihdin kunta
<http://www.vihti.fi/kuntaesittely/perustietoja_kunnasta>. Luettu 5.10.2010.
- 3 Puhti. 2010. Verkkodokumentti. Puhti. Puhdin intranet. Luettu 10.8.2010.
- 4 OSI-malli. 2010. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<<http://fi.wikipedia.org/wiki/OSI-malli>>. Luettu 9.11.2010.
- 5 OSI-model. 2010. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/OSI_model>. Luettu 8.11.2010.
- 6 Network Layer. 2010. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Network_Layer>. Luettu 8.11.2010.
- 7 Transport Layer. 2010. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Transport_Layer>. Luettu 8.11.2010.
- 8 Session Layer. 2010. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Session_Layer>. Luettu 8.11.2010.
- 9 Internet Protocol Suite. 2010. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Internet_Protocol_Suite>. Luettu 8.11.2010.
- 10 TCP/IP-viitemalli. 2010. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<<http://en.wikipedia.org/wiki/TCP/IP-viitemalli>>. Luettu 6.9.2010.
- 11 Anttalainen, Tarmo. 2003. Introduction to telecommunications network engineering. Artech House.
- 12 Hakala, Mika. & Vainio, Mika. 2005. Tietoverkon rakentaminen. Jyväskylä: Docendo.
- 13 Granlund, Kaj. 2007. Tietoliikenne. Porvoo: WSOY.
- 14 Cisco verkkoakatemia ensimmäinen vuosi. Helsinki: Edita Publishing.
- 15 Orava, Sami. 2000. SNMP:N hallintatietokantojen sisältämä palvelunlaatumietä IP- ja ATM-verkoissa. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu
- 16 Hautaniemi, Mika. 1994. TKK/atk-keskuksen TCP/IP-verkon valvonta ja hallinta. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu.
- 17 Jurvainen, Lauri. 2008. Tietoverkon valvonta SNMP-protokollan avulla. Insinööriyö. Stadia Helsingin ammattikorkeakoulu.
- 18 Sillanpää, Markus. 2009. Verkkosovellusten laadun mittauspalvelun tuotteistaminen. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu.
- 19 Lummevaara, Vesa. 2008. SNMP V3 Verkohallinta ja CiscoWorks. Insinööriyö.

Satakunnan ammattikorkeakoulu.

- 20 Puska, Matti. 2010. Network Management Systems. Luentomateriaali.
- 21 Kautto, Mikko. 2009. Palvelutasosopimukset ja WSLA. Seminaarityö. Helsingin yliopisto.
- 22 Sannikka, Mikko. 2009. Palvelun laatu langattomissa lähiverkoissa. Insinööriyö. Teknillinen korkeakoulu.
- 23 Pasanen, Kari. 2002. Turun ammattikorkeakoulun aktiivilaitteiden dokumentointi. Insinööriyö. Turun ammattikorkeakoulu.
- 24 Stallings, William. 1999. SNMP, SNMPv2, SNMPv3 and RMON 1 and 2 Third Edition. Addison Wesley.

Liitteet

Liite 1: kuva dokumentaatiosta

