

Hannu Tenhunen

SAN (Storage Area Network) -levyjärjestelmän käyttöönoton mallinnus

Opinnäytetyö  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto  
Teknologiaosaamisen johtaminen  
Kevät 2008



**Kajaanin  
ammattikorkeakoulu**

## OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Tekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto. Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma
Tekijä(t) Hannu Tenhunen	
Työn nimi SAN (Storage Area Network) -levyjärjestelmän käyttöönoton mallinnus	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot	Ohjaaja(t) Jukka Heino, Eero Pikkarainen ja Jorma Väänänen
	Toimeksiantaja Iisalmen kaupunki
Aika Kevät 2008	Sivumäärä ja liitteet 51 + 4
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Iisalmen kaupungin atk-osaston toimeksiannosta. Tarkoituksena oli tutkia millaisia tallennusjärjestelmiä on olemassa ja miten tallennuskapasiteetti saadaan tehokkaaseen käyttöön. Missä tapauksessa uuden palvelimen liittäminen SAN -levyjärjestelmään on järkevää ja miten palvelimen levyt kannattaa asentaa. Tarkoituksena oli myös luoda uusi käytäntö / malli uuden palvelimen käyttöönottoon ja sen liittämiseen SAN -levyjärjestelmään.</p> <p>Tavoitteena oli tehostaa ja yksinkertaistaa levyjärjestelmän hallinnointia ja ylläpitoa luomalla uusi käytäntö palvelimen käyttöönottoon ja sen liittämiseen SAN -levyjärjestelmään. Parantaa levytilan käyttöä ja saada tallennuskapasiteetti tehokkaaseen käyttöön sekä helposti laajennettavaksi.</p> <p>Työn teoreettisessa osassa käsiteltiin tallennukseen, palvelimiin, verkkoon liittyviä käsitteitä ja levytallennusjärjestelmiä. Lisäksi selvitettiin virtualisointia.</p> <p>Työn kokeellisessa osassa toteutettiin palvelimen asennus ja mallinnus palvelimen määrittelystä SAN -järjestelmään. Lisäksi työ tuotti organisaatiolle hyödyllistä dokumentaatiota palvelimen asennuksen eri vaiheista ja lisäsi organisaation osaamista.</p> <p>Tutkimustulosten perusteella saatiin luotua Iisalmen kaupungin atk-osastolle toimintamalli joka sisältää palvelimen käyttöönoton ja sen liittämisen SAN -levyjärjestelmään. Parannettiin levytilan käyttöä ja saatiin tallennuskapasiteetti tehokkaaseen käyttöön sekä helposti laajennettavaksi.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	SAN, RAID, Tallennusverkko, tallennus, levyjärjestelmä, toimintamalli
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School Engineering	Degree Programme Master's Degree for Technology Competence Management
Author(s) Hannu Tenhunen	
Title Modelling the Commissioning of the SAN (Storage Area Network) Disk System.	
Optional Professional Studies	Instructor(s) Jukka Heino, Eero Pikkarainen, Jorma Väänänen
	Commissioned by The City of Iisalmi
Date May 2008	Total Number of Pages and Appendices 51 + 4
<p>This thesis was compiled on commission by the IT department of the City of Iisalmi. The purpose was to investigate which kinds of storage systems are available and how the storage capacity can be used efficiently, in addition to determining in which case it is advisable to connect a new server to a SAN system and how the server drives should be installed. The purpose was also to create a new procedure/model for the commissioning of a new server and for connecting it to the SAN system.</p> <p>The objective was to streamline and simplify the administration and maintenance of the disk system by creating a new procedure for commissioning a server and connecting it to the SAN system. Furthermore, the objective was to improve the use of disk space and make efficient use of the storage capacity, in addition to making it easily expandable.</p> <p>The theoretical section involved the concepts related to data storage, servers and networks as well as disk storage systems. Virtualisation was also examined.</p> <p>The experimental part of the work included the installation of a server and a modelling of the definition of the server into the SAN system. In addition, the work yielded useful material for the organisation concerning the various phases of server installation and increased the level of know-how in the organisation.</p> <p>Based on the research results, an operational model was created for the IT department of the City of Iisalmi, including server commissioning and the connecting of the server to the SAN system. The use of disk space was improved and storage capacity put into efficient use, in addition to making it easily expandable..</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	SAN, RAID, Storage Area Network, store, disk storage system, standart of activity
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
1.1 Miksi työ on tehty	1
1.2 Lähtötilanteen kuvaus	1
1.3 Nykyisen järjestelmän puutteet	3
2 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	4
2.1 Tavoite	4
2.2 Ongelma	4
2.3 Tutkimuksen rajaus	4
3 TYÖN TEOREETTINEN VIIITEKEHYS	6
3.1 Keskeiset käsitteet	6
3.1.1 IBM FAStT500 levypalvelin	6
3.1.2 IBM 300G NAS Gateway	7
3.1.3 IBM 3583 LTO nauhakirjasto	8
3.1.4 Tivoli Storage Manager (TSM) ohjelmisto	8
3.1.5 Korttipalvelinkehikko IBM Blade Chassis	9
3.1.6 Blade palvelin	10
3.1.7 Nortel Networks 6-porttinen L2/3 Kupari Gigabit Ethernet-kytkin	10
3.1.8 QLogic(R) 20-Porttinen 2/4 Gbit/s Fibre Channel kytkin	11
3.1.9 DS4300 levyjärjestelmä	11
3.2 Kirjallisuus	12
3.2.1 RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks)	12
3.2.2 Lähiverkko	20
3.2.3 Lähiverkkotopologiat	21
3.2.4 Kytkin	24
3.2.5 SAN - Storage Area Network	25
3.2.6 SAN -Kuitukanava (Fiber Channel)	26
3.2.7 Kuitukanavatopologiat	27
3.2.8 Kuitukanavakytkin	28
3.2.9 SAN -levyjärjestelmä	29
3.2.10 SAN -infrastruktuuri	29
3.2.11 SAN -avoin ratkaisu	30

3.2.12 IBM Storage virtualisointiratkaisu	33
3.2.13 IBM TotalStorage SAN Volume Controller (SVC)	35
3.2.14 HP StorageWorks Enterprise Virtual Array/EVA	35
3.2.15 EVA vs. SVC	36
3.2.16 HP:lla EVA, IBM:llä SVC	37
3.2.17 Virtualisointi, konsolidointi, yksinkertaistaminen ja provisointi	38
3.2.18 Tallennustekniikan kehitys jatkuu	41
4 TUTKIMUKSEN TEKEMINEN	43
5 TULOKSET	44
5.1 Millainen järjestelmän tulee olla	44
5.2 Toiminnalliset tulokset	45
5.3 Järjestelmän kuvaus levyjärjestelmälaajennuksen jälkeen	47
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	49
LÄHTEET	50
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Miksi työ on tehty

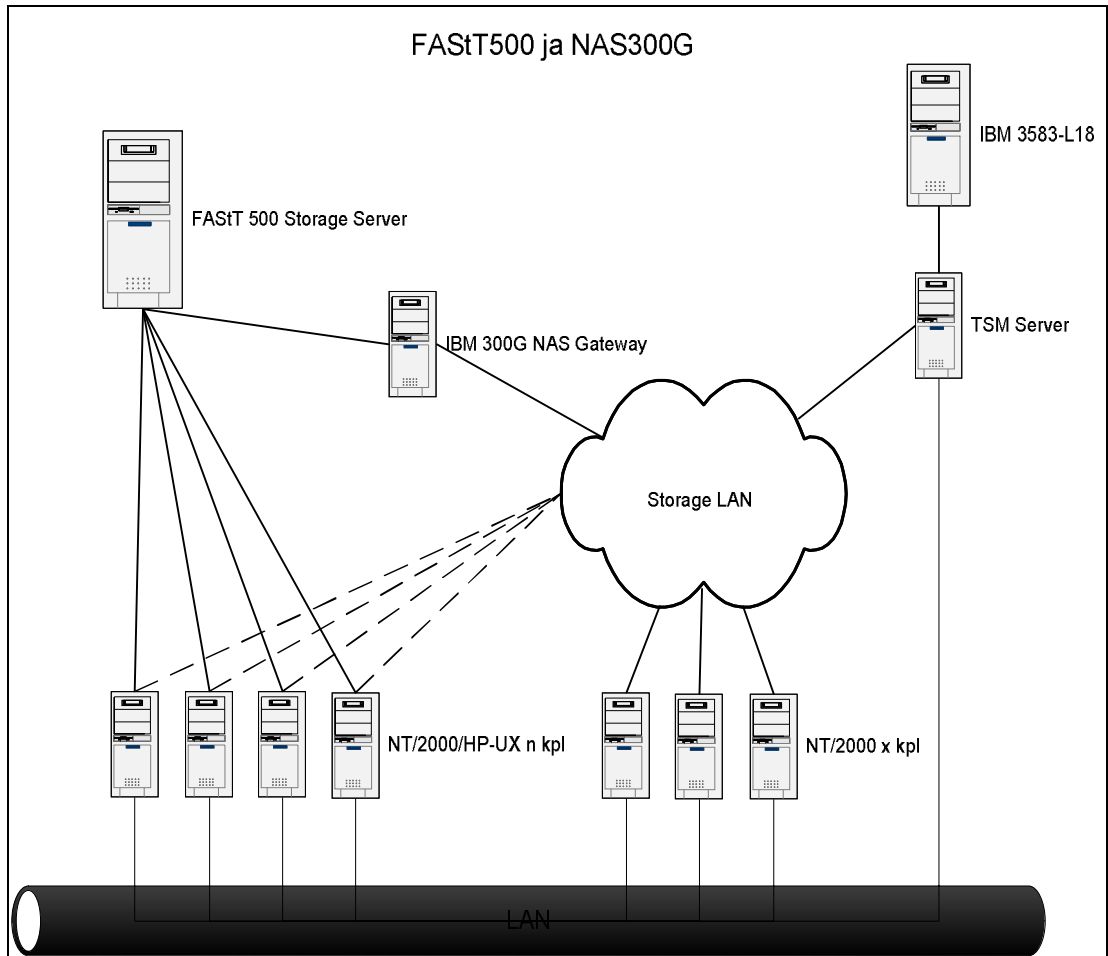
Nykyinen levyjärjestelmä on vanhentunut ja on uudistamisen tarpeessa. Käytössä on yli 50 palvelinta ja lähes jokaisessa palvelimessa on käytössä omat levyt. Tallennuskapasiteettia ei ole aina käytettävissä siellä missä sitä tarvitaan. Tarkoituksena on tutkia millaisia tallennusjärjestelmiä on olemassa ja miten tallennuskapasiteetti saadaan tehokkaaseen käyttöön. Missä tapauksessa uuden palvelimen liittäminen SAN -levyjärjestelmään on järkevää ja kannattaako palvelimien systeemilevyt asentaa SAN -levyjärjestelmään vai jokaiseen palvelimeen oma systeemilevy. Miten datalevyjen asennus kannattaa tehdä. Miten SAN -järjestelmässä tehdään palvelimen vaihto ja SAN -levyalueen siirto uudelle palvelimelle. Miten SAN -järjestelmässä hallitaan levyä dynaamisesti. Miten yhdistetään eri laitevalmistajien SAN -ratkaisut.

Kehittämistehtävän tarkoituksena on luoda lisälmen kaupungin atk-osastolle uusi käytäntö / malli. Uusi käytäntö / malli sisältää uuden palvelimen käyttöönoton ja sen liittämisen SAN -levyjärjestelmään. Kehittämistehtävän aikana syntyy useita erilaisia dokumentteja.

### 1.2 Lähtötilanteen kuvaus

Lähtötilanteessa (Kuva 1) käytössä on noin 50 palvelinta ja lähes jokaisessa on käytössä omat levyt. Osa palvelimista käyttää vuonna 2002 hankittua levyjärjestelmää. Palvelimissa on yleensä systeemilevyt ja tarvittava määrä datalevyjä. Systeemilevyt on peilattu RAID 1 ja datalevyt yleensä 3 - 6 levyn RAID 5.

Levyjärjestelmänä on IBM FASTT500 levypalvelin (Kuva 2) sekä varmistuslaitteena on IBM 3585-L18 LTO nauhakirjasto (Kuva 4) kahdella LTO nauha-aseella. Lähtötilanteen laiteluettelo kokoonpanosta on liitteessä 1.



Kuva 1. Järjestelmän lähtötilanteen kuvaus

Järjestelmässä 6 kpl palvelimia on liitetty FC-kaapelilla FAST levypalvelimeen. Levypalvelin on varustettu 10 kpl 73 Gt kiintolevyjä (nettokapasiteetti n. 660 Gt / RAID 5). Palvelimet on liitetty Point-to-Point periaatteella levyjärjestelmään. Järjestelmään liitetyille palvelimille on jaettu loogiset levyosiot IBM FAST Storage Manager-ohjelmistolla.

Osa palvelimista on liitetty levypalvelimeen IBM 300G NAS Gatewayn (Kuva 3) kautta. Levypalvelimeen on luotu levyartitio NAS Gatewayn kautta liitetyille palvelimille. Levyartitiosta IBM 300G NAS jakaa palvelimille levyosiot NAS hallintaohjelmistolla.

IBM 3583 LTO kirjasto on liitetty varmistinpalvelimeen kahdella SCSI-ohjaimella. Varmistettaviin palvelimiin on asennettu käyttöjärjestelmäkohtaiset Client-agentit ja varmistus toteutetaan LAN-varmistuksena käyttäen Storage LAN:ia.

### 1.3 Nykyisen järjestelmän puutteet

Iisalmen kaupungin IT-infrastruktuuri on kehittynyt useiden vuosien aikana ja käytössä on noin 50 palvelinta joilla kaikilla on oma käyttötarkoitus. Tämä rajoittaa levytilan tehokasta hyödyntämistä. Levyjärjestelmät ovat fyysisesti kiinni palvelimissa ja jokainen uusi palvelin on tarvinnut oman tallennusratkaisunsa. Tallennuskapasiteettia ei ole aina käytettävissä siellä missä sitä tarvitaan.



## 2 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

### 2.1 Tavoite

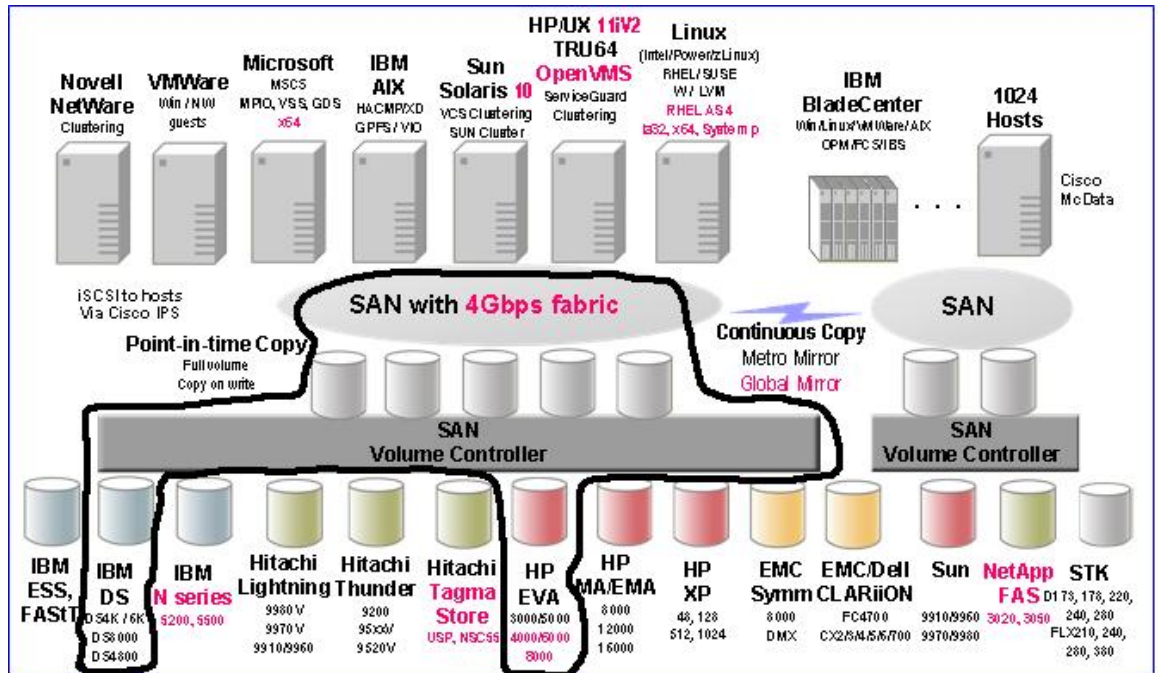
Tavoitteena on tehostaa ja yksinkertaistaa levyjärjestelmän hallinnointia ja ylläpitoa luomalla uusi käytäntö uuden palvelimen käyttöönottoon ja sen liittämiseen SAN -levyjärjestelmään. Parantaa levytilan käyttöä tallennuskapasiteetin sekä suorituskyvyn ohjaamisella sovellusten käyttöön tarpeen mukaan. Tavoitteena on myös saada tallennuskapasiteetti tehokkaaseen käyttöön ja helposti laajennettavaksi.

### 2.2 Ongelma

Miten mallinnetaan palvelimen käyttöönotto SAN -levyjärjestelmässä. Miten tallennuskapasiteetti saadaan tehokkaaseen käyttöön sinne missä sitä tarvitaan. Milloin palvelin on järkevää liittää keskitettyyn levyjärjestelmään ja miten eri laitevalmistajien levyjärjestelmiä yhdistetään. Miten palvelimien systeemi- ja datalevyt kannattaa asentaa. Miten järjestelmässä tehdään palvelimen vaihto ja levyalueen siirto uudelle palvelimelle. Miten järjestelmässä hallitaan levyä dynaamisesti.

### 2.3 Tutkimuksen rajaus

Tässä työssä tutkitaan SAN -levyjärjestelmää. Kuvassa 1.1 on esitetty tehtävän rajaus. Rajasin tutkimukseen SAN -levyjärjestelmiin ja myöhemmin vain IBM:n ja HP:n SAN -levyjärjestelmiin.



Kuva 1.1. Tehtävän rajaus

### 3 TYÖN TEOREETTINEN VIITEKEHYS

#### 3.1 Keskeiset käsitteet

##### 3.1.1 IBM FAStT500 levypalvelin



Kuva 2. IBM TotalStorage™ , FAStT500 Storage Server [1]

IBM FAStT500 levypalvelin on tehokas- ja joustava levypalvelin. Se on suunniteltu erityisesti suorituskykyä vaativiin ympäristöihin ja se on helposti hallittava. IBM FAStT on laajennettavissa FAStT EXP500 laajennusyksiköillä. [1]

IBM FAStT500 on varustettavissa max. 8 kpl Fiber Channel Host-liitännöillä ja se tarjoaa max. jopa 383 Mbit/s väylänopeuden. Järjestelmä tukee Fibre Channel Arbitrated Loop (FC-AL), Fibre Channel Switched Fabric ja Fibre Channel Point-to-Point topologioita. [1]

Räkkiin asennettava FASTT500 (Kuva 2) koostuu ohjainyksiköistä, jonka kaikki komponentit ovat kahdennettuja ja tarjoavat erittäin hyvän vikasietoisuuden. FASTT500 järjestelmään voi liittää max. 22 kpl FASTT EXP500 laajennusyksikköä (10 kpl kiintolevyjä / laajennusyksikkö) Maksimi kokonaislevykapasiteetti n. 16 TB. Tuetut kiintolevykoot ovat 18,2 Gt, 36,4 Gt, 73,4 Gt ja 146,8 Gt 10000 kierr/m sekä 18,2 Gt, 36,4 Gt ja 73,4 Gt 15000 kierr/m. [1]

FASTT500 on varustettu kahdennetulla Hot Swap virransyötöllä sekä tuuletuksella. Paremman käytettävyyden saavuttamiseksi FASTT500 on varustettu kahdella dual-active RAID-ohjaimella sisältäen "Transparent Failover" toiminnon. Kummassakin ohjaimessa on paritovarmennettu välimuisti 1 Gt:uun saakka. FASTT500 tukee RAID-tasoja (0, 1, 3, 5 ja 10) sekä klusterointia. [1]

Java-pohjaisella "IBM FASTt Storage Manager" ohjelmistolla voi työasemalta konfiguroida, monitoroida, dynaamisesti muuttaa järjestelmän asetuksia sekä hallinnoida useita FASTT-levypalvelimia. Ohjelmisto mahdollistaa laitteiston etähallinnan sekä resurssien jaon palvelimien välillä. FASTT500 tukee mm. Microsoft Windows NT, Windows 2000, Novell NetWare, Linux, IBM AIX, Solaris ja HP-UX käyttöjärjestelmiä. [1]

### 3.1.2 IBM 300G NAS Gateway



Kuva 3. NAS300G [2]

IBM:n NAS-laite mahdollistaa perinteisen LAN-verkon käyttäjien liittämisen NAS Gatewayn kautta olemassa olevaan SAN -tallennusjärjestelmään (FASTT-levypalvelimeen). Se mahdollistaa lisälevykapasiteetin käyttöönoton ilman SAN -verkkoon liittyviä investointeja. IBM 300G NAS Gateway (Kuva 3) tukee CIFS, NFSM http, FTP, NetWare ja AppleTalk [2].

### 3.1.3 IBM 3583 LTO nauhakirjasto



Kuva 4. IBM TotalStorage 3583 Tape Library [3]

IBM 3583 LTO nauhakirjasto (Kuva 4) on 18 nauhapaikkainen ja varustettu kahdella LTO nauha-aseamalla. Kirjasto on laajennettavissa 36 tai 72 paikkaiseksi. Lisäksi LTO nauha-aseamia voi olla max. 6 kpl. LTO nauha-asema tallentaa 100 Gt / 200 Gt (pakkaus 2:1) dataa nauhaa kohden ja tiedonsiirtonopeus on 15/30 Mbit/s. Kapasiteettia on jopa 14,4 Tt (pakkaus 2:1). IBM 3583 nauhakirjastoja voi asentaa 3 kpl täysikokoiseen 19" laiteräkkiin. Kokonaiskapasiteetti noin 43 Tt [3][4].

### 3.1.4 Tivoli Storage Manager (TSM) ohjelmisto

TSM tukee yli 30 eri käyttöjärjestelmällä varmistettavia palvelimia ja kahdeksaa varmistinpalvelinalustaa sekä yli 250 erilaista muistilaitetta. TSM-ohjelmiston lisäoptiona on ns. On-line agentit kaikille yleisimmille tietokannoille. [5]

TSM huolehtii käyttäjien puolesta työläästä ja aikaa vievästä varmistustoiminnosta ylläpitäen samalla luetteloja tietojen sijainnista. Käyttäjät voivat itse yksinkertaisin valinnoin elvyttää tietonsa ilman järjestelmän hallinnasta vastaavan henkilön apua. Järjestelmällä on mahdollista varmistaa myös käyttäjien työasemien varmistaminen samalla tavalla kuin palvelintenkin varmistus. [5]

Tietojen palautus tapahtuu tiedon alkuperäisellä tai uudella nimellä joko samaan tai eri paikkaan josta se on lähtöisin. Tiedot palautetaan varmistukseen käytettävältä palvelimelta. [5]

Tiedon varmistaminen tapahtuu aina kun tieto syntyy tai muuttuu (halutuissa sykleissä). Järjestelmään sisältyy automaattinen ja selattavissa oleva kirjanpito siitä mitä tietoja käyttäjällä on eri taltioilta varmistettuna / arkistoituna. TSM-ohjelmisto sisältää oman monipuolisen ajoitusohjelmiston. [5]

### 3.1.5 Korttipalvelinkehikko IBM Blade Chassis



Kuva 5. IBM eServer BladeCenter kehikko

IBM Blade Chassis (Kuva 5) korttipalvelinkehikkoon mahtuu max. 14 kpl Blade-palvelimia. Kehikossa on levykeasema, 8X Slim DVD-ROM, Advanced Management-hallintamoduuli ja 4 x 2000W virtalähteet. Korttipalvelinkehikon korkeus on 7U.

### 3.1.6 Blade palvelin



Kuva 6. Blade palvelin

Blade (Kuva 6) palvelimen prosessori on joko Dual-Core Intel Xeon 3,0 GHz tai Quad-Core Intel Xeon 3,16 GHz. Prosessoreita voi olla max 2 kpl. Muistia 1 Gt - 32 Gt ja Levyä 0 Gt - 734 Gt.

### 3.1.7 Nortel Networks 6-porttinen L2/3 Kupari Gigabit Ethernet-kytkin



Kuva 7. Nortel kytkin

Kytkimessä (Kuva 7) on 6-porttia ulos ja 14 (+2) porttia sisään (Ethernet 1000Base-T - RJ-45). Reititys ja Layer 3- ja Layer 2- kytkennät. Kytkin tukee Trunking ja IGMP snooping tekniikoita. IGMP snooping tekniikan avulla kytkin saa tietää ketkä aliverkon jäsenet kuuluvat kuhunkin ryhmälähetysryhmään ja osaa lähettää paketit oikeille vastaanottajille.

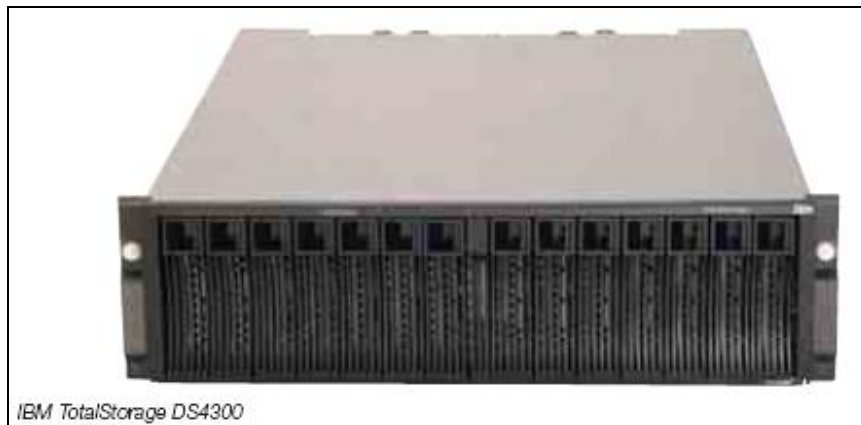
### 3.1.8 QLogic(R) 20-Porttinen 2/4 Gbit/s Fibre Channel kytkin



Kuva 8. Fibre Channel-kytkin

Kytkimessä (Kuva 8) on 14 porttia Blade-kehikon sisään ja 6 porttia ulkoisille SAN -liitynnöille. Kytkin tukee palvelimien käynnistystä tallennusverkosta (SAN-Boot).

### 3.1.9 DS4300 levyjärjestelmä



Kuva 9. DS4300

DS4300 (Kuva 9) levyjärjestelmään voi asentaa max. 14 kpl kiintolevyjä. Esimerkiksi 146 Gt/10K FC-kiintolevyjä (nettotila 1,9 Tt). Järjestelmään voi liittää max 4 kpl levyhyllyjä, yhteensä 56 kpl kiintolevyjä. Järjestelmässä on kahdennetut RAID ohjaimet ja virtalähteet. 4 kpl 2 Gbit/s kuituporttia kuituverkkoon tai palvelimille, 2 kpl/ohjain ja 4 kpl 4 Gbit/s kuituporttia levylaajennusyksiköille, 2 kpl/ohjain sekä 4 kpl 2 Gbit/s SFB GBIC-muuntimia



## 3.2 Kirjallisuus

### 3.2.1 RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks)

Levymuistin nopeutta ja toimintavarmuutta parantava järjestely, jossa useita levyjä kytketään loogisesti yhteen. Tietokone näkee yhden ison aseman. Eräät RAID-tasot (Taulukko 1) parantavat levyaseman nopeutta hajauttamalla kirjoitukset usealle levyille, toiset luotettavuutta kirjoittamalla saman tiedon kahdelle eri levyille yhtä aikaa. Yleisesti käytetty RAID 5-taso yhdistää sekä nopeuden että luotettavuuden parantamisen. Yksittäinen vikaantunut levy voidaan jopa vaihtaa lennossa käytön aikana [7, s. 473].

Prosessoreissa eräs tämän hetken suosittu tapa saada lisää suorituskykyä on kytkeä prosessorit rinnakkain. Tällöin systeemin suorituskyky kasvaa, sillä vaikka yksittäisen käskyn suoritus vie yhtä kauan, samalla kertaa voidaan suorittaa useita käskyjä (esimerkiksi eri ohjelmista). Samaa ideaa käytetään tallennuslaitteissa kytkemällä useita kovalevyjä taulukoksi. Tällöin erilliset I/O -pyynnit voidaan käsitellä rinnakkain, jos tarvittava data sijaitsee eri levyillä [8].

Useaa levyä käytettäessä on useita eri tapoja miten data voidaan organisoida ja miten toisteisuutta voidaan käyttää lisäämään luotettavuutta. Monilevyiset tavat on standardoitu systeemiä nimeltä RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks, tai Redundant Array of Independent Disks). RAID tasojen on seitsemän, tasot nollasta kuuteen. Tasot on esitelty taulukossa 1. Tasot 0:sta 5:een esiteltiin Berkeyn tutkimusryhmän raportissa vuodelta 1988. Taso 6 esiteltiin saman ryhmän myöhemmässä raportissa [8].

Tasot eivät merkitse hierarkisia suhteita vaan ne tarkoittavat eri suunnitteluarkkitehtuureita joilla on kolme yhteistä ominaisuutta. RAID on joukko fyysisiä levyasemia joita käyttöjärjestelmä tarkastelee yhtenä loogisena asemana. Data on hajautettu fyysisten levyjen taulukon yli. Ylimääräistä (redundant) levykapasiteettia käytetään tallentamaan pariteetti-informaatiota, joka takaa datan palautuksen levyrikon tapahduttua [8].

RAID tarjoaa tehokkaasti toisteisuuden. Vaikkakin useampien lukupäiden ja levypintojen samanaikainen käyttö mahdollistaa korkeamman I/O -ja siirtotason, useamman laitteen käyttö lisää virheen mahdollisuutta. Vähentynyttä varmuutta kompensoimaan RAID käyttää tal-

lennettua pariteetti-informaatiota joka mahdollistaa datan palautuksen levyvirheen aiheuttamasta datan hukkumisesta [8].

Taulukko 1. RAID tasot [8]

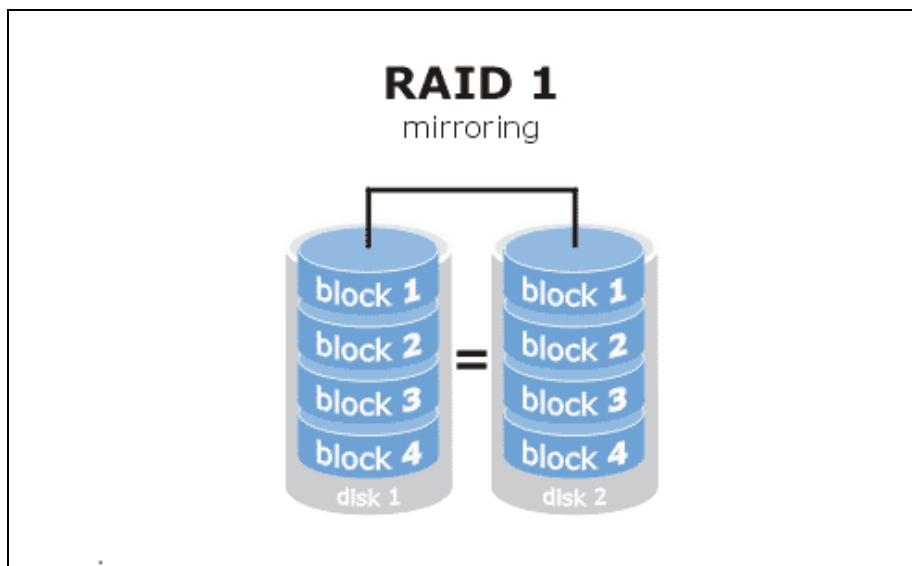
Kategoria	Taso	Kuvaus	I/O pyyntiaste (luku/kirjoitus)	Datan siirtoaste (luku/kirjoitus)	Tyypillinen sovellus
Viipalointi	0	ei toisteinen	Isot viipaleet: erinomainen	Pienet viipaleet: erinomainen	Sovellukset jotka tarvitsevat korkeaa suorituskykyä ei-kriittisellä datalla
Peilaus	1	peilattu	hyvä/kohtalainen	kohtalainen/kohtalainen	Systemilevyt; kriittiset tiedostot
Samanaikainen saanti	2	toisteisuus Hamming koodilla	huono	erinomainen	
	3	bittilomitetu pariteetti	huono	erinomainen	Suuret I/O pyynnit, kuten kuvankäsittely ja CAD
Riippumattomat saannit	4	lohkolomittainen pariteetti	erinomainen/kohtalainen	kohtalainen/huono	
	5	lohkolomittainen hajautettu pariteetti	erinomainen/kohtalainen	kohtalainen/huono	korkea pyyntiaste, lukuintenssiivinen, tiedonhaku
	6	lohkolomittainen tuplajaettu pariteetti	erinomainen/kohtalainen	kohtalainen/huono	Sovellukset jotka tarvitsevat äärimmäisen suurta saatavuutta

### RAID taso 0

RAID 0 (lomitus, striping) on tekniikka, jolla useampi levy voidaan yhdistää siten, että levyjen yhteenlaskettu kapasiteetti näkyy yhtenä levynä. Data kirjoitetaan lomitetun eri levyille niin, että se jakautuu tasaisesti kaikille levyille. Levyjen yhteenlaskettu kapasiteetti on kokonaisuudessaan käytössä. Levyjen käyttö on myös nopeampaa (johtuen useammasta luku / kirjoituspästä) kuin yksittäisen levyn. Vikasietoisuutta ei kuitenkaan ole; jos yksikin levy hajoaa, menetetään kaikki data [22, s 87].

## RAID taso 1

RAID 1 eroaa tasoista 2:sta 6:een siinä miten toisteisuus saavutetaan. Muissa tasoissa toisteisuus saavutetaan pariteetin laskemisella kun taas RAID 1:ssä toisteisuus saadaan yksinkertaisesti monistamalla kaikki data. Kuten kuva 10, "RAID taso 1" osoittaa, tieto viipaloidaan kuten RAID 0:ssa. Tässä tapauksessa jokainen looginen liuska kuvataan kahteen erilliseen levyyn, niin että jokaisella levyllä on peililevy (tästä termi mirroring) jossa on sama data [8].



Kuva 10. RAID taso 1, peilaus [8]

RAID 1 (peilaus, mirroring) on tekniikka, jolloin tiedot tallennetaan aina kahdelle (tai useammalle) levyille. Tällöin järjestelmä (ainakin periaatteessa) toimii, vaikka yksi levy vikaantuu. Identtisiä levyjä tarvitaan parillinen parillinen määrä ja levyn kapasiteetista on puolet käytettävissä. Periaatteessa tekniikka kaksinkertaistaa lukunopeuden [22, s 87].

RAID 1 organisaatiosta on useita hyviä etuja.

Perusongelma RAID 1:ssä on sen hinta: se tarvitsee kaksi kertaa enemmän levyjä kuin mitä sen looginen levy tarjoaa. Tästä syystä RAID 1 konfiguraatio on todennäköisesti rajoittunut tallentamaan systemiohjelmia ja dataa ja muita erittäin kriittisiä tiedostoja. Näissä tapauksissa RAID 1 tarjoaa reaaliaikaisen varmistuksen levyvirhettä varten [8].

Jos pyynnit ovat pääasiassa lukupyynnejä, RAID 1 tarjoaa varsin hyvän suorituskyvyn.

1. Lukupyynti voidaan palvella kummasta tahansa levystä, kummassa pyydetty data on, kummassa data sattuu olemaan lähempänä (koska lukupää oli kohdalla) [8].
2. Kirjoituspyynti vaatii että molemmat vastinliuskat tulee päivittää, mutta tämä voidaan tehdä samanaikaisesti. Siten kirjoitusnopeuden määrää hitaampi levy. Kuitenkaan kirjoituksessa ei ole RAID tasojen 2-6 kaltaisia pariteetin laskemisen aiheuttamia "kirjoitussakkoja" [8].
3. Virheestä toipuminen on helppoa. Kun levy särky, data voidaan hakea toisesta levystä. Kun uusi levy tuodaan vanhan sisälle, siihen kopioidaan vanhan sisältö [8].

## RAID taso 2

RAID tasot 2 ja 3 tarjoavat samanaikaisen saantitekniikan. Rinnakkaisessa saantitaulussa, jokainen jäsenlevy osallistuu jokaisen I/O -pyynnin suoritukseen. Tyypillisesti levyjen ohjaukset on synkronoituja niin että lukupäät ovat samassa kohtaa jokaisessa levyssä [8].

Kuten muissakin RAID tasoissa, tässä käytetään datan liuskoittamista. RAID 2:ssa ja 3:ssa juovat ovat varsin pieniä, usein jopa yksi tavu tai sana. RAID 2:ssa virheenkorjaus koodi lasketaan jokaisen levyn vastinbittien yli ja tallennetaan usealle pariteettilevylle bittipaikoilleen. Tyypillisesti käytetään Hamming koodia, joka osaa korjata yhden bitin virheen ja havaita kahden bitin virheet [8].

Vaikkakin RAID 2 tarvitsee vähemmän levyjä kuin RAID 1, on se silti aika kallis. Toisteisten levyjen määrä on logaritmisessa suhteessa datalevyjen määrään. Yhdessä luvussa, kaikkia levyjä käytetään. Haettu data ja siihen liitetty korjausdata siirretään taulukkokontrollerille. Jos kontrolleri havaitsee yhden bitin virheen, se voidaan korjata samoin tien, joten lukunopeus ei hidastu. Kirjoituksessa kaikkiin data ja pariteettilevyihin tulee viitata [8].

RAID 2 olisi tehokas valinta ainoastaan ympäristössä jossa levyvirheitä tulee usein. Koska yksittäiset levyt ja levyohjaimet ovat yleensä varsin luotettavia, on RAID 2 ylivarovaista, mistä syystä sitä ei ole toteutettu [8].

## RAID taso 3

RAID 3 on organisoitu RAID 2:n tavoin. Ero on siinä että RAID 3 tarvitsee vain yhden ylimääräisen levy, riippumatta levytaulukon koosta. RAID 3 tarjoaa samanaikaisen saannin mis-

sä data on hajautettu pieniin juoviin. Virheenkorjaus koodin tilasta yksinkertainen pariteetti bitti lasketaan joukolle yksittäisiä bittejä jotka ovat samassa positiossa datalevyillä [8].

### Toisteisuus

Levyvirheen tapahtuessa, pariteettilevyyn viitataan ja data rakennetaan uudelleen jäljellejääneistä levyistä. Kun hajonnut levy on korvattu, puuttuva data voidaan palauttaa uudelle levyille ja työ voi jatkua [8].

Levyvirheen jälkeen kaikki data on edelleen olemassa, mutta tilassa jota kutsutaan rajoitetuksi moodiksi. Tässä moodissa puuttuvan datan luku tehdään laskemalla poissulkeva tai -operaatiolla. Kun data kirjoitetaan rajoitetun moodin RAID 3 taulukkoon, pariteetin eheys tulee säilyttää jotta levy voidaan palauttaa uudestaan. Uudelleen palautuksessa puuttuva data palautetaan uudelle levyille [8].

### Suorituskyky

Koska data on pilkottu pieniin juoviin, RAID 3 voi saavuttaa erittäin korkean tiedonsiirtoasteen. Mikä tahansa pyynti käyttää rinnakkaissiirtoa kaikilta levyiltä. Toisaalta vain yksi pyynti voidaan palvella kerrallaan. Siten tapahtumaorientoituneessa ympäristössä suorituskyky kärsii [8].

### RAID taso 4

RAID tasot 4:stä 6:een käyttävät riippumattomia saantitekniikoita. Riippumattomassa saantitaulukossa jokainen jäsenlevy toimii muista irrallaan, joten erillisiä I/O -pyyntejä voidaan palvella samanaikaisesti. Tästä syystä riippumattomat saantitaulukot sopivat paremmin sovelluksiin jotka vaativat suuria pyyntiasteita ja huonommin sovelluksiin jotka vaativan suurta siirtoastetta [8].

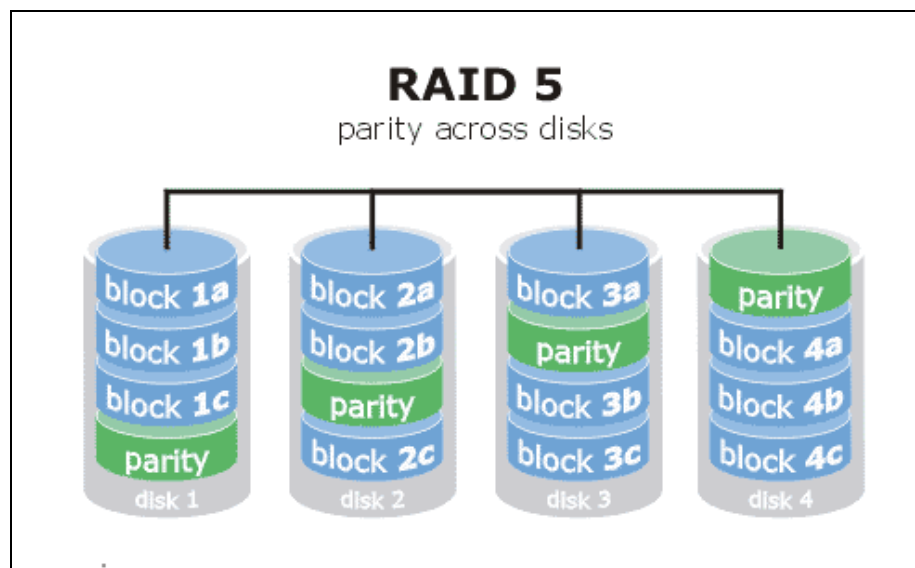
Kuten muissakin RAID tasoissa, RAID 4:ssä käytetään tiedon viipalointia. Tasoissa 4:stä 6:een juovat ovat suhteellisen isoja. RAID 4:ssä bitti bitiltä pariteetti juova lasketaan datalevyjen vastaavilta juovilta ja bitit lasketaan pariteettilevyn vastinjuovaan [8].

RAID 4:ssä tulee kirjoitussakko, kun tulee I/O pyynti joka vaatii vähän dataa. Joka kerta kun kirjoitus tapahtuu, taulukon hallintajärjestelmän tulee päivittää paitsi käyttäjän data, myös vastaavat pariteettibitit [8].

Uuden pariteetin laskua varten taulukon hallintajärjestelmän tulee laskea vanha käyttäjän juova ja vanha pariteetti juova. Sitten se voi päivittää nämä juovat uudella datalla ja uudella laskeutulla pariteetilla. Siten jokaisen juovan kirjoitus koostuu kahdesta luvusta ja kahdesta kirjoituksesta. Jos kirjoitus on niin suurta että se sisältää juovia joka levyllä, pariteetti voidaan laskea käyttäen uusia databittejä. Siten pariteettilevyä voidaan päivittää rinnan datalevyn kanssa, eikä tule mitään ylimääräisiä lukuja tai kirjoituksia. Joka tapauksessa kirjoitus kohdistuu aina myös pariteettilevyyn, josta voi siis tulla pullonkaula [8].

### RAID taso 5

RAID 5 on organisoitu RAID 4:n kaltaisesti. Ero on siinä että RAID 5 jakaa pariteettijuovat jokaiselle levyille. Tyypillinen tapa on jakaa pariteettijuova vuorotellen jokaiselle levyille, niin että n:n levyn taulukossa pariteettijuova on vuorollaan kussakin levyssä, kunnes kuvio toistuu. Tämä yritetään esittää kuvassa 11, "RAID taso 5" [8].



Kuva 11. RAID taso 5 [8]

RAID 5 on suosituin RAID taso, koska se vaatii vain yhden ylimääräisen levyn, eikä siinä ole RAID 4:n kaltaista pullonkaulalevyä. Pariteetin laskeminen on varsin työläs operaatio, minkä takia RAID 5 toteutetaan erillisellä ohjaimella [8].

RAID 5 on tekniikka, jossa yhden levyn kapasiteettia käytetään pariteettidatan tallennukseen; pariteettidata on hajautettu kaikille levyille. Mikä tahansa levy voi vikaantua, ilman että dataa menetetään. Jos useampi kuin yksi levy vikaantuu, menetetään kaikki data. RAID 5 tehostaa

luku- ja kirjoitusnopeutta verrattuna yksittäiseen levyyn, mutta vaatii pariteettilaskennan vuoksi myös enemmän laskentatehoa [22, s 87].

### RAID taso 6

RAID 6 esitettiin alkuperäisten RAID tasojen jälkeen. Siinä käytetään kahta erillistä pariteettilaskukaavaa, joiden tulokset tallennetaan erillisille levyille. Siten jos halutaan N levyn kapasiteetti, taulukko vaatii N+2 levyä. RAID 6 tarjoaa erittäin korkean saatavuuden, koska kolmen levyn tulisi hajota samanaikaisesti, ennen kuin dataa hukkuisi. Toisaalta kirjoitussakko on varsin suuri, koska jokaisella kirjoituksella tulee kirjoittaa myös pariteettilohkot [8].

RAID 6 toimii kuten RAID 5, mutta sisältää enemmän pariteettidataa ja sallii kahden levyn vikaantumisen, ilman että dataa menetetään [22, s 87].

### Monitasoinen RAID

Koska RAID koostuu joukosta levyjä, jotka näytetään käyttöjärjestelmälle yhtenä levynä, on luontevaa kysyä, voiko RAID koostua joukosta RAID taulukkoja. Vastaus on kyllä. Nämä tosin esitetään omina RAID tasoinaan. Yleisimmät ovat tasot 10 ja 0+1. Toisin kuin tasoissa 0..6, näissä tason numero kertoo mitä perustasoja RAIDin rakennuksessa on käytetty. Niinpä esimerkiksi RAID 10 tarkoittaa RAID tasoa 0, jonka "levyt" ovat RAID 1 taulukkoja [8].

### RAID taso 10

RAID taso 10 toteutetaan RAID 0:na jonka "levyt" ovat RAID 1 peilejä. RAID 10 tarjoaa saman virhetoleranssin kuin RAID 1. Koska taulukko rakennetaan RAID 0:na, se tarjoaa paremman suorituskyvyn kuin RAID 1. Tietyissä tilanteissa RAID 10 kestää useamman levyn samanaikaisen rikkoontumisen [8].

### RAID taso 0+1

Vaikkakin turvallisuus ei olekaan yhtä hyvä kuin RAID 10:ssä, RAID 0+1 tarjoaa hyvän tehokkuuden, joten sitä voidaan käyttää samoissa sovelluksissa kuin RAID 0, mutta joissa tarvitaan hieman enemmän turvallisuutta [8].

RAID 0+1 yhdistää lomitusta- ja peilaustekniikan, jolloin sekä nopeus että vikasietoisuus paranevat. Data on palautettavissa, jos jokaisessa peilatussa levyparissa on ehjä levy [22, s 87].

## RAID ohjaimista

RAID tasot toteutetaan yleensä erillisellä ohjainkortilla, johon ohjattavat levyt kytketään. Toisena vaihtoehtona on ohjainkortti, jota käytetään tavallisen levyohjaimen rinnalla. Kolmantena vaihtoehtona on käyttää tavallista levyohjainta, jolloin käyttöjärjestelmä itse tekee ohjauksen. Koska RAID tasojen toisteisuus saadaan laskemalla pariteettisummia, käyttöjärjestelmän toteuttama RAID on liian hidasta kaupalliseen käyttöön [8].

Paitsi pariteetin laskentaa, ohjainohjelman tulee hallita levyjä. Kun levy hajoaa, tulee ohjaimen tiedottaa asiasta käyttäjälle tai systeeminhoitajalle. Lisäksi joissain järjestelmissä on mahdollisuus lisätä ohjaimeseen ylimääräinen levy, joka voidaan ottaa ajoaikana hajonneen levyn tilalle. Koska RAID taulukon levyjä on monta, ne yleensä laitetaan erilliseen laitekoteloon. Joissain koteloissa on ns. hotswap mahdollisuus, eli käyttäjä voi poistaa hajonneen levyn ja laittaa ehjän tilalle ilman, että systeemiä täytyy sammuttaa. Kun uusi levy on liitetty, ohjain rakentaa sen sisällön (jos kyseessä ei ole RAID 0) muista levyistä ja pariteetti-informaatiosta [8].

Ohjainkortin mukana tulee ohjelmisto, jonka avulla käyttäjä voi ylläpitää RAID taulukkoa tai taulukkoja. Sen avulla voi rakentaa taulukon, tarkkailla, onko levyt kunnossa, poistaa viallinen levy taulukosta ja lisätä uusi levy taulukkoon. Kuva 12, "RAID ohjausohjelma" esittää 3Ware:n Escalade 9000 sarjan ohjaimen ohjausohjelman. Samalla ohjelmalla ohjataan kahta eri ohjainta, joissa kummassakin on kaksi RAID taulukkoa (kuvassa 12, termi unit). Ohjaimen 1 taulukossa 1 on virhe, joka havaitaan virheeksi levyssä numero 0 [8].



The screenshot displays the 3ware 3DM web interface in Microsoft Internet Explorer. The main page shows the 'Controller Summary' table:

ID	Model	Serial #	Firmware	Driver	Status
0	Geronimo/Apache	3ware Internal Use	FGXX 2.01.00.030	2.4.0.12	OK
1	Geronimo/Apache	3ware Internal Use	FGXX 2.01.00.030	2.4.0.12	ERROR

The 'Unit Information (Controller ID 1)' table shows:

Unit #	Type	Capacity	Status
0	RAID 5	298.00 GB	OK
1	RAID 5	298.00 GB	DEGRADED

The detailed view for 'Unit 1 (Controller ID 1)' shows:

- Status: DEGRADED
- Capacity: 298.00 GB
- Type: RAID 5 (not initialized)
- Stripe: 64kB
- Subunits: 3

A subunit status table is also visible:

Subunit 0	Subunit 1	Subunit 2
Status: DEGRADED	Status: OK	Status: OK
Type: DISK	Type: DISK	Type: DISK
Port #: --	Port #: 4	Port #: 5

Kuva 12, RAID ohjausohjelma [8]

### 3.2.2 Lähiverkko

Yrityksille ja julkishallinnolle tarjottavat tietokoneiden väliset datasiirtoratkaisut on perinteisesti jaettu lähi-, alue-, ja etäverkkoihin. Niiden tunnusmerkkejä ovat seuraavat:

- Lähiverkko (LAN, Local Area Network) on kohtuullisen nopea yhden organisaation käytössä oleva rakennuksen tai rakennusryhmän sisäinen dataverkko. Usein lähiverkon rakentaja, käyttäjä ja ylläpitäjä ovat sama organisaatio. [9, s 2]
- Alueverkko (MAN, Metropolitan Area Network) on nopea lähiverkkoja yhdistävä kaupunki- tai kampusalueen dataverkko. Koska alueverkko yhdistää monia lähiverkkoja, on sen suorituskyky oltava riittävä. Yksityisessä kampusverkossa käyttäjä ja yl-

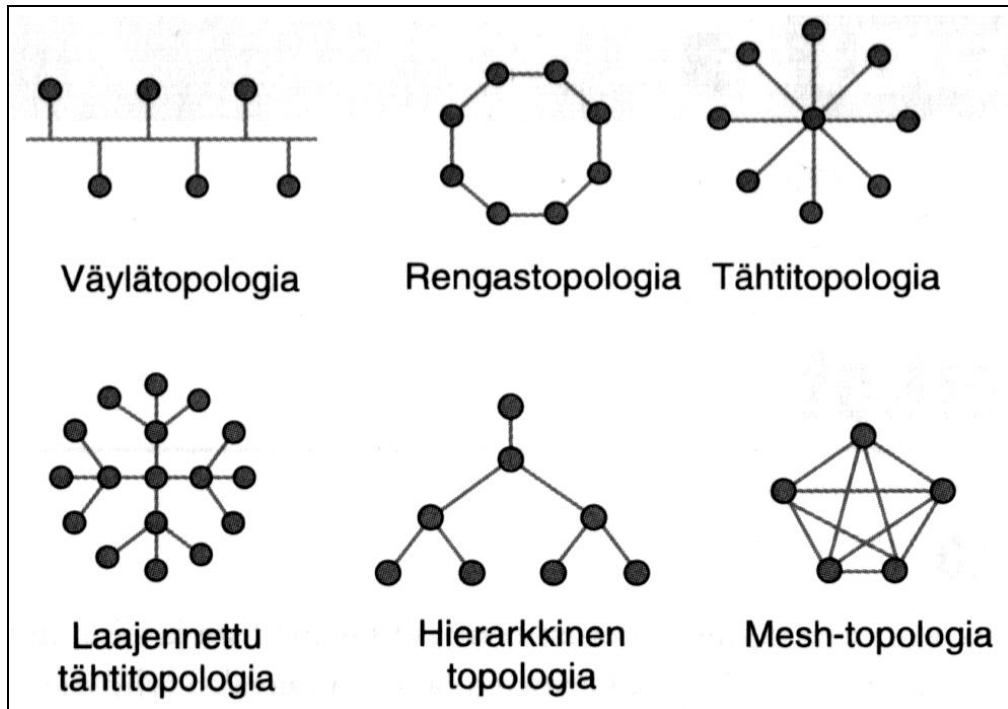
läpittäjä ovat samaa organisaatiota. Julkisen alueverkon rakentaja ja ylläpitäjä (palveluntarjoaja) on eri organisaatio kuin käyttäjät. [9, s 2]

- Etäverkot (WAN, Wide Area Network) ovat julkisten teleoperaattoreiden tarjoamia maanlaajuisia tai kansainvälisiä verkkopalveluja. Etäverkkoyhteydet käyttävät samaa perusverkkoa kuin puhelinliikenne. [9, s 2]
- Globaaliverkoksi (GAN, Global Area Network) sanotaan kaupunki- ja etäverkkoratkaisuilla yhdistettyä organisaation sisäistä lähiverkkojen kokonaisuutta. Käyttäjän kannalta globaaliverkko on mahdollisimman läpinäkyvä eli käyttäjä saa samat palvelut läheisestä ja etäisestä kohteesta. [9, s 2]

Lähiverkon tiedonsiirtonopeus on yleensä välillä 10 Mbit/s - 1 Gbit/s

### 3.2.3 Lähiverkkotopologiat

Topologia määrittelee verkon rakenteen. Topologiamääritelmä on kaksiosainen. Se sisältää fyysisen ja loogisen topologian. Fyysinen kuvaa, miten verkon kaapelointi (media) on rakennettu. Looginen määrittelee, miten isännät saavat median käyttöönsä. Yleisesti käytettyjä fyysisiä topologioita ovat väylä, rengas, tähti, laajennettu tähti, hierarkkinen ja mesh-topologia (Kuva 13). [10,s 78]



Kuva 13. Lähiverkkotopologiat [10,s 78]

**Väylätopologia** – Väylätopologiassa yhdistetään samaan pääkaapeliin useita laitteita, ja siitä käytetään toisinaan nimityksiä runko tai segmentti. Kumpaankin päähän on asennettava päätevastukset, jotka imevät itseensä kaikki etenevät signaalit ja siten estävät heijastukset. Jos koaksiaalikaapelia käytetään ilman päätevastuksia, heijastussignaalit kaikuvat verkossa ja tekevät siitä käyttökelvottoman. Väylätopologian etuja ovat edulliset kustannukset ja helppo asennettavuus. Haittana on, että jos kaapelisegmentti tai runko vikaantuu, vikaantuu silloin koko verkko. Toinen haittapuoli on se, että vain yksi solmu voi lähettää kerrallaan. Jos kaksi tai useampia solmuja yrittää lähettää dataa samanaikaisesti, tapahtuu törmäys. Tämä vaatii toipumismenettelyn, mikä hidastaa verkon toimintaa. Törmäyksen tapahduttua kaikki data täytyy lähettää uudelleen. Uuden törmäyksen estää carrier sense multiple access detect-tekniikka (CSMA/CD) eli kilpavaraus törmäyksen tunnistuksella. Se on prosessi jossa kukin solmu odottaa vuoroaan suorittaakseen uudelleenlähetyksen. [11,s 420-421]

**Rengastopologia** – Rengastopologiassa verkon jokainen laite on yhdistetty kahteen muuhun laitteeseen. Kaapelilla ei ole alku- eikä loppupäätä, vaan topologia muodostaa täydellisen renkaan. Verkon laitteet keskustelevat naapureittensa kanssa lähetinvastaanottimien välityksellä. Nämä toimivat myös toistimina generoiden signaalin uudelleen sen kulkiessa laitteen läpi.

Rengastopologian etuna on parempi suorituskyky, koska kukin laite saa omaan lähetysvuoronsa ja kaikilla on yhtäläinen pääsy verkkoon. Toinen etu on se, että jokainen laite generoi signaalin uudelleen, jolloin se ei pääse vaimenemaan.

Haittana on, että laiteen vikaantuessa vikaantuu koko verkko. Toinen haitta on se, että jos verkkoon tehdään muutoksia, kuten laitteiden lisäämistä tai siirtoja, verkko on pois käytöstä keskeytyksen ajan. [11,s 421-422]

Tähtitopologia – Tähtitopologiassa kaikki laitteet liitetään yhteiseen keskuslaitteeseen, joka yleensä on keskitin tai kytkin. Kun solmu lähettää dataa keskuslaitteeseen, tämä uudelleenlähettää informaation ja toimittaa sen kohteeseen. Koska kaikki kaapelointi on yhdistetty keskuslaitteeseen, ei yhden yhteyden vikaantuminen johda kuin kyseisen verkon osan joutumiseen pois käytöstä. Muuhun verkkoon vika ei vaikuta. Jos kuitenkin keskuslaite vikaantuu, vikaantuu koko verkko. Tähtitopologiassa voi lähiverkossa olla enintään 1024 solmua, ja sitä käytetään 10BaseT- (IEEE 802.3) ja 100BaseTX- Ethernetissä (802.12).

Tähtitopologian etuja ovat sen luotettavuus ja helppo ylläpito ja asennus. Ylläpitoa helpottaa se, että monitorointi ja vikaselvitys voidaan hoitaa keskitetysti. Tähtitopologia on myös joustava, koska solmut on yhdistetty keskuslaitteeseen segmenteittäin. Jos yksi segmentti vikaantuu, vain siinä oleva solmu menettää verkkoyhteyden ilman vaikutuksia muuhun verkkoon. Koska jokainen solmu on yhdistetty keskuslaitteeseen, on tähtitopologian kaapelointi myös selkeä muihin topologioihin verrattuna. [11,s 419]

Laajennettu tähtitopologia – Perustuu tähtitopologiaan. Yhdistää yksittäiset tähdet toisiinsa linkittämällä kytkimet. Näin verkon pituutta ja kokoa voidaan kasvattaa. [10,s 78]

Hierarkkinen topologia – Muistuttaa laajennettua tähtitopologiaa, mutta jokainen alijärjestelmä yhdistetään pääkoneeseen, joka valvoo topologian liikennettä. [10,s 78]

Mesh-topologia – Mesh-topologiaa käytetään yleensä alueverkoissa. Se yhdistää kaikki verkon laitteet ja tarjoaa polun kaikkiin suuntiin kaikille laitteille.. Etuna on, että koska kaikki laitteet on kytketty soisiinsa, verkko on vikasetoinen ja luotettava. Jos kaapelisegmentti rikkoutuu, laitteet löytävät nopeimman tavan reitittää paketti uudelleen kohteensa. Siksi data useimmissa tapauksissa löytääkin perille. Tämän topologian huonoja puolia ovat korkeat kustannukset ja hallinnan vaikeus. Koska joka laitteessa on useita sisääntulevia ja ulosmeneviä yhteyksiä, tarvitaan paljon kaapelointia, jolloin topologiasta tulee melko kallis. Jos verk-

kosegmentti vikaantuu, voi ongelman tarkka paikantaminen mesh-topologian monimutkaisuudesta johtuen olla hyvin vaikeaa. Siksi verkon ylläpito voi olla todella monimutkaista. [11,s 421]

### 3.2.4 Kytkin

Ethernet-kytkin tai keskitin, käsitetään usein samaksi asiaksi. Ehkä parhaiten kytkimen (switch) ja keskittimen eroa kuvaavat seuraavat määritelmät: Ethernet-kytkin on laite, jossa Ethernet- varausmenettelyyn kuuluva törmäyksen tunnistus on porttikohtainen eli jokainen portti muodostaa oman verkkosegmenttinsä. Vastaavasti keskitin on laite, jossa kaikki portit jakavat saman liikenteen. Toisin päin sanottuna kytkin jakaa liikennettä porttikohtaisesti ja keskitin jakaa tulevan liikenteen jokaiseen porttiin. Koska kytkin välittää liikenteen vain tiettyihin portteihin, kytkimellä tehostetaan verkon läpäisykykyä ja vähennetään verkon kuormitusta, samalla tarjotaan porttien välille käyttöön nimelliskaista. [12, s 237]

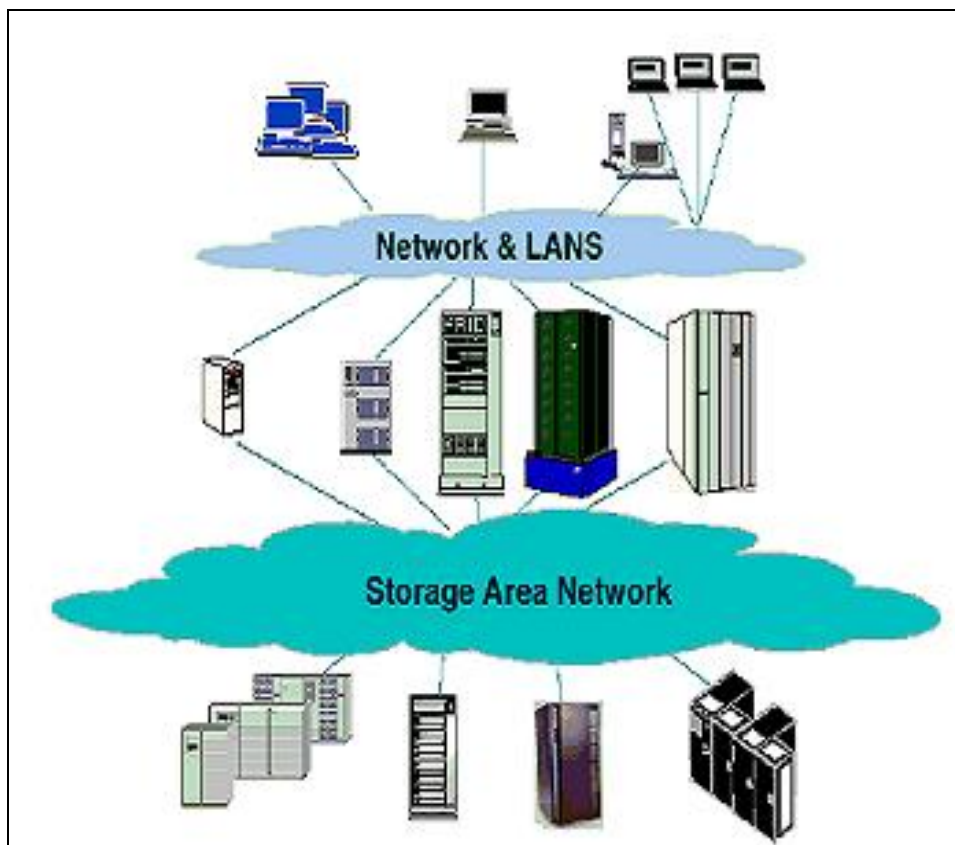
Kytkimessä yleensä jokainen verkkoon liitetty laite liittyy omalla 10 Mbit/s, 100 Mbit/s tai 1 Gbit/s Ethernet-liittymällä kytkimen sisäiseen väylään. Portti voidaan konfiguroida joko manuaalisesti tietylle nopeudelle tai se voi tunnistaa automaattisesti työaseman verkkokortin nopeuden. Porttiin voidaan liittää palvelin, tehoyöasema tai muu verkon laite, esim. toinen kytkin. [12, s 237]

Lähiverkkokytkimiä jaotellaan sen mukaan, millä protokollalla kytkentä toteutetaan. Kakkoskerroksen kytkimen (Layer 2) kytkentä tehdään MAC-osoitteen pohjalta. Kolmoskerroksen kytkimen (Layer 3) kytkentä tai reititys tehdään verkko-osoitteen (esim. IP) pohjalta. Sovelluskytkimien (Layer 4-7) kytkentä tehdään sovellusprotokollan mukaan. Tehokkaammilla sovelluskytkimillä voidaan tehdä myös kuormanjakoa. [12, s 237]

Kehittyneemmillä lähiverkon kytkimillä verkko voidaan ohjelmallisesti jakaa osiin, jotka on erotettu muista verkon osista kokonaan virtuaalisiksi työryhmiksi. Tällöin työasemat näkevät verkossa vain samaan virtuaalityöryhmään kuuluvat laitteet (työasemat, palvelimet). Virtuaalinen verkon osiin jakaminen, josta käytetään nimitystä VLAN (Virtual LAN), tuo lisää ominaisuuksia verkon suunnitteluun, hallintaan ja tietoturvallisuuteen. [12, s 237]

### 3.2.5 SAN - Storage Area Network

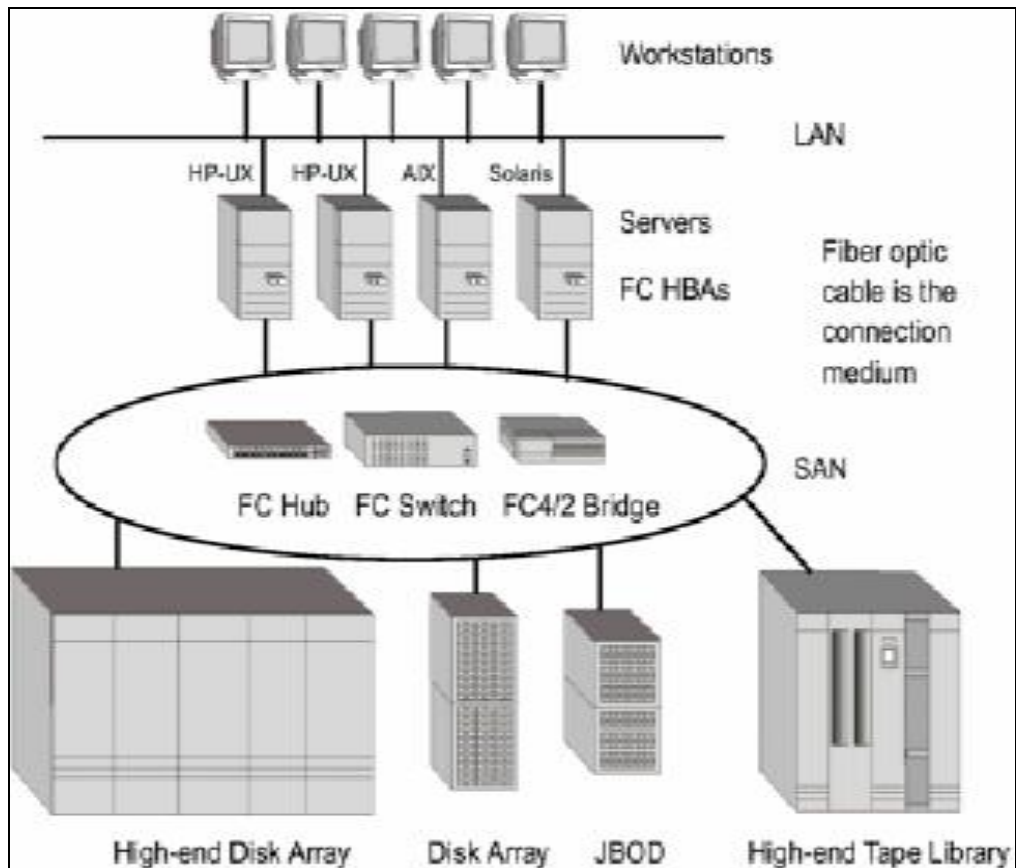
SAN eli tallennusverkko (Kuva 14) on suunniteltu tiedon tallennukseen. SAN on oma erillinen verkko joka keskittää hajallaan olevat levyjärjestelmät yhteiskäyttöön. SANia käytetään suuria tietomääriä käsittelevissä keskitetyissä tietovarastoratkaisuissa ja SANiin voi olla liitettyä kiintolevyjä, levyjärjestelmiä, optisia kirjastoja tai nauha asemia. [13][14]



Kuva 14. SAN-Storage Area Network [24]

SAN eriyttää tiedon omaan verkkoonsa ja se voi kuulua kytkimiä, keskittämiä, reitittämiä, siltoja, tallennuslaitteita ja varmuuskopiointilaitteita. [13][14]

Suurin osa SAN ratkaisuista rakentuu kuitukanavaprotokollan varaan (Kuva 15, Fiber Channel), mutta mahdollista on myös SCSI ja TCP/IP ratkaisut. [13][14]



Kuva 15. Fibre Channel [24]

### 3.2.6 SAN -Kuitukanava (Fiber Channel)

SAN -järjestelmä rakennetaan usein kuitukanavaprotokollan päälle, joka on kokoelma ANSI:n ja ISO:n määrittelemiä standardeja. Protokolla on suunniteltu siirtämään dataa mahdollisimman nopeasti ja käyttää hyväksi olemassa olevia tekniikoita. Tekniikka mahdollistaa erilaisten lisälaitteiden liittämisen verkkoon jopa 10 Gbit/s nopeudella. Käytävissä on erilaisia kaapelointivaihtoehtoja (Taulukko 2) valokuidulla ja kuparilla. Jopa 10 km:n etäisyydet ovat mahdollisia. [13][14] Eri kaapeleilla saavutettavia nopeuksia on esitetty taulukossa 2.

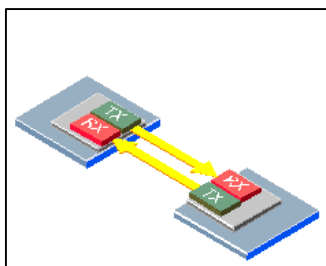
Taulukko 2. SAN – Eri kaapeleilla saavutettavia nopeuksia [24]

Nopeus (Mbps)	9 $\mu$ m Single mode	50 $\mu$ m Multi mode	62.5 $\mu$ m Multi mode	COAX	Mini COAX	TWINAX	STP
133				100 m	42 m	93 m	80 m
266	10 km	2 km	1 km	100 m	28 m	66 m	57 m
533	10 km	1 km	1 km	71 m	19 m	46 m	48 m
1063	10 km	500 m	175 m	50 m	14 m	33 m	28 m
2125	2 km	500 m					
4250	2 km	175 m					

SAN -verkko voidaan jaotella kolmeen eri kuitukanavatopologia kategoriaan. Kahden pisteen väliseen Point-to-Point, rengas ja kytkettyyn kudokseen topologiaan. Datakehukset ohjataan porttiosoitteiden perusteella ja eri kuitukanavatopologiatyyppiä olevat verkot voidaan yhdistää. [13][14]

### 3.2.7 Kuitukanavatopologiat

Point-to-Point malli (Kuva 16) on yksinkertaisin ja siihen tarvitaan vain kaksi N\_Porttia (Node\_Port). [13][14]



Kuva 16. Point-to-Point [13][14]



Rengas mallissa FC-AL (Fiber Channel - Arbitrated Loop) vain kaksi laitetta voi keskustella kerrallaan ja verkossa voi olla vain yksi lähetys kerrallaan ja rengas on vapaa vasta edellisen paketin saavuttua perille. Lähetysvuori ratkaistaan porttinumeron perusteella. Renkaassa voi olla 127 laitetta. Rengastopologian portti on NL\_PORT. Renkaan ongelmana on rikkinäinen laite, jolloin syntyy PBC-Port Bypass Circuit tilanne. On mahdollista käyttää portinohituspiirejä. [13][14]

Ennen käyttöönottoa on rengas alustettava ja siinä on neljä vaihetta. Initialisoinnin aloittaa LIP (Loop Initialization Primitive). LIP kulkee renkaan lävitse kytkien kaikki L\_Portit (Loop\_Port) lähettämään myös LIP:iä. Valitaan Loop Master. Määrätään jokaiselle portille fyysinen osoite AL\_PA (Arbitrated Loop Physical Address). Luodaan AL\_PA kartta ja valitaan renkaan hallitsija. Kuljetetaan kartta läpi renkaan ja lähetetään LISM-kehys verkkoon (Loop Initialization Select Master). Jos verkossa on keskitin, tulee siitä hallitsija saatuaan LISM-kehysten takaisin. Muussa tilanteessa pienimmän portinimen omaava laite hallitsee verkkoa ja kontrolloi AL\_PA-osoitteiden jakoa. [13][14]

Kytetty kudokseksi (Switched Fabric) on yleisin topologia ja vaatii kuitukanavakytkimen. Kudoksessa muodostetaan FC-kytkimillä kytetty verkko ja siinä on useampia kytkimiä kytketty toisiinsa. [13][14]

Kudokseen on mahdollista liittää yhteen 16.9 Milj. laitetta ja siihen voidaan liittää mikä tahansa kuitukanavaa tukeva laite. Voidaan käyttää useita erilaisia kaapelointeja samanaikaisesti ja reitittäminen on läpinäkyvää nodeille. [13][14]

### 3.2.8 Kuitukanavakytkin

Kuitukanavakytkin tarvitaan kytketyn kudoksen muodostamiseen. Kytkimessä voi olla kolmenlaisia portteja. [13][14]

F (Fabric) Käytetään tallennusmedioiden liittämiseen. Jokainen uusi laite rekisteröityy kuitukanavaan. Tallennetaan laitteen nimi, osoite, porttinumero, tyyppi ja palvelutaso. [13][14]

E (Expansion) portti on varattu kytkinten välisiin liitoksiin. Voidaan kasvattaa verkon kokoa. [13][14]

G (Generic) portti voi mukautua E- tai F-portiksi. Tuovat joustavuutta. [13][14]

### 3.2.9 SAN -levyjärjestelmä

Tallennusverkon (SAN) toiminta voidaan ehkä parhaiten kuvata vertaamalla sitä toiseen, paremmin tunnettuun tietotekniikkainfrastukruurin rakenteeseen eli paikallisverkkoon (LAN). LAN-verkkojen avulla useat PC-tietokoneet voivat jakaa tärkeitä tietotekniikkaresursseja, kuten sovelluksia, palvelimia, tiedostoja ja tulostimia. SAN -verkot tarjoavat tätä muistuttavia resurssien jako-ominaisuuksia, mutta sillä erolla, että SAN -verkot on suunniteltu erityisesti palvelinten käyttöön ja ne jakavat yhteiskäyttöön tallennuslaitteita, kuten levylaitteistoja ja nauhakirjastoja. SAN -verkko tarjoaa kasvavien tietomäärien tehokkaampaan hallintaan pienemmillä käyttö- ja hallintakustannuksilla online-skaalaatuvuuden, korkean käytettävyyssasteen, yksinkertaisen ja keskitetyn hallinnan, levykapasiteetin hyvän käyttöasteen ja nopean tietojen palautuksen [15].

### 3.2.10 SAN -infrastrukturi

SAN -ratkaisua harkitsevien käyttäjien yrityksillä on tyypillisesti käytettävissä suuri verkko, joka edellyttää valvontaa vuorokauden ympäri, sekä asialle varattu IT-henkilökunta. Yrityksen tietomäärä voi myös kasvaa eksponentiaalisesti, ja tietojen palautuksen on ongelmatilanteissa oltava mahdollista heti. SAN -järjestelmä tarjoaa tätä kuvausta vastaaville yrityksille muun muassa seuraavia kehittyneitä ominaisuuksia:

- Tehokkaat laajennettavuus- ja kapasiteettiominaisuudet
- Nopea tietojen palautustoiminto häiriötilanteessa
- Levypohjainen tallennusratkaisu välitöntä palautusta varten
- Ulkoiset levylaitteet suurta tallennustilaa varten
- Mahdollisuus tallentaa keskitettyjä tietoja toimipaikan ulkopuolelle [16]

## Perustason SAN -ratkaisut

Yrityksen ensimmäiseksi keskitetyksi tallennusratkaisuksi mainiosti soveltuvat perustason SAN -ratkaisut helpottavat tallennusresurssien hallintaa ja mahdollistavat kustannusten karsimisen. [16]

## Suuryritystason SAN -ratkaisut

Suuryritystason SAN -ratkaisut pystyvät usein käsittelemään useita käyttöjärjestelmiä ja ympäristöjä ja tarjoamaan kattavia tiedon hallintatyökaluja, tehostettuja levyjen ja nauhojen hallintaominaisuuksia sekä useampia portteja SAN -verkossa, useamman kanavan HBA-ratkaisuja ja yksittäisen hallintapisteen. [16]

### 3.2.11 SAN -avoin ratkaisu

Tietotulva asettaa suuria vaatimuksia tiedon tallennukselle

Tallennusmarkkinat muuttuvat nopeasti. Tiedon hallinta ja järjesteleminen muodostuu suuremmaksi haasteeksi kuin tallennustilan kasvattaminen. Syy tähän muutokseen on yrityskriittisen tiedontarpeen kasvu. Tallennustarve usein tuplaantuu vuosittain. Tiedon on oltava jatkuvasti saatavilla ja järjestettynä kustannustehokkaasti. Näiden vaatimusten täyttämiseksi tarvitaan uusia tapoja tallentaa tietoa. [17]

Palvelimet ja tallennustila eri paketissa

Analyttikot kuten Gartner Group suosittelevat palvelin- ja tallennushankintojen eriyttämistä. Tutkimuslaitokset arvioivat, että parin vuoden kuluttua 70 % palvelimen hankintakustannuksista liittyy tallennukseen. [17]

Mikä on vikana tämän päivän ratkaisuissa?

Tähän asti levyjärjestelmät ovat olleet fyysisesti kiinni palvelimissa. Eri valmistajat ovat käyttäneet omia levyjärjestelmiä omissa palvelimissaan ja jokainen uusi palvelin on tarvinnut oman tallennusratkaisunsa. Tähän tapaan rakentaa muistiratkaisuja liittyy ongelma. Jos yhden palvelimen levytila täyttyy, ei voida käyttää muiden palvelimien vapaina olevia resursseja. Jot-

kin levyt voivat olla todella kuormitettuja, kun taas toiset seisovat tyhjinä. Tallennustilan loppumisen lisäksi tämä haittaa levyjen suorituskykyä. [17]

Suurin ongelma tulee vastaan rakennettaessa järjestelmää, jossa pitää hallinnoida suuria tietomääriä eri laiteympäristöissä. Jokaisella valmistajalla on oma hallintaohjelmansa, joka ei ole yhteensopiva muiden hallintaohjelmien kanssa. Tästä seuraa ylimääräistä työtä järjestelmänvalvojille ja lisääntyneitä riskejä järjestelmän monimutkaistuesssa. Varmuuskopiointi on myös vaikeaa kun tieto on levitetty erilaisiin levyjärjestelmiin. [17]

### SAN, Muistiverkko

Näiden ongelmien ratkaisuksi on tullut viime vuosina muistiverkkojen rakentaminen. Muistiverkko on palvelimista erillinen verkko, johon on liitetty erilaisia muistilaitteita. Kapasiteetti on kaikkien palvelimien käytössä ja hallinto tapahtuu keskitetysti. Tällä tavalla vältetään sudenkuopilta, jotka vaivaavat tavallisia muistiratkaisuja. Kapasiteetin lisääminen onnistuu myös helposti. SAN -teknologia käyttää dedikoitua verkkoa, jossa eri laitteet kuten levyt, nauhat ja optiset asemat keskustelevat keskenään. Hallitseva liitäntätapa on kuituoptinen liitäntä. [17]

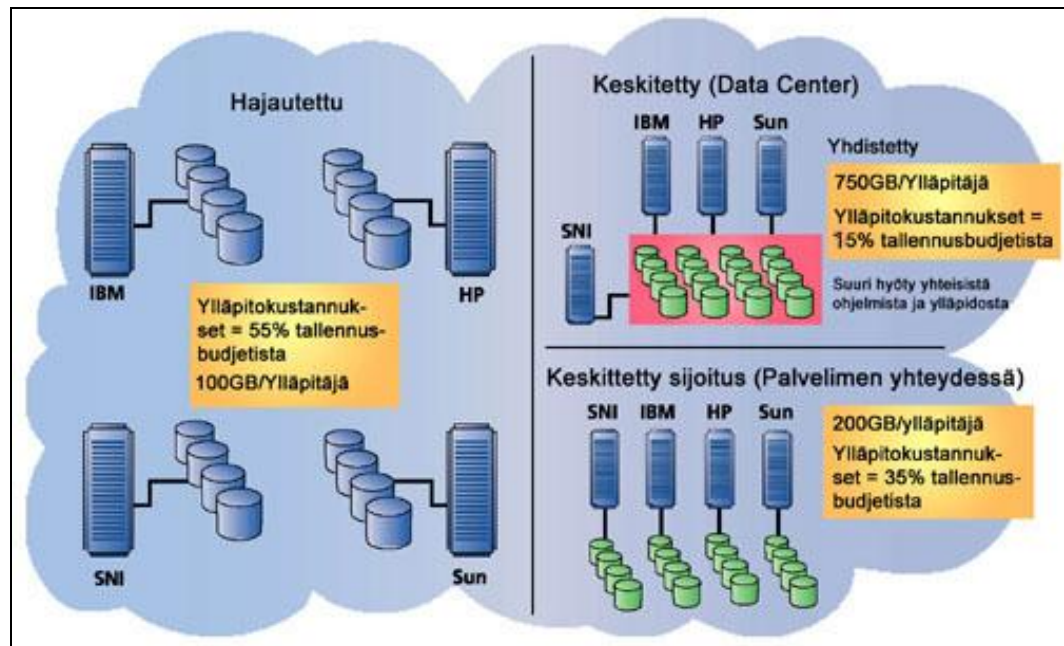
### SAN -verkon edut

SAN -verkon käyttöönottoon liittyy selviä etuja:

- Suorituskyky paranee ja tavallinen verkko voidaan vapauttaa muistilaitteiden kuormituksesta
- Palvelinten ja muistin hallinta eriytetään parasta tulosta varten
- Tiedon keskitetty hallinta
- Kustannustehokkaammat varmennustoiminnot
- Tallennustilan ja palvelinten eriyttäminen
- Paremmat klusteroiti/High Availability ominaisuudet
- Parempi vikasietoisuus [17]

Suuret voitot keskitetyllä hallinnolla

Keskittämällä tiedostojen hallinta muistiverkkoon voidaan saavuttaa suuria säästöjä. IDC:n tekemä tutkimus valottaa kolmen erilaisen tallennustavan välisiä eroja. Tutkimuksessa katsotaan kuinka suurta datamääriä kunkin järjestelmän hallinnoitsija pystyy valvomaan. Tutkimus katsoo myös tiedonhallinnan osuutta koko tallennusbudjetista (Kuva 17). [17]



Kuva 17. Tallennusjärjestelmät [17]

- Hajautettu, paikallinen levyjärjestelmä (Kuva 17), jossa levyjärjestelmät ovat kiinni palvelimissa. 100 Gt hallinnoitsijaa kohden. Hallintokustannukset 55 % tallennusbudjetista. [17]
- Keskitetty järjestelmä (Kuva 17), jossa jokaisella palvelimella oma levyjärjestelmänsä. 200 Gt hallinnoitsijaa kohden. Hallintokulut 35 % tallennusbudjetista. [17]
- Keskitetty järjestelmä (Kuva 17), palvelimet käyttävät samoja levyjä. Hallintakustannukset 15 % tallennusbudjetista. [17]

Nämä luvut valaisevat hyvin sitä, kuinka kalliiksi tallennustilan hallinta voi muodostua. [17]

## Avoim tapaa rakentaa muistiverkko

Muistiverkot ovat suhteellisen uusia ja niitä koskevat standardit eivät ole vielä täysin valmiita. Monien eri palvelinten ympäristö ja niiden integraatio asettaa suuria vaatimuksia muistiverkon valmistajalle. [17]

Jo tänään kaikki edellä mainitut ratkaisut toimivat käytännössä. Tärkeintä on osata hallita erilaisia komponentteja keskitetysti. Näitä komponentteja ovat mm. Host Bus Adapterit, fibre channel switchit, fibre channel/scsi sillat, nauharobotit, levyjärjestelmät, hallintaohjelmat, käyttöjärjestelmät ja sovellukset. [17]

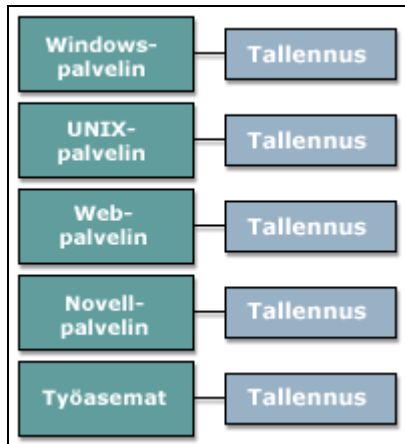
Tavallisesti kaikki osat valitaan samalta valmistajalta. SAN -järjestelmä rakennetaan yhden laiteympäristön ympärille. Tällä tavalla taataan toimivuus ja luotettavuus. Haittapuolena on joustamaton ja suljettu järjestelmä, joka ei oikein sovi ajatukseen muistiverkkojen avoimuudesta. [17]

Avoimen SAN -järjestelmän luomiseksi on otettava huomioon suuri käyttö- ja levyjärjestelmien kirjo. Avoimen SANin on selviydyttävä sekä tämän päivän että huomisen vaatimuksista. Tällainen ratkaisu voidaan integroida olemassa oleviin järjestelmiin vaivattomasti. [17]

### 3.2.12 IBM Storage virtualisointiratkaisu

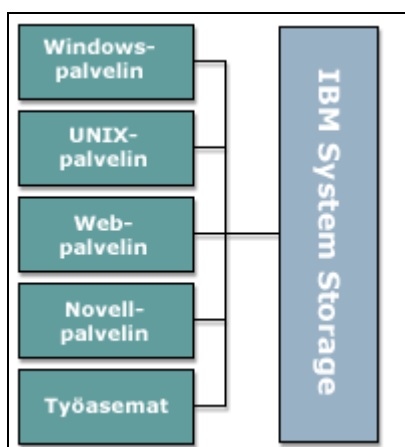
#### IBM System Storage

Monissa yrityksissä ja organisaatioissa IT-infrastruktuuri on kehittynyt vuosien saatossa, ja käytössä on monia palvelimia, joilla kaikilla on oma käyttötarkoituksensa. Tämä rajoittaa levytilan tehokasta hyödyntämistä (Kuva 18). IBM SAN (Storage Area Network) -tallennusverkkoratkaisussa kaikki tiedot voidaan tallentaa samaan verkkoon (Kuva 19). [18]



Kuva 18. Huono ratkaisu [18]

- Tallennustila on sidoksissa yksittäiseen palvelimeen.
- Muut palvelimet eivät voi hyödyntää käyttämätöntä tallennuskapasiteettia.
- Palvelinta vaihdettaessa tallennustilainvestoinnit voivat mennä hukkaan.
- Palvelinta vaihdettaessa syntyy käyttökatkoksia, kun tiedot siirretään uuteen palvelimeen.
- Käyttökatkoksen aikana arkistoidut tiedot eivät ole käytettävissä.
- Ei keskitettyä tietojen käsittelyä eikä tietoturvatouimia. [18]



Kuva 19. Ihannetilanne [18]

- Turvallinen tallennusinvestointi.
- Tallennuksen konsolidointi.

- Tietojen yhteiskäyttö ja pääsy kaikkiin tietoihin.
- Tallennuskapasiteetin tehokas hyödyntäminen.
- Tarpeen mukaan ja helposti laajennettava ratkaisu.
- Keskitetty valvonta ja tietojen käsittely.
- Tietoturva.
- Varakapasiteettia aina käytettävissä.
- Helpot ja tehokkaat varmistustoimet. [18]

### 3.2.13 IBM TotalStorage SAN Volume Controller (SVC)

IBM TotalStorage SAN Volume Controller (SVC) lisää tallennusinfrastruktuurin joustavuutta ja mahdollistaa datan siirtämisen eri levyjärjestelmien välillä ilman sovellusten käyttökatkoja. [18]

#### IBM TotalStorage SAN File System

Yksinkertaistaa tiedostojen ja tietojen hallintaa SAN -verkossa sekä mahdollistaa palvelinten välisten tiedostojärjestelmien yhdistämisen eristämällä sovellukset fyysisestä infrastruktuurista tehokkaamman tallennuksenhallinnan ja tuottavuuden ansiosta. [18]

### 3.2.14 HP StorageWorks Enterprise Virtual Array/EVA

HP:n virtualisoivat tallennusratkaisut helpottavat hallintaa ja samalla maksimoivat käyttöasteen. Tallennusjärjestelmäsi pitää pystyä kasvamaan. Ne muodostavat levyvaraston, josta voidaan määritellä tarvittava kapasiteetti mihin tahansa, milloin tahansa ja juuri sellainen määrä kuin tarvitaan. HP:n ratkaisut pystyvät tarjoamaan virtualisointia palvelin-, verkko- ja levyjärjestelmätasolla. Tuloksena ovat alhaisemmat kustannukset ja korkeampi käyttöaste. EVA on kustannustehokas, skaalautuva levyjärjestelmä ylivoimaisilla virtuaalisilla ominaisuuksilla.



silla. Se soveltuu kaikenkokoisille yrityksille toimialasta riippumatta. EVA-järjestelmän levykapasiteetin käyttöaste on korkeampi verrattuna perinteiseen RAID-levyjärjestelmään. Sitä on erittäin helppo käyttää, mm. levyalueen luonti ja näyttäminen palvelimelle käy muutamalla hiiren klikkauksella. EVA automatisoi hallinnan ja muutostyöt, jotka aikaisemmin on tehty manuaalisesti. Se integroituu ProLiant-palvelimista tuttuun System Insight Manageriin, jolla saavutetaan yhdenmukainen hallintanäkymä koko konesaliympäristöön. Kaikki palvelimet saadaan liitettyä EVA-järjestelmään erittäin kustannustehokkaasti. Uuden iSCSI-liitännän avulla pystytään tarjoamaan levykapasiteettia myös SAN -verkon ulkopuolisille palvelimille. EVA-ratkaisun hallinta hoituu konesalin ulkopuolelta, yleensä asiantuntijan omalta työpöydältä. Ratkaisussa on mahdollisuus käyttää samassa järjestelmässä edullisia, suurikapasiteettisia FATA-levyjä (Fibre Attached Technology Adapted) esimerkiksi levyjärjestelmän sisäisiin kopioihin, levypohjaiseen varmistukseen tai tiedostopalvelin käyttöön. EVA hyödyntää standardeja MPIO-ajureita, erillisiä palvelinkohtaisia kuormanjako-ohjelmistoja ei tarvita. Kaikki ohjelmisto- ja firmware- päivitykset sekä kapasiteettilaajennukset pystytään tekemään ilman käyttökatkoja, jotka osaltaan vaikuttavat EVA:n erittäin korkeaan käytettävyyteen. ISEE, proaktiivinen valvontajärjestelmä seuraa EVA:n toimivuutta ympäri vuorokauden ja mahdollisten ongelmien sattuessa avaa automaattisesti huoltokutsun HP:lle. ISEE havaitsee laiteviat usein jo ennen niiden syntymistä, jolloin korjaavat toimenpiteet voidaan tehdä hallitusti. [19]

### 3.2.15 EVA vs. SVC

Yritysten ja yhteisöjen kiinnostusta virtuaalisiin tallennusratkaisuihin lisää datamäärien jatkuva kasvu. Kun tallennettavan tiedon määrä kasvaa jopa 60 prosenttia vuodessa, joustavasti kasvatettaville ja hallittaville ratkaisuille on kysyntää. Yksi tärkeimpiä syitä virtualisoinnin yleistymiseen on se, että sen avulla tallennuksen käyttöastetta voidaan merkittävästi parantaa. Kun vanhoihin menetelmiin jopa puolet tallennustilasta on käyttämättömänä, virtualisoinnilla päästään lähes 90-prosenttiseen käyttöasteeseen. Virtualisoinnin ansiosta tallennusresursseja voidaan jakaa eri sovelluksille katkottomasti. Sovellus ei huomaa mitään, kun sille osoitetaan lisää tilaa tai tilaa vähennetään. Tämä on omiaan ympäri vuorokauden pyöriville järjestelmille. [19]

### 3.2.16 HP:lla EVA, IBM:llä SVC

Compaqin ja HP:n fuusiosta molemmilta yrityksiltä tuli tallennusten virtualisointitekniikkaa. Käyttöön jäi Compaqin kehittämä EVA (Enterprise Virtual Array). EVA:n avulla poistetaan mukaan kaikki tallentamisen teknologiset rajoitteet, joihin on totuttu. Useimmiten ongelma oli se, että kapasiteettia oli paljon mutta se oli väärillä levyillä. Virtualisoinnin ansiosta voidaan käyttää erinopeuksisia ja -kapasiteettisia levyjä. IBM:n näkökulmasta virtualisointi tarkoittaa, että tallennustilan eteen tehdään looginen kerros, jota yritys kutsuu SVC:ksi (SAN volume controller). Sen avulla voidaan peittää kaikki fyysiset tallennuslaitteet ja hallita ja jakaa kapasiteettia tarpeen mukaan. SVC:n hallitsemien tallennusvälineiden ei tarvitse olla yksinomaan IBM:n laitteita vaan ne voivat olla eri toimittajilta. Tämä on omiaan helpottamaan tallennusjärjestelmien yhtenäistämistä. HP:n tarjoama levyjärjestelmätason virtualisointi EVA täyttää lähes kaikkien suomalaisasiakkaiden tarpeet. HP:lläkin on oma SAN -tason virtualisointinsa Storage Works 200 SVS. SAN -tason virtualisoinnin miinuksena on liitettävien laite- ja ohjelmistotason erittäin tarkkaa sertifiointia, mikä rajoittaa ratkaisujen käyttöä. [19]

IBM on toimittanut 2 250 SVC-järjestelmää 40 maahan 20:lle eri toimialalle. Kaikkiaan järjestelmissä on levymassaa 15 petatavun, siis 15 000 teratavun verran. Suomessa asennuksia on noin 30. HP:llä on Suomessa useita satoja asennuksia. Joissakin ollaan kohta patatavuluokassa. Jatkuvista lisääntyvistä tallennustarpeista kertoo se, että usein yritykset hankkivat tallennuskapasiteettia teratavuittain. EVA skaalautuu pienistä ratkaisuista erittäin isoihin. Pienin on ollut kahden palvelimen ratkaisu. Tyypillisessä on useita palvelimia. Levyt voivat sijaita tiiviistikin, kun yhteen laitekaappiin menee maksimissaan 168 kiintolevyä eli maksimissaan 84 teratavua. Tallennuskapasiteettia ei kannata hankkia palvelimiin vaan se kannattaa ostaa erillisenä. Näin sen käyttöä on helpompi optimoida. Virtualisoinnilla päästään parhaimmillaan siihen, ettei kapasiteettia tarvitse hankkia varastoon. Yritysten investoinnit ovat usein etupainotteisia, minkä vuoksi on tärkeätä, että investointi sopeutuu muuttuviin tarpeisiin. Virtualisoidun tallennusratkaisun investointikustannukset ovat 20–30 prosenttia korkeammat kuin vastaavankokoisen perinteisen ratkaisun. Kuitenkin elinkaarikustannusten vertailussa virtualisoitu ratkaisu päihittää perinteisen kirkkaasti. Investoinnin takaisinmaksuaika voi olla jopa miltei nolla. Palvelimien konsolidoinnin myötä kasvavat käytettävyyksivaatimukset, joihin ei pystytä vastaamaan perinteisellä tallennusteknologialla. Muutostarpeet ovat välittömiä ja niihin on vastattava heti. [19]

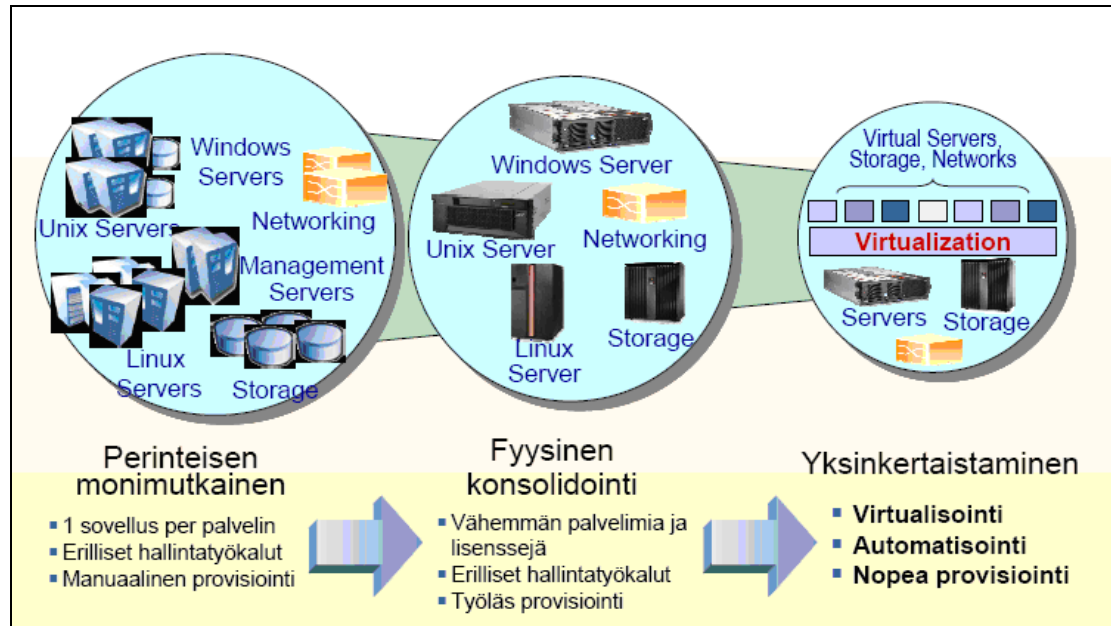
## Lisää tehoa elinkaaren hallintaan

Virtualisointiin liittyy kiinteästi tiedon elinkaaren hallinta. Käyttödatan pitäisi olla nopeilla levyillä, kun harvemmin tarvittava joutaa olla hitaammilla levyillä tai nauha-arkistoissa. Toinen puoli tallennusjärjestelmien virtualisoinnissa on nauhojen virtualisointi. Virtuaalisessa nauhakirjastossa tiedot siirretään ensin levyille ja sitten nauhoille, minkä ansiosta sovellukselle voidaan näyttää tuhat virtuaalista nauha-asemaa todellisten muutaman aseman sijasta. Näin varmistuksiin saadaan huomattavasti lisää nopeutta. Tallennuksen järjeistäminen alkaa yleensä useiden, jopa kymmenien tai satojen laitteiden konsolidoinnista, isompiin yksiköihin. Seuraavassa vaiheessa levylaitteet sijoitetaan virtuaalikerroksen taakse. Tallennusta voidaan edelleen tehostaa automatisoinnilla. Tallennuksen hallinta maksaa paljon ja siinä voidaan säästää provisioinnilla ja orkestroinnilla. Provisioinnilla voidaan vaivattomasti määritellä uusia levytilavaatimuksia esimerkiksi jonkin uuden sovelluksen testikäyttöön. Orkestrointi puolestaan seuraa dynaamisesti levytilan tarvetta, jolloin piikkeihin voidaan reagoida automaattisesti. Virtualisointitarpeet lisääntyvät myös jatkuvasti kasvavien viranomaisilta tulevien tallennusvaateiden vuoksi. Tietojen oletetaan olevan hyvin tallessa ja tarvittaessa saatavilla. [19]

Orkestrointi on useiden resurssien ohjausta yhtä aikaa jossa jokaisella resurssilla on oma ohjausyksikkö. Esimerkiksi tiedostojärjestelmän pääsy tiedostoihin, verkon liikenteen ohjaus, muistin puskureiden kulutus ja prosessoinnin säikeiden ja prosessien skedulointi.

### 3.2.17 Virtualisointi, konsolidointi, yksinkertaistaminen ja provisointi

Virtualisointi on fyysisten resurssien erottaminen loogisesta tasosta niin, että loogista tasoa käyttävät saavat dynaamisen näkymän resursseihin ilman fyysisiä rajoja. Konsolidointi on (Fyysisten) resurssien yhdistäminen ja standardoiminen yhteiseen infrastruktuuriin. Yksinkertaistaminen on palvelimen (Server), tiedon (Data), muistin (Memory), sovelluksen (Application), verkon (Network), työkuorman (Workload) ja tallennuksen (Storage) virtualisointi. Provisointi on uuden ympäristön hankinta, asennus ja käyttöönotto. Kuvassa 20 on esitetty virtualisointi, konsolidointi, yksinkertaistaminen ja provisointi. [20]



Kuva 20. Virtualisointi, konsolidointi, yksinkertaistaminen ja provisiointi [20]

### Palvelimen virtualisointi

Palvelimen virtualisointi on hyvin läheistä sukua konsolidoinnille, tai se on itse asiassa osa sitä: molemmilla nostetaan palvelinten käyttöastetta ja helpotetaan järjestelmien ylläpitoa ja hallintaa. [21]

### Resurssit hyötykäyttöön

Perinteisesti ja vielä nykyäänkin palvelinten käyttöaste on usein varsin alhainen. Gartner-tutkimuslaitoksen mukaan (heinäkuu 2004) Intel-palvelimien käyttöaste on keskimäärin vain 15 prosenttia. Tästä voisi päätellä, että 85 prosenttia palvelinten resursseista on ollut hukainvestointeja. Näin ei tietenkään ole, koska sovellusten kuormituksen ruuhkauippuihin on varauduttava. Jos superkonsertin liput tulevat Internet-myyntiin maanantaina klo 8, palvelinten on kestettävä lipunostajien tulva nikottelematta. Valtaosan ajasta palvelimen resurssit ovat kuitenkin vajaakäytössä. Virtualisoinnilla saadaan resurssit hyötykäyttöön vaarantamatta silti palvelimen suorituskykyä kuormituspiikkien aikana. [21]

Virtualisoinnissa yhteen fyysiseen palvelinlaitteeseen, tornimalliseen tai laitekehikossa olevaan palvelimeen asennetaan useita virtuaalipalvelimia eri palvelinkäyttäjärjestelmillä. Palvelimeen luodaan ohjelmallisesti loogisia osioita, virtuaalipalvelimia, jotka toiminnoiltaan -käyttäjärjestelmät, tietokanta- ja sovellusohjelmistot, lisenssit jne. -ovat aivan tavallisen palvelimen kaltaisia. Niillä ei kuitenkaan ole omia, vain omaan käyttöön osoitettuja laiteresursse-

ja, vaan kaikki yhteen palvelimeen muodostetut virtuaalipalvelimet hyödyntävät samoja palvelinlaitteen resursseja. [21]

Palvelimen levytila, suorittimet, muistit, ohjaimet, lähiverkkoyhteydet yms. -kaikki resurssit jaetaan virtuaalipalvelinten kesken. Jos yhden virtuaalipalvelimen kuorma kasvaa, resursseja voidaan siirtää sen käyttöön nopeasti ja helposti muilta virtuaalipalvelimilta, joiden kuormitus on normaali tai alhainen. Näin palvelinlaitteen sisällä on useita palvelimia, joista jokainen on täysin itsenäinen kokonaisuus, ilman mitään yhteyksiä toisiin virtuaalipalvelimiin samassa palvelinlaitteessa. [21]

Korkea käyttöaste, helppo hallinta, pitkä elinkaari

Virtualisointi auttaa nostamaan palvelimen käyttöastetta, jopa 80 prosenttiin. Samalla käytettävien palvelimien määrä tai ainakin uusien palvelimien hankintatarve vähenee, mikä tuo suoraan säästöjä. Aiempaa pienempi palvelimien määrä ja yksinkertaisempi ympäristö helpottavat tietojärjestelmien hallintaa, mikä tuo myös säästöjä. Suurissa järjestelmissä ympäristöissä säästöjä saadaan jopa sähkönkulutuksen alenemisesta ja pienentyneestä ilmastoinnin ja tilan tarpeesta. [21]

Virtualisoinnilla on muitakin etuja. Testikäytössä ja ohjelmistokehityksessä on helppoa luoda identtinen virtuaalipalvelin, joka kuitenkin on täysin erillinen. Näin voidaan nähdä muutosten seuraukset häiritsemättä alkuperäistä ympäristöä. Kopioimalla virtuaalipalvelin asetukseksi ja määrityksineen saadaan pystytettyä uusi sovellusympäristö erittäin nopeasti. [21]

Harkittava tarkkaan

Virtualisointi sopii parhaiten edustakoneympäristöihin eli palvelimiin, jotka ovat käyttäjien ja taustajärjestelmien välissä: webbi-, palomuri-, virustorjuntapalvelimiin. Myös sovelluspalvelimet ja pienet tietokantapalvelimet voidaan virtualisoida palvelinlaitteiden määrän vähentämiseksi. Nykyisin käytetyt Microsoftin ja VMwaren virtualisointiohjelmistot tunnistavat vain yhden tai kaksi suoritinta, joten tämä rajoittaa virtualisoitavaksi sopivia sovelluksia. Virtualisoinnin voi tehdä kerralla tai asteittain. Tärkeintä on harkita tarkkaan, mitä sovelluksia ja ympäristöjä voi ja kannattaa virtualisoida. [21]

Hanketta harkitsevan pitää miettiä, mitä käyttöjärjestelmiä ja sovelluksia sekä niiden versioita on käytössä. Voidaanko ne siirtää uuteen ympäristöön sellaisinaan, vai onko ne asennettava uudestaan? Kaikkia ohjelmistoja ei voi edes virtualisoida valmistajan tuen puuttuessa. [21]

### 3.2.18 Tallennustekniikan kehitys jatkuu

Artikkeli, TIKE Tietoyhteiskunnan kehittämiskeskus ry:n sivuilta, saapunut 28.9.2006 [23]

Tallennustekniikan kehitys jatkuu, takana 50 vuotta IBM-levyjärjestelmiä

Syyskuun alkupuolella tasan 50 vuotta sitten IBM toi markkinoille ensimmäisen kaupallisen kiintolevyn, 350 Disk Storage Unitin, sekä sitä hyödyntäneen IBM 305 RAMAC-tietokoneen ("Random Access Method of Accounting and Control"). Yhdistelmä merkitsi uudenlaista tietojenkäsittelyn ja -taltioinnin vaihtoehtoa perinteisille reikäkorttijärjestelmille.

Vuoden 1956 mallia oleva IBM 350-kiintolevy-yksikkö painoi noin tonnin, vastasi kooltaan kahta ylilevää jääkaappipakastinta ja taltioi 24-tuumaisille levypinnoilleen tietoa viisi miljoonaa merkkiä eli 4,88 megatavua. Verrattuna elokuussa 2006 julkistettuun 320-teratavuiseen IBM System Storage DS8000 Turbo-levypalvelimeen taltioitavissa oleva tietomäärä on siis 65-miljoonaiskertaistunut. Luku, joka vastaa esimerkiksi tiedostoksi digitoidun Mona Lisa -maalauksen vertaamista Guggenheimin, Louvren ja Metropolitanin taidemuseoiden kokoelmiin yhteensä. [23]

Tänään, vuonna 2006, IBM:n tutkijat ja tiedemiehet kehittävät tallennusjärjestelmistä entistä nopeampia, kapasiteetiltaan suurempia ja toiminnaltaan varmempia muun muassa Almadenin tutkimuslaboratoriossa Yhdysvalloissa. IBM on listannut neljä tallennuslaitteiden kehityksen päälinjaa, joihin tutkimustyö lähivuosina keskittyy. [23]

Yksi tulevaisuuden tallennustekniikoista voi tutkijoiden mukaan perustua nykyisten flash-muistien kaltaisiin, mutta niitä kapasiteetiltaan suurempiin ja toimintavarmempiin SCM-muisteihin (Storage Class Memory). SCM-muistien avulla esimerkiksi PC-koneiden käynnistyminen ja käyttöjärjestelmän lataus voisi tapahtua jopa parissa sekunnissa. [23]

Tutkimusaloista kaksi keskittyy tallennuslaitteistojen tehtävien monipuolistamiseen. Tulevaisuuden laitteistot voivat huolehtia entistä useammista tietojärjestelmän toiminnoista keskusyksikkömäisen älykkäästi. Esimerkki tästä on jo käytössä oleva LPAR-tekniikka eli looginen partitiointi, jossa levypalvelin jaetaan pienempiin osiin useiksi itsenäisiksi virtuaalipalvelimiksi. Myös tietojen siirtämiseen, kopiointiin ja taltiointiin liittyviä analysointitaitoja kehitetään, jotta tallennusvälineet voisivat itse tunnistaa käyttäjänsä ja estää asiattomat tiedonsiirrot. [23]

Neljäs tutkimusala pyrkii varmistamaan sen, että yhä kasvavien tietomäärien taltiointiin käytettävät laitteistot ja verkot olisivat hallinnoitavissa helposti ja tehokkaasti avoimien ohjelmistostandardien mukaisilla työvälineillä. Tätä hallinnointia helpottaa myös laitteiden autonomisten ylläpitotoimintojen kehittäminen. [23]

## 4 TUTKIMUKSEN TEKEMINEN

Tutkimus aloitettiin joulukuussa 2006 tutkimalla eri laitetoimittajien levyjärjestelmiä sekä levyjärjestelmiin liittyviä laitteita ja teoriaa. Tutkimus rajattiin SAN -levyjärjestelmiin ja myöhemmin vain IBM:n ja HP:n SAN -levyjärjestelmiin (Kuva 1.1 sivulla 5).

Tutkimusten ja vertailujen perusteella hankittiin keväällä 2007 levyjärjestelmälaajennus, jonka kokoonpano on kuvattu liitteessä 2.

Levyjärjestelmän ns. rauta-asennuksen kehikkoon on tehty itse. IBM:n asentaja teki Blade-palvelinkehikon liittämisen levyjärjestelmään ja kiintolevyalueen määrittelyn. Ethernet-kytkinten määrittelyn ja liittämisen Alcatel runkokytkimeen tehtiin itse. Lisäksi toimituksesta puuttui asennushetkellä neljä levyä, jotka jäivät itse asennettavaksi.

Palvelin asennettiin ja tehtiin asennusmalli palvelimen määrittelystä SAN -järjestelmään. Lisäksi tehtiin asennusdokumentit eri työvaiheista. Luettelo asennusdokumenteista on liitteessä 3. Asennusdokumentit ovat ohjeita asennuksen eri vaiheista kuvaruutukopioineen ja ne eivät sisälly tähän raporttiin. Asennusdokumentit on tulostettu ja niitä säilytetään atk-osastolla. Dokumentit on tallennettu myös osaston verkkolevyille.

Mallia testattiin asentamalla palvelin sen mukaan. Ensimmäinen testi ei onnistunut, koska mallissa ei ollut otettu huomioon palvelimeen asennettavan kuitukortin asennusta. Kuitukortin asennusta ei ollut otettu huomioon missään dokumentissa, koska oletettiin kuitukortin sisältyvän Blade-palvelimeen. Dokumentaatioon on lisätty myös kuitukortin lisääminen palvelimeen (palvelimen asennus).

Seuraavaksi mallia testattiin antamalla työkaverille ”Palvelimen määrittely SAN -levyjärjestelmään” mallin ja häntä pyydettiin tekemään asennus mallin mukaan. Hänelle annettiin myös kuvaruutukopiot asennuksen tästä vaiheesta. Palvelimen määrittely SAN -levyjärjestelmään malli on tämän raportin liitteessä 4. Tämän jälkeen mallia tarkennettiin työkaverin antamien kommenttien perusteella.



## 5 TULOKSET

### 5.1 Millainen järjestelmän tulee olla

Järjestelmässä on oltava helppokäyttöinen tallennuskapasiteetin keskitetty hallinta ja sen on tehostettava ja yksinkertaistettava IT -järjestelmän hallintaa ja ylläpitoa sekä sen on parannettava palvelun tasoa ja mahdollistettava ongelmien nopea ratkaisu.

Tallennuskapasiteettia on oltava helposti laajennettavissa tarpeen mukaan, jotta vältytään laitteiston ylimitoitukselta hankintahetkellä ja invertoinnit voidaan jakaa useammalle vuodelle.

Siinä on voitava olla eri laitetoimittajien levyjärjestelmiä ja sillä tulee pystyä hallitsemaan palvelinten määrän kasvua sekä sen on oltava toimintavarma ja levykapasiteettia sekä suorituskykyä on pystyttävä kasvattamaan dynaamisesti sitä tarvitsevien sovellusten käyttöön niiden tarpeiden mukaan.

Järjestelmässä on oltava sekä kuitu- että ATA-levyjä. Tämä mahdollistaa sen, että tallennusalusta voidaan valita kustannustehokkaasti tiedon käyttöasteen ja vaadittavan suorituskyvyn mukaan (ATA-levyt edullisia). Datan lyhytaikainen varmistus ohjataan ATA-levyille, jolloin data on palautettavissa nopeasti (data ensin ATA-levylle ja vasta sitten nauhalle).

Sen on tuettava hajautettua IT-ympäristöä (palvelimissa omat levyt ja palvelimet mahdollisesti toisessa tilassa) yhdistämällä IP- ja SAN -pohjainen tallennus ja järjestelmällä on pystyttävä tehostamaan tallennuskapasiteetin konsolidointia. Konsolidointi tarkoittaa tässä vähemmän tallennusjärjestelmiä ja erilaisia hallintatyökaluja. NAS-yhdyskäytävän kautta järjestelmään on helppo linkittää uusia sovelluksia, jotka voivat tiedostopohjaisesti hyödyntää keskitettyä tallennusjärjestelmää.

Sen on voitava tallennuksen virtualisoinnilla keskittää fyysiset tallennuslaitteet yhdeksi loogiseksi tallennusresurssiksi. Näin tietojen fyysinen tallennus ja laitteet voidaan erottaa tietojen hallinnasta ja käytöstä. Lisäksi dataa on voitava siirtää eri levyjärjestelmien välillä ilman sovellusten käyttökatkoja.

Järjestelmän on mahdollistettava maantieteellisesti hajauttaminen ja etäpeilaus ja Datan peilauksessa on voitava käyttää CWDM-tekniologiaa, jossa valon eri värejä hyödyntäen mahdol-

listetaan rinnakkainen tiedonsiirto samassa kuituparissa (uhkina mm. tulipalot ja vesivahingot, jolloin kriittinen sovellusdata on syytä peilata ja kahdentaa).

Klusterointi on oltava mahdollista ja kuituverkko on oltava mahdollista kahdentaa, jolla taataan yhteyksien jatkuva toiminta, sekä järjestelmän hinta - laatusuhde tulee olla hyvä.

## 5.2 Toiminnalliset tulokset

Tutkimusten ja vertailujen perusteella hankittiin keväällä 2007 levyjärjestelmälaajennus, jonka kokoonpano on kuvattu liitteessä 2. IBM DS4300 levyjärjestelmä mahdollisti nykyisen FAS500 levyjärjestelmän kapasiteetin kasvattamisen käyttäen uudempia saatavilla olevia kuitulevyjä ja se sopi parhaiten olemassa olevaan ympäristöön. Järjestelmän kuvaus levyjärjestelmälaajennuksen jälkeen on esitetty kuvassa 21.

Hankinta on mielestäni tässä vaiheessa ainut toimiva ratkaisu ottaen huomioon taloudelliset resurssit. Laajennuksella saimme levyjärjestelmään uusia ominaisuuksia ja kapasiteettia niin, että oletamme selviämme vuoteen 2010 saakka ilman lisäinvestointeja. Järjestelmää on helppo laajentaa ja siihen on mahdollista liittää myös muiden laitetoimittajien levyjärjestelmiä.

Kehitystehtävän yhtenä tavoitteena oli luoda organisaatiolle toimintamalli, jonka mukaan uudet palvelimet hankitaan ja asennetaan järjestelmään. Tutkimusten perusteella voidaan todeta että, uuden palvelimen hankinta ja asentaminen SAN -järjestelmään on harkittava aina tapauskohtaisesti.

Tutkimustulokset osoittavat (IDC:n tutkimus) että keskitetyssä järjestelmässä, jossa palvelimet käyttävät samoja levyjä on hallintokustannukset vain 15 % tallennusbudjetista ja keskitetyssä järjestelmässä, jossa jokaisella palvelimella on oma levyjärjestelmänsä on hallintokustannukset 35 % tallennusbudjetista.

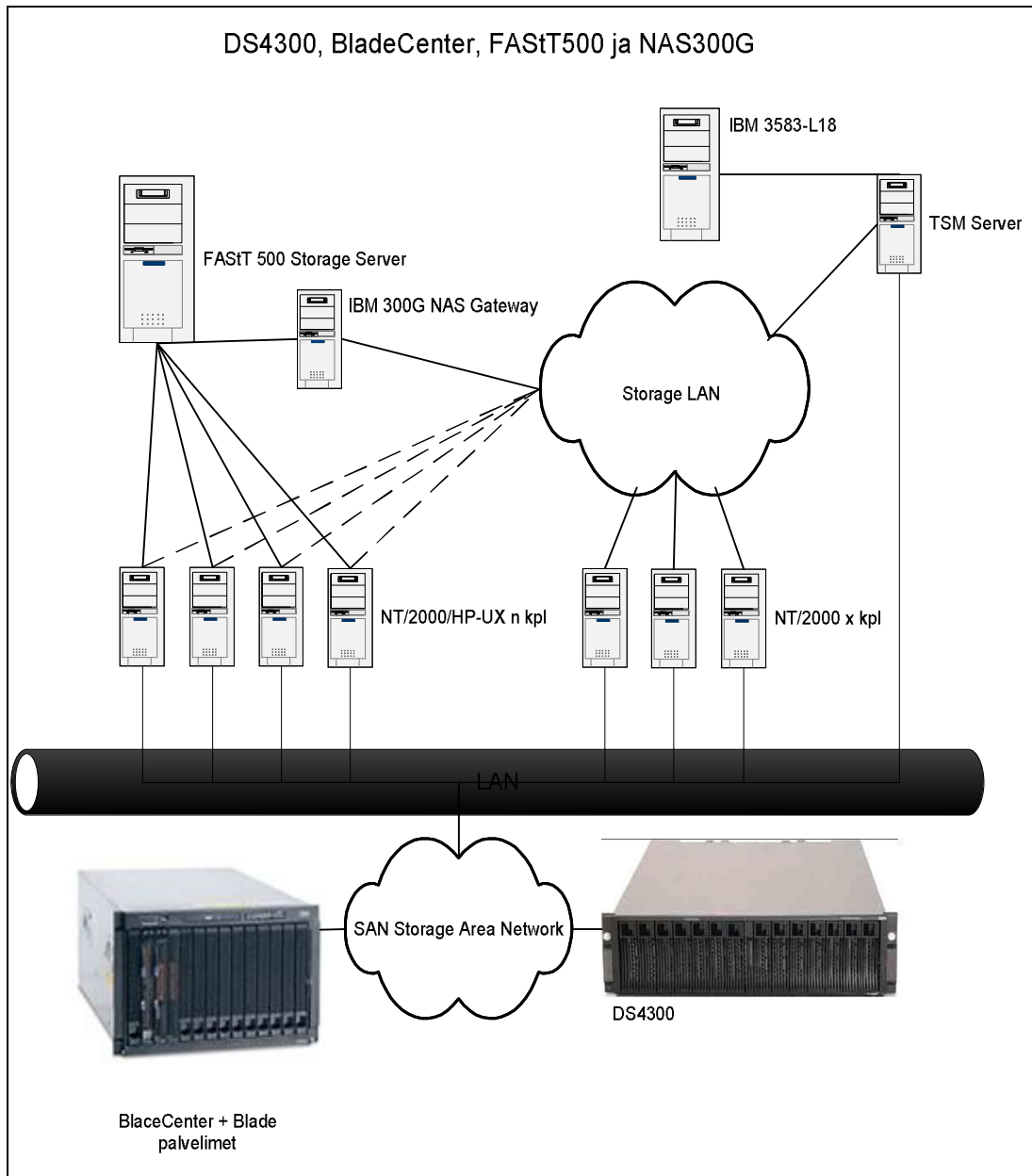
Organisaatiossa on tapahtumassa muutoksia ja tässä vaiheessa ei voi kukaan tietää tuleeko mahdollisia kuntaliitoksia tai perustetaanko uusia kuntayhtymiä. Tästä johtuen organisaatiolle hankittava palvelin hankitaan pääsääntöisesti korttipalvelimena (Blade-palvelin) ja palvelimelle määritellään datalevy SAN -järjestelmästä (RAID 5). Palvelimen systeemilevy rakennetaan palvelimen omista levyistä peilattuna (RAID 1).

Jos palvelin hankitaan jonkun muun yksittäisen organisaation käyttöön tai yhteisesti usean organisaation käyttöön, on palvelin hankittava erillisenä niin että siinä on omat levyt. Tällä ratkaisulla taataan se että, jos palvelin halutaan siirtää jonnekin muualle, se onnistuu.

Palvelimen määrittely SAN -levyjärjestelmään onnistui mallin mukaan. Myös muut asennukseen liittyvät toimenpiteet on dokumentoitu. Palvelimen määrittely SAN -järjestelmään malli on dokumentti, joka sisältää ohjeen ja kuvaruutukopiot asennuksen eri vaiheista.

Tutkimuksen aikana on organisaation osaaminen lisääntynyt levyjärjestelmistä, SAN:stä, Blade korttipalvelinkehikosta ja palvelimista, Fibre Channel-kytkimestä, Nortel Ethernet kytkimestä, palvelimien asennuksesta ja Storage Manager konfigurointi- ja hallintaohjelmistosta.

### 5.3 Järjestelmän kuvaus levyjärjestelmälaajennuksen jälkeen



Kuva 21. Järjestelmän kuvaus levyjärjestelmälaajennuksen jälkeen

Järjestelmän laajennuksen jälkeen järjestelmässä on korttipalvelinkehikko Blade Chassis ja DS4300 levyjärjestelmälaajennus (Kuva 21). Korttipalvelinkehikkoon mahtuu max. 14 kpl Blade palvelimia. Nyt järjestelmään on asennettu 6 kpl Blade palvelimia. DS4300 levyjärjestelmässä on 14 kpl 146 Gt/10 K FC-kiintolevyjä (nettotila 1,9 Tt). Tarkempi kokoonpanoluettelo on Liitteessä 2.

IBM 3583 LTO nauhakirjaston (Kuva 4) kaksi LTO1 nauha-asemaa on päivitetty LTO3 nauha-asemaksi. LTO3 nauha-asema tallentaa 200 Gt / 400 Gt (pakkaus 2:1) dataa nauhaa kohden (vanha LTO1 nauha-asema tallensi 100 Gt / 200 Gt (pakkaus 2:1) dataa nauhaa kohden).

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn aikana on organisaation levyjärjestelmää laajennettu, tallennuskapasiteettia on saatu lisää ja se on saatu tehokkaaseen käyttöön. Organisaation levyjärjestelmä on valittu ja asennettu niin, että siihen on mahdollista asentaa myös muiden laitevalmistajien levyjärjestelmiä.

Organisaatiolle on luotu uusi käytäntö / toimintamalli palvelimen hankkimiseen ja sen liittämiseen SAN -levyjärjestelmään. Toimintamallissa otetaan kantaa myös palvelimen levy-määrittelyihin ja miten toimitaan muiden organisaatioiden ja yhteisten palvelinten tapauksessa.

Käytäntö / toimintamalli testattiin ja se todettiin toimivaksi, eli palvelimen määrittely SAN -levyjärjestelmään onnistui mallin mukaan.

Työn aikana syntyi useita dokumentteja palvelimen asennus ja määrittelyvaiheista SAN -järjestelmään.

Työn tavoite saavutettiin. Levyjärjestelmän hallinnointia ja ylläpitoa tehostettiin ja yksinkertaistettiin luomalla uusi käytäntö uuden palvelimen käyttöönottoon ja sen liittämiseen SAN -levyjärjestelmään. Parannettiin levytilan käyttöä ohjaamalla kapasiteettia käytön tarpeen mukaan ja saatiin levykapasiteetti helposti laajennettavaksi.

### Jatkoehdotukset

Virtualisoinnin käyttöönotto on mielestäni seuraava organisaation kehittämishanke. Palvelimien ja resurssien virtualisoinnilla voi saada merkittäviä säästöjä hallinnointi- ja laitekustannuksiin (Gartner-tutkimuskeskuksen tulokset sivulla 39).

Tallennuspalveluiden kehittäminen niin, että muiden organisaatioiden ja yhteisten palvelinten hankinta ja liittäminen SAN -levyjärjestelmään on mahdollista.

## LÄHTEET

- [1] IBM TotalStorage™ , FAStT500 Storage Server, <http://www-1.ibm.com/support/docview.wss?uid=ssg1S7000649&aid=1>, luettu 9.3.2008
- [2] Network attached storage (NAS), <http://www-03.ibm.com/systems/storage/nas/index.html>, luettu 9.3.2008
- [3] Implementing IBM Tape in Linux and Windows, <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg246268.pdf>, luettu 9.3.2008
- [4] IBM Tape Storage Systems, <http://www-03.ibm.com/systems/storage/tape/index.html>, luettu 9.3.2008
- [5] Tivoli Storage Manager, <http://www-306.ibm.com/software/tivoli/products/storage-mgr/>, luettu 9.3.2008
- [7] Puska, Matti: Lähiverkkojen tekniikka PRO TRAINING, Suomen Atk-kustannus Oy, Helsinki 1999, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 1999, ISBN 951-762-991-5
- [8] RAID, <http://www.cs.uta.fi/tarkki/suoritus/luennot/raid.html>, luettu 18.2.2008
- [9] Puska, Matti: Lähiverkkojen tekniikka PRO TRAINING, Suomen Atk-kustannus Oy, Helsinki 1999, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 1999, ISBN 951-762-991-5
- [10] Cisco Press, IT Press, 2002: Cisco Verkkoakatemia -1. vuosi, Edita Prima Oy, Helsinki 2002, ISBN 951-826-559-3
- [11] Cisco Press, IT Press, 2002: Cisco Verkkoakatemia - 2. vuosi, Edita Prima Oy, Helsinki 2002, ISBN 951-826-561-5
- [12] Paananen, Juha: Tietotekniikan peruskirja, Docendo Finland Oy, Porvoo 2005, 491 s, ISBN 951-846-250-X
- [13] Technical Committee T11 -kotisivu, <http://www.t11.org>
- [14] Fibre Channel Industry Association -kotisivu, <http://www.fibrechannel.org>
- [15] My First SAN -ratkaisu, <http://h41111.www4.hp.com/myfirstsan/fi/fi/>, luettu 10.3.2008
- [16] SAN -infrastrukturi, <http://h41111.www4.hp.com/ubp/fi/fi/san.html>, luettu 10.3.2008
- [17] Proact Datasystem Oy, <http://www.vuocom.fi/ajankohtaista/san.htm>, luettu 10.3.2008
- [18] IBM Storage virtualisointiratkaisut , <http://www-304.ibm.com/jct03004c/businesscenter/smb/fi/fi/storagevirtualization>, luettu 10.3.2008

[19] HP StorageWorks Enterprise Virtual Array/EVA, 2/2007 Businessforumin asiakaslehti, [www.businessforum.fi/bf\\_pdf/BFnewz02\\_2007.pdf](http://www.businessforum.fi/bf_pdf/BFnewz02_2007.pdf), luettu 10.3.2008

[20] [http://www.tukkk.fi/tjt/opetus/TJT2/Luennot/14\\_ibm.pdf](http://www.tukkk.fi/tjt/opetus/TJT2/Luennot/14_ibm.pdf)

[21] Fujitsu-Siemens verkkolehti, [http://verkkolehti.fujitsu-siemens.fi/205/vieras\\_termi.html](http://verkkolehti.fujitsu-siemens.fi/205/vieras_termi.html), luettu 10.3.2008

[22] Kivimäki, Jukka: Windows Vista - Tehokas hallinta, readme.fi, Helsinki 2007, Gummeruksen Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2007, ISBN 978-952-5592-80-1

[23] TIKE Tietoyhteiskunnan kehittämiskeskus ry, [http://www.tieke.fi/?E=11687&SINGLE\\_EMBED=11687&num=4339](http://www.tieke.fi/?E=11687&SINGLE_EMBED=11687&num=4339), luettu 19.3.2008

[24] Moilanen Tomi, Lähiverkot erikoistyökurssi, <http://www.it.lut.fi/kurssit/03-04/010626000/palautukset/Seminaarit/SAN-SeminaariEsitys.pdf>, luettu 3.4.2008



## LIITTEIDEN LUETTELO

LIITE 1 LÄHTÖTILANTEEN LAITELUETTELO KOKOONPANOSTA

LIITE 2 IISALMEN KAUPUNGIN LEVYJÄRJESTELMÄLAAJENNUKSEN  
KOKOONPANO

LIITE 3 LUETTELO ASENNUSDOKUMENTEISTA

LIITE 4 PALVELIMEN MÄÄRITTELY SAN -LEVYJÄRJESTELMÄÄN

## Lähtötilanteen laiteluettelo kokoonpanosta

### IBM FAStT500 levypalvelin Point-to-Point

- 10 kpl 73 Gt kuituliitännäisiä kovalevyjä (netto 660 Gt / Raid-5)
- Netfinity FastT EXP500 Storage EXP
- 10 kpl Fiber Channet Short Wave Gbig
- 2 kpl Fast Mini hub
- IBM 300G NAS Gateway
- IBM 3583 LTO nauhakirjasto kahdella LTO-nauhurilla, SCSI-liitäntä varmistuspalvelimeen
- 100 Gt Ultrium tape 20-Pak.
- FAStT 500 Storage Manager 8.0
- FAStT FlashCopy Activation
- 6 kpl Fiber Clable
- 6 kpl QLA-2200 kuitukortti
- IBM Series 232 varmistinpalvelin
- 2 kpl License for Alpha Departmental Class DS20 and Aplha 4000
- TSM lisenssit 21 palvelimelle (NT ja HP-UX palvelimet 1 prosessori / palvelin)
- HP 2524 kytkin
- 1 kpl NetBAY42 SR Standart Rack Cabinet
- 2 kpl NetBAY Rack Power Disrtibution Unit

## Iisalmen kaupungin levyjärjestelmälaajennuksen kokoonpano

### Korttipalvelinkehikko IBM Blade Chassis

- max. 14 kpl Blade-palvelimia
- Levykeasema, 8X Slim DVD-ROM
- Advanced Management hallintamoduuli
- 4 x 2000W virtalähteet
- korkeus 7U

### Ethernet

#### 2 kpl Nortel Networks 6-porttinen L2/3 Kupari Gigabit Ethernet kytkimet

- 6-porttia ulos, 14 (+2) porttia sisään, Ethernet 1000Base-T - RJ-45
- Reititys, Layer 3- ja Layer 2-kytkennät
- Trunking, IGMP snooping

### Takuulaajennus

#### Takuulaajennus 3 vuotta IBM Blade Center

- vasteaika 4h, 24hx7 päivää viikossa

### SAN -liitännät levyjärjestelmään

#### QLogic(R) 20-Porttinen 2/4 Gb Fibre Channel-kytkin

- 14 porttia Blade-kehikon sisään ja 6 porttia ulkoisille SAN -liitynnöille
- tukee palvelimien käynnistystä tallennusverkosta (SAN-Boot)

### DS4300-levyjärjestelmälaajennus sisäisellä virtuaalisoinnilla

DS4300-levyjärjestelmälaajennus mahdollistaa nykyisen FASTT500:n levyjärjestelmän kapasiteetin kasvattamisen käyttäen uudempia saatavilla olevia kuitulevyjä.

DS4300-levyalaajennuksen kiintolevyistä on mahdollista tehdä virtuaalisia levyosioita, joita voidaan jakaa joustavasti palvelinten kesken.

DS4300 kokoonpano:

- 14 kpl 146 Gt/10K FC-kiintolevyjä (nettotila 1,9 Tt)
- levyhyllyjen maksimimäärä 4 kpl, yhteensä 56 kpl FC kiintolevyjä
- kahdennetut RAID ohjaimet
- kahdennetut virtalähteet
- 4 kpl 2 Gbit/s kuituporttia kuituverkkoon tai palvelimille, 2 kpl/ohjain
- 4 kpl 4 Gbit/s kuituporttia levylaajennusyksiköille, 2 kpl/ohjain
- 4 kpl 2 Gbit/s SFB GBIC-muuntimia
- Linux / Intel Host kit
- 4 palvelimen Storage partition lisenssi
- 2 kpl 1m LC-LC kuitukaapelit
- Konfigurointi- ja hallintaohjelmisto DS4000 Storage Manager V9.16
- 3 vuoden OnSite takuu

Storage Partition Activation kit 4 => 8

8 palvelimen Storage partition lisenssi

Takuulaajennus

Takuulaajennus DS4300 3 vuotta

- vasteaika 4h 7 päivää viikossa 24h vuorokaudessa

Asennus

- Blade palvelinkehikon levyjärjestelmään liittäminen
- Kiintolevyjen levyalueiden määrittely
- Blade palvelinkehikon Ethernet kytkinten perusasennus

Luettelo asennusdokumenteista

Palvelimen asennus

Käyttöjärjestelmän asennus

Palvelimen määrittely BladeCenter:iin ja Nortel kytkimeen

Palvelimen liittäminen verkkoon

SAN -kytkimen määrittely

Levyn lisääminen SAN -järjestelmään

Palvelimen määrittely SAN -levyjärjestelmään

Levyn määrittely palvelimella

Hotfix for Windows x64 KB916048

Levytilan lisääminen palvelimeen

## Palvelimen määrittely SAN -levyjärjestelmään

Palvelimen määrittely levyjärjestelmään aloitetaan käynnistämällä Storage Manager 9 Client ohjelma ja valitsemalla Storage Subsystem DS4300 ja valitsemalla hiiren oikealla näppäimellä Free Capacity / Create Logical Drive. Ohjelman ehdottaa Logical Drive parameters / New logical drive capacity kohdassa suurinta mahdollista varattavaa kapasiteettia. Anna haluamasi kapasiteetti gigatavuina (GB) ja nimi loogiselle levyille. Tarkista, että Advanced logical drive parameters kohdassa on valittu Use recommended settings. DS4300-Specify Logical Drive-to-LUN Mapping (Create Logical Drive) valinnassa valitse, Logical Drive-to-LUN mapping vaihtoehtoista Default mapping ja Host type (operating system) kohtaan oikea käyttöjärjestelmä ja valitse Finish. Tämän jälkeen ohjelma luo uuden loogisen levyn järjestelmään ja kysyy haluatko luoda toisen loogisen levyn.

Ohjelma palaa IBM System Storage DS4000/FASTT Storage Manager 9 (Enterprise Management) ikkunaan. Näytössä on nyt myös uusi levy, joka edellä on luotu ja Free Capacity on pienentynyt luodun levyn kapasiteetin verran.

Valitse DS4300-IBM System Storage DS400/FASTT Storage Manager 9 (Subsystem Management) näytössä Mapping View välilehti ja klikkaa hiiren oikealla näppäimellä ryhmää johon halua palvelimen lisätä ja valitse Define Host. Kirjoita Host name kohtaan palvelimen nimi ja valitse Known HBA host port identifiers kohdassa oleva oikea hostin tunniste ja klikkaa Add. Aktivoi Selected HBA host port identifiers/aliases kohdassa palvelin ja klikkaa Edit. Anna palvelimelle Alias nimi ja klikkaa OK. Lopuksi ohjelma kysyy haluatko määrittellä toisen palvelimen.

Asennusdokumentti "Palvelimen määrittely SAN -levyjärjestelmään"