

TALLENNUSVERKOT

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikka

Tietoliikennetekniikan sv.

Opinnäytetyö

Kevät 2007

Pekka Tarén

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

TAREN, PEKKA: Tallennusverkot

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 44 sivua

Kevät 2007

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä perehdytään IT-järjestelmissä käytettäviin tallennustekniikoihin ja tietojen turvaamiseksi suoritettaviin toimenpiteisiin, kuten varmuuskopiointi. Työn tavoitteena on vertailla Fibre Channel- ja iSCSI-tekniikoita ja tuodaan esille syitä SAN verkkojen käyttöön siirtymiseen.

Järjestelmien toiminnan varmistamiseksi laitteistoja usein kahdennetaan ja tiedon katoamista vastaan suojaudutaan varmuuskopiinnilla ja tekemällä tallennettavasta tiedosta useita kopioita. Tietojen säilymiseksi ja kopioiden luomiseksi voidaan käyttää RAID-tekniikkaa, peilausta ja etäkopiointia.

Tallennettavan tiedon määrän kasvu ja Internetin aikaansaama vaatimus laitteistojen luotettavuudelle ovat johtaneet erillisten tallennusverkkojen rakentamiseen. Tallennusverkot helpottavat tiedonhallinnan toimintoja mahdollistamalla keskitetyn hallinnan. Tallennusverkot myös poistavat varmuuskopiointiin ongelmia, koska tietoja ei tarvitse siirtää lähiverkon välityksellä.

SAN verkkojen teknologiana Fibre Channel on ollut hallitseva ratkaisu, mutta iSCSI on Ethernetin nopeuden kasvamisen vuoksi tulossa myös SAN-tekniikaksi. Fibre Channel on kallis ja iSCSI:n kilpailuetuna on Ethernet laitteiden edullisempi hinta. iSCSI kykenee miltei Fibre Channelin tasoiseen suorituskykyyn, joten kalliimman teknologian käytölle ei useissa tapauksissa ole enää tarvetta.

Avainsanat: Fibre Channel, iSCSI, SAN, tallennusverkot, varmuuskopiointi

Lahti University of Applied Sciences

Faculty of Technology

TAREN, PEKKA: Storage Networks

Bachelor's Thesis in Telecommunication Technology, 44 pages

Spring 2007

ABSTRACT

This Bachelor's Thesis deals with storage techniques in IT systems and backup operations that are done to protect data. The goal of the thesis is to compare Fibre Channel and iSCSI and find reasons for building SAN based storage.

Redundancy and backup are the main principles when data protection is planned. Devices and network connections are doubled to make systems more reliable. Backup systems are used to copy already stored data. RAID technology, mirroring and remotecopy are also techniques for making copies and securing information.

Internet and the growth of the stored data are reasons for building SAN based storage. Internet has also been the reason for the demand for better reliability and separate storage networks. Storage networks make centralised management possible and solve many problems with backup. When SAN is used for backup there is no need for slow LAN.

Fibre Channel has been the main storage network solution. iSCSI has become SAN technology when the throughput of the Ethernet has increased. Fibre channel based SAN is expensive and the main advantage of the iSCSI is price. Ethernet based devices are cheaper and throughput is almost the same as Fibre Channel. In most cases there is no need for expensive Fibre Channel.

Key words: Fibre Channel, iSCSI, SAN, backup

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 TALLENNUKSEN TOIMINALLISET VAATIMUKSET	2
2.1 Yleistä	2
2.2 Internetin vaikutus	2
2.3 Kahdentaminen ja levyjen peilaus	3
2.4 Etäkopiointi (Remote Copy)	4
2.5 Varmuuskopiointi	6
2.5.1 Varmuuskopiointiohjelman rakenne	6
2.5.2 Varmuuskopioinnin toiminta	7
2.5.3 Varmuuskopiointimenetelmiä	8
2.6 Tallennuksen virtuaalisointi	9
3 TALLENNUSVÄLINEET	11
3.1 Suoraan palvelimeen liitetyt tallennusvälineet	11
3.1.1 SCSI-kiintolevyohjaimet	11
3.1.2 ATA-kiintolevyohjaimet	12
3.1.3 RAID	13
3.2 Verkkopalvelin	14
3.3 Levyjärjestelmät	15
3.4 Nauha-asetat	15
4 TALLENNUSVERKOT	17
4.1 SAN-verkot	17
4.2 Fibre Channel	18
4.3 FC protokollan rakenne	19

4.4 Osoitteet	20
5 ISCSI	23
5.1 iSCSI protokolla	23
5.2 Turvallisuus	26
5.3 Toteutusvaihtoehdot ja verkon rakenne	27
5.4 Palvelunlaatu	29
6 ISCSI OMINAISUUDET JA KÄYTTÖKOhteITA	31
6.1 Yleistä	31
6.2 Suorituskyky mittaus	32
6.2.1 Suorituskyky ja edullisuus	34
6.3 Laitevalmistajan ilmoittama suorituskyky	35
6.4 Käyttökohteita	35
7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	37
7.1 Yhtäläisyyksiä ja eroja	37
7.2 Tallennusverkkoratkaisun valinta	39
8.LÄHTEET	40

AIT-3	Advanced Intelligent Tape -3, varmuuskopioinnissa käytetty nauhatyyppi
ANSI	American National Standards Institute, standardointijärjestö
ATA	Advanced Technology Attachment, kovalevyn liityntä standardi
ATM	Asynchronous Transfer Mode, 53:n tavun kokoisten solujen siirtoon perustuva runkoverkkoteknologia
Cat 6a	Category 6a, lähiverkon kaapelointi standardi
CHAP	Challenge Handshake Authentication Protocol, haastevastaus prosessiin perustuva autentikointi menetelmä
CIFS	Common Internet Filesystem, tiedostojen jako protokolla
CDB	Command Description Block, SCSI arkkitehtuurin komentojen siirtoon tarkoitettu yksikkö
CmdSN	Command Sequence Number, SCSI komentojen järjestysnumero
CPU	Central Processing Unit, prosessori
DAS	Direct Attached Storage, suoraan liitetty tallennusväline
DataSN	Data Sequence Number, tietoa siirtävien PDU:n numero, jota käytetään liikenteen hallintaan
DiffServ	Differentiated Services Architecture, IP- verkon palvelunlaadun toteuttamiseksi tarkoitettu tekniikka
DSCP	Differentiated Services Codepoint, IP-verkon palvelunlaadun toteuttamiseksi tarkoitettu tekniikka
ExpCmdNS	Expected CmdSN, iSCSI komentojen järjestyksen seurannassa käytetty rekisteri
FC	Fibre Channel, valokuituun perustuva tallennusverkkoteknologia
FCIP	Fibre Channel over IP, protokolla FC-protokollan kuljettamiseksi IP-verkossa
FC-SW-2	Fibre Channel Switch, FC kytkentäisen kudoksen standardi
FSPF	Fabric Shortest Path First, FC-verkon reititys protokolla
GB	GigaBit, Gigatavu = 10^9 tavua
Gbps	Giga bit per second, Giga bittiä sekunnissa

GSS API	Generic Security Services Application Program Interface, Sovellusohjelmointirajapinta tietoturva ominaisuuksien käytölle
HBA	Host Bus Adapter, väyläohjain, jota käytetään verkkoliityntänä
ID	Identity, yksilöintiin käytetty tunnus IntServ Integrated Services Architecture, IP-verkon palvelunlaadun toteuttamiseksi tarkoitettu tekniikka
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers standardointi järjestö
iFCP	Internet Fibre Channel Protocol, protokolla FC-protokollan kuljettamiseksi IP-verkossa
IPv4	Internet Protokolla versio 4
IPv6	Internet Protokolla versio 6
IP	Internet Protokolla
INCITS	International Committee for Information Technology Standards, standardointijärjestö
I/O	Input/Output, tiedonsiirron luku ja kirjoitus
iSCSI	Internet SCSI
IPSec	IP Security Architecture, tietoturvaprotokollista koostuva tekniikka VLAN:n muodostamiseksi
LAN	Local Area Network, lähiverkko
LBA	Logical Block Address, kovalevyjen muistiavaruuden käsittelyyn tarkoitettu järjestelmä
LLC	Logocal Link Control, 802 verkkostandardin s siirtoyhteyskerroksen osa
LTO	Linear Tape Open, varmuuskopioinnissa käytettävä nauha standardi
LUN	Logical Unit Number, SCSI arkkitehtuurin mukainen käsite, joka yksilöi loogisen osan muistia
MAN	Metropolitan Area Network, alueverkko
MaxCmdSN	Max Command Sequence Number, iSCSI:n liikenteen hallintaan käytettävä numero
MBps	Mega Byte per second, Mega tavua sekunnissa, Mega = 10^6

MPLS	Multi Protocol Label Swiching, IP-verkkotekniikka, joka perustuu kytkentään
NAS	Network Attached Storage, verkkoon kytketty tallennusväline/palvelin
NFS	Network File System, verkkotiedostojärjestelmä
RAID	Redundant Array of Independent Disks, useasta kovalevystä koostuva kokonaisuus, jolla pyritään parantamaan luotettavuutta tai suorituskykyä
RJ45	Registered Jack- 45, kierretyn parikaapelin liitin
R2T	Request to Transmit, iSCSI liikenteen hallintaan käytettävä viesti
R2TSN	R2T Sequence Number, Request to Transmit Sequence Number, jota käytetään numeroimaan target-laitteen kuittaukset suoritettun komennon jälkeen
SAM	SCSI Architecture Model, määrittää SCSI standardin
SAN	Storage Area Network, tallennusverkko
SAS	Serial Attached SCSI, sarjamuotoinen SCSI
SCSI	Small Computer System Interface, oheislaiteliityntä standardi
SDLT	Super Digital Linear Tape, varmuuskopioinnissa käytettävä nauhatyyppi
StatSN	Status Numbering, iSCSI:n liikenteenhallinnan käyttämä numero, jolla tilasta kertovat viestit numeroidaan
SQL	Structured Query Language, tietokantojen hallintaan tarkoitettu ohjelmointikieli
TCP/IP	Transmission Control Protokol/ Internet Protocol, tietoliikenneprotokolla
TOE	TCP/IP ofload Engine, verkkoadapteri, joka kykenee hoitamaan TCP/IP -liikenteen vaatimat prosessit
OSI	Open Systems Interconnection Reference Model, kerroksellinen malli, joka määrittää tietoliikenneprotokollien toimintaa
PDU	Protocol Data Unit, protokollan mukainen tietorakenne, jota se käyttää tiedon siirtoon

PHB	Per Hop Behavior, Diffserv palvelunlaadun määräävä luokittelu, jonka tekee gateway-reititin
VLAN	Virtual Private Network, virtuaalinen yksityis verkko, joka erottaa käyttäjien liikenteen toisistaan käyttäen VLAN tunnuksia
WAN	Wide Area Network, lähiverkkoa ja metropolitan aluetta suurempi verkkokokonaisuus
WWN	World Wide Name, nimi, jolla iSCSI- laite tai Fibre Channel-laite yksilöidään
WWPN	World Wide Port Name, yksilöi Fibre Channel-laitteen portin
WWNN	World Wide Node Name, yksilöi Fibre Channel noden, joka voi sisältää useita portteja
QoS	Quality of Service, palvelunlaatu, jota voidaan mitata esimerkiksi siirtokaistana tai viiveenä

1 JOHDANTO

Useat lehtiartikkelit ja uutiset ovat käsitelleet tiedon määrän ja merkityksen kasvamista. Niiden perusteella yritysten tallennettavan tiedon määrä kasvaa 50 prosenttia joka vuosi, ja tallennustoiminnasta oletetaan tulevan yritysten tietohallinnan merkittävin tehtävä. Artikkelit, josta edelliset tiedot on otettu, sekä monet muut samankaltaiset antoivat syyn opinnäytetyön aiheen valintaan.

Työn tavoitteita ovat tiedonhankinta IT-järjestelmissä käytettävistä tallennustekniikoista sekä tuoda esille tallennukseen liittyviä toimintoja. Käsiteltäviä asioita ovat kehitys kohti tallennusverkkoja ja tietojen turvaamiseksi käytettävät tekniikat, kuten varmuuskopiointi. Työssä perehdytään myös iSCSI-tekniikkaan (Internet Small Computer System Interconnect), ja tarkoitus on verrata sen ominaisuuksia Fibre Channel-tekniikkaan, joka on perinteisesti ollut tallennusverkkojen verkkotekniikka.

iSCSI ei ole uusi tekniikka, mutta nyt Ethernetin 1Gbps nopeus mahdollistaa edullisen SAN:n (Storage Area Network) rakentamisen ja kesällä 2006 valmistunut 802.3an standardi, joka mahdollistaa 10Gbps nopeuden kiertäessä parikaapelissa avaa lisää mahdollisuuksia.

2 TALLENNUKSEN TOIMINALLISET VAATIMUKSET

2.1 Yleistä

Tallennusverkoilta vaaditaan tiettyä suorituskykyä ja mittareina toimivat esimerkiksi datan siirtonopeus ja viive. Suorituskyky paranee laitteiden kehittyessä, mutta tallennuksen erityispiirre on se, että jotkut sovellukset eivät salli suurta viivettä. Laitteiden luotettavuus on myös ensiarvoisen tärkeää kun tietoa kirjoitetaan koska kirjoituksen epäonnistuminen voi johtaa tiedon menetykseen. Kolmas perustason vaatimus on datan eheyden säilyminen. Eheys tarkoittaa datan kirjoittamista levyille siinä järjestyksessä kun sovellus on tarkoittanut sen tehtäväksi sekä sitä, että kirjoitettu tieto on oikeaa. (Farley 2004,41-45.)

Tiedon tallentamisen jälkeen tarvitaan myös toimia, joilla tallennetun tiedon säilyminen ja saatavuus turvataan. Varmuuskopiointi ja etäkopiointi ovat toimintana osa järjestelmän hallintaa, jonka tarkoitus on turvata toiminnan jatkuminen, jos alkuperäinen tieto menetetään. Toinen taso tietojen turvaamisessa on tallennustekniikat, kuten RAID (Redundant Array of Independent Disks) ja levyjen peilaus. (Farley 2004, 371-372)

2.2 Internetin vaikutus

Internet, sähköposti ja tiedon säilyttämistä koskeva lainsäädäntö ovat tekijöitä, jotka ovat saaneet tallennettavan tiedon määrän kasvamaan (Felt 2006). Sen lisäksi Internetin käytön yleistymisen vaatii useilta palveluilta, että ne ovat käytettävissä 24 tuntia vuorokaudessa. Luotettavuuden takaamiseksi joudutaan rakentamaan varajärjestelmiä ja kahdentamaan laitteistojen komponentteja, koska yhden laiterikon aiheuttamaa keskeytystä ei voida hyväksyä. Perinteinen palvelinasiakasmalli, jossa levyt on liitetty suoraan palvelimeen, ei kuitenkaan mahdollista luotettavan järjestelmän rakentamista. (Farley 2004, 6,7,9,15.)

Selaimen käyttöön perustuvat sovellukset ovat myös muuttaneet perinteistä asiakaspalvelinmallia ja verkon rakennetta. Asiakaskoneen raskas ohjelma on vaihtunut selaimen, ja palvelimen samassa koneessa toimineet tietokantaa käyttävä sovellus ja tietokanta on hajautettu eri palvelimilla toteutettavaksi. Tuloksena on monikerroksinen rakenne, jossa mahdollisesti webpalvelin, sovellus- ja tietokantapalvelin toimivat erillisissä koneissa. Muutoksella on saatu aikaiseksi parempi suorituskyky, parempi joustavuus muutoksiin ja helpommin hallittava ympäristö. Monikerroksinen arkkitehtuuri on myös ohjannut fyysistä verkon muutosta ja on syntynyt verkon osia, jotka tukevat tietyn sovelluksen toimintaa ja vaatimuksia. Tämä kehitys on johtanut tallennuskerroksen ja SAN verkkojen rakentamiseen. (Arregoces, Portolani 2004,9-19.)

2.3 Kahdentaminen ja levyjen peilaus

Tekniset seikat eivät ole ainoita riskitekijöitä. Myös inhimilliset virheet ja virukset voivat aiheuttaa tiedon katoamista ja muuttumista tai estää sen käytön. Tiedon säilymiseksi voidaan suoraan tehdä kopio toiselle tallennusvälineelle peilaamalla tai käyttää paritettiin perustuvaa menetelmää, jolla kadonnut tieto voidaan palauttaa. Jo tallennetun tiedon turvaamiseksi käytetään myös erilaisia varmuuskopiointi menetelmiä, joilla luodaan kopio tiedosta tai sen muuttuneesta osasta. (Farley 2004,174-176.)

RAID- taso 1 on kovalevyjen peilausta, ja sen toiminnallisuudesta huolehtii RAID-ohjain, mutta yleisesti toiminta voi tapahtua missä tahansa kohtaa tallennettavan tiedon tuottavan sovelluksen ja tallennusvälineiden välillä. Peilauksessa tieto kirjoitetaan samanaikaisesti kahdelle tallennusvälineelle ja toiminta voi tapahtua myös tiedostoja tietokanta tasolla. Peilauksen voi suorittaa tietokoneen ohjelma, kaksi Porttinen HBA-laite (Host Bus Adabter), verkon aktiivilaite tai levyjärjestelmä. (Farley 2004, 178-185.)

Kovalevyjen peilaus on reaaliaikainen lohkotason toimenpide. Se voi tapahtua palvelimessa, jossa sovellusta ajetaan siten, että yksi ohjelman I/O-komento (Input/Output) monistetaan kahdeksi SCSI-protokollan CDB:ksi (Command Description Block). Sovellusta pyörittävän koneen jälkeen toimita vaatii alkuperäisen CDB:n terminoinnin ja uusien CDB:n luomisen. Peilauksessa aikaansaadut kaksi samanlaista, mutta erillistä kovalevyä näkyvät järjestelmälle yhtenä levynä. Tietoa luettaessa samanaikaiselle toiminnalle ei ole tarvetta ja luettaessa kahdelta eri levytä saadaan parempi lukunopeus. Toinen tapa kopion luomiseen on etäkopiointi, jossa ei kuitenkaan pyritä reaaliaikaisesti kirjoittamaan kahdelle levyille. (Farley 2004, 178-185.)

2.4 Etäkopiointi (Remote Copy)

Varmuuskopiointi on perinteinen tapa suojautua tiedon katoamista vastaan, mutta tiedon palautus vaatii aikaa, mikä on monille yrityksille liikaa. Tästä syystä halutaan käyttää etäkopiointi teknologiaa, joka tarjoaa nopeamman pääsyn toissijaiselle tallennuslaitteelle ja helpottaa varajärjestelmän toiminnan tarkastamista. (Farley 2004, 209.)

Etäkopiointiin kuuluu ajatus tallennusvälineiden hierarkkisesta järjestyksestä, jossa on ensisijainen tallennusjärjestelmä ja paikka sekä toissijainen toissijainen tallennusjärjestelmä. Tavoitteena on, että toissijainen tallennusväline olisi mahdollisimman nopeasti katastrofin jälkeen liiketoiminnan käytössä ja järjestelmän hallinnan toimet, kuten varmuuskopiointi, toimivat. Tallennukselta edellytetään silloin tiedon eheyttä, palautettavuutta, turvallisuutta, saavutettavuutta ja hallittavuutta. (Farley 2004, 210-215.)

Etäkopiointiohjelma hoitaa kopiointin, ja se voi toimia levyjärjestelmän yhteydessä tai SAN-verkon aktiivi laitteessa kuten kytkimessä tai reitittimessä ja se voi olla myös kokonaan erillinen laite tai ohjelma. Toiminta perustuu SCSI:n prosesseihin, ja lähettävä etäkopiointiohjelma saadessaan write-komennon kopioi komennon ja lähettää sen vastaanottavalle kopiointiohjelmalle sekä ensisijaiselle tallennusvälineelle. Vastaanottava ohjelma toimii saatuaan viestin, joko initiator-laitteena ja lähettää komennon eteenpäin tallennusvälineelle, tai jos toiminta tapahtuu levyjärjestelmän yhteydessä, kirjoittaa tiedot levyille. Molemmat kopiointiin osallistuvat ohjelmat toimivat sekä target että initiator-laitteina ja lähettävä ohjelma muuttaa saamiensa komentojen LUN (Logical Unit Number) tiedon osoittamaan vastaanottajaan. (Farley 2004,16-218.)

Etäkopiointiohjelmat voivat käyttää toiminnassaan verkkolaitteita, jotka sisältävät paljon puskurimuistia ja kehittyneitä virheenkorjausjärjestelmiä, joilla lähettävä ohjelma kykenee välttämään virheitä ja komentojen väärää järjestystä. Ensisijaisen toimipaikan lähettävä etäkopiointiohjelma on myös vastuussa SCSI-komentoihin kuuluvan vastauksen lähettämisestä alkuperäiselle initiator-laitteelle, ja sen toiminta voi muodostua pullokaulaksi järjestelmässä, jonka ohjelmat ovat tarkkoja viiveelle. Tiedon siirtoon aina kuuluvasta viiveestä johtuen monet etäkopiointiohjelmat tarjoavat kolme eri toimintamahdollisuutta: synkroninen, asynkroninen ja puolisykroninen. Synkronisessa muodossa lähettävä laite ei vastaa SCSI write komentoa ennen kuin se on saanut tiedon onnistuneesta kirjoituksesta vastaanottavalta laitteelta. Asynkronisessa muodossa lähetetään vastaus alkuperäiselle initiator-laitteelle, ennen kuin tieto toissijaisen tallennuslähteen onnistuneesta levyille kirjoituksesta on tullut. Vastaus lähetetään, kun ensisijainen tallennuslaite on ilmoittanut onnistuneesta tiedon kirjoittamisesta. Puolisynkronisessa muodossa vastaus lähetetään heti, jos aikaisemmista lähetyksistä ei ole kuitaamattomia komentoja. (Farley 2004, 218-222.)

2.5 Varmuuskopiointi

2.5.1 Varmuuskopiointiohjelman rakenne

Varmuuskopioinnissa tiedot kopioidaan toiselle tallennusvälineelle, josta ne voidaan tarvittaessa palauttaa. Perinteisin menetelmä on ollut kopiointi nauhalle, mutta myös kovalevyjä käytetään niiden edullisuuden vuoksi. Kopiointi tehdään yleensä siihen tarkoitettulla ohjelmalla ja laitteistolla, joiden toteutus vaihtelee yksinkertaisesta täysin automatisoituun koko SAN ympäristön käsittävään nauhakirjastoon. (Farley 2004,275 -279, 296.)

Kopiointiin tarkoitettut ohjelmat koostuvat yleensä backup engine -osasta, joka ohjaa toimintaa sekä backup agent-osasta. Engine on yleensä asennettu tarkoitusta varten varattuun backup-palvelimeen ja backup agent -osa toimii varmuuskopiotavassa sovelluspalvelimessa. Kolmas järjestelmän käsitteellinen kokonaisuus on scheduler, joka hoitaa toiminnan ajoituksen. Merkittävä osa järjestelmän toimintaa on tieto varmuuskopioidusta tiedosta. Tieto voi sisältää tiedoston nimen, hakemistopolun, koon, aikatiedot ja niin edelleen. Tietoa tarvitaan mahdollisesti tapahtuvia palautuksia varten. Tiedon avulla kyetään päättämään, mitä palautetaan. Toiminnan nopeuden kannalta metadatalla on suuri merkitys. Ohjelmallisten osien lisäksi toimintaan tarvitaan verkko, jonka kautta tiedot kopioidaan ja tallennusvälineet, kuten magneettinauhat ja kovalevyt sekä paikka, jossa varmuuskopioita säilytetään. (Farley 2004 ,279-282.)

2.5.2 Varmuuskopioinnin toiminta

Automaattisesti suoritettavat varmuuskopioinnit pyritään tekemään, kun kopioitavat tiedot eivät ole käytössä. Varmuuskopiointiin tarkoitettu ajasta käytetään termiä backup window. Usein järjestelyihin kuuluu työviikon aikana tapahtuva varmuuskopiointi, joka tapahtuu öisin sekä viikonloppuisin tapahtuva kopiointi, jolloin toimintaan voidaan käyttää enemmän aikaa. Varmuuskopiot voivat olla täysiä kopioita kaikista tiedostoista tai osittaisia, jolloin kopioidaan vain muuttuneet tiedostot. Kaiken kopioiminen vie aikaa ja tallennustilaa, mikä vuoksi usein päivittäisessä varmuuskopioinnissa otetaan vain muuttuneista tiedostoista varmuuskopiot. Osittainen kopiointi voi olla inkrementaalista, jolloin kopioidaan vain edellisen varmuuskopioinnin jälkeen muuttuneet tiedostot tai differentiaalista, jossa kopioidaan kaikki edellisen täyden varmuuskopioinnin jälkeen muuttuneet tiedostot. (Farley 2004, 285,286.)

Varmuuskopiointeja tehdään myös manuaalisesti esimerkiksi arkistointi tarkoitukseen. Joidenkin järjestelmien varmuuskopiointi täytyy suorittaa muun käytön kanssa samanaikaisesti. Toiminnasta käytetään termiä hot backup, ja sen mahdollistaa copy-on-write -toiminta, jossa varmuuskopioitavaan tietoon tulevat muutokset kirjoitetaan väliaikaisesti muualle, ja vasta varmuuskopioinnin päätyttyä tehdään pysyvä tallennus. (Farley 2004 ,286-288.)

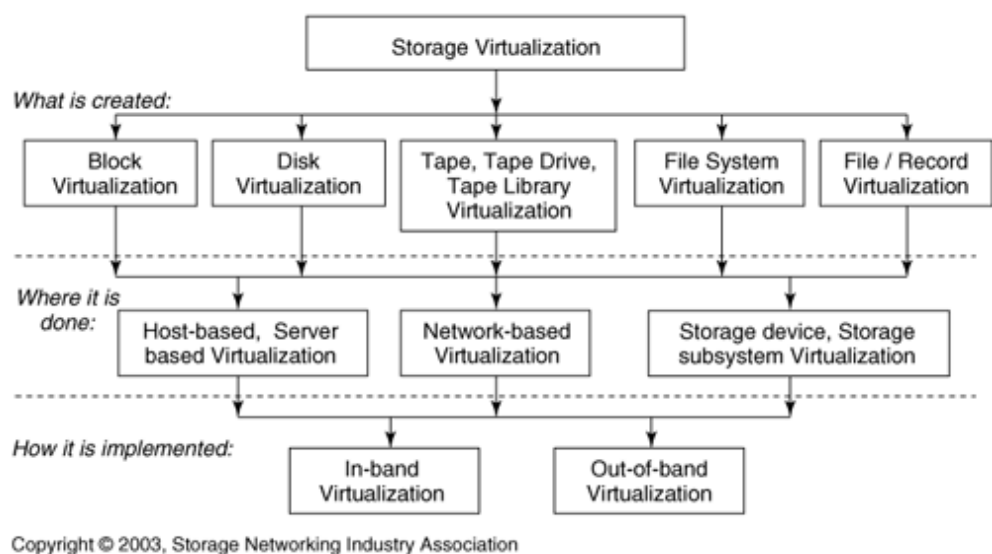
2.5.3 Varmuuskopiointimenetelmiä

Tiedon määrän kasvaminen on aiheuttanut ongelmia myös varmuuskopioinnissa. Perinteisesti kopioinnissa on käytetty lähiverkkoa, ja verkon suorituskyky ei aina riitä toimintaan. Toinen tapa kopioinnin järjestämiseen on hajautettu järjestelmä, jossa yksittäiset laitteet varmuuskopioidaan omalle nauhatallentimelleen. Suurien järjestelmien varmuuskopiointi on yleensä tehty niin, koska niitä ei voida kopioida lähiverkon kautta. SAN verkkoa käyttämällä voidaan ratkaista verkosta johtuvat suorituskykyongelmat ja saadaan käyttöön keskitetty varmuuskopioinnin hallinta. Tallennusverkkoa käytettäessä varmuuskopioinnin ohjaustieto voidaan siirtää lähiverkossa ja varmuuskopioitava tieto SAN:ssa, mutta LAN free backup (Local Area Network) on tekniikka, joka toimii kokonaan ilman lähiverkkoa. Lan free toimii niin, että kopioitava tieto ei kulje varmuuskopiointipalvelimen kautta, vaan se kirjoitetaan suoraan nauhalle. (Farley 2004 ,289-293.)

Yksi merkittävä varmuuskopiointimenetelmä perustuu SCSI:n extended copy -komentoon. Extended copy -komentoa käytetään dual mode -toimintaan pystyvän SCSI-ohjaimen kanssa, joka kykenee toimimaan sekä initiator- että target-laitteena. Palvelin, jonka tietoja varmuuskopioidaan levyjärjestelmästä lähettää SAN verkossa olevalle dual mode -ohjaimelle extended copy komennon, ja ohjain hoitaa tiedon lukemisen levyltä ja kirjoittamisen nauhalle. Extended copy -komento sisältää tiedot, joita tarvitaan kopioinnin suorittamiseen, ja onnistuneen toiminnan jälkeen dual mode -ohjain lähettää SCSI toimintamallin mukaisen vastauksen palvelimelle. Menetelmästä käytetään nimeä Serverless-varmuuskopiointi, koska kopioitava data ei kulje sen palvelimen kautta, joka tuottaa ja käsittelee varmuuskopioitavaa tietoa. (Farley 2004, 294-296.)

2.6 Tallennuksen virtuaalisointi

Virtuaalisointia on monitasoista ja monentyypistä. Esimerkki asiasta voisi olla kovalevyn virtuaalisointi, jossa levyn fyysiset sylinterit, urat ja sektorit esitetään LBA (Logical Block Address) osoitteena. Kaikella kuitenkin pyritään parantamaan luotettavuutta ja tallennustilan käyttöä sekä yksinkertaistamaan ylläpitoa. Tallennuksen virtuaalisointia kuvaa kuvio 1. (Peglar 2006, 6-10)



KUVIO 1. SNIA:n (Storage Networkin Industry Association) esittämä kaavio, joka kuvaa virtuaalisoinnin hierarkkista rakennetta.

Virtuaalisointiominaisuuksien tarjoavat laitteet voidaan jakaa kolmeen tyyppiin, jotka ovat palvelinkoneet, verkon laitteet ja levyjärjestelmät. Virtuaalisointi on yleensä käytössä olevan tallennustilan jakamista virtuaaliseksi tallennustilaksi. Tärkein ero todellisten ja virtuaalisten levyjen välillä on mahdollisuus käsitellä virtuaalista levyä vapaasti riippumatta fyysisestä toteutuksesta. Virtuaalinen levy voi esimerkiksi olla usean levyjärjestelmän levyillä, ja virtuaalisen levyn kokoa voidaan kasvattaa tai se voidaan poistaa häiritsemättä muuta toimintaa. Virtuaalisoinnin pitäisi suorituskykyä heikentämättä tarjota keskitetty tallennuksen hallinta ja fyysisestä toteutuksesta riippumaton kokonaiskuva. Virtuaalisoinnilla saadaan joustavuutta ja riippumattomuutta tallennustilan käyttöön ja sen toteutukseen. (Storeage 2004, 2,3.)

Palvelinkoneessa virtuaalisoinnin tekee volume manager ohjelma toimien tiedostojärjestelmän ja tallennuslaitteen välillä (Farley 2004,251,252). Tällaisen ohjelman hyvä esimerkki on Red Hat järjestelmän LVM2, joka muuntaa fyysiset tallennusvälineen lohko-osoitteet hallittaviksi virtuaaliseksi loogiseksi tilaksi (Red Hat 2007).

SAN virtuaalisoinnissa on kysymys erillisestä järjestelmästä, joka toimii isäntälaitteiden ja levyjärjestelmien välillä. Toimintatavan mukaan virtuaalisointi voidaan jakaa in-band -toimintaan ja out-band -toimintaan. In-band toimii muokkaamalla SCSI-komentoja isäntälaitteen ja tallennusvälineen välillä. Out-band -muodossa on kysymys hajautetusta järjestelmästä, jossa on keskitetty hallinta. Yksittäiset virtuaalisointiohjelman osat toimivat kuin erilliset volume manager -ohjelmat, mutta niiden muodostamaa kokonaisuutta kyetään hallinnoimaan keskitetysti. (Farley 2004, 254)

3 TALLENNUSVÄLINEET

3.1 Suoraan palvelimeen liitetyt tallennusvälineet

3.3.1 Yleistä

DAS eli direct attached storage -termiä käytetään lähiverkon palvelimeen kytketystä tallennusvälineistä, jotka nimensä mukaisesti on kytketty suoraan palvelimeen. Kytkemiseen käytetään yleensä SCSI- tai ATA (Advanced Technology Attachment) -väyläohjaimia. Tallennusväline usein on väyläohjaimen sopiva kovalevy, mutta se voi olla myös nauhatalleminen. Palvelimessa voi olla useita väyläohjaimia ja yhdessä ohjaimessa useita kovalevyjä. Pienessä toimintaympäristössä toimiva ratkaisu on kuitenkin ongelmallinen, kun tarvitaan lisää kapasiteettia. Käytössä oleva teknologia rajoittaa liitettävien levyjen lukumäärän ja seikat, kuten kaapelien rajallinen pituus vaikeuttavat tallennusvälineiden sijoitusta. Useissa erillisissä palvelimissa olevan levytilan käyttö on myös tehotonta, koska tallennustilan jakaminen palvelinten välillä ei onnistu. Suuremman toimintaympäristön vaatimat useat erilliset levyt useissa palvelimessa aiheuttavat työtä järjestelmän hallinnalle ja vaikeuttavat varmuuskopioinnin suorittamista. (Farley 2004, 8-14.)

3.1.1 SCSI-kiintolevyohjaimet

SCSI on standardi oheislaiteliityntä ja protokolla, jota koskevat standardit julkaisee Technical Committee of the InterNational Committee on Information Technology Standards INCITS. SCSI liityntää käytetään ulkoisten ja sisäisten oheislaitteiden liittämiseen tietokoneisiin sekä erilaisten tallennusjärjestelmien sisäisinä ns. back-end -liityntänä. SCSI:n merkitys on tärkeä, koska SCSI Architecture Model eli SAM, joka on osa SCSI protokollaa, sisältää komennot ja toimintamallit, joita käytetään tallennuskomentojen ja tiedon välitykseen useissa teknologioissa. (Farley 2004, 91,117-119.)

SCSI:n uusin versio on sarjaväylään peruva ratkaisu, mutta aikaisemmin SCSI:n versiot ovat olleet rinnakkaismuotoiseen tiedonsiirtoon perustuvia väyliä. Yhden ohjaimen rinnakkaisväylään voi maksimissaan liittää 16 laitetta, joista yksi kerrallaan voi saada väylän käyttöön SCSI-arbitration -menettelyllä. Uusin tekninen versio on Ultra 320, jonka kaapelin maksimipituus on 16 m. Kehityksen ja uusien versioiden mukana nopeus on parantunut 5:stä megatavusta sekunnissa 320MBps:iin. (Farley 2004, 140-145.)

Sarjamuotoinen SCSI eli SAS on point to point -yhteys laitteiden välillä ja kaapelissa on kaksi johdinparia, joita käytetään niin, että yksi pari siirtää tietoa aina yhteen suuntaan. Suurin siirtonopeus yhdellä parilla on 3GBps. Nopeus rinnakkaisväylään verrattuna on huomattavasti parempi ja SAS-ohjaimessa voidaan käyttää halvempia ATA-levyjä kalliimpien ja ominaisuuksiltaan parempien SAS-levyjen kanssa. Expander-laitteiden avulla SAS initiator-laitteeseen voidaan liittää enemmän levyjä kuin HBA:ssa on portteja. Expander-laite useiden initiator- ja target-laitteiden kanssa muodostaa SAS-domainin, ja tekniikka mahdollistaa suurten levymäärien liittämisen järjestelmään. (Elliot 2003, 14-46)

3.1.2 ATA-kiintolevyohjaimet

ATA-liityntä on alun perin suunniteltu kotikoneiden kiintolevyliitännäksi, eikä sille ole ajateltu samanlaista käyttöä kuin SCSI:lle, joten kaapelin maksimipituudet ovat huomattavasti lyhyemmät ja ATA väylään voi kytkeä korkeintaan kaksi laitetta. ATA kovalevyjen halvemman hinnan vuoksi ne on otettu käyttöön myös NAS (Network Attached Storage)-laitteissa ja -levyjärjestelmissä. (Farley 2004, 152-157.)

Alun perin rinnakkaisväylään perustuvan ATA:n nopeus on 133MBps, mutta uudempi sarja ATA kykenee 150MBps nopeuteen, mutta merkittävämpää parannus on ollut muissa ominaisuuksissa. Uusi tekniikka tarjoaa huomattavasti kapeammat liitinkaapelit ja liittimen, joka mahdollistaa pienempien 2,5" kovalevyjen käytön, ja järjestelmä tarjoaa tuen Hot-Swap -mahdollisuudelle.(SATA-IO 2006.)

3.1.3 RAID

Yksi tärkeimmistä vikasietoisuutta lisäävistä teknologioista, jota käytetään kovalevyjen yhteydessä kaikissa tallennusverkkolaiteissa, on RAID-teknologia. Lyhenne tulee sanoista redundant array of independent disks, mutta RAID algoritmia voidaan käyttää myös virtuaalisten kokonaisuuksien välillä. RAID teknologiaa voidaan käyttää suorituskyvyn parantamiseksi, vikasietoisuuden aikaansaamiseksi ja luomaan suurempia paremmin hallittavia kokonaisuuksia. Perusosina järjestelmissä on RAID-ohjain ja useampia mieluiten samansuuruisia kovalevyjä, jotka muodostavat RAID-pakan (array), joka on kytketty ohjaimen ja ohjain huolehtii levyjen tallennustilan käytöstä. (Farley 2004, 191-195.)

Erilaisista RAID toteutuksista käytetään RAID-taso nimitystä ja alkuperäisiä tasoja oli viisi. RAID-tasossa nolla suorituskyvyn parantamiseksi tapahtuu lomittaminen (stripping), jossa tieto kirjoitetaan usealle kovalevylle siten, että saadaan parempi luku- ja kirjoitusnopeus. Taso yksi on peilaus, jossa periaate on kirjoittaa tieto kahdelle levylle ja saada vikasietoisempi järjestelmä, koska tieto säilyy, vaikka toinen levy tuhoutuu. Useissa RAID-toteutuksissa tiedon säilyttämiseksi lasketaan algoritmien avulla pariteettitieto tallennetusta datasta ja tallennetaan se joko erilliselle levylle tai RAID 5:n mukaisesti jaetaan pariteettitieto kaikille levylle. Pariteettitiedon avulla kyetään tuhoutuneen levyn tiedot palauttamaan. RAID 10 yhdistää tason nolla ja peilauksen, jolloin saavutetaan luotettavuutta ja hyvä suorituskyky, mutta haittana on suuri levytilan käyttö. (Farley 2004, 193-205.)

3.2 Verkkopalvelin

NAS on tallennuspalvelin, joka verkkotiedostojärjestelmän ja palvelinohjelmiston avulla mahdollistaa asiakaskoneiden käyttää palvelimella olevia tiedostaja ja levytilaa. Palvelimenohjelmisto yleensä tarjoaa hallinta- diagnoosi- ja raportointiominaisuuksia sekä mahdollistaa useiden käyttäjien tai ohjelmistojen käyttää samaa tiedostoa. Tiedostopalvelimena toimii usein suorituskykyinen palvelinkone, jonka käyttöjärjestelmä voi olla Unix/Linux - pohjainen tai Windows ohjelma, mutta myös NAS-laite valmistajien omia järjestelmiä on saatavilla. Tiedostojärjestelmä laitteissa ei ole sidoksissa asiakaskoneiden käyttöjärjestelmään. Open source -ohjelma SAMBA mahdollistaa Linux-pohjaisen järjestelmän toimimisen Microsoftin kehittämän CIFS (Common Internet Filesystem)-protokollan kanssa vaikkakin Unix-pohjainen NFS (Network File System) nykyisin toimii myös Windowsin kanssa.(Farley 2004,326-339.)

NAS palvelin mahdollistaa keskitetyn tallennuksen ja helpottaa järjestelmän hallintaa. Se myös mahdollistaa useiden työntekijöiden käyttää samaa tiedostoa. Palvelinohjelmiston ominaisuudet mahdollistavat tiedostojen samanaikaisen käytön ja verkkotiedostojärjestelmät, kuten CIFS ja NFS sisältävät tietoturva- ja käyttöäoikeuksien käsittelyn. (Farley 2004, 329-333.)

3.3 Levyjärjestelmät

Levyjärjestelmien tarkoitus on yhdistää tallennusvälineet, älyä sisältävä ohjainlaite ja teknologioiden ominaisuudet keskitetyksi tallennusratkaisuiksi. Saatavilla olevien laitteiden ominaisuudet vaihtelevat yksinkertaisesta todella kehittyneisiin, mutta perusrakenteena kaikissa laitteissa on ohjain, välimuistia, liittynät ja tallennusvälineet. Ohjainyksikön tehokkuus ja ominaisuudet vaihtelevat, mutta ohjainyksiköt ovat perusrakenteeltaan jaettavissa kolmeen luokkaan. Integroitu ohjain ja liitinmalli on kokonaisuus, jossa ohjain ja liittimet ovat samalla kortilla ja laitteen laajennettavuus on rajallinen. System base-laitteet ovat kehittyneitä laitteita, joiden rakenne mahdollistaa vaihtoehtoisten järjestelmäkomponenttien liittämisen. Kolmas kehittynein ryhmä on kytkentään perustuvat laitteet, joiden toiminta perustuu nopeaan kytkemiseen eikä jaettuihin väyliin tai verkkoon. Ratkaisut laitteen liittämiseksi ulkoiseen verkkoon, samoin kuin tallennusvälineiden liittämiseen käytettävät tekniikat vaihtelevat, myös, mutta normaalit kovalevyliitännät, sarja ATA, SCSI ja serial SCSI sekä Fibre Channel, ovat mahdollisia vaihtoehtoja. Välimuistin tehtävä on parantaa suorituskykyä pitämällä tietoja välimuistissa ja toimia puskurina. Laitteen osista useat on kahdennettu ja monet niistä voidaan vaihtaa toimintaa pysäyttämättä. (Farley 2004, 89,102)

3.4 Nauha-asetat

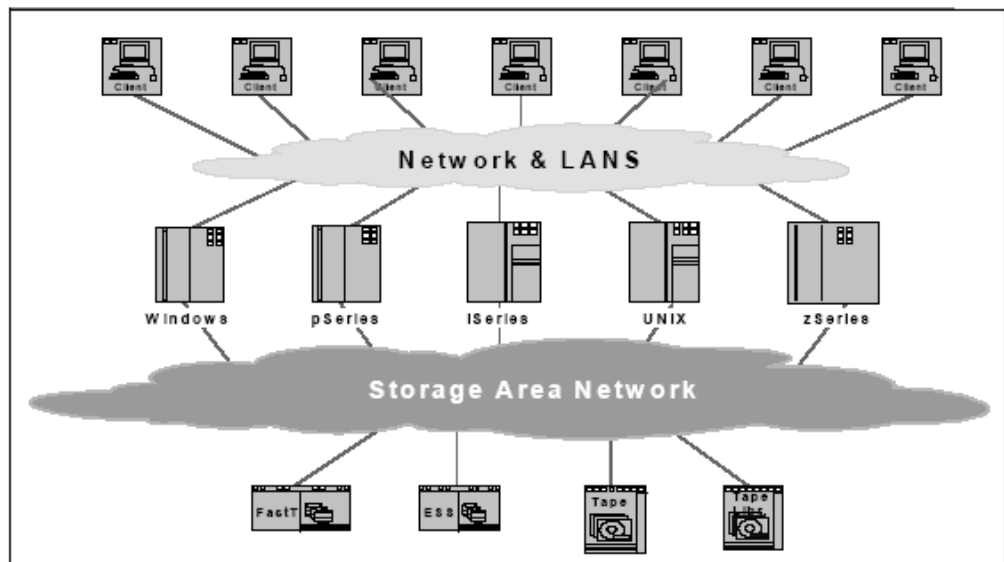
Nauha-asemia käytetään yleisesti varmuuskopiointiin, ja magneettinauhan tärkeä ominaisuus on mahdollisuus siirtää nauhat varmuuskopioinnin jälkeen toiseen paikkaan. Asemien suorituskyvystä kertoo siirretyn tiedon määrä ja kyky pakata tietoa. Digitaalisen tiedon tallennuksessa nauhalle ei saa jäädä tyhjiä kohtia, joten nauha joudutaan pysäyttämään, aina kun dataa ei kirjoiteta. Pysäyttamisestä ja uudelleen kohdistamisesta johtuvat seikat vaikuttavat merkittävästi laitteen suorituskykyyn. Suurella välimuistilla ja tiedon pakkaamisella kyetään parantamaan nopeutta, mutta pakkauksen tehokkuus on kuitenkin riippuvainen kirjoitettavasta tiedosta. (Farley 2004, 82-84.)

Nauha-asetat voidaan käytettävän teknologian mukaisesti jakaa kahteen laajaan ryhmään: lineaariseen ja helical scan -tekniikkaan. Lineaarista tekniikkaa käytettäessä nauha on 0,5 tuumaa leveä ja nauhakasetissa on vain yksi kela, jolla nauha on. Nauhaa käytettäessä sitä kelataan nauhakasetin ulkopuoliselle kelalle. Lineaarinen teknologia jakautuu vielä kahteen ryhmään SDLT (Super Digital Linear Tape) ja LTO (Linear Tape Open) ryhmiin, joista LTO on uudempi tekniikka. Lineaarisen teknologian nauhojen tallennustila ilman pakkausta on maksimissaan noin 340GB ja nopeus 20Mbps. Helical on alun perin suunniteltu videotallennukseen, ja nauhan leveys on 8 mm ja kasettienkoko on pienempi kuin lineaarista tekniikkaa käyttävien kasettien. Tallennuksessa käytetyt helical-teknologiat ovat Mammoth-2 ja AIT-3 (Advanced Intelligent Tape -3) ja tallennuskapasiteetti pakkaamatta on noin 100GB ja nopeus 12Mbps. (Farley 2004, 84,85)

4 TALLENNUSVERKOT

4.1 SAN-verkot

SAN on verkko, jonka tehtävänä on tarjota nopea yhteys tietokonejärjestelmien ja tallennuslaitteiden välillä. Se koostuu fyysisestä verkosta sekä hallinta tasosta ja tallennusvälineistä ja tietokonelaitteista. Tärkeä tekijä sen toiminnassa on tiedonsiirron turvallisuus, nopeus ja luotettavuus sekä lohkotasolla tapahtuva tiedonsiirto. Kuvio 2 esittää SAN verkon periaatteen. (Lucchese, Moore, Tate 2006, 2.)



KUVIO 2 SAN-verkon periaattellinen sijainti palvelinten ja tallennusvälineiden välillä.

Tallennusverkon etuja on tallennusvälineen saavutettavuus useiden liityntöjen kautta, jolloin saadaan luotettavampi ja paremmin palveleva verkko. Verkon eristäminen omaksi verkokseen ja tallennuksen keskittäminen parantaa suorituskykyä ja helpottaa hallintaa. Useimmat SAN-verkot ovat Fibre Channel -verkkoja, jotka on rakennettu valokuituyhteyksin. (Lucchese ym. 2006, 4,17.)

4.2 Fibre Channel

FC:n kehitystyön tavoitteena on ollut kehittää käytännöllinen, halpa ja nopea tekniikka, joka siirtää tietoa työasemien, suurtietokoneiden, tallennusvälineiden, näyttöjen ja muiden oheislaitteiden välillä. Fibre Channel kostuu joukosta ANSI:n (American National Standards Institute) kehittämiä standardeja ja on sarjamuotoinen yhteys, joka tukee myös standardeja, kuten SCSI, IP ja LLC. (Meggyesi 1994.)

Kuitukanavan perustopologiat ovat point to point, rengas (arbitrated loop) ja kytkentäinen kudosis (switched fabric), joista kytkentäinen rakenne on yleisin. Point to point -yhteys on full duplex -yhteys, ja nopeus molempiin suuntiin on sama, kun taas rengas topologiassa siirto tapahtuu vain yhteen suuntaan ja kahden laitteen välinen yhteys varaa aina koko renkaan käyttöönsä. Renkaan luomiseen voidaan käyttää keskitintä, jolloin yhteyksien hallinnasta tulee helpompaa. Rengasverkossa käytetään Fibre Channel arbitrated loop -protokollia, jotka hoitavat renkaan initialisoinnin, osoitteiden ja lähetyksvuorojen jakamisen. Switched fabric -verkko muodostuu kun käytetään kytkimiä, jotka tukevat FC-SW (Fibre Channel Switch) standardia ja verkko voi sisältää useamman kuin yhden kytkimen. Kytkentäisessä verkossa kytkimen ja laitteen välillä on käytössään koko kaistanleveys. (Lucchese ym. 2006, 70-76.)

Kahden portin välinen yhteys on kaksi erillistä kuitua, joita käytetään kuitu suuntaansa, eli toisen lähetyks on vastapäähän vastaanotto. Kuitu voi olla monimuoto- tai yksimuotokuitu, ja nopeus maksimissaan tällä hetkellä on 1200MBps ja bittivirhesuhde on pienempi kuin 10^{-12} . (Jibbe 2006.)

4.3 FC protokollan rakenne

Rakenteeltaan Fibre Channel protokolla on kerroksellinen rakentuen viidestä kerroksesta, jotka ovat jaettavissa fyysisiin kerroksiin: FC-0, FC1 ja FC-2 sekä ylempiin kerroksiin FC-3 ja FC-4. OSI-mallin (Open Systems Interconnection Reference Model) mukaisesti kerroksilla on omat tehtävänsä, ja FC-0 määrittää fyysiset ominaisuudet. Kuljetusprotokolla kerroksella FC-1 määrittellään koodaus 8B/10B, jonka yksi tärkeä tehtävä on tarjota virheentunnistusmekanismi ja koko kerroksen tarkoitus on yhdistää kellosignaali ja data, koska käytetään sarjamoitoista siirtotietä. (Lucchese ym. 2006, 36,37.)

Signalointikerros FC-2 tarjoaa kuljetusmekanismit, johon kuuluvat kehykset, eri palveluluokkien kontrollointi ja datasiirron järjestyksen hallinta. Toimintoja varten on ominaisuudet Ordered set, kehys, Sequence ja Exchange. Ordered set tarkoittaa neljä bittisiä sanoja, jotka sisältävät tietoa ja merkkejä, joilla on tietty merkitys. Niiden käyttö vaihtelee kehyksen alku- ja loppumerkistä esimerkiksi idle- ja Receiver Ready -merkkiin (R_RDY). Tiedon siirto tapahtuu kehyksissä, jotka ovat jaettavissa datakehyksiin ja link control -kehyksiin. FC-2 kerroksen tehtävä on pilkkoa ja kasata data kehyksiin. Kehyksen otsikon sequence muodostuu ryhmästä yhteenkuuluvia, yhteen suuntaan meneviä kehyksiä ja jokaisella kehyksellä on järjestysnumero. Exchange taas muodostuu yhdestä tai useammasta eriaikaisesta saman operaation sequece-jonosta. FC-2 kerroksen toiminta on myös vuonohjaus, jonka tarkoitus on estää vastaanottajan puskurin ylikuormitus. Vuonohjaus on riippuvainen palveluluokasta. (Meggyesi 1994.)

FC-3 kerroksen toimintoja ovat edistykselliset ominaisuudet striping, multicast ja hunt groups. Striping toiminnassa käytetään useita N-portteja rinnakkain ja multicast on yhden viestin lähettämistä moneen porttiin ja hunt Group mahdollistaa useamman kuin yhden portin vastata samaan alias nimeen. Kerros FC-4 määrittää rajapinnat ohjelmille, jotka voivat käyttää Fibre Channel:iä. Kerrokselle neljä kuuluvat protokollat kuten SCSI ja IP. (Meggyesi 1994.)

Palveluluokkia tarvitaan ohjelmien erilaisten vaatimusten vuoksi, FC:ä palveluluokkia on seitsemän, mutta luokka 5 on vielä kehitysvaiheessa. Jotkut ohjelmat saattavat tarvita erikseen varattua siirtokaistaa, ja palveluluokassa 1 tehdään niin. Yhteys lähettäjän ja kohteen välillä on varattu yhdelle ja palvelu varmistaa pakettien oikean järjestyksen kuittaamalla saapuneet paketit. Palveluluokkaa 1 käytetään kuitenkin harvoin juuri sen varaaman yhteyden vuoksi. Luokassa 2 saadaan siirtokaista paremmin käyttöön, ja se on yhteydetön pakettien kuittauksen suorittava palvelu. Luokassa 2 samalle yhteydelle voidaan multipleksata useita viestejä ja viestien kulkeminen kytkinten välillä eri reittejä on mahdollista. Palvelu ei kuitenkaan takaa pakettien järjestyksen säilymistä, ja se jää ylempien protokollatasojen tehtäväksi. Kuittausten käyttö kuitenkin vie osan käytössä olevasta siirtokaistasta. Luokka 3 on yhteydetön, eikä saapuneita paketteja kuitata ja sillä saadaan siirtokapasiteetti parhaalla tavalla käyttöön. Luokat 4 ja 6 ovat palveluluokan 1 muunnelmia, ja luokka F on kytkinten välisten yhteyden luokkaa 2 muistuttava palvelu. (Lucchese ym. 2006, 44,45.)

4.4 Osoitteet

Fibre Channel -termillä Node tarkoitetaan verkon laitetta ja node taas sisältää portin tai portteja, joiden kautta yhteydet muodostuvat. Porttityyppä on useita, mutta esimerkiksi F_Port on kytkimen fabric kytkentään tarkoitettu portti, jonka kautta N_port (node) liittyy kytkimeen ja L_Port on rengasverkon portti. (Tate ym. 2006, 34,35,74,75.)

Jokaisella laitteella on oma WWN (World Wide Name)-nimi, jonka idea on sama kuin Ethernetin MAC-osoitteen, osoitteen pituus on kuitenkin 64 bittiä. Laitteesta, jossa on useita portteja, käytetään nimitystä WWPN (port), ja myös nimi WWNN (node) on käytössä. Osoitteen pituudesta johtuen fabric-verkossa käytetään kuitenkin toista osoite järjestelmää, jonka osoitteet ovat 24-bittisiä ja reitityksen kannalta kevyempiä käsitellä. Kytkeäisessä fabric-ympäristössä kytkin hoitaa porttiosoitteet. Kun laite, jolla on WWN osoite, kytketään johonkin tiettyyn kytkimen porttiin, niin kytkin antaa osoitteen tälle portille, ja laitteen nimi palvelin huolehtii WWN osoitteen ja portti osoitteen väliset riippuvuudesta. 24-bittiset osoitteet muodostuvat kolmesta osasta domain, area ja portti. Domain-osa on kytkimen oma osoite ja muodostuu kahdeksasta eniten merkitsevistä bitistä. Area-osa on seuraavat 8 bittiä, ja sitä käytetään yksilöimään kytkimen portti johon liittyy rengas tai ryhmä F-portteja, kun esimerkiksi yhdellä kortilla on useampi portti. Rengasverkossa, joka liittyy kytkimeen tarvitaan myös 24-bittinen osoite, mutta puhtaan rengasverkon suuremmat tavut ovat nolliä. (Lucchese ym. 2006,58-62.)

Monimutkaisissa SAN-verkossa kytkentäisten kudosten (fabric) välillä tarvitaan reititystä, ja FC-SW-2 standardi sisältää FSPF (Fabric Shortest Path First) -protokollan, jonka reititys päätös perustuu linkin kustannuksiin. Kustannustekijänä käytetään hyppyjen lukumäärää, jos linkkien nopeus ja viive ovat samat eikä ole ruuhkaa. Kytkeäisissä FC-verkoissa käytetään myös spanning tree -protokollaa, joka mahdollistaa vaihtoehtoisten varareittien rakentamisen.(Lucchese 2006, 80-82)

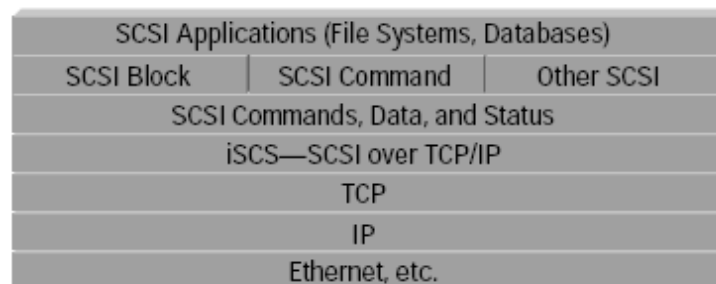
4.5 FCIP ja iFCP

Fibre Channel -protokollan kuljettamiseksi IP-verkossa on kaksi protokollaa FCIP ja iFCP. Molempien käytetään esimerkiksi erillisten SAN-verkkojen yhdistämiseen, ja ne käyttävät toiminnassaan hyväksi TCP/IP:n palveluja, kuten ruuhkan hallinta ja virheenkorjaus. FCIP on tunnelointitekniikka, joka sijoittaa FC kehykset IP-paketin sisään ja kuljettaa ne TCP:tä käyttäen kahden FC-verkon välillä. FC- kytkimien välille muodostuva tunneloitu yhteys voi yhdistää kaksi erillistä fabric-verkkoa yhdeksi verkoksi, mutta yhteys voidaan toteuttaa myös niin, että verkot säilyvät erillisinä. IFCP korvaa FC:n alimman kerroksen TCP/IP ja Ethernet kehyksillä. FC kehyksen koko on 2148 tavua, ja käytettäessä Ethernet pohjaista verkkoa tarvitaan jumbokehysten käyttöä, jotta vältetään FC kehyksen jakamiselta useaan osaan, vaikka se onkin mahdollista. (Lucchese ym. 2006,91-103.)

5 iSCSI

5.1 iSCSI protokolla

Internet small computer system Interface on protokolla, joka käyttää TCP ja IP protokollia SCSI arkkitehtuurin mukaisten viestien kuljettamiseen. Sen toiminta perustuu asiakaspalvelinmalliin, jossa initiator on asiakas ja target palvelin. Asiakas lähettää palvelu- ja hallintapyyntöjä, ja palvelin eli target vastaa pyyntöihin. Protokollan kerroksellisen rakenteen mukaisesti SCSI kerros käsittelee SCSI:n CDB:a, ja iSCSI kerros omia PDU:a. Initiator- ja target-laitteiden välillä liikkuu iSCSI PDU:t joiden kuljetus tapahtuu yhden tai useamman TCP/IP -yhteyden kautta. Kuvio 3 tuo esille kerroksellisen rakenteen. (Cisco 2002, 6,7)

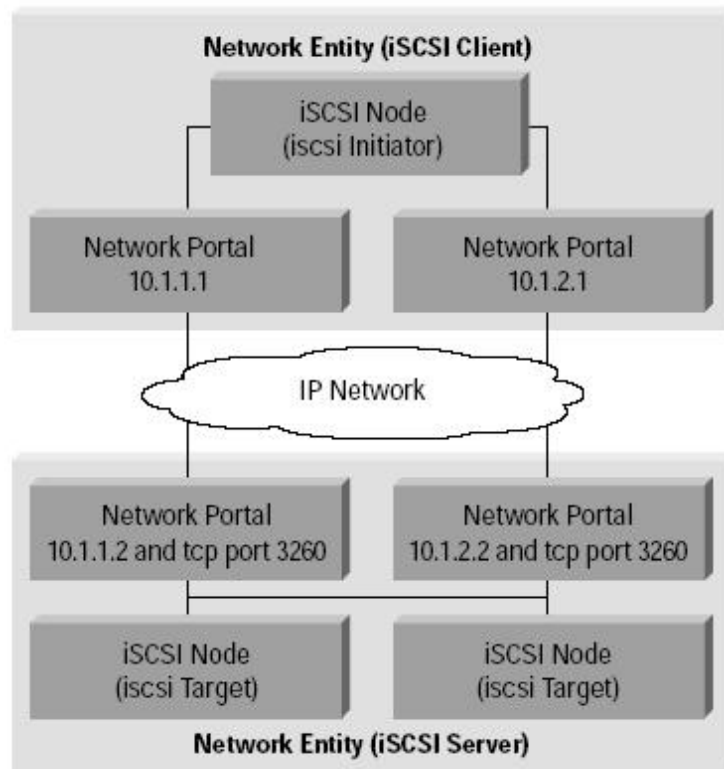


KUVIO 3 iSCSI protokollapinin kerroksellinen rakenne.

iSCSI-käsite network entity on IP-verkkoon kytketty laite, johon sisältyy yksi tai useampi verkkoportaali, joiden kautta verkkoon liittyminen tapahtuu.

Network entity sisältää iSCSI node:n, joka on initiator-tai target-laite.

Verkkoportaali on TCP/IP protokollapinin toiminnoista vastaava osa. Initiator-portaalin yksilöi pelkkä osoite, mutta target-portaalilla on sekä osoite ja portti, jotka yksilöivät sen. Kuviossa 4 on kuvattu network entity ja sen osat. (Cisco 2002, 4.)



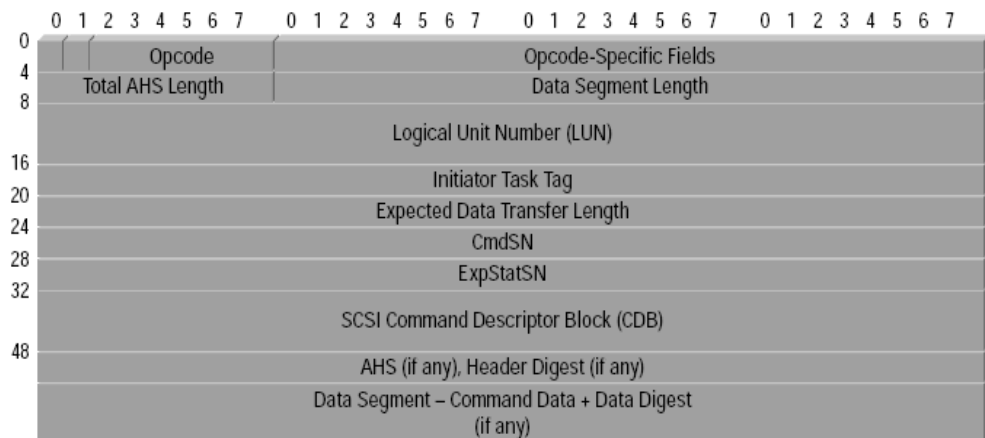
KUVIO 4 Network Entity käsite

Initiator ja target yksilöidään nimen ja osoitteen perusteella ja kaikki node:t ovat yksilöitävissä iSCSI-nimen avulla. Nimeä käyttämällä useammalla laitteella voi olla sama osoite, ja sen avulla esimerkiksi target-laite voi olla tavoitettavissa usean osoitteen kautta. iSCSI-nimiformaatteja on kaksi: iSCSI qualifier name ja IEEE EUI (Cisco 2002, 5).

iSCSI qualifier -nimi muodostuu kolmesta osasta: osoitteen tyyppin ilmaiseva kenttä, nimen antaja ja yksilöllinen laite nimi. Osoitteen tyyppikenttä on iqn, ja nimen antaja on usein esimerkiksi domain-nimi, josta laitenimeksi voi tulla esimerkiksi "iqn.com.jokudomain.justselaite.10". IEEE:n (Institute of Electrical and Electronics Engineers) mukainen nimi alkaa "eui.", ja sen jälkeen on laitteen WWN-koodi, joka FC-laitteiden tavoin 64 bittiä, ja laitevalmistajan antama yksilöllinen koodi. (Clark 2001, 5.) Osoitteet, joita käytetään, voivat olla IPv4- (Internet Protocol version 4) tai IPv6-osoitteita. (Cisco 2002, 5).

Yhteyden muodostus alkaa login-prosessilla, jonka alku on normaali TCP-yhteyden muodostus. Prosessi sisältää mahdollisen autentikoinnin sekä turvallisuusprotokollista että useista muista attribuuteista sopimisen. Login-prosessin jälkeen siirrytään full feature phase -tilaan, jossa command-viestien lähettäminen tulee mahdolliseksi. Useista initiator- ja target-laitteiden välisistä TCP-yhteyksistä muodostuu iSCSI-session käsite. Session voi olla normaali toiminnallinen tai discovery, jolla initiator etsii target-laitetta. Session yksilöidään session ID:llä, ja session sisältämät TCP-yhteydet connection ID:llä. (Cisco 2002, 7,10,11.)

Yhteyden aikana aikana iSCSI käyttää liikenteen hallintaan useita rekisterejä. Komennot initiator-nodelta target:lle on numeroitu command sequence -numerolla (CmdSN), jonka tarkoituksena on varmistaa komentojen oikea järjestys. Komentojen järjestystä seurataan myös expected command -rekisteriin (ExpCmdNS) ja maximum command -rekisteriin (MaxCmdSN) avulla, joiden kautta initiator saa kuittauksen lähettämistään komentoista ja pystyy laskemaan target-laitteen komentojonon kapasiteetin. Komentojen numeroinnin lisäksi target:n vastaukset on numeroitu StatSN-numerolla, ja initiator käyttää ExpStatSN-rekisterin ja StatSN-arvojen eroa syynä komentojen uusimiseen. Myös data ja R2T (Request to Transmit) PDU:t (Protocol Data Unit) numeroidaan ja toiminnassa käytetään DataSN ja R2TSN rekistereitä.(Cisco 2002,7,8.) Tietojen kuten CmdSN ja StatSN vaihto initiator- ja target-laitteen välillä tapahtuu PDU:n tietokenttien avulla. iSCSI käyttää TCP- ja IP-protokollien palveluja, ja PDU:t kuljetetaan TCP:n hyötykuormana. Kuviossa 5 esitetään PDU:n rakenne. (Cisco 2001, 5-10.)



KUVIO 5. iSCSI PDU:n sisältämät tietokentät.

PDU-tyyppjä on useita, ja tyyppin määrää otsikon operation code -kenttä. Kaikki PDU:t rakentuvat kuitenkin yhdestä tai useammasta otsikkokentästä sekä mahdollisesta datakentästä. Otsikkokentän operation code:n mukaisesti PDU:t voidaan jakaa initiator- ja target-luokkiin sekä myös command ja response luokkiin. Myös muita tyyppjä on kuten data PDU, joita käytetään tiedon välitykseen.(Cisco 2001, 5-10.)

5.2 Turvallisuus

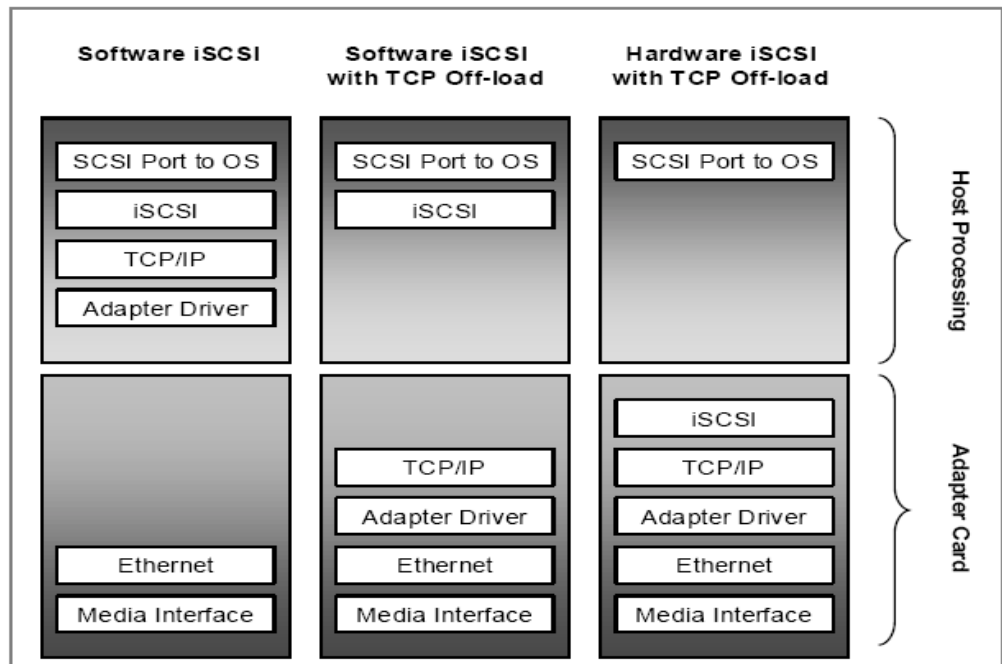
iSCSI sisältää kaksi turvallisuusmekanismia: Autentikoinnin ja salauksen. Autentikointi voidaan tehdä iSCSI Login PDU:a käyttäen ja salaus on IP Sec (IP Security Architecture). Login-prosessissa initiator ja target autentikoivat toisensa, mutta autentikointi tai IPSec-tunneloinnin käyttö ei kuitenkaan ole pakollista. IPSec:n käyttöä suositellaan kuitenkin aina, kun salakuuntelun mahdollisuus on olemassa, koska ilman sitä PDU:t ovat salaamattomia. Autentikoinnissa käytetään ensisijaisesti iSCSI-nimeä ja se alkaa initiator-laitteen lähettäessä Login Request -viestin ja tiedon autentikointialgoritmeista, joita se voi käyttää. Target-laitteen vastaus riippuu siitä, mitä sen asetuksissa sallitaan sekä siitä mitä se tukee. (IETF 2007, 28,99,100.)

Käytettävissä olevia autentikointimenetelmiä on viisi ja niiden tarkoitus on estää luvaton käyttö. Menetelmiä ovat esimerkiksi CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol), Kerberos V5, Secure Remote Password sekä Simple public-key GSS API (Generic Security Services Application Program Interface mechanism). (Cisco 2002, 13).

5.3 Toteutusvaihtoehdot ja verkon rakenne

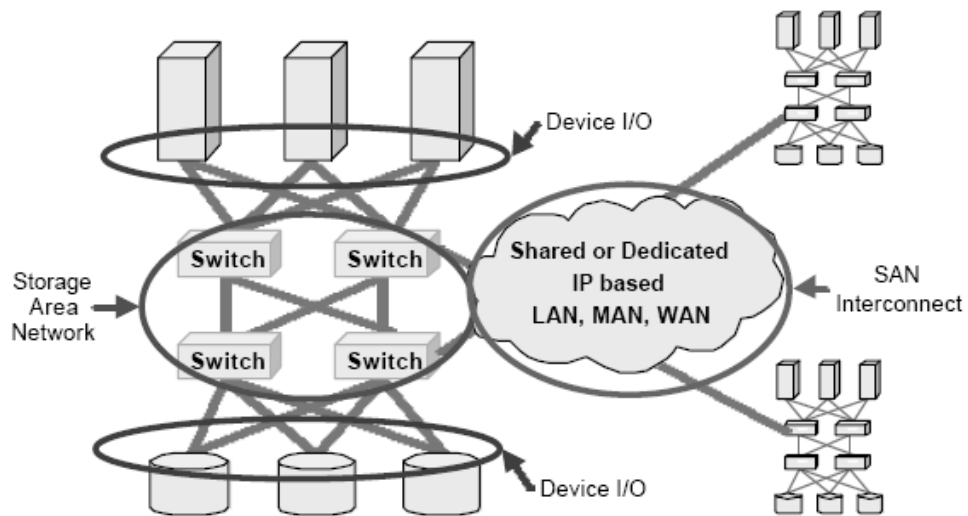
iSCSI toiminta voidaan toteuttaa kolmella eri vaihtoehdolla, joko puhtaasti ohjelmallisesti, ohjelmallisesti erillisen TOE-kortin (TCP/IP ofload Engine) kanssa tai niin, että toiminta on raudassa. Edullisin toteutusvaihtoehto on kokonaan ohjelmalla toteutettu käyttäen normaalia verkkokorttia. Toteutuksen haittapuoli on toiminnan aiheuttama kuormitus prosessorille sen joutuessa suorittamaan TCP:n ja iSCSI:n vaatimat tehtävät, ja sen vuoksi ratkaisu ei sovellu suurta suorituskykyä vaativiin tehtäviin. (SNIA 2006, 4,5.)

TCP:n yhteydellisyiden ja lohkotason I/O:n aiheuttamaa kuormitusta CPU:lle (Central Processing Unit) voidaan vähentää TOE:n avulla ja suorittimen tehtäväksi jää silloin iSCSI:n toimintojen toteutus. Parhaaseen suorituskykyyn päästään iSCSI-adapterilla, joka hoitaa myös iSCSI:n vaatimat toiminnot rautatasolla. Kuvio 6 havainnollistaa iSCSI:n toiminnan toteutusvaihtoehtoja. (SNIA 2006, 6.)



KUVIO 6. Kolme vaihtoehtoa iSCSI toteuttamiseksi

Verkkona IP SAN rakentuu kolmesta osasta: Ensimmäisen osan muodostavat laitteiden I/O-liitynnät, joilla palvelimet, levyasemat ja nauhakirjastot liittyvät verkkoon. Laitteiden liitynnät voivat ovat tavallisia Ethernet-liityntöjä tai erilaisia iSCSI-adaptoreita. Toinen verkon osa on kytkinten ja reitittimien muodostama verkko. Laitteet voivat olla tavallisia Ethernet-verkkolaitteita, mutta myös erityisesti tallennusverkkoihin tarkoitettuja. Tallennusverkkoihin tarkoitettut laitteet voivat sisältää esimerkiksi etäkopiointia tukevia ominaisuuksia ja ne kykenevät toimimaan useampien protokollien kanssa kuin Ethernet-laitteet. Kolmas verkon osa toimii liityntänä muihin SAN verkkoihin, ja IP-pohjaisessa ratkaisussa se voi olla normaali LAN tai MAN (Metropolitan Area Network) verkko. Kuvio 7 esittää IP SAN:n rakennetta. (Orenstein 2006, 3.)



KUVIO 7. IP SAN:n rakenne.

5.4 Palvelunlaatu

Alemmat protokollatasot huolehtivat pääasiallisesti iSCSI:n palvelunlaadusta vaikka PDU:n otsikkokenttä Basic Header Set tukee mahdollisuutta vaikuttaa komentojen suoritusjärjestykseen. Yleisesti palvelunlaatumekanismien avulla kyetään vaikuttamaan siihen miten paketteja käsitellään verkon aktiivilaitteissa. Verkon ruuhkaantuessa osa liikenteestä voidaan asettaa jonoon, ja osa voidaan välittää eteenpäin. QoS (Quality of Service)-säännöillä pystytään vaikuttamaan valitun sovelluksen siirtokaistaan ja viiveeseen. Qos-algoritmit voidaan jakaa kahteen tyyppiin vuokohtaisesti toimiviin ja skedulointialgoritmeihin. Vuon hallintaalgoritmi toimii sääntöjen pohjalta, joiden mukaan paketit kuuluvat aina tiettyyn vuohon, ja niitä käsitellään sen mukaisesti. Skedulointi toimii valitsemalla paketit, jotka seuraavaksi lähetetään ja toiminta on siirtokaistan jakamista. (Long 2006, 352,361.)

Ethernet tukee kahta standardia: 802.1Q ja 802.1P, jotka tarjoavat palvelunlaatuominaisuuksia. 802.1Q määrittää kolmen bitin mittaisen kehyksen otsikkokentän, ja 802.1P puolestaan mahdollistaa mallin, jonka mukaan priorisointi luokittelu toimii. Liikenneluokkia on seitsemän, mutta kaikki kytkimet eivät tue seitsemää luokkaa, ja standardi tukee luokkien jakamista ryhmiin, jotka yhdistävät eri liikenneluokkia. Ethernet-verkossa kuitenkin pystytään takaamaan QoS:n toiminta. (Long 2006, 355.)

IP-protokollan palvelunlaatuominaisuuksista IntServ (Integrated Services Architecture) ja DiffServ (Differentiated Services Architecture) ovat hallitsevia malleja, joilla palvelunlaatu pyritään tarjoamaan. IntServ-mallin toiminta perustuu sovellusten viestintään, jolla verkkoa pyritään varaamaan. Varaus tapahtuu Resource Reservation protokollalla ja varauksen onnistuessa verkko takaa pyydetyn palvelunlaadun päästä päähän yhteydelle. Jos varaus ei onnistu, lähetetään siitä huolimatta ilman QoS-ominaisuuksia. IntServ tunnetaan myös best-effort service nimellä ja se on Internetin oletuspalvelu, jota käytettäessä laatu riippuu verkon kuormasta. DiffServ toimii merkitsemällä paketit DSCP (Differentiated Services Codepoint)-kentällä, joka kertoo halutun palvelutason. Paketin gateway reititin luokittelee paketin pyydetyn palvelunlaadun mukaiseen PHB (Per Hop Behavior)-luokkaan, jonka mukaan paketit välitetään reitittimeltä toiselle. Verkon ruuhkaantuessa paras mahdollinen palvelunlaatu annetaan osalle liikennettä. (Long 2006, 358.)

6 iSCSI OMINAISUUDET JA KÄYTTÖKOHTEITA

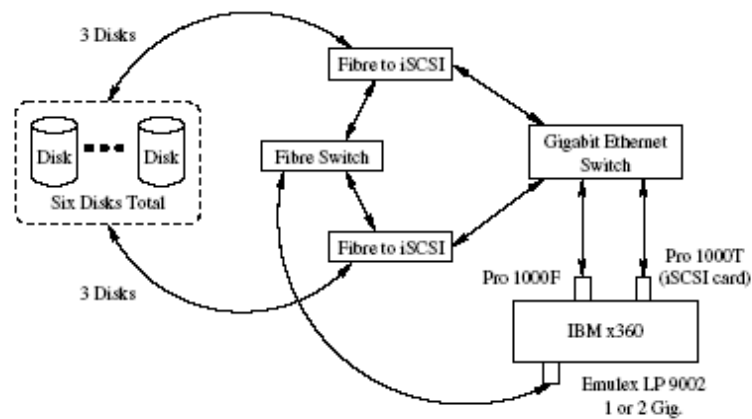
6.1 Yleistä

Yksi merkittävimmistä iSCSI:n eduista on mahdollisuus rakentaa SAN ilman Fibre Channel -tekniikkaa. iSCSI nopeuttaa ja helpottaa siirtymistä tallennusverkkoon perustuvaan tallennukseen, kun DAS-pohjaisen järjestelmän ominaisuudet käyvät riittämättömiksi. IP-verkkoa käyttävä iSCSi mahdollistaa myös helposti useissa eri paikoissa olevien tallennusjärjestelmien yhdistämisen, ja sitä käytetään hyväksi varmuuskopioinnissa ja muissa tiedon säilymisen takaamiseksi suoritettavissa tehtävissä. Vaikka iSCSI tekniikan katsotaan soveltuvan hyvin tiettyihin tarkoituksiin, sen suorituskyvyn riittäminen vaativaan käyttöön aiheuttaa kysymyksiä, koska FC on kuitenkin nopeampi. (Dale 2005.)

iSCSI:n nopeus on kuitenkin riittävä useimmille sovelluksille ja suorituskyky on parempi kuin DAS laitteilla. iSCSI:n perustuvat levyjärjestelmät tarjoavat myös usein vastaavia ominaisuuksia kuin kalliimmat FC laitteet. iSCSI-pohjaisten levyjärjestelmien tarjoamia ominaisuuksia voivat olla esimerkiksi peilaus, remote copy ja snapshot. (Dale 2005.)

6.2 Suorituskyky mittaus

Coloradon yliopistossa on suoritettu kolme eri testiä iSCSI:n ominaisuuksien arvioimiseksi: ensimmäinen testi on tehty iSCSI:n ja FC:n nopeuden vertailemiseksi, ja käytetyt laitteistot ovat olleet kaupallisia tuotteita. Testikokoonpanossa laitteet on yhdistetty kuvion 8 mukaisesti. IBM 360 on palvelin, jossa on käytetty kahta erilaista Ethernetiä ja iSCSI:tä käyttävää adapteria sekä 1Gb:n ja 2Gb:n nopeuteen pystyvää FC HBA:a. Toinen iSCSI-liitännöistä on tavallinen 1Gb-verkkokortti ja toinen on iSCSI HBA. Laitteet kytkinten ja levyjen välillä ovat Cisco:n Storage Routers, ja FC kytkin on kytketty reitittimiin jotta saadaan verkkosolmujen määrä molemmille tekniikoille samansuuruiseksi. Testissä käytettiin 2Gb-nopeutta osoittamaan, että levyjärjestelmä ei ole nopeutta rajoittava tekijä. (Aiken;Grunwald,Pleszkun 2003.)



KUVIO 8. Kuva suorituskykytestin verkkotopologiasta.

Nopeusvertailun tulos osoittaa 1Gb:n Ethernet -verkkokortille ja iSCSI:lle miltei samaa datan siirtokykyä kuin saman nopeuden Fibre Channel -yhteydelle. Testissä oli käytetty eri lohkokokoa, ja suurella lohkokoolla software iSCSI-nopeus on kilpailukykyinen FC:n kanssa. Testissä saadut maksimisiirtonopeudet iSCSI:ä käyttäen ovat noin 95MBps, ja lohkokoon suuruudella on suuri merkitys nopeuteen. Testissä käytetty iSCSI HBA ei toiminut hyvin 1Gb verkossa, mutta pienensi odotetusti prosessorin kuormaa. (Aiken ym.2003.)

Toinen testi on tehty ohjelmistopohjaisten iSCSI initiator- ja target-laitteen suorituskyvyn tutkimiseksi. Initiator-laite on kahdella suorittimella varustettu 860MHz:n Pentium 3 ja target 1,4 Ghz:n Pentium 4, jossa ATA RAID. Laitteet on yhdistetty 1Gb:n Ethernet-yhteydellä ja verkkokorteilla suoraan toisiinsa ja yhteys käyttää ylisuuria Ethernet-kehyskiä, joiden koko on 9 kilotavua. Testi osoittaa, että kirjoitusnopeus initiator- ja target-laitteen välillä jää noin neljäsosaan siitä, mihin target-laitteen RAID-levyt DAS-tilanteessa kykenisivät. Suorituskyvyn vaikuttaa iSCSI protokollan synkroninen toiminta, jossa initiator-laite aina I/O-pyyntönsä jälkeen odottaa vastausta target-laitteelta. Target-laite vastaavasti joutuu suorittamaan levyille kirjoituksen, ennen kuin vastaa initiator-laitteelle. (Aiken ym. 2003.)

Suorituskyky olisi parempi, jos käytössä olisi ollut target-laitteeksi suunniteltu levyjärjestelmä, joka voi ottaa puskurimuistiin komentoja. Vaikka lohkotason mitattu suorituskyky näyttää huonolta, tilanne muuttuu, kun suorituskykyä tutkitaan tiedostotasolla. Testissä initiator-laitteessa ei ole paikallisia kovalevyjä, ja se toimii remote boot over iSCSI -periaatteella. Tässä tilanteessa tiedostojärjestelmän välimuistin käyttö aiheuttaa sen, että käytännössä iSCSI target-laite toimii melkein kuin paikallinen levy. (Aiken ym. 2003.)

Kolmannessa testissä oli simuloitu iSCSI-toimintaa WAN:n (Wide Area Network)-ympäristössä, jossa hukkuu paketteja ja viive vaihtelee. Testin tuloksista on nähtävissä iSCSI:n toiminnan hidastuminen viiveen lisääntyessä. Kirjoitettaessa tietoa viiveen vaikutus oli suurempi suorituskyky lähellä nollaa. Suorituskyvyn nopean laskun syyksi on oletettu synkronista toimintaa. (Aiken ym. 2003.)

6.2.1 Suorituskyky ja edullisuus

iSCSI-tekniikan edullisuus mahdollistaa pienillekin yrityksille varmuuskopioinnin ja peilauksen kauempana oleviin kohteisiin. Suuremman järjestelmän hyvä esimerkki on San Antoniossa tehty FC SAN:n yhdistäminen 1Gbps Ethernet-yhteydellä. Toimipisteiden välinen etäisyys on 22 mailia, ja molempien paikkojen tiedot kirjoitetaan sekä paikallisesti, että verkon kautta toisen toimipisteen levyille. Toimipisteiden SAN verkot ja muistiavaruus ovat rakenteeltaan samanlaiset ja peilaus tapahtuu synkronista iSCSI-yhteyttä käyttäen. (Murphy 2005, 28-40.)

Toteutuksella on saatu aikaiseksi järjestelmä, jossa tiedot säilyvät katastrofitilanteessakin ja sen lisäksi paikallisen tallennuslaitteen vikatilanteissa kyetään käyttämään etätoimipisteen levyjärjestelmää. iSCSI:n etu on myös remote boot ominaisuus, joka nopeuttaa palvelinten käyttöön saantia. (Murphy2005, 39,40.)

Kustannuksista kertoo Sandia Laboratorion testi vuodelta 2003, jossa todetaan iSCSI:n kykenevän FC:n tasoiseen suorituskykyyn ja tarjoavan paremman hintasuorituskykysuhteen. Hintaaero iSCSI -tekniikan eduksi on noin puolet HBA:ssa ja kytkimen porttikohtaisissa hinnoissa hieman vähemmän. Testin perusteella 1Gbps nopeus ja IpSec:n käyttö vaativat erillisen HBA- laitteen käyttöä, vaikka CPU:n kuormitus oli alle 40-prosenttinen. (Chen ym. 2003.)

6.3 Laitevalmistajan ilmoittama suorituskyky

Chelsio on laitevalmistaja, joka markkinoi iSCSI host bus -adapteria 10G Ethernet-verkkoon. Chelsio T110 on valokuituverkkoon tarkoitettu ja sisältää TOE-ominaisuuden, joka vähentää prosessorin kuormaa. HBA pystyy 856MBps nopeuteen, ja sen viive on myös pieni. (Chelsio 2006a)

Chelsio on myös tuomassa myyntiin uuden 802.3an standardin mukaista korttia, joka sisältää myös TOE-ominaisuuden. Verkkosivujen mukaan toimitukset alkavat maaliskuussa 2007. Kortti, jonka malli on S310E-BT, käyttää RJ45 (Registered Jack- 45)-liitintä ja Cat 6a (Category 6a) luokan kierrettyä parikaapelia. (Chelsio 2006b)

6.4 Käyttökohteita

iSCSI-tekniikkaan perustuvien SAN-verkkojen käytön syyt ovat samanlaisia kuin Fibre Channel verkkojen. Syitä iSCSI:n käyttöön ovat varmuuskopiointi, tallennuksen keskittäminen ja suorituskyky vaatimukset. (Dale 2004.)

Uudemman kyselyn perusteella 74 % yrityksistä, jotka ovat aikeissa ottaa iSCSI tekniikkaa käyttöön, ovat rakentamassa järjestelmää ilman Fibre Channel -verkkoa. Osa yrityksistä käyttää sitä paikallisesti liityntänä Fibre Channel verkkoon ja pieni 4 %:n osuus yhdistää kauempana olevia FC-verkkoja. (Storage magazine 2006.)

Yleisimmin IP SAN:n liitetyt palvelimet ovat Intel-laitearkkitehtuuriin perustuvia, ja käyttöjärjestelmä on Windows, NetWare tai Linux. Yleisimpiä sovelluksia palvelimissa ovat Microsoft Exchange, SQL-server (Structured Query Language) ja ohjelmat, jotka käyttävät jotakin pientä tietokantaa. Viestintä, verkkokauppa ja Web-sovellukset sopivat myös hyvin käytettäviksi iSCSI:n perustuvissa tallennusverkoissa. (Dale 2004.)

SAN-verkkoja rakennetaan myös video ja audiolaitteiden tuottaman digitaalisen tiedon käsittelyyn ja tallennukseen. Keskitetyn tallennuksen ja iSCSI-tekniikan edut ovat samanlaiset kuin muissakin käyttökohteissa. Macintosh-laitteille on kaupallisia tuotteita, jotka mahdollistavat iSCSI-pohjaisen datasiirron myös Mac-ympäristössä. Useimmille videosovelluksille riittää 125MBps siirtonopeus, mutta suuremmankin nopeuden vaativia sovelluksia on. (Konshin, Okonczak 2006.)

Myös Boch:n IP-video valvontakamera käyttää iSCSI:tä kameran kuvan tallentamiseen. IP kamera pystytään kytkemään nopean lähiverkon kautta suoraan iSCSI RAID -levyjärjestelmään ja aikaisemmin laitteiden välillä ollut palvelinta ei enää tarvita (BOSCH 2006a). Kamera aiheuttaa 2Mbps:n liikenteen parhaalla resoluutiolla ja on suoraan kytkettävissä Ethernet-verkkoon. (BOSCH 2006b)

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Yhtäläisyyksiä ja eroja

Fibre Channel yhdistetään nimensä mukaisesti kuitukaapelointiin ja iSCSI usein kuparikaapeliin. Molemmat tekniikat pystyvät kuitenkin toimimaan sekä kuitu että kuparikaapeloinnissa. Suorituskykyvertailussa iSCSI ja 1G Ethernet pystyvät lähes samaan datasiirtonopeuteen kuin vastaavan nopeusluokan Fibre Channel -tekniikka. Testien perusteella voi odottaa vastaavaa tilannetta 10 G Ethernetin ja 1200MBps nopeuksien FC:n kanssa. Suorituskyky ominaisuuksia suurempi tekijä SAN-teknologian valinnassa näyttää kuitenkin olevan laitteiden hintaan ja tekniikkaan liittyvät mielikuvat. FC-laitteet ovat kalliita ja erikoistuneita ja sen vuoksi niitä käytetään vain SAN-verkoissa. Ethernet-laitteet taas hieman liioitellen ovat kuluttajaelektroniikkaa. San Antonion esimerkki kuitenkin osoittaa, että iSCSI:ä käytetään vaativiinkin kohteisiin. Ethernetin soveltuvuus vaativaan käyttöön on asetettu kyseenalaiseksi ja tekniikassa on heikkouksia. Useat ongelmat kuitenkin poistuvat oikein konfiguroiduilla laitteilla ja verkkosuunnittelulla.

Monella laitevalmistajalla on laitteita, jotka on tarkoitettu käytettäväksi molempien teknologioiden kanssa, vaikka kyselyn perusteella suurin osa iSCSI:n käyttöönottoa suunnittelevista on rakentamassa järjestelmää ilman FC:ä. Oletettavasti iSCSI:n tarjoamat mahdollisuudet IP SAN-käytössä kiinnostavat yrityksiä, jotka ovat siirtymässä SAN:n perustuvaan tallennukseen. On myös todennäköistä, että kaikkein kriittisimmät järjestelmät säilyvät Fibre Channel SAN-järjestelminä. Tallennusverkkojen lisäksi tulevaisuus voi tuoda valvontakameran tavoin iSCSI:ä hyödyntäviä laitteita, joiden käyttö saadaan edullisemmaksi ja yksinkertaisemmaksi tekniikan avulla.

Yksi iSCSI:n suurimmista hyödyistä on sen edullisuus. Gigabit-verkon komponenttien hinnat ovat noin puolet halvempia kuin FC-tekniikassa. Myös verkon rakentamisen kustannukset on mahdollista saada pieniksi, koska kuparikaapelointi voidaan tehdä ilman erityislaitteita. Verkonhallinta ja konfigurointi ei myöskään eroa lähiverkoista. 10G-verkon rakennuksessa hintaero ei ole suuri iSCSI-tekniikan hyväksi, mutta Ethernet-tekniikkaan perustuvien laitteiden yleistyessä hintatason voi olettaa laskevan huomattavasti. Uusi 802.3an standardi mahdollistaa kierretyssä parikaapelissa 10Gbps:n nopeuden ja myös sen voi odottaa lisäävän iSCSI:n käyttöä.

Palvelunlaatukytkentäisessä IP SAN:ssa on toteutettavissa VLAN (Virtual Private Network)-otsikkokentän priorisointi biteillä. WAN-verkoissa Qos (Quality of service) vaatii operaattorilta esimerkiksi MPLS (Multi Protocol Label Swiching)-yhteyden. Lähiverkossa todellinen palvelunlaatu on varmasti myös riippuvainen siitä, miten laitteen pystyvät sen toteuttamaan. Oletuksena on se, että rahalla saa toimivamman järjestelmän.

FC:n ja iSCSI:n toiminta tallennuksessa perustuu SCSI-arkkitehtuurin mukaisiin komentoihin ja ne pystyvät suurempaan tiedonsiirtonopeuteen kuin perinteinen DAS-käytössä oleva rinnakkainen SCSI-oheislaiteliityntä. Molemmat tekniikat toimivat hyvin myös IP-verkkoja käytettäessä, vaikkakin FC:n tietoturva parantuu vasta FC:n turvallisuuden lisäämiseksi tarkoitettun FC-security-protokollan käytöllä.

Suorituskykyvertailussa tuli esille, että iSCSI aiheuttaa suuremman kuormituksen palvelimen prosessorille kuin FC. Kuormituksen syynä ovat TCP/IP liikenteen prosessit ja CRC-tarkastussummien laskeminen. Erillisen HBA-laitteen käyttö kuitenkin poistaa ongelman, ja laitteiden suorituskyky paranee jatkuvasti. Suurempi 10G nopeus vaatii kuitenkin erillisen HBA:n, vaikka kyseisen nopeuden verkkokortit yleistyvät tulevaisuudessa.

7.2 Tallennusverkkoratkaisun valinta

IP-pohjainen tekniikka on otettu käyttöön esimerkiksi puhelinliikenteessä ja kallis tekniikka, kuten ATM (Asynchronous Transfer Mode), on usein korvattu edullisemmalla vaihtoehdolla. Samankaltainen kehitys on tapahtumassa myös tallennusverkoissa. IP- ja Ethernetin-pohjaisten tekniikoiden etuna ovat myös yhteen teknologiaan perustuvat SAN- ja LAN-ratkaisut. Yhden teknologian käyttö yksinkertaistaa hallintaa ja tekee laitteiden hankinnan edullisemmaksi.

SAN pohjaiseen tallennukseen siirryttäessä on vaikeata löytää syitä FC:n käyttöönotolle, koska edullisempi iSCSI mahdollistaa lähes saman toiminnallisuuden. Kehityksen suunta kohti edullisempia ratkaisuja näkyy myös ATA kovalevyjä käyttävissä levyjärjestelmissä ja NAS laitteissa. Tekninen kehitys ja parantuneet ominaisuudet mahdollistavat edullisempien ratkaisujen käyttöönoton lukuun ottamatta tärkeimpiä järjestelmiä.

Yritysten, jotka ovat jo rakentaneet Fibre Channel -tallennusverkkoja kannattaa myös hyödyntää iSCSI:n ominaisuuksia, koska monet FC teknologian laitteet sisältävät mahdollisuuden esimerkiksi iSCSI-laajennuskortin käyttöön. IP ja Ethernet ovat monella alueella osoittaneet toimivuutensa, ja iSCSI:n käyttö Fibre Channel -tekniikan rinnalla on perusteltua esimerkiksi etäkopiointia käytettäessä.

Tulevaisuudessa tallennettavan tiedon määrän kasvu jatkuu ja yritykset joutuvat panostamaan tallennukseen enemmän. Investointeja joudutaan tekemään tallennustilaan, ohjelmistoihin ja tallennusverkkoihin. Kaikkia kasvavan tietomäärän aiheuttamia ongelmia ei ratkaista levytilan hankinnalla ja nopeilla yhteyksillä. Verkon kustannukset ovat vain osa kokonaiskuluista ja tekniikan lisäksi tarvitaan myös henkilökuntaa huolehtimaan järjestelmien toiminnasta.

8.LÄHTEET

- Aiken, S., Grunwald, D. & Pleszkun, A., R. 2003. A Performance Analysis of the iSCSI Protocol [verkkojulkaisu]. Storage Conference [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa: <http://storageconference.org/2003/papers/20-Aikens-Performance.pdf>
- Arregoces, M., Portolani, M. 2004. Data center fundamentals. Cisco Press, Indianapolis
- BOSCH 2006a. iSCSI Technical Brief [verkkojulkaisu]. BOSCH [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa: http://www.boschsecurity.us/pdf/EN/iSCSI%20Technical%20Brief%20hi_res.pdf
- BOSCH. 2006b. NWC-0495 DinionXF Day/Night IP Camera [verkkojulkaisu]. BOSCH [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa: <http://www.boschsecurity.us/index.aspx?prdctid=3694>
- Boyanov, L., Turlakov, H. & Todorov, D. 2004. Storage Networks on IP infrastructure [verkkojulkaisu 11.12.2006]. Next Generation Network Technologies [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa: http://saturn.acad.bg/bis/pdfs/07_doklad.pdf
- Cisco. 2002. Introduction to iSCSI [verkkojulkaisu]. Cisco [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa: http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/rt/5420/prodlit/imdpm_wp.pdf
- Cisco. 2001. iSCSI Protocol Concepts and Implementation [verkkojulkaisu]. Cisco [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa: http://202.119.47.5/iSCSI_whitepaper.pdf
- Chelsio. 2006a. 10 Gigabit Ethernet iSCSI in Action [verkkojulkaisu]. Chelsio [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa: http://www.chelsio.com/solutions/pdf/chelsio_wp_10GbE_iSCSI.pdf

- Chelsio. 2006b. Igh Performance 10GbE Storage Accelerator [verkkojulkaisu].
Chelsio [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa:
http://www.chelsio.com/products/pdf/S310E_Product_Brief.pdf
- Chen, H.Y., Bierbaum, N. & Van Randwyk, & J.Bielecki, F. 2003. IP Storage A
Performance and Security Study [verkkojulkaisu]. Sandia National
Laboratoreis 2003 [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa:
<http://www.ca.sandia.gov/8900/pdf/LDRD.pdf>
- Clark, T. 2001. iSCSI Technical White Paper [verkkojulkaisu]. SNIA
[viitattu 11.12.2006]. Saatavissa:
http://www.snia.org/tech_activities/ip_storage/iSCSI_Technical_whitepaper.PDF
- Dale, D. 2004. What are the applications for IP Storage? [verkkojulkaisu].
SNIA [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa:
[http://www.snia.org/apps/group_public/download.php/8287/.%5Cjavascript:OpenLargeWindow\(164821,400,246,'IS'\)](http://www.snia.org/apps/group_public/download.php/8287/.%5Cjavascript:OpenLargeWindow(164821,400,246,'IS'))
- Dale, D. 2005. IP Storage Today and Tomorrow [verkkojulkaisu]. SNIA
[viitattu 11.12.2006]. Saatavissa:
http://www.snia.org/apps/group_public/download.php/14659/IP%20Storage%20Today%20and%20Tomorrow%20-%20SNS%20Europe
- Farley, M. 2004. Storage Networking Fundamentals. Cisco Press, Indianapolis.
- Felt, E. 2006. IBM ei luvu tallennusraudasta [verkkodokumentti]. TIVI
Tietoviikko [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa:
http://www.tietoviikko.fi/infra_docview.jsp?f_id=1047204
- Elliot, R. 2003. Serial Attached SCSI [verkkojulkaisu]. STA SCSI Trade
Association [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa:
http://www.scsita.org/aboutscsi/sas/tutorials/SAS_General_overview_public.pdf

- IETF. 2006. RFC 3720 [verkkajulkaisu]. IETF 2006 [viitattu 11.12.2006].
Saatavissa: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3720.txt?number=3720>
- Jibbe, M.K. 2006. Fibre Channel technologies Current and Future [verkkajulkaisu]. SNIA .[viitattu 11.12.2006]. Saatavissa:
http://www.snia.org/education/tutorials/2006/fall/networking/Fibre_Channel_Technologies-16.pdf
- Konshin, V. Okonczak, J. 2006. Using iSCSI in video applications [verkkajulkaisu]. ATTO Technology Inc [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa:
https://www.attotech.com/pdfs/ISCSInVideoApplications_7.06.pdf
- Long, J. 2006. Storage Networking Protocol Fundamentals. Cisco Press, Indianapolis
- Lucchese, F., Moore, F. & Tate, J. 2006. Introduction to Storage Area Networks [verkkodokumentti]. IBM . [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa <http://publib.boulder.ibm.com/Redbooks.nsf/RedbookAbstracts/sg245470.html?Open>
- Meggyesi, Z. 1994. Fibre Channel Overview [verkkodokumentti]. CERN 1994. [viitattu 11.12.2006] Saatavissa:
<http://hsi.web.cern.ch/HSI/fcs/spec/overview.htm>
- MURPHY, M.R. 2005. iSCSI-based Storage Area Networks for Disaster Recovery Operations [verkkajulkaisu]. Florida State University 2 [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa: http://etd.lib.fsu.edu/theses/available/etd-04082005-134722/unrestricted/01_mrm_thesis.pdf
- Orenstein, G. 2006. iSCSI for Storage Networking [verkkodokumentti]. SNIA [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa:
http://www.snia.org/tech_activities/ip_storage/iSCSI_for_Storage_Networking.pdf

- Peglar, R. 2006. Storage Virtualization 1 What,Why,Where and How ?
[verkkojulkaisu].SNIA [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa:
http://www.snia.org/education/tutorials/2006/fall/virtualization/Storage_Virtualization-I.pdf
- Redhat. 2006. Red Hat Integrated Virtualization:Storage Virtualization
[verkkojulkaisu].Redhat [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa:
http://www.redhat.com/f/pdf/virtualization/melvin_virtual_paper.pdf
- SATA-IO. 2006. Serial ATA a Comparison with Ultra ATA
Technology.[verkkojulkaisu].The Serial ATA International Organization
[viitattu 11.12.2006]. Saatavissa: [http://www.sata-
io.org/docs/serialata%20-
%20a%20comparison%20with%20ultra%20ata%20technology.pdf](http://www.sata-io.org/docs/serialata%20-%20a%20comparison%20with%20ultra%20ata%20technology.pdf)
- SNIA. 2006. iSCSI Building Blocks for IP Storage Networking
[verkkojulkaisu].SNIA [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa:
http://www.snia.org/tech_activities/ip_storage/iscsi/iSCSI_Building_Blocks_01.pdf
- Storage. 2004. High-Performance Storage Virtualization
Architecture[verkkojulkaisu].Storage [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa:
[http://www.storage.com/media/upload/High-
performance%20Storage%20Virtualization%20Architecture.pdf](http://www.storage.com/media/upload/High-performance%20Storage%20Virtualization%20Architecture.pdf)
- Storage Magazine. 2006. What storage managers are buying and why
[verkkojulkaisu]. Storage Magasine [viitattu 11.12.2006]. Saatavissa:
http://searchstorage.techtarget.com/general/0,295582,sid5_gci1226138,00.html
- Qlogic. 2006. 11 Reasons to ChooseQLogic iSCSI HBAs Over Software
Initiators and TOE [verkkojulkaisu]. Qlogic [viitattu 11.12.2006].
Saatavissa:
http://www.qlogic.com/documents/datasheets/knowledge_data/whitepapers/SN0130907-00A.pdf

