



VIRTUAALIJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO

Opinnäytetyö

Mikko Heiskanen

Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoverkkotekniikka

Hyväksytty ____ . ____ . ____ _____

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU TEKNIikka KUOPIO

Koulutusohjelma

Tietotekniikan koulutusohjelma

Tekijä

Mikko Heiskanen

Työn nimi

Virtuaalijärjestelmän käyttöönotto

Työn laji

Päiväys

Sivumäärä

Opinnäytetyö

18.5.2010

35

Työn valvoja

Yrityksen yhdyshenkilö

Tietohallintopäällikkö Matti Kuosmanen

IT-pääsuunnittelija Tommi Tikkanen

Yritys

Pieksämäen kaupunki

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa virtuaalijärjestelmän käyttöönotto Pieksämäen kaupungille. Työhön kuului fyysiset asennukset, järjestelmän asennukset, konfigurointi sekä testaus ja dokumentointi. Laitteistona käytettiin IBM DS3400 -levyjärjestelmää ja Blade-teknologiaa. Virtualisointiohjelmistona oli VMware vSphere 4.0.

Verkkoyhteydet kahdennettiin vikasietoisuuden parantamiseksi ja järjestelmä konfiguroitiin mahdollisimman automatisoiduksi ja vikasietoiseksi. Tallennusratkaisuna käytettiin ulkoista levyjärjestelmää ja yhteydet toteutettiin valokuitua käyttämällä. Verkkoyhteydet kulkivat neljän kuparikytkimen kautta.

Työssä otettiin käyttöön useita virtualisoinnin ominaisuuksia, kuten vMotion, jonka avulla virtuaalikoneen paikkaa voidaan vaihtaa fyysisten palvelinten välillä ilman katkoksia.

Järjestelmälle tehtiin lopputestaus. Testaustulokset olivat hyviä ja järjestelmä on valmis tuotantokäyttöön. Projektille määritellyt tavoitteet saavutettiin ja halutut ominaisuudet saatiin toimimaan.

Avainsanat

VMware, virtualisointi

Luottamuksellisuus

julkinen

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme

Information Technology

Author

Mikko Heiskanen

Title of Project

Implementation of a Virtualization System

Type of Project

Final Project

Date

20 March 2010

Pages

35

Academic Supervisor

Mr Matti Kuosmanen

Company Supervisor

Mr Tommi Tikkanen

Company

The Town of Pieksämäki

Abstract

The thesis was commissioned by the town of Pieksämäki and its objective was to implement a virtualization system for the town. The project consisted of physical installations, configurations, testing and making documentations. The equipment used in this project consisted of the IBM DS3400 Storage Area Network and Blade-technology. Virtualization software used in this project was VMware vSphere 4.0.

Networking was duplicated to make it more fault tolerant. The system was configured to be as automated and fault tolerant as possible. The Storage area network was used as a storage solution. Networking connections were handled by four copper switches.

Virtualization proved to be time-consuming but very educational. The goals set for the project were met and the required features were configured and worked well.

During the project many of the virtualization featured was deployed, for example vMotion, which allows a virtual machine to be moved from one physical blade server to another without downtime.

After configurations, the system was tested. Test results were excellent and the system is ready to be deployed in production use.

Keywords

VMware, virtualization

Confidentiality

public

ALKUSANAT

Haluan kiittää Pieksämäen kaupungin tietohallintopäällikkö Seija Siloahoa insinööri­työn aiheesta sekä IT-pääsuunnittelija Tommi Tikkasta hyvästä ohjauksesta. Savonia-ammattikorkeakoulun tekniikan yksiköstä kiitän työn ohjaajaa tietohallintopäällikkö Matti Kuosmasta ja IT-suunnittelija Petri Siiskosta työn aikana saamastani avusta. Suuret kiitokset myös perheelleni ja tyttöystävälleni jatkuvasta tuesta.

LYHENTEET JA KÄSITTEET

Boot from SAN	Käynnistetään palvelinten käyttöjärjestelmä ulkoisesta levyjärjestelmästä.
ESX	Virtualisointi alusta, asennetaan fyysiselle palvelimelle
Ethernet	Pakettipohjainen lähiverkkotekniikka.
Firmware	Laitteen tai laitteiston muistiin tallennettu ohjelmisto
Hot Spare	Fyysinen komponentti, joka voidaan asentaa järjestelmään ilman virtojen katkaisua.
Hypervisor	Virtualisointialusta, mahdollistaa usean käyttöjärjestelmän samanaikaisen käytön fyysisellä koneella
LUN	Logical unit number, perustuu scsi tekniikkaan. Tunnistenumero, jonka avulla tunnistetaan levyosioita.
RAID	Redundant Array of Independent Disks. Parantaa kiintolevyjen nopeutta, suorituskykyä, sekä vikasietoisuutta.
Storage Area Network	Ulkoinen levyjärjestelmä. Yhdistetään järjestelmään scsi tai kuituyhteyttä käyttämällä.

Tagged

Kytkimen konfiguraatio, joka mahdollistaa useamman vlanin kulkemisen samasta kytkimen portista.

VLAN

Virtuaalinen lähiverkko, vlan-tekniikan avulla verkko voidaan jakaa loogisiin osiin.

Sisältö

LYHENTEET JA KÄSITTEET	5
1 JOHDANTO	8
1.1 Taustaa tutkielman aiheesta	8
1.2 Tutkimusongelma ja ratkaisutavat	11
1.3 Työn rakenne.....	11
2. PALVELINTEN VIRTUALISOINTI	12
2.1 VMware vSphere 4.0	12
2.1 VMware vCenter.....	12
2.2.2 VMware vCenter Update Manager	13
2.2.3 VMware vSphere Client.....	13
2.2.4 VMware vMotion ja StorageMotion	14
2.2 Tiedon tallennuksesta ja levyjärjestelmästä	14
3. LAITTEISTO.....	17
3.1 IBM BladeCenter H	17
3.2 HS 22 Bladet	18
3.3 Hallintamoduulit	18
3.5 IBM DS3400 -levyjärjestelmä	18
3.6. Kupariytkimet	20
3.7 Kuitukytkimet	20
4. PROJEKTIN ASENNUKSET JA KONFIGUROINTI	21
4.1 Bladekehikko	21
4.2 Hallintamoduulit	24
4.3 Bladepalvelimet	25
4.4 Levyjärjestelmä.....	25
4.5 Kytkimet.....	28
4.7 Vmware vsphere 4.0	30
5. TESTAUSTULOKSET	33
6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	34
LÄHTEET.....	35

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa tutkielman aiheesta

Virtualisointitekniikan avulla saadaan yksittäinen fyysinen tietokone toimimaan useamman koneen tavoin. Jokaisella virtualisoidulla tietokoneella on sama arkkitehtuuri kuin fyysisellä koneella. Tietokoneiden virtualisointiin on olemassa monia erilaisia vaihtoehtoja. Tietokoneen fyysiset rakenteet täytyy luoda uudestaan, jotta virtualisointi onnistuu. Fyysiset ominaisuudet, kuten verkkokortti, näytönohjain, kiintolevy ja äänikortti täytyy luoda virtuaalisesti käyttämällä virtualisointiin tarkoitettua ohjelmistoa. Virtualisointiin tarkoitettuja sovelluksia on useita. Virtualisoinnissa on useita eri kerroksia kuten OSI-mallissa. Fyysisten ominaisuuksien luominen sijoittuu OSI-mallin mukaisesti sovelluskerrokseen. Virtualisointi mahdollistaa sen, että käyttöjärjestelmä voidaan asentaa laitteistoon, jota ei fyysisesti ole olemassa.

Virtualisointi mahdollistaa tietokoneen fyysisten resurssien jakamisen tai yhtäaikaisen käytön; virtualisoidut tietokoneet voivat toimia yhteisessä ympäristössä tai täysin erillään toisistaan. Ympäristöistä käytetään lyhennettä VM (virtual machine). Virtuaalikoneet tarvitsevat toimiakseen melkein aina jonkin käyttöjärjestelmän. Käyttöjärjestelmistä käytetään nimitystä Guest operating system.

Virtualisoinnilla saavutetaan useita etuja. Tärkein ominaisuus on hallittavuus. Projektissa käytetään vCenter-hallintaohjelmistoa, jolla hallitaan kaikkien fyysisten palvelinten ominaisuuksia ja fyysisiä laitteita sekä itse virtuaalikoneita. Virtualisoinnin avulla fyysiset resurssit saadaan myös tehokkaaseen käyttöön, koska useat virtuaalikoneet käyttävät samoja fyysisiä resursseja.



Kuva 1. Fyysisen tietokoneen virtualisointi (Marshall, 2006, 5)

Virtualisointijärjestelmän käyttöalusta yleensä asennettu fyysisesti tietokoneeseen (ks. kuva 1). Fyysinen virtualisointialusta voidaan asentaa myös esimerkiksi SAN-levyjärjestelmään. VMware ESX Server toimii suoraan fyysisellä raudalla. VMware GSX Server on kevyempi alusta ja täytyy asentaa Linux- tai Windows-käyttöjärjestelmään. Microsoft Virtual Server 2005 perustuu Connectix Corporationin tekniikkaan. Asennusta varten se tarvitsee Windows 2003 -serverin tai Windows XP -käyttöjärjestelmän. (Marshall: 2006, 3 – 6.)

Virtualisoinnin historiaa pohdittiin ensimmäisen kerran 1960-luvun alkupuolella. IBM esitteli ensimmäisen virtualisointiin liittyvän tekniikan, jota kutsuttiin time sharing -tekniikaksi, josta virtualisointi tekniikat saivat alkunsa. Vuonna 1964 IBM kehitti uuden virtualisointitekniikan, jota kutsuttiin nimellä IBM System/360. Tekniikassa oli jo mukana rajoitettuja virtualisoinnin kapasiteetteja. Arkkitehtuurin tähän tekniikkaan kehitti Gene Amdahl. Myöhemmin samana vuonna IBM julkaisi CP-40 tekniikan. IBM kehitti olemassa olevia järjestelmiään. Vuonna 1965 kehitystyön tuloksena ilmestyivät System/360-malli 67

ja Time Sharing System. Järjestelmiä kehitettiin edelleen ja 1967 julkaistiin kehittyneempi versio CP-40. Tuotantoon saatiin järjestelmä, joka tuki 14:ää virtuaalikonetta. IBM CP-40 -tekniikan pohjalta kehitettiin CP-67:n ensimmäinen versio, joka on vakaampi ja suorituskyvyltään parempi kuin vanha CP-40-tekniikka. CP-40-tekniikasta julkaistiin versiot kaksi ja kolme, jotka toivat lisää tehoa ja suorituskykyä. Kolmannen version myötä saatiin ensimmäistä kertaa tuki levyjärjestelmälle. Vuonna 1971 julkaistiin CP-67 - tekniikasta versio 3.1. Parannuksena edeltäjiinsä se toi nopeat I/O - väylät. System/360-tekniikasta tehtiin parannettu versio nimeltään System/370. Uusi tekniikka toi parannusta virtuaalimuistiin, ja se mahdollisti myös tuen neljälle uudelle käyttöjärjestelmälle, jotka olivat VM/370, DOS/VS, OS/VS2 ja OS/VS2. (Marshall: 2006, 8 - 11.)

Virtualisoinnin yleistymisen myötä perustettiin New Yorkissa vuonna 1973 Metropolitan VM User Association. Vuonna 1988 perustettiin yhtiö nimeltään Connectix corporation, jonka suurimpana markkina-alana oli Apple Macintosh -systeemit, jolle se pyrki tuomaan erilaisia ratkaisuja. Connectix corporation tunnettiin innovatiivisesta ajattelustaan. Yrityksellä oli alussa muutama päätuote, joita se markkinoi. Yrityksen tuote Mode32, joka ratkaisi 24-bittisen muistin ongelman Motorolan prosessoreissa, joita käytettiin ensimmäisissä Mac- koneissa. Toinen päätuote oli Speed-doubler, joka tarjosi suorituskyvyltään nopean sillan Motorolan prosessoreiden ja muiden prosessoreiden välille. Ram Doubler, Mac-tietokoneisiin tehty tuote tuplasi koneen muistin pakkaamalla ja purkamalla ram-muistin sisällön lennosta. Näiden tuotteiden ja ratkaisujen pohjalta Connectix julkaisi Virtual PC 1.0 -version Mac-koneille. (Marshall: 2006, 8 - 11.)

Vuonna 1998 perustettiin VMware-yhtiö. Sen perustivat Diane Greene ja hänen miehensä tohtori Mendel Rosenblum, kaksi opiskelijaa Stanfordin yliopistosta sekä tohtori Mendel Rosenblumin kollega Berkleyn yliopistosta. Samana vuonna yrityksen perustajat hakivat patenttia uusille virtualisointitekniikoille, jotka pohjautuivat Stanfordin yliopistossa tehtyihin tutkimuksiin. Patentti myönnettiin yritykselle vuonna 2002. (Marshall: 2006, 8 - 11.)

Vuonna 1999 VMware-yhtiö julkaisi VMware-virtuaalialustan kaupallisille markkinoille. Tätä pidetään ensimmäisenä kaupallisena x86-prosessorille virtualisoituna alustana, josta tuli myöhemmin VMware Workstation -niminen tuote. Vuoden 2000 lopulla VMware-yhtiö julkaisi ensimmäisen palvelimille tehdyn virtualisointialustan. VMware GSX Server 1.0 on normaaliin työasemakäyttöön tarkoitettu, joka asennetaan Linux- tai Windows - käyttöjärjestelmän päälle. Seuraavana vuonna VMware-yhtiö julkaisi toisen virtuaalisen serverialustan, VMware ESX Server 1.0, jonka erona VMwaren GSX -serveriin on, että

ESX Server asennetaan suoraan fyysisen raudan päälle ja se pyrkii tuottamaan vakaamman ja suorituskyvyllään tehokkaan ympäristön. Vuodesta 2002 lähtien VMware-yhtiö on julkaissut uusia versioita molemmista palvelinpuolen virtualisointialustoista. (Marshall: 2006, 8 - 11.)

1.2 Tutkimusongelma ja ratkaisutavat

Tutkimuksen keskeinen ongelma oli, kuinka levyjärjestelmä ja tallennustila saataisiin toimimaan. Vaihtoehtojen kartoittamisen jälkeen päädyttiin ulkoiseen levyjärjestelmään, jonne tiedot ja virtuaalipalvelimet tallennetaan. Ratkaisulla saavutetaan monipuolisuutta järjestelmään ja sitä voidaan myös laajentaa tulevaisuudessa. Ulkoiseen levyjärjestelmään on helppo lisätä tallennustilaa, mikäli sitä myöhemmin tarvitaan enemmän. Ulkoisen levyjärjestelmän yhteydet kulkevat kuitua pitkin, mikä on ainoa vaihtoehto, jotta saavutetaan haluttu nopeus tiedon tallennukseen. Yhteydet kahdennetaan, jotta levyjärjestelmään saadaan vikasietoisuutta. Fyysisiin palvelimiin asennetaan kuitukortti, jolla saadaan kaksi kuituporttia. Levyjärjestelmän neljään yhteysporttiin asennetaan kuitumuuntimet, jotta voidaan vastaanottaa kuituyhteys fyysisiltä palvelimilta.

Verkkopuolen suurimmaksi ongelmaksi muodostui usean VLANin kulkeminen samasta kuparikytkimen portista. VMwaren-puolella jokainen virtuaalipalvelin haluttiin omaan VLANin. Ratkaisuna ongelmaan päätettiin käyttää kuparikytkimissä tagged-tekniikkaa. Kuparikytkimen portit määritetään tagged-tilaan, jolloin on mahdollista ohjata useampi VLAN samasta kuparikytkimen portista.

1.3 Työn rakenne

Tutkimus alkaa johdannolla aiheeseen, jossa kerrotaan yleistä teoriaa virtualisoinnista. Tutkimuksen alussa käydään läpi virtualisoinnin historiaa ja sitä, kuinka virtualisointi on kehittynyt. Alussa kerrotaan myös eri tekniikoista, joiden myötä virtualisointi on kehittynyt. Tutkimus jatkuu teoriaosuudella, jossa kerrotaan eri tekniikoista. Teoriaosuuden jälkeen siirrytään järjestelmän esittelyyn. Tässä kohdassa käydään läpi projektin laitteisto ja kerrotaan niiden ominaisuuksista. Tutkimuksen loppupuolella käydään läpi projektin toteutus; kuinka projekti eteni, laitteiston asennukset ja konfigurointi. Tutkimuksen lopussa on vielä tutkimustulokset. Käydään läpi järjestelmän nopeuksia ja yleistä toimintaa. Lopuksi on vielä pohdintaa ja yhteenveto.

2. PALVELINTEN VIRTUALISOINTI

2.1 VMware vSphere 4.0

VSpheren ydin on hypervisor, joka toimii virtualisointikerroksena. Virtualisointikerroksen valintaan on kaksi eri vaihtoehtoa, ESX tai ESXi. Molempien taustalla on kuitenkin sama virtualisointiydin. Virtualisointikerroksia on kahta eri tyyppiä; Ensimmäinen toimii pelkän raudan päällä. Toinen tarvitsee käyttöjärjestelmän, jonka myötä saadaan tuki laitteille ja muistin hallinnalle. VMwaren ESX ja ESXi ovat molemmat ensimmäisen tyyppin virtualisointikerroksia. Muita ensimmäisen tyyppin virtualisointikerroksia ovat Microsoftin Hyper-V ja vapaaseen lähdekoodiin perustuva Citrix XenServer sekä Oraclen VM. (Lowe 2009: 26 – 27.)

VMware ESX muodostuu kahdesta pääkomponentista, Service Consolesta ja VMkernelistä. Komponentit kommunikoivat keskenään ja pyrkivät tarjoamaan vahvan ja dynaamisen virtualisointiympäristön. Service Console toimii käyttöjärjestelmän tavoin, ja sitä käytetään VMware ESX:n ja virtuaalikoneiden hallintaan. Service Consolen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat palomuuuri, SNMP ja Web Server. VMkerneliin saadaan yhteys Service Consolen kautta. VMkernel hallinnoi virtuaalikoneiden pääsyä fyysiseen laitteistoon, prosessorien käyttöä, muistin hallintaa ja virtuaalikytkinten dataliikennettä. (Lowe 2009: 26 – 27.)

VMware ESXi toimii ja asennetaan ilman Service Consolea. Sillä on samat ominaisuudet kuin ESX-virtualisointikerroksella. ESX-virtualisointikerrokseen verrattaessa on ESXi kevyempi kuin ESX, sillä se ei ole Service Consolesta riippuvainen. Molemmilla virtualisointikerroksilla on kuitenkin samat ominaisuudet. Molemmat tukevat ydintä kohden korkeintaan 256:ta virtuaaliprosessoria, 64:ää ydintä, 64:ää loogista prosessoria, 20:tä virtuaaliprosessoria sekä 512 GB RAM -muistia jokaista hostia kohti. (Lowe 2009: 26 – 27.)

2.1 VMware vCenter

VMware vCenterin tarkoituksena on keskittää ESX/ESXi-hostien ja niiden virtuaalikoneiden hallinta. VCenter Server on Windows-pohjainen, tietokantapainoitteinen ohjelmisto, joka mahdollistaa asennuksen, hallinnan ja monitoroinnin. VCenter pyrkii tarjoamaan automatisoidun ja turvallisen virtuaaliympäristön. Tietokantana käytetään Microsoft SQL Serveriä tai Oraclea. Tietokantaan tallennetaan hostien ja virtuaalikoneiden data. Tuki Linuxille on olemassa, joten Windows-pohjaisen palvelimen käyttäminen ei ole välttämätön-

tä. VCenterin ominaisuuksien avulla saadaan virtuaalikoneista otettua template eli olemassa olevasta virtuaalikoneesta tehdään samanlainen kopio ja näin voidaan luoda useita samanlaisia virtuaalikoneita. Virtuaalikoneita voidaan muokata, niille voidaan antaa lisää levytilaa, lisätä verkkokortteja ym. Virtuaalikoneet ja niiden resurssit saadaan nopeasti käyttöön. VMotionin avulla voidaan virtuaalikoneita siirtää fyysiseltä hostilta toiselle. VMware High Availability tuo virtuaalikoneille turvaa vikatilanteiden varalle. Se käynnistää vikatilassa olevat tai sammuneet virtuaalikoneet uudelleen. (Lowe 2009: 28 – 29.)

2.2.2 VMware vCenter Update Manager

VMware vCenter Update Manager on liitännäinen, joka mahdollistaa ESX/ESXi-hostien päivittämisen. Sen avulla voidaan myös päivittää hostien virtuaalikoneet. Sen pääominaisuuksia ovat virtuaalikoneiden skannaus, jonka avulla tunnistetaan järjestelmiä, jotka eivät ole yhteensopivia uusimpien päivitysten kanssa, käyttäjän määrittelemät säännöt vanhentuneiden järjestelmien löytämiseen sekä automatisoitu päivitysten asennus ESX/ESXi hosteille. Se tarjoaa tuen Windows- ja Linux - käyttöjärjestelmien päivittämiseen sekä tuen virtuaalikoneiden ohjelmistojen päivittämiseen. (Lowe 2009: 28 – 29.)

2.2.3 VMware vSphere Client

VMware vSphere Client on Windows-pohjainen ohjelmisto, joka mahdollistaa ESX/ESXi - hostien hallinnoinnin. Clientin avulla voidaan ottaa suoraan yhteys ESX/ESXi-hosteihin tai vCenteriin ja hallita hosteja sen kautta. VSphere Client asennetaan selaimen kautta. Asennus on mahdollista, kun ESX/ESXi-hosti on käynnistynyt fyysisellä palvelimella. Asennus alkaa menemällä selaimella osoitteeseen ja valitsemalla sieltä asennuslinkin. IP-osoitteena toimii fyysisille palvelimille annettu IP-osoite. VSphere Client on graafinen käyttöliittymä (GUI). Yhteyden ottaminen suoraan ESX/ESXi-hosteihin vaatii, että käytetään User Accountia, joka määritellään hostin asennusvaiheessa. Mikäli Client-ohjelmalla otetaan yhteys vCenteriin, käytetään Windows-tiliin kirjautumista. Melkein kaikki hallinnointiominaisuudet ovat käytettävissä suoraan hosteilla, ongelmana on, että voidaan hallinnoida vain yhtä hostia kerrallaan, kun taas vCenterin avulla voidaan hallita kaikkia hosteja yhtä aikaa. On paljon tehokkaampaa ja säästää myös ylläpitoon menevää aikaa, kun yhteyttä ja muutoksia ei tarvitse muuttaa jokaiselle hostille erikseen. (Lowe 2009: 30)

2.2.4 VMware vMotion ja StorageMotion

vMotionista käytetään myös nimitystä Live Migration, joka mahdollistaa käynnissä olevan virtuaalikoneen siirtämisen fyysiseltä palvelimelta toiselle. Fyysisiä palvelimia ei tarvitse sammuttaa siirron ajaksi. Siirto tapahtuu ilman virtakatkoksia ja verkkoyhteyksien katkeamista. vMotionin avulla palvelinten päivitykset ja virtojen sammuttaminen eivät katkaise virtuaalikoneiden käyttöä, vaan ne voidaan toimenpiteiden ajaksi siirtää toiselle fyysiselle palvelimelle. vMotion on helppo asentaa ESX/ESXi-hosteille ja vCenteriin. vMotionia varten luodaan VMkernel, jota pitkin vMotion siirtää sisäisesti virtuaalikoneen palvelimelta toiselle. vMotion ei tarvitse VLANia toimiakseen, ja se toimii sisäisesti, joten sitä ei tarvitse omaa IP-osoitetta yrityksen verkosta. vMotionin avulla voidaan myös vähentää järjestelmän kuormitusta ja parantaa toimivuutta. (Lowe 2009: 30–31.)

StorageMotion perustuu vMotionin-tekniikkaan. Se mahdollistaa virtualikoneen tallennustilan siirtämisen virtualikoneen ollessa päällä. StorageMotionia käytetään kuitupohjaisten tai SAN-tallennusratkaisujen kanssa. Se mahdollistaa myös uusien SAN-tallennustilojen ottamisen suoraan käyttöön. Tallennustilan siirron aikana virtuaalikonetta ei tarvitse sammuttaa. (Lowe 2009: 30–31.)

2.2 Tiedon tallennuksesta ja levyjärjestelmästä

Raidaus on yleisesti levyjärjestelmissä käytetty tekniikka, joka parantaa tietokoneissa ja levyjärjestelmissä nopeutta sekä vikasietoisuutta. Useammasta kovalevystä tehdään yhteinen osio, joka näkyy yhtenä loogisena levynä. RAID-array paloitellaan halutun kokoisiksi levyosioiksi, joita voidaan käyttää tallennukseen tai esimerkiksi virtuaalikoneiden luomiseen. Tekniikka on myös yleisesti käytössä palvelimissa, esimerkkinä SAN-bootti, jossa palvelin boottaa erillisestä levyjärjestelmästä. Karkeasti jaoteltuna fyysisten kiintolevyjen raidausta on olemassa kahdentyyppistä. Data jaotellaan usean kiintolevyn kesken, jolloin tiedonsiirtonopeus paranee. Tekniikkaa kutsutaan yleisesti hajautetuksi tiedontallennukseksi. (Vadala 2003: 1 – 25.)

Teoriassa nopeuden pitäisi kaksinkertaistua, mutta käytännössä näin ei kuitenkaan ole, sillä RAID-ohjain joutuu laskemaan tietoa, joka vie hieman aikaa. Data on myös mahdollista jakaa kahden levyn kesken, jolloin vikasietoisuus paranee. Mikäli fyysinen kiintolevy hajoaa, voidaan tiedot pelastaa toiselta kiintolevyiltä. Tekniikasta käytetään nimeä peilaus.

Mielestäni kotikäyttöön soveltuisi hyvin esimerkiksi RAID0-tekniikka. Se nopeuttaa tiedonsiirtoa, ja levytilaa ei tarvita varmistusta varten. Mikäli vikasietoisuutta tarvitaan, tärkeitä tiedostoja varten RAID1 sopii hyvin. RAID10 sopii hyvin esimerkiksi vaativampaan käyttöön ja esimerkiksi yrityskäyttöön sen tarjoaman nopeuden ja vikasietoisuuden vuoksi, mutta mikäli useampi kiintolevy on käytössä kotikoneessa, voi RAID10 tulla myös tässä tapauksessa kysymykseen. Kotikäytössä on kuitenkin harvoin monta kiintolevyä käytössä, jolloin RAID10 - tekniikka ei välttämättä ole ensisijainen valinta. (Vadala 2003: 1 – 25.)

RAID 0

Raid0 tekniikassa tieto hajautetaan kaikille kovalevyille tasaisesti. Yksi tiedosto sijaitsee monella eri kiintolevyllä. Se nopeuttaa tiedonkulkua, koska tiedot on jaettu tasaisesti kiintolevyjen kesken. Kaikkia kiintolevyjä voidaan käyttää datan kulkuun. Vikasietoisuutta ei ole ollenkaan, joten mikäli yksikin kiintolevy tuhoutuu, menetetään kaikki data, koska se on jaettu kaikkien fyysisten levyjen kesken. Tekniikka vaatii vähintään kaksi fyysistä kiintolevyä. (Vadala 2003: 1 – 25.)

RAID 1

Raid1 tekniikassa tieto peilataan. Tieto tallennetaan kahdelle tai useammalle eri kiintolevyille. Jokaisella kovalevyllä on ensisijaisesti tallennettu tieto, joka myös peilautuu seuraavalle levyille, minkä avulla vikasietoisuutta saadaan parannettua. Ensisijaisen levyn tuhouttua on tietoa pelastettavissa toiselta kiintolevyiltä, jonne data on tallennettu. Tallennustila puolittuu, koska tieto on tallennettu kahdelle eri fyysiselle kiintolevyille. Tekniikka vaatii vähintään kaksi fyysistä kiintolevyä. (Vadala 2003: 1 – 25.)

RAID 2

Raid2 tekniikassa tieto hajautetaan. Virheenkorjauskoodi lasketaan jokaisen fyysisen kiintolevyn vastinbitin yli ja tallennetaan pariteettibitti levyille. Mikäli käytössä on esimerkiksi neljä fyysistä kiintolevyä, tarvitaan toisteisia levyjä kolme kappaletta. Kun luetaan tietoa, kaikkia levyjä käytetään, data ja mahdollinen korjausdata siirtyvät taulukkokontrollerille. Yhden bittivirheen tapauksessa virhe korjataan saman tien, ilman että lukunopeus hidastuu. RAID 2 on hyvä valinta, mikäli lukuvirheitä tapahtuu usein. (Vadala 2003: 1 – 25.)

RAID 1+0

Raid 1+0 tekniikassa käytetään tiedon hajautusta ja peilausta. Tekniikka on yleisesti käytössä. Mahdollistaa vikasietoisuuden ja kasvattaa nopeutta. Särkyneen levyn data saadaan

takaisin, mikäli peilattu levy on ehjänä, käytännössä joka toisella levyllä on tiedot pelastettavissa. (Vadala 2003: 1 – 25.)

RAID 3

Raid3 tekniikassa tietoja tallennetaan lohkoissa jokaiselle fyysiselle kiintolevyille vuorotellen. Yksi fyysinen kiintolevy varataan pariteettibitin tallennusta varten. Tiedot voidaan palauttaa miltä tahansa fyysiseltä kiintolevyllä. Tekniikka vaatii vähintään kolme fyysistä kiintolevyä, joista yhtä käytetään pariteettibitin tallennusta varten. (Vadala 2003: 1 – 25.)

RAID 4

Raid4 tekniikka toimii RAID3 - tason pohjalta. Lohkokokoja kasvatetaan ja näin parannetaan suorituskykyä. Käytössä on yksi fyysinen kiintolevy, jota käytetään pariteettibitin tallennusta varten. Vaatii vähintään kolme fyysistä kiintolevyä toimiakseen, ajureiden saataavuus voi aiheuttaa ongelmia. (Vadala 2003: 1 – 25.)

RAID 5

Raid5 tekniikassa käytetään pariteettibittejä eri kiintolevyillä. Kiintolevyn hajotessa on mahdollista palauttaa data hajautetuista pariteettibiteistä, jotka sijaitsevat eri kiintolevyillä, data palautetaan uudelle kiintolevyille, joka liitetään vanhan kiintolevyn tilalle. Tarvitsee vähintään kolme kiintolevyä toimiakseen. On mahdollista myös käyttää tekniikkaa ilman ylimääräistä kiintolevyä, mutta silloin menetetään vikasietoisuus. (Vadala 2003: 1 – 25.)

RAID 6

Raid6 tekniikassa sama idea kuin RAID5 - tasossa. Raidissa on kaksi erillistä pariteettilevyä käytössä. Vaatii vähintään neljä kiintolevyä toimiakseen, pariteettidatan tallentamisen vuoksi tallennuskapasiteetista menetetään kahden kiintolevyn verran. Tietojen palauttaminen onnistuu, vaikka kaksi erillistä tuhoutuu. (Vadala 2003: 1 – 25.)

3. LAITTEISTO

3.1 IBM BladeCenter H

IBM BladeCenter H on bladekehikko, johon itse bladepalvelimet ja I/O-moduulit liitetään. BladeCenteriä kutsutaan yleisesti bladekehikoksi ja aion käyttää tätä nimitystä opinnäytetyössäni. Sitä käytetään järjestelmän virtualisoinnissa ja se toimii keskusyksikkönä. BladeCenterissä on 14 paikkaa bladepalvelimille. Bladekehikkoa hallitaan Management Moduulien kautta. Management Moduulipaikkoja on kaksi, joista toinen on ensisijainen hallintamoduuli ja toinen toimii valmiustilassa. Fyysisenä kytkentänä toimii Ethernet-portti, johon etähallinta yhdistetään RJ-45-kaapelilla. Bladekehikossa on kymmenen paikkaa I/O-moduuleille. I/O-moduuleilla tarkoitetaan kytkimiä ja reitittäjiä. Kytkimet voivat olla kupari – tai kuitukytkimiä. Kytkimille ja reitittäjille on jaoteltu omat paikat bladekehikossa. Kuparikytkimet käyvät paikkoihin 1 - 2 sekä 5 - 10, kuitukytkimille on varattu paikat 3 - 4. Bladekehikossa on neljä paikkaa virtalähteille. Virransyötön takaamiseksi vähintään kaksi virtalähdettä täytyy olla paikoillaan. Vikasietoisuuden vuoksi suositellaan neljää virtalähdettä, mikäli bladepalvelimia on enemmän kuin kolme. Jokaisessa virtalähteessä on kolme sisäistä tuuletinta, jotka huolehtivat jäähdytyksestä. Bladekehikossa on myös itsessään neljä sisäistä tuuletinta. BladeCenteriä hallitaan selaimen kautta. Ensimmäinen yhteys otetaan oletus-IP-osoitteen kautta, fyysinen yhteys tulee Management Moduulin kautta ja sille on annettu oletus IP-osoite.

Kirjoittamalla selaimen oletus-IP-osoite 192.168.70.125, päästään käsiksi bladekehikkoon. Selaimen kautta hallitaan niin bladekehikkoa, kuin myös kaikkea, jota se pitää sisällään. Bladepalvelimet, kytkimet, reitittimet sekä Management Moduulit saadaan hallittua yhden hallintaikkunan kautta. Bladepalvelimet asennetaan bladekehikon etuosaan kuten myös virtalähteet; Management Moduuleille ja I/O-moduuleille ovat paikat takana. Ennen bladepalvelinten asentamista joudutaan asentamaan lisäkortit palvelinten sisälle, mikäli käytössä on kuitukytkimiä käyttäen toteutettu SAN-bootti. Mikäli kuparipuolelle tarvitaan lisää portteja, on mahdollista asentaa neljän Ethernet-paikan mahdollistava Ethernet-kortti. Kuitukortilla saa kaksi kuituporttia bladepalvelimelle. Bladepalvelinten sisään voidaan asentaa myös kiintolevyt, jolloin datan tallennus tapahtuu bladepalvelimelle paikallisesti. Mahdollisten lisäasennuksien jälkeen voidaan bladepalvelimet laittaa kiinni bladeke-

hikkoon. Bladekehikon I/O-paikoilla on tuki Hot Spare -ominaisuudelle. Tarkoittaa sitä, että mikäli kytkimen tai reitittimen paikkaa on tarvetta vaihtaa tai se hajoaa, voidaan tämä tehdä ilman, että virtoja tarvitsee katkaista bladekehikosta. Kytkimet ja reitittimet, jotka tukevat tätä ominaisuutta on merkattu oranssilla värimerkillä, joka yleensä sijaitsee lukitusmekanismin kahvassa. (Mani & Jee 2007: 116 - 118.)

3.2 HS 22 Bladet

Projektissa käytettiin neljää fyysistä bladepalvelinta. Palvelimissa on kaksi Intelin 2.26 GHz tuplaydin prosessoria, 8 MB cache, ja 48 GB DDR-keskusmuistia. Muistipaikkoja on yhteensä 12, joista neljä jää vapaaksi. Verkkoyhteyksiä varten on neljä kappaletta Ethernet-liitäntöjä, projektissa asennettiin myös Ethernet-lisäkortti, jolla saatiin neljä Ethernet-porttia lisää, sekä kuitukortti, jolla saatiin kaksi kuituporttia ulkoista levyjärjestelmää varten. Bladepalvelimiin voitiin ottaa myös etäyhteys.

3.3 Hallintamoduulit

Hallintamoduulien kautta hallitaan bladekehikkoa, siinä kiinni olevia kytkimiä ja bladepalvelimia. Projektissa oli käytössä kaksi kappaletta, yksi ensisijaisessa käytössä ja toinen valmiustilassa vikatilanteiden varalta. Hallintamoduulissa oli etähallintaa varten Ethernet-portti ja paikallista hallintaa varten sarjaporttipaikka.

3.5 IBM DS3400 -levyjärjestelmä

IBM DS3400 on levykehikko, johon levyjärjestelmään kuuluvat kiintolevyt asennetaan fyysisesti. Levykehikossa on 12 paikkaa kiintolevyille. Levykehikkoa ja sen levyjä hallitaan fyysisesti Ethernet-yhteyden kautta. Levykehikon takana on kaksi hallintapaikkaa, jotka ovat Ethernet-yhteyksiä. Levykehikossa on kaksi ohjainta ja niistä käytetään lyhennettä a ja b. Yleisin käyttötarkoitus kahdelle etäohjaimelle on se, että mikäli toinen etäyhteys katkeaa, voidaan levyjärjestelmää hallita toisen ohjaimen kautta. Toinen asia on se, että mikäli virtuaalijärjestelmän tallennus on tehty Boot from SAN -tekniikalla eli bootataan palvelimet levyjärjestelmästä, on järjestelmä toimintakyvytön yhteyden katketessa. Yleensä molempiin ohjaimiin asennetaan fyysisesti kuitumuuntimet, jotta saadaan levyjärjestelmän ja palvelinten välille toimiva kuituyhteys. Tämä kasvattaa järjestelmän nopeutta huomattavasti ja on oikeastaan välttämätön toimenpide, mikäli virtuaalijärjestelmä käyttää levyjärjestelmää tallennukseen ja datan liikkumiseen.

Ohjaimet toimivat kuituyhteyden ollessa käytössä nopeudella 4 Gbps. joka on riittävä nopeus kriittiseen tiedonsiirtoon ja tallennukseen palvelinten ja levyjärjestelmän välillä. Kuituyhteys on virtuaalijärjestelmän tapauksessa hoidettu niin, että bladepalvelinten sisään on asennettu kuitukortit, joissa on kaksi porttia, yksi molemmille levyjärjestelmän ohjaimille. Levykehikko tukee 3.5” SATA- sekä SAS-kiintolevyjä. Levytila on kasvatettavissa maksimissaan 48 TB jolloin käytössä on 1 TB SATA-kiintolevyjä. Levykehikossa on Hot Spare -ominaisuus, jolloin kiintolevyjä on mahdollisuus lisätä tai poistaa lennosta virtojen ollessa päällä. Tämä on kätevä ominaisuus kiintolevyn rikkoutumisen varalta, jolloin uusi kiintolevy voidaan lisätä järjestelmään, myös levykapasiteettiin lisääminen onnistuu tämän tekniikan avulla, levyjärjestelmän hallintasoftware tukee myös tätä ominaisuutta, jolloin esimerkiksi valmiiseen RAID-arrayhin voidaan saada lisätilaa lennosta.

Levyjärjestelmän hallintasoftware on IBM Storage Manager, josta uusin ilmestynyt versio on 10. Levyjärjestelmä saadaan etähallintaan, asentamalla Storage Manager sellaiselle koneelle, josta levyjärjestelmää hallitaan. Hallintaohjelmistossa täytyy määrittellä uusi levyjärjestelmä, tämä onnistuu joko manuaalisesti käsin tai antamalla hallintaohjelmiston etsiä uutta levyjärjestelmää automaattisesti. Yleensä helpointa on antaa levyjärjestelmän etsiä automaattisesti, sillä mikäli levyjärjestelmä ja hallintokone ovat samassa lähiverkossa, löytyy levyjärjestelmä vaivattomasti.

Kun uusi levyjärjestelmä on lisätty, voidaan aloittaa sen hallinnointi. Hallintaohjelmiston avulla voidaan tehdä RAID-arrayt ja jakaa pienemmiksi palasiksi erikokoisiin levyihin. Yleinen käytäntö on, että jokaiselle palvelimelle tehdään oma bootilevyosio sekä kaikilla palvelimille yhteiset levyosiot, jonne niiden data tallennetaan. Myös uudet virtuaalipalvelimet ja virtuaalikoneet luodaan näille yhteisille levyasemille. Virtuaalijärjestelmissä näitä levyasemia käsitellään LUN-numeroina, joka voi olla väliltä 0 - 31. LUN 31 on ensisijaisesti varattu hallintaa varten eikä sitä suositella käytettävän muuhun tarkoitukseen. Hallintaohjelmiston avulla mapataan eli määritellään mitkä hostit käyttävät mitäkin levyasemaa ja mihin niillä on oikeudet. Hosteilla tarkoitetaan tässä palvelinten kuitukorttien portteja. Yleensä jokaisella bladepalvelimellä on kaksi kuitukorttia. Levyjärjestelmään on mahdollista tehdä hot spare - kiintolevy. Tarkoittaen sitä, että yksi fyysinen kiintolevy voidaan asettaa varalle, siltä varalta, että joku levyjärjestelmän fyysisistä kiintolevyistä sattuu rikkoutumaan ja näin varalla ollut kiintolevy voidaan ottaa lennosta käyttöön, ilman pitkää huoltokatkoa. Hot spare -levy voidaan määrittellä hallintaohjelmiston kautta.

3.6. Kuparikytkimet

Kuparikytkimet ovat BNT Networksin Gigabit Ethernet -kytkimiä. Kytkimissä on kuusi porttia ulkoisia kytkentöjä varten ja 16-porttia sisäisiä kytkentöjä varten. Kytkimet tukivat Layer-2- sekä Layer-3-kytkentöjä. Kuparikytkimiä on yhteensä neljä kappaletta ja ne sijaitsevat bladekehikon takana paikoissa yksi, kaksi, seitsemän ja kahdeksan.

3.7 Kuitukytkimet

Kuitukytkimet ovat Brocaden 20-porttisia 4 GB Fibre-Channel -kytkimiä. Kuitukytkimissä on 14 porttia sisäisiä kytkentöjä varten ja 6 porttia ulkoisille liitännöille. Ulkoisia kytkentöjä käytettiin projektissa ulkoisen levyjärjestelmän kytkentää varten. Kuitukytkimet sijaitsevat bladekehikon takana paikoissa kolme ja neljä. Kuitukytkimiin asennetaan myös neljä 4 Gbps-kuitumuunninta, jotta portit saadaan tukemaan kuituyhteyttä.

4. PROJEKTIN ASENNUKSET JA KONFIGUROINTI

4.1 Bladekehikko

Projekti alkoi bladekehikon fyysisellä asennuksella. Bladekehikko toimii bladepalvelinten, hallintamoduulien ja kytkimien keskuksena. Bladekehikko asennettiin palvelinhuoneen räkkiin, johon sille oli varattu paikka.. Bladekehikkoon oli valmiiksi asennettu kaksi virtalähdettä. Projektissa käytettiin kuitenkin yhteensä neljää virtalähdettä vikasietoisuuden vuoksi, joten seuraavaksi asennettiin loput virtalähteet paikoilleen. Tässä vaiheessa bladekehikossa käytettiin virrat päällä, ja testattiin virtalähteiden toimivuus. Bladekehikko käynnistyi, joten asennuksia jatkettiin.

Bladekehikon etupuolelle asennettiin fyysiset bladepalvelimet. Bladekehikossa on yhteensä 16 paikkaa fyysisille palvelimille. Bladepalvelimet asennettiin paikkoihin 1 – 4. Asennus oli helppoa, sillä bladepalvelimet tarvitsi vain työntää paikoilleen. Bladekehikon takaosaan asennettiin kytkimet ja hallintamoduulit, jotka menivät työntämällä paikoilleen. Bladekehikon hallintaa varten tarvittiin yhteys hallintamoduuliin. Aluksi yhteys hoidettiin paikallisesti sarjaportin kautta palvelinhuoneen koneelta. Jotta yhteys saatiin toimimaan, tuli hallintakoneen ja hallintamoduulin olla samassa aliverkossa. Hallintayhteys saatiin muodostettua ja muutettiin hallintamoduulien IP-osoitteet kaupungin sisäiseen verkkoon.

Yhteystyyppiä vaihdettiin ja otettiin bladekehikko etähallintaan Ethernet-yhteyttä pitkin. Palvelinhuoneen rimasta vedettiin RJ-45 -kaapeli hallintamoduulien Ethernet-paikkoihin ja avattiin pääkytkimeltä yhteys molempiin hallintamoduuleihin. Bladekehikko oli valmis etähallintaa varten. Etähallinta oli mahdollista selaimen kautta tai telnet-yhteyttä käyttämällä (ks. kuva 2). Projektissa valittiin etähallinnan käyttöliittymää varten selain sen toimivuuden ja helppokäyttöisyyden vuoksi.

IBM BladeCenter. H Advanced Management Module

Welcome USERID About | Help | Logout

Bay 1: SN#YK138076P189

System Status Summary

System is operating normally. All monitored parameters are OK.

The following links can be used to view the status of different components.

[Blades](#)
[I/O Modules](#)
[Management Modules](#)
[Power Modules](#)
[Power Module Cooling Devices](#)
[Chassis Cooling Devices](#)
[Media Tray](#)

Blades

Click the icon in the Status column to view detailed information about each blade.

Bay	Status	Name	Pwr	Owner**		cKVM*	I/O Compatibility	WOL*	Local Control			BEM*
				KVM	MT*				Pwr	KVM	MT*	
1		SN#YK10509CP180	On	✓	✓		OK	On	✓	✓	✓	---
2		SN#YK10509CP184	On				OK	On	✓	✓	✓	---
3		SN#YK10509CR2F9	On				OK	On	✓	✓	✓	---
4		SN#YK12509BC209	On				OK	On	✓	✓	✓	---
5		No blade present										
6		No blade present										
7		No blade present										
8		No blade present										
9		No blade present										
10		No blade present										
11		No blade present										
12		No blade present										
13		No blade present										
14		No blade present										

* MT = Media Tray (CD/ USB) , WOL = Wake on LAN , BEM = Blade Expansion Module
 BSE1 (BSE2,BSE3) = Blade Storage Expansion 1st Generation (2nd Generation, 3rd Generation)
 PEU1 = PCI Expansion Unit 1st Generation PEU2 = PCI Expansion Unit II BPE3 = PCI Express Expansion Unit

Kuva 2. Bladekehikon hallinta selaimessa.

Bladekehikon hallintaohjelmistosta käytetään nimitystä BladeCenter. Sen avulla voidaan hallita kaikkia siihen liitettyjä komponentteja. Hallintaohjelmiston avulla voidaan tarkkaila järjestelmää ja nähdä tietoja eri komponenteista. Hallintaohjelmisto ilmoittaa, mikäli virheilmoituksia havaitaan esimerkiksi virheilmoituksen syynä olivat virransyöttöongel-

mat. Hallintaohjelmiston avulla fyysisiin bladepalvelimiin voidaan ottaa etäyhteys. Etäyhteyden avulla bladepalvelinten käyttöjärjestelmä voidaan tarvittaessa käynnistää uudelleen manuaalisesti, mikäli järjestelmä menee jumiin. Hallintaohjelmiston vasemmasta laidasta voidaan valita haluttu komponentti tai tekniikka, jota halutaan hallita tai konfiguroida.

Hallintaohjelmiston mukana tulee ohjelmisto nimeltään Open Fabric Manager -ohjelmisto. Sen avulla bladepalvelinten MAC-osoitteille voidaan ajaa virtuaalinen verkkomaski (ks. kuva 3). Open Fabric Managerin tarkoituksena on helpottaa tulevien fyysisten bladepalvelinten asennusta ja konfigurointia. Kun verkkomaski konfiguroidaan ja ajetaan oikein kaikkiin bladekehikon paikkoihin, ei muutoksia tarvitse tehdä, vaan uusia fyysisiä palvelimia voidaan lisätä ja ne toimivat suoraan järjestelmän kanssa.

The screenshot shows the IBM BladeCenter Advanced Management Module web interface. The main content area is titled "Specify Virtual Addresses" and includes a table for defining virtual addresses for different technologies across 8 chassis slots. Below this table is a "Hide Offset" table. The "Ethernet" section is partially visible at the bottom.

Address Type	Vendor	Automatically assign addresses	Port	Addresses Range	
				From	To
Ethernet	User Defined	<input type="checkbox"/>	WWNN A	00:00:00:00:00:00	00:00:00:00:00:00
			WWNN B	00:00:00:00:00:00	00:00:00:00:00:00
FC	QLogic	<input type="checkbox"/>	WWPN A	21:80:00:E0:88:00:00:00	21:80:00:E0:88:0F:FF:FF
		<input checked="" type="checkbox"/>	WWPN B	21:81:00:E0:88:20:00:00	21:81:00:E0:88:2F:FF:FF
SAS	IBM	<input checked="" type="checkbox"/>	WWPN	50:05:07:60:1A:80:00:02	50:05:07:60:1A:8F:FF:FF

Port	Ethernet	FC	SAS
1	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Ethernet
MAC Address Step: 1

Kuva 3. Virtuaalinen verkkomaski fyysisille bladepalvelimille.

4.2 Hallintamoduulit

Hallintamoduulien Firmware-versiot olivat vanhentuneita ja ne täytyi päivittää. Hallintamoduuleista vain toinen pystyi olemaan ensisijaisena kerrallaan (ks. kuva 4) ja toinen täytyi asettaa valmiustilaan. Tämä onnistui hallintamoduulin oman hallintaikkunan kautta. Valmiustilassa oleva hallintamoduuli siirtyi automaattisesti käyttöön, mikäli ensisijaiseen hallintamoduuliin ei saatu yhteyttä tai se lakkasi toimimasta

10.10.36.112 BladeCenter Advanced Management Module - Mozilla Firefox

Tiedosto Muokkaa Näytä Sivuhistoria Kirjanmerkit Työkalut Ohje

http://10.10.36.112/private/main.php

Useinmin avatut Aloitus sivu Uutisotsikot

10.10.36.112 BladeCenter Advanced ...

IBM BladeCenter® H Advanced Management Module

Welcome USERID About Help Logout

Bay 1: SN#YK138076P189

Monitors

- System Status
- Event Log
- LEDs
- Power Management
- Hardware VPD
- Firmware VPD
- Remote Chassis

Blade Tasks

- Power/Restart
- Remote Control
- Firmware Update
- Configuration
- Serial Over LAN
- Open Fabric Manager

I/O Module Tasks

- Admin/Power/Restart
- Configuration
- Firmware Update

MM Control

- General Settings
- Login Profiles
- Alerts
- Serial Port
- Port Assignments
- Network Interfaces
- Network Protocols
- Chassis Int Network
- Security
- File Management
- Firmware Update
- Configuration Mgmt
- Restart MM
- Licensed Features

Service Tools

- AMM Service Data
- Blade Service Data
- AMM Status
- Service Advisor

AMM Status ?

The following MMs are present in the chassis.

Property	MM Bay 1	MM Bay 2
Role	Primary	Standby
Name	SN#YK138076P189	AMM662723396
MAC Address	00:14:5E:DF:7A:30	00:21:5E:43:4F:B8
UUID	46C5 F973 228B 11DC 8292 0014 5EDF 7A30	6355 53AE 9B4D 11DE 8174 0021 5E43 4FB8
Serial No.	YK138076P189	YK12909940BT
Build ID	BPET50G	BPET50G

Use the following links to jump down to different sections on this page.

- [Standby MM Firmware Update Status](#)
- [MM Connectivity Status](#)
- [MM Built-in Self Test \(BIST\) Results](#)

Standby MM Firmware Update Status ?

Status No update in progress

MM Connectivity Status ?

Status:

Last update: 4/19/2010 10:58

Module	MM Bay 1 (Primary)	MM Bay 2 (Standby)
Blade 1	Communicating	n/a
Blade 2	Communicating	n/a
Blade 3	Communicating	n/a
Blade 4	Communicating	n/a
Blade 5	Not Installed	n/a
Blade 6	Not Installed	n/a
Blade 7	Not Installed	n/a
Blade 8	Not Installed	n/a
Blade 9	Not Installed	n/a

Valmis

Kuva 4. Hallintamoduulin näkymä selaimessa.

4.3 Bladepalvelimet

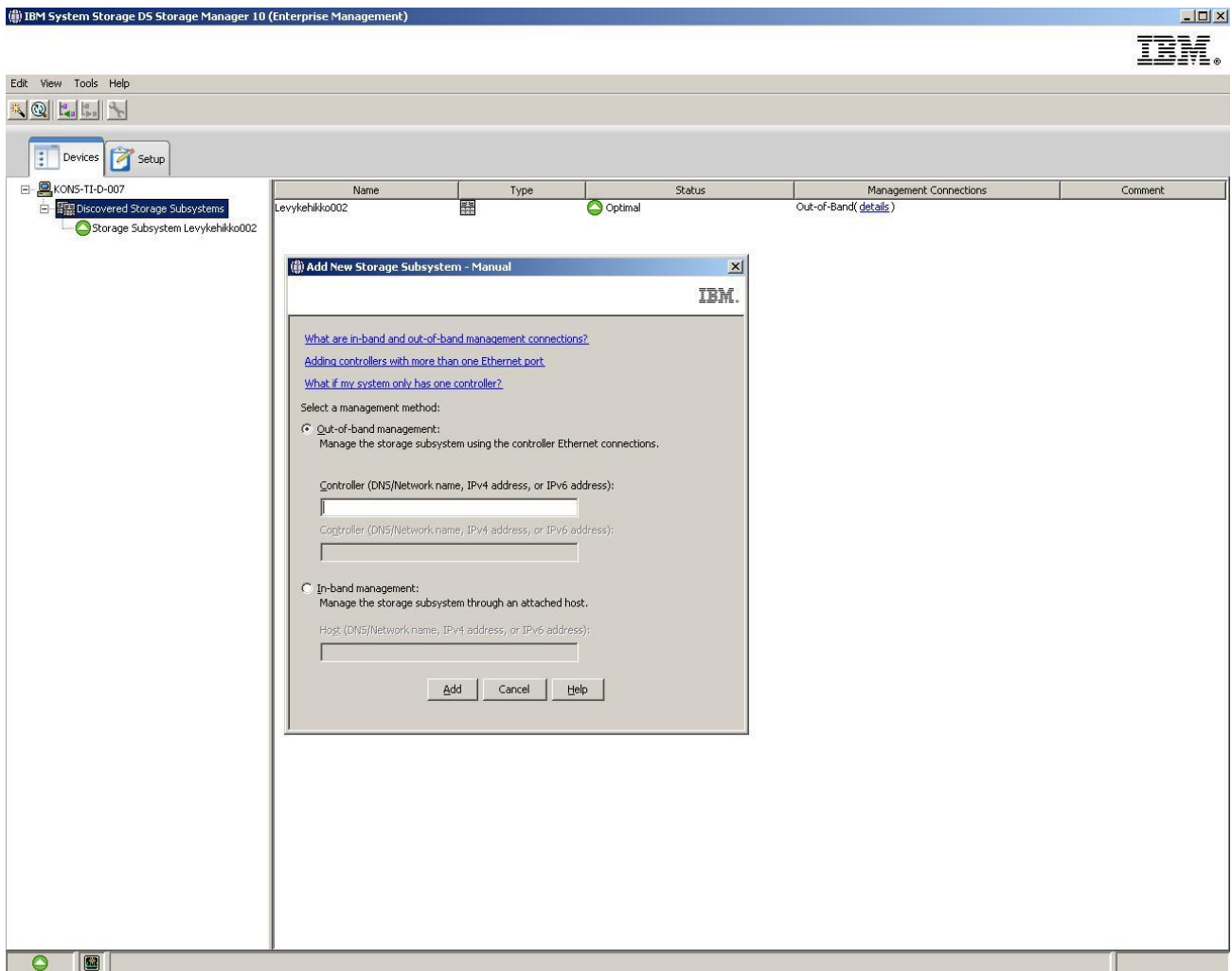
Ennen bladepalvelinten asentamista bladekehikkoon asennettiin kaksi lisäkorttia, tietoliikenne yhteyksiä varten. Kuparikortti, jonka avulla saatiin neljä lisäporttia sisäisiä yhteyksiä varten, sekä kuitukortti, jolla saatiin kaksi kuituporttipaikkaa. Kuparikortin paikkoja käytettiin VMwaren-virtuaalikoneita varten ja kuitukortin portteja ulkoiseen levyjärjestelmään liittymistä varten. Bladepalvelimet siirrettiin etähallinnan kautta kaupungin sisäiseen verkkoon antamalla neljälle bladepalvelimille kaupungin sisäverkosta IP-osoite ja määrittelemällä verkkomaski.

4.4 Levyjärjestelmä

Projektissa päädyttiin käyttämään ulkoista IBM DS3400 levyjärjestelmää. Käytössä oli yhdeksän 750 GB SATA-kiintolevyä, joista yksi konfiguroitiin Hot Spare -levyksi Hot Spare -levyä ei käytetä ensisijaisesti ollenkaan, vaan se toimii erillisenä varalevynä. Mikäli jokin kahdeksasta käytössä olevasta kiintolevystä hajoaa, on järjestelmä konfiguroitu niin, että varalla ollut Hot Spare -levy otetaan automaattisesti käyttöön rikkoutuneen levyn tilalle.

Levyjärjestelmä asennettiin palvelinräkkiin bladekehikon etupuolelle näin kuitua ei tarvitse vetää pitkiä matkoja, vaan yhteys saadaan helposti kaapeloitua bladepalvelinten ja ulkoisen levyjärjestelmän välille. Kiintolevyt asennettiin kiinni levykehikkoon, minkä jälkeen toimivuutta testattiin kytkemällä virrat levykehikkoon. Virransyöttö toimi hyvin, joten jatkoimme asennuksia. Levykehikon taakse, tietoliikenneportteihin, asennettiin neljä kappaletta 4 Gbps-kuitumuuntimia, jotka mahdollistivat kuituyhteyden bladekehikon päähän. Levyjärjestelmää hallinnoidaan etäyhteyttä käyttämällä. Käytössä on kaksi Ethernet-porttia vikasietoisuuden vuoksi. Palvelinhuoneen tietoverkkorimasta kaapeloidaan kaksi RJ-45-kaapelia Ethernet-portteihin ja keskuskytkimeltä avattiin tarvittavat portit.

Levyjärjestelmän hallintaohjelmisto täytyi asentaa, eikä sitä voinut käyttää selaimen kautta. Hallintaohjelmistona käytettiin IBM Total Storage Managerin versio 10. Hallintaohjelmisto asennettiin hallintakoneelle, minkä jälkeen levyjärjestelmä voitiin ottaa etähallintaan. Levyjärjestelmän lisäämiseen hallintaohjelmistoon oli kaksi vaihtoehtoa. Manuaalisesti IP-osoitteen perusteella tai verkosta automaattisesti, testasimme molempia vaihtoehtoja ja molempia tapoja käyttämällä levyjärjestelmä saatiin lisättyä (ks. kuva 5). Automaattisessa haun haittapuolena oli se, että hallintaohjelmisto lisäsi kaikki löydettyt levyjärjestelmät, myös olemassa olevat, joka saattaisi vaikeuttaa hallittavuutta.



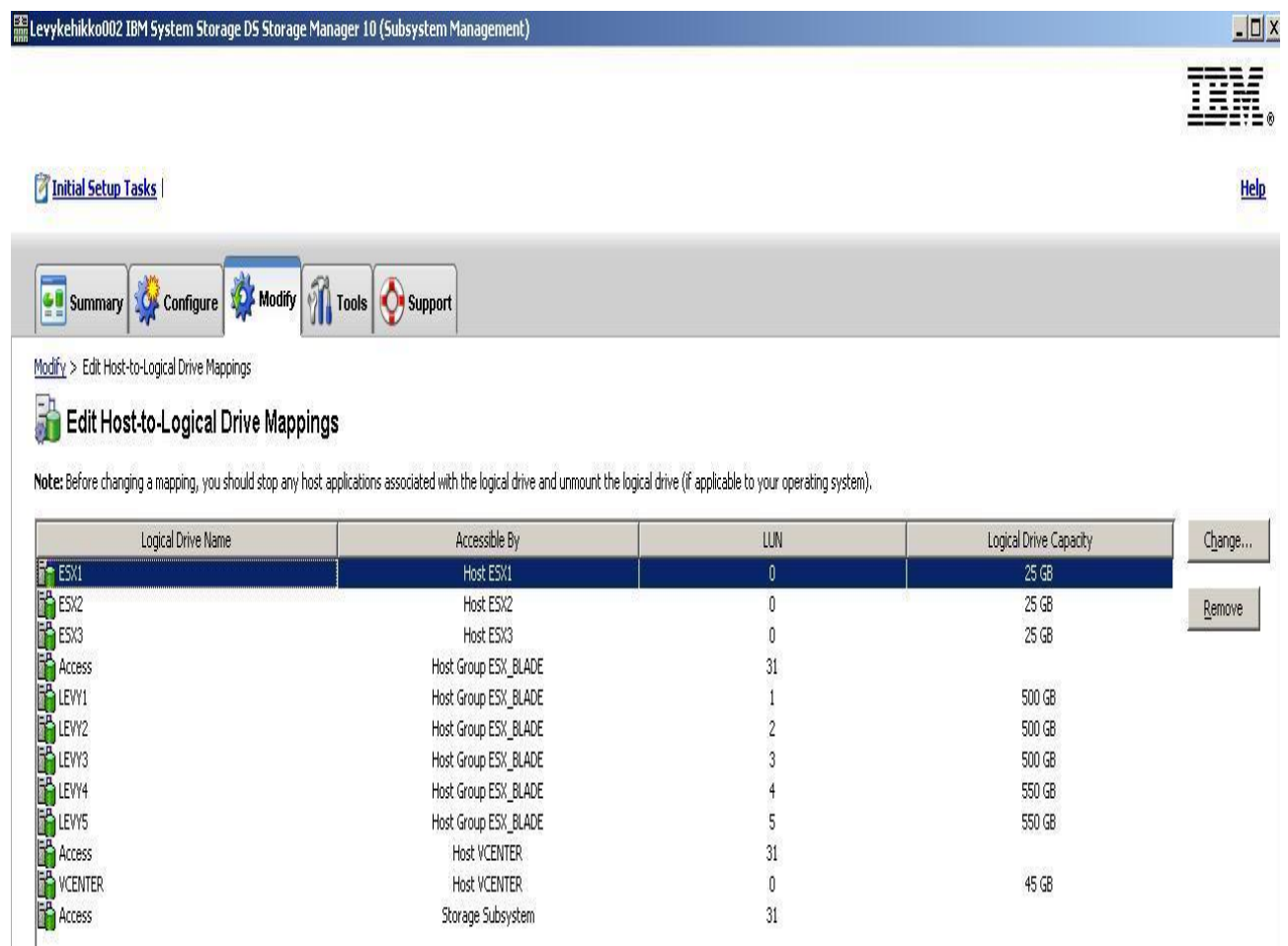
Kuva 5. Levyjärjestelmän lisääminen hallintaohjelmistoon.

Levyjärjestelmän kiintolevyistä konfiguroitiin RAID10-array. Array on yhdistetty levyosio, joka muodostuu kaikkien kiintolevyjen levytilasta. Näin saavutettiin, sekä vikasietoisuutta, että nopeutta. RAID10-arrayn suuruudeksi tuli noin 3 TB:n-levytila, joka osioitiin kolmeksi 25 GB:n osioksi, yhdeksi 45 GB: osioksi sekä viideksi 550 GB: osioksi. Tällä

osiointiratkaisulla saatiin riittävän kokoisia tallennusosioita virtuaalikoneille sekä VMware ESX -käyttöjärjestelmille ja vCenterille oma osio.

Bladepalvelinten kuitukorttien osoitteet lisättiin hallintaohjelmistoon ja niistä käytettiin levyjärjestelmän puolella nimitystä host. Kuitukortin osoitteista käytetään nimitystä HBA. Se on osoitteena samantapainen kuin verkkokortin MAC-osoite, mutta siinä on 16 heksadesimaalinumeroa. Ongelmana oli löytää nämä osoitteet, mutta lopulta ne löytyivät levyjärjestelmän logeista ja saatiin lisättyä add a host toimintoa käyttämällä.

Hosteista tehtiin yksi yhteinen Host Group sekä vCenterille ja ESX-käyttöjärjestelmille omat osiot. Hostit täytyy myös mapata eli osoittaa jollekin levyosiolle hyvänä konfiguraationa pidetään yleisesti sitä, että jokainen host saa oikeuden käyttää omaa levyosiota, josta ESX-käyttöjärjestelmä myös boottaa, sekä kaikki virtuaalikoneille tarkoitettuja tallennusosioita. Jokaiselle osiolle täytyy myös määrittellä LUN-numero, jolla fyysinen palvelin tunnistaa levyosion. Jokaiselle ESX-hostin ja vCenterin osiolle annetaan LUN-numero 0 sekä tallennusosioille LUN-numerot 1 – 5 (ks. kuva 6).



Levykehikko002 IBM System Storage D5 Storage Manager 10 (Subsystem Management)

Initial Setup Tasks Help

Summary Configure Modify Tools Support

Modify > Edit Host-to-Logical Drive Mappings

Edit Host-to-Logical Drive Mappings

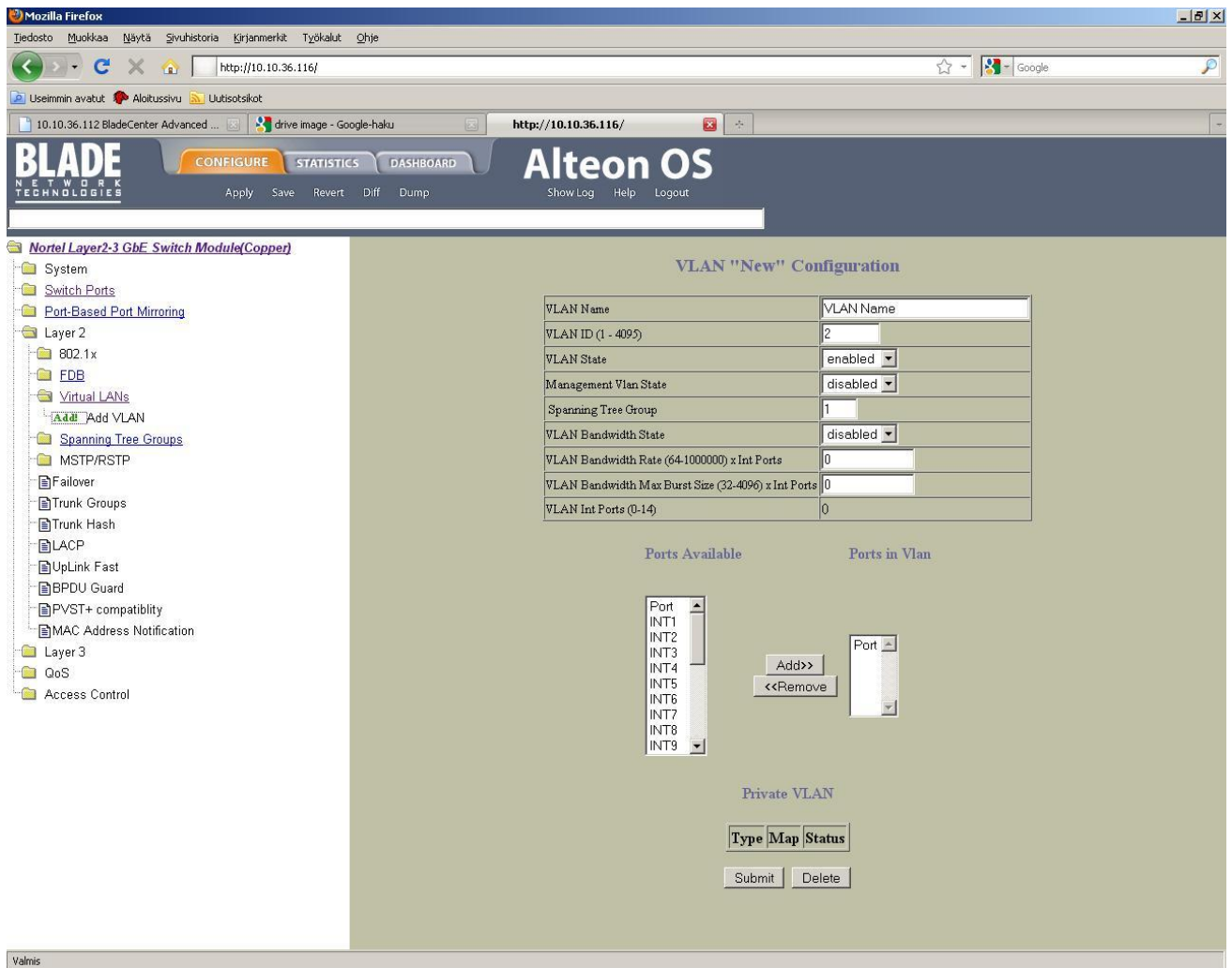
Note: Before changing a mapping, you should stop any host applications associated with the logical drive and unmount the logical drive (if applicable to your operating system).

Logical Drive Name	Accessible By	LUN	Logical Drive Capacity	
ESX1	Host ESX1	0	25 GB	Change...
ESX2	Host ESX2	0	25 GB	Remove
ESX3	Host ESX3	0	25 GB	
Access	Host Group ESX_BLADE	31		
LEVY1	Host Group ESX_BLADE	1	500 GB	
LEVY2	Host Group ESX_BLADE	2	500 GB	
LEVY3	Host Group ESX_BLADE	3	500 GB	
LEVY4	Host Group ESX_BLADE	4	550 GB	
LEVY5	Host Group ESX_BLADE	5	550 GB	
Access	Host VCENTER	31		
VCENTER	Host VCENTER	0	45 GB	
Access	Storage Subsystem	31		

Kuva 6. Levyjärjestelmän osiointi ja konfiguroinnit.

4.5 Kytkimet

Kuparikytkimet asennettiin bladekehikon takaosaan. Niitä hallinnoitiin joko selaimen kautta tai Telnet-yhteydellä. Selainyhteys valittiin sen käyttöliittymän ja selkeyden vuoksi. Kuparikytkimistä oli käytössä neljä sisäistä porttia (INT portit 1 - 4) sekä yksi ulkoinen (EXT 1). Ennen varsinaisia konfiguraatioita portit nostettiin ylös. Kuparikytkimiin konfiguroitiin testikäytössä kaksi VLANia, joista toinen oli hallinnon VLAN ja toinen terveystoimen. VLANien lisäys tapahtui selaimen kautta ja sieltä saatiin lisättyä suoraan VLANille kuuluvia portteja (ks. kuva 7). Suurimpana ongelmana kuparikytkimen konfiguroinnissa oli useamman VLANin kulkeminen samasta portista. Lopulta päädyttiin käyttämään Tagged-tekniikkaa, joka mahdollistaa usean VLANin kulun samasta portista. Tagged toimii kuten Trunking-tekniikka reitittimisissä. Ohjelmiston konfiguroinnit täytyi ottaa käyttöön painamalla apply-nappia, jolloin konfiguroinnit olivat voimassa sen aikaa, kunnes yhteys katkaistiin. Mikäli konfiguraatiot haluttiin säilyttää, ne tuli tallentaa.



Kuva 7. VLANin lisääminen kuparikytkimelle.

Kuitukytkimet asennettiin bladekehikon takaosaan. Kuitukytkimien kahteen ensimmäiseen porttiryhmään asennettiin kuitumuuntimet, jotta kuituyhteys saatiin toimimaan. Kuitukytkimiä hallinnoitiin joko selaimen kautta tai Telnet-yhteydellä. Myös kuitukytkinten hallintaan valittiin selain, sen käytettävyyden, käyttöliittymän ja selkeyden vuoksi. Kuitukytkimiin ei tehty muita konfiguraatioita, kuin porttien ylösnostaminen. Portit 0 - 5, sekä 15 nostettiin ylös (ks. kuva 8). Portit otettiin käyttöön valitsemalla halutut portit ja painamalla activate-nappia, port admin hallintaikkunassa.

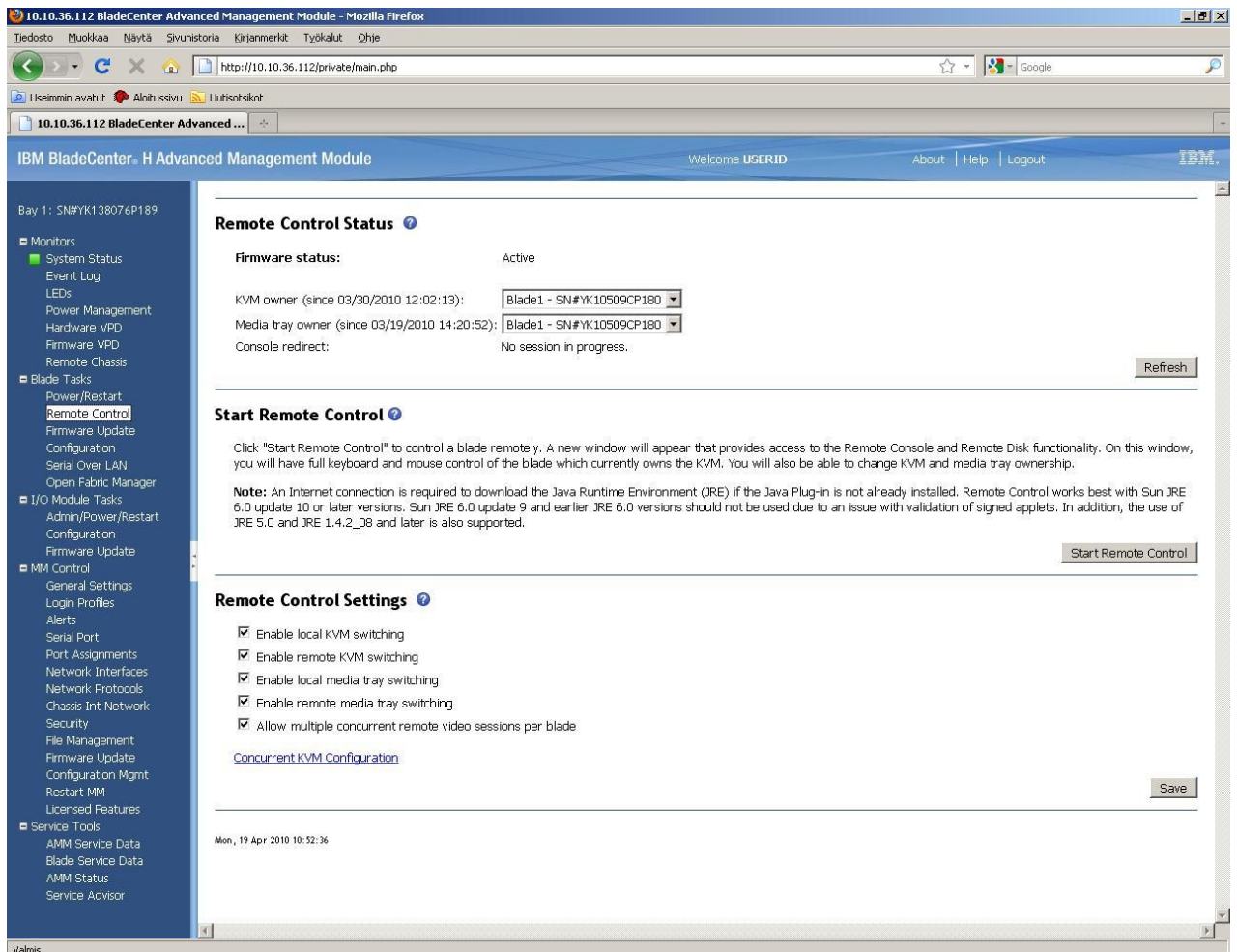
The screenshot displays the 'brocade4Gb - Port Administration' window. At the top, it shows 'Available License:13' and 'TotalLicense:20'. Below this is the 'FC Ports Explorer' section, which contains a tree view of ports and a table of port details. The table lists 20 ports, with ports 0-5 and 15 marked as 'Online' and 'Unmonitored'. The bottom of the window shows a log of events and system information.

Port#	Port Name	Port Type	Speed (Gbps)	Port Status	Health
0(0:0)		F-Port	N4	Online	Unmonitored
1(0:1)		F-Port	N4	Online	Unmonitored
2(0:2)		F-Port	N4	Online	Unmonitored
3(0:3)		F-Port	N4	Online	Unmonitored
4(0:4)		F-Port	N4	Online	Unmonitored
5(0:5)		U-Port	AN	No_Sync	Unmonitored
6(0:6)		U-Port	AN	No_Sync	Unmonitored
7(0:7)		U-Port	AN	No_Sync	Unmonitored
8(0:8)		U-Port	AN	No_Sync	Unmonitored
9(0:9)		U-Port	AN	No_Sync	Unmonitored
10(0:A)		U-Port	AN	No_Sync	Unmonitored
11(0:B)		U-Port	AN	No_Sync	Unmonitored
12(0:C)		U-Port	AN	No_Sync	Unmonitored
13(0:D)		U-Port	AN	No_Sync	Unmonitored
14(0:E)		U-Port	AN	No_Sync	Unmonitored
15(0:F)		F-Port	N4	Online	Unmonitored
16(0:10)		U-Port	N4	No_Light	Unmonitored
17(0:11)		U-Port	N4	No_Light	Unmonitored
18(0:12)		U-Port	N4	No_Module	Unmonitored
19(0:13)		U-Port	N4	No_Module	Unmonitored

Kuva 8. Kuitukytkimen porttien käyttöönotto.

4.7 VMware vsphere 4.0

Projektissa käytettiin virtualisointiin VMwaren vSphere 4.0 -ohjelmistoa. Ohjelmistoon kuuluu VMware ESX -käyttöjärjestelmä sekä vCenter-hallintaohjelmisto. VMware ESX -käyttöjärjestelmät asennettiin jokaiselle bladepalvelimelle erikseen ja erilliselle bladepalvelimelle vCenter. Bladekehikossa on erillinen DVD-asema, johon VMwaren asennus-CD käytiin asettamassa. Ennen varsinaista asennusta bladepalvelimeen täytyi ottaa etäyhteys (ks. kuva 9) ja säätää BIOS-asetuksia. ESX-käyttöjärjestelmä asennettiin DVD-asemalta, joten käynnistysjärjestys täytyi muuttaa. Bladepalvelin laitettiin käynnistymään ensisijaisesti DVD-asemalta. Bladepalvelin käynnistettiin uudelleen ja ESX-käyttöjärjestelmän asennusohjelmisto käynnistyi. Asennus oli normaali ohjelmistoasennus eikä vaatinut erityistä konfigurointia tai muutoksia. Asennuksen tärkein vaihe eli oikean levyosion löytäminen ulkoisesta levyjärjestelmästä onnistui suoraan. ESX-asennus käsitteli levyosioita LUN-numeron perusteella ja oikea levyosio löytyi.



Kuva 9. Bladepalvelimen etähallinta.

Asennuksen jälkeen bladepalvelin käynnistettiin uudestaan. Bladepalvelin ei kuitenkaan löytänyt ESX-käyttöjärjestelmää, joten käynnistysasetuksia täytyi muuttaa BIOS-asetuksien kautta. Käynnistysvalikosta poistettiin kaikki ylimääräiset valinnat ja sinne jätettiin vain tarvittavat käynnistysajurit. Koska käytössä oli ulkoinen levyjärjestelmä, täytyi kuitukortin BIOS-asetuksissa konfiguroida kuitukortti, kuitukortin portit sekä oikea levyosio käynnistystä varten. Kuitukortin BIOSiin pääsi käynnistyksen aikana painamalla näppäinyhdistelmää ctrl + q. BIOSista löytyi kuitukortti, minkä jälkeen konfiguroitiin sen molemmat portit käyttämään oikeaa levyosiota. Asetukset tallennettiin ja bladepalvelin käynnistettiin uudestaan. Nyt bladepalvelimen käyttöjärjestelmä käynnistyi ja oli valmiina hallittavaksi.

Hallintakoneelle asennettiin VMware Client -ohjelmisto, jolla VMwaren-ohjelmistoja päästiin hallinnoimaan. Client-ohjelmistolla oli mahdollista hallita yhtä fyysistä palvelinta ja sen virtuaalikoneita kerrallaan tai ottaa yhteys vCenteriin, jolla hallinnoitiin kaikkia fyysisiä palvelimia ja niiden virtuaalikoneita. Yleisenä käytäntönä pidetään, että kaikille fyysisille bladepalvelimille asennetaan ESX-käyttöjärjestelmä, minkä jälkeen lopuksi yhdelle palvelimille vCenter. VCenterin avulla konfiguroidaan kaikki fyysiset palvelimet ja luodaan virtuaalikoneita.

Jäljellä oli enää VMware vCenterin -asennus, joka toimi hallintakeskuksena muille bladepalvelimille ja niiden virtuaalikoneille. Ennen vCenterin asennusta täytyi palvelimelle, joka projektissa oli neljäs bladepalvelin, asentaa Microsoft 2008 Server. VCenter asennettiin seuraavaksi Microsoft 2008 Serverin päälle. Microsoft 2008 Serverin asennus oli normaali asennus ilman erityisiä konfiguraatioita. VCenterin asennus sujui hyvin, ja päästiin testaamaan vCenteriä. Client-ohjelmistoon syötettiin neljännen bladepalvelimen IP-osoite, sekä Microsoft 2008 Serverin Windows- tunnukset.

VCenteriin konfiguroitiin vMotion, jonka avulla virtuaalikoneen sijaintia voitiin muuttaa fyysiseltä palvelimelta toiselle ilman katkoksia. Configuration-välilehdeltä löytyi networking - kohta, jonne saatiin lisättyä vKernel. vMotion konfiguroitiin käyttämään vKerneliä yhteystunnelina. vMotionille ei tarvitse antaa VLANia eikä sen IP-osoitetta tarvinnut muuttaa, sillä virtuaalikoneen siirto tapahtui sisäisesti. VCenteriin konfiguroitiin myös VMware HA -ominaisuus, joka mahdollistaa virtuaalikoneen automaattisen uudelleen käynnistyksen vikatilanteen sattuessa.

VCenteriin luotiin muutama virtuaalikone. Testausvaiheessa asennettiin kaksi Windows XP -konetta sekä Microsoftin 2008 Server. Kaikki palvelimet toimivat ja virtuaalikoneiden luonti onnistui (ks. kuva 10).

The screenshot shows the vSphere Client interface for a VMware ESX host. The main window displays the configuration for host 10.10.36.120. The interface is divided into several sections:

- General:**
 - Manufacturer: IBM
 - Model: BladeCenter HS22-[7870L2...
 - CPU Cores: 8 CPUs x 2,266 GHz
 - Processor Type: Intel(R) Xeon(R) CPU L5520 @ 2.27GHz
 - License: vSphere 4 Advanced Licensed for 2 physical CPU...
 - Processor Sockets: 2
 - Cores per Socket: 4
 - Logical Processors: 16
 - Hyperthreading: Active
 - Number of NICs: 7
 - State: Connected
 - Virtual Machines and Templates: 0
 - VMotion Enabled: yes
 - VMware EVC Mode: Intel@ Xeon@ Core™2
 - FaultTolerance Enabled: no
 - Active Tasks:
 - Host Profile:
 - Profile Compliance: N/A
- Resources:**
 - CPU usage: 37 MHz (Capacity: 8 x 2,266 GHz)
 - Memory usage: 1547,00 MB (Capacity: 45045,88 MB)
 - Datstore table:

Datstore	Status	Capacity	Free
Storage4	Normal	499,75 GB	404,...
Storage5	Normal	499,75 GB	465,...
Storage6	Normal	499,75 GB	499,...
Storage7	Normal	549,75 GB	549,...
Storage8	Normal	549,75 GB	501,...
Storage1	Normal	23,75 GB	7,...

- Network:**
 - terveysstoini: Standard switch network
 - opetus: Standard switch network
 - Virtual Machine Network 2: Standard switch network
 - dmz: Standard switch network
 - kuntalaskenta: Standard switch network
 - Virtual Machine Network 3: Standard switch network
 - Virtual Machine Network 5: Standard switch network
 - VM Network: Standard switch network
 - Virtual Machine Network: Standard switch network
 - Virtual Machine Network 4: Standard switch network
- Commands:**
 - New Virtual Machine
 - Enter Maintenance Mode
 - Reboot
 - Shutdown
 - Enter Standby Mode
- Annotations:** (Empty)
- Recent Tasks:**

Name	Target	Status	Details	Initiated by	Requested Start Time	Start Time	Completed Time
Reconnect host	10.10.36.120	Completed		vCenter Server Administrator	19.4.2010 20:34:30	19.4.2010...	19.4.2010 20:34:30

Kuva 10. VCenterin hallintanäkymä.

5. TESTAUSTULOKSET

Kuparikytkimien ja kuitukytkimien testaus toteutettiin samanaikaisesti järjestelmän konfigurointien kanssa. VCenterin avulla uusien virtuaalikoneiden luonti onnistui nopeasti. VMwaren ominaisuuksista testattiin vMotionia. Virtuaalikoneiden siirtäminen fyysiseltä palvelimelta toiselle siirtyi nopeasti muutamassa minuutissa. Levyjärjestelmää testattiin usealla eri tavalla. Yksittäistä kiintolevyä RAID-arrayssa testattiin Hdtach open source-ohjelmistolla. Burst eli lyhyenä sarjana, nopeudeksi saatiin 233 MB/s. Keskimääräinen lukunopeus oli n. 700 MB/s. Random access -ajaksi saatiin n. 1,3 ms, parhaimmillaan aika oli 0,5 ms.

Virtuaalikoneille asennettiin ilmainen verkkoliikenteen seurantatyökalu, jolla saatiin tarkkailtua tiedonsiirtonopeuksia. VMwaren-puolella testattiin siirtonopeutta kahden Windows XP -koneen välillä. Toiselle koneelle luotiin verkkolevy ja siirrettiin 1 GB null (tyhjää dataa täynnä oleva tiedosto) keskimääräiseksi tiedonsiirtonopeudeksi saatiin n. 200 MB/s, siirtopiikki oli parhaimmillaan 260 - 300 MB/s. Seuraavaksi testattiin eri levyosion välistä siirtoa samalla menetelmällä. Keskinopeudeksi saatiin noin 400 MB/s. Lopuksi tehtiin pienimuotoinen rasiustesti ja laitettiin kaksi 1 GB null-pakettia menemään kahden Windows XP -koneen välillä ristiin. Näin saatiin 2 GB dataliikenne ja määriteltiin keskimääräinen nopeus. Keskimääräinen tiedonsiirtonopeus oli noin 100 MB/s; lyhyenä piikkinä dataa siirtyi kuitenkin 160 – 190 MB/s nopeudella.

6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Projektin tavoitteet saavutettiin ja järjestelmälle määritellyt ominaisuudet saatiin toimintavalmiiksi. Projekti oli erittäin haastava ja mielenkiintoinen. Projektin aikana joutui tekemään paljon selvitystyötä, opiskelemaan syvällisesti eri tekniikoita ja etsimään internetistä esimerkkejä, kuinka jokin ominaisuus on toteutettu tai perustietoa kuinka se tulisi toteuttaa. Vaikka projekti olikin haastava ja paljon aikaa vievä, oli projekti kuitenkin kokonaisuudessaan erittäin opettavainen ja mielenkiintoinen. Projektin aikana tuli tutuksi monia eri laitteistoja ja hallintaohjelmistoja. Pääosiot työssä olivat palvelimet, kytkimet, levyjärjestelmä, niiden asennus ja konfigurointi sekä erilaiset hallintaohjelmistot. Aiempaa kokemusta ei juuri ollut, joten projekti oli opettavainen ja opin paljon lisää eri tekniikoista ja järjestelmien ylläpitämisestä.

Virtuaalijärjestelmän tuotantokäyttöön saaminen ilman kokemusta ja ensimmäistä kertaa, vie paljon aikaa ja vaatii paljon selvitystyötä. Projektin aikana tuli selväksi, että valmiita ohjeita tai konfiguraatioita on vaikea löytää ja sen lisäksi joutuu hieman soveltamaan. Tosin kokemusta saatuaan seuraavien järjestelmien kanssa työskentely nopeutuu huomattavasti kun on kokemusta virtualisoinnista, eikä jokaista asiaa tarvitse alkaa selvittää ja syvällistä osaamista löytyy.

Virtuaalijärjestelmä on mielestäni erittäin hyvä ratkaisu ja se tarjoaa muunneltavuutta ja hyviä ominaisuuksia. Sen avulla voidaan myös vähentää palvelimien huoltoon ja ylläpitoon tarvittavia resursseja. Virtuaalijärjestelmä saadaan erittäin vikasietoiseksi ja sen avulla saadaan helposti ja nopeasti tarvittavia palvelimia käyttöön.

LÄHTEET

Hoskins, J. (2005). *IBM On Demand Technology Made Simple: Understanding the On Demand Business Strategy and Underlying Products*, Maximum press.

Lowe, K. (2009). *Mastering VMware vSphere*, Wiley Publishing, inc.

Mani, K. & Jee, B. (2007). *On the Edge: A Comprehensive Guide to Blade Server Technology*, John Wiley & Sons

Marshall, D., Reynolds, W., McCrory, D. (2006). *Advanced Server Virtualization: VMware and Microsoft platforms in the virtual data center*, Auerbach publications

Vadala, D. (2003). *Managing RAID on Linux*, O'Reilly Media.