

Petri Perkiö

Siirtyminen Windows Server 2012 Hyper-V -virtualisointialustalle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tietotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

26.10.2012

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Petri Perkiö Siirtyminen Windows Server 2012 Hyper-V -virtualisointialustalle 44 sivua + 1 liite 26.10.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	tietotekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	tietoverkot
Ohjaaja	yliopettaja Markku Nuutinen
<p>Tässä opinnäytetyössä asennettiin Nevtor Oy:lle uusi Microsoft Server 2012 Hyper-V -virtualisointialusta sekä testattiin erilaisia työkaluja VMware vSphere 4.1 -virtuaalikoneiden konversioon Windows Server 2012 Hyper-V -virtuaalikoneiksi.</p> <p>Palvelinvirtualisoinnin edut ovat niin merkittäviä, että suurin osa Microsoft Windows Server -palvelimista toimii tällä hetkellä virtuaalisena virtualisointialustan päällä. x86-palvelinvirtualisointimarkkinoita kymmenen vuotta suvereenisti hallinnut VMwaren on saanut teknisiltä ominaisuuksiltaan sekä virtualisointiympäristön skaalautuvuudelta samaan kykenevän kilpailijan Microsoftin julkistettua Windows Server 2012 Hyper-V -virtualisointialustansa. Microsoftin alhaisemmat lisensointikustannukset toimivat taloudellisena huokuttimena siirtymälle VMwaren virtualisointialustalta Hyper-V:n päälle.</p> <p>Eri valmistajien virtualisointiohjelmistojen virtuaalikoneet eivät ole keskenään yhteensopivia. Tästä syystä tulee tehdä virtuaalikoneille konversio siirryttäessä virtualisointialustalta toiselle. Konversiossa lähdekoneen virtuaaliset kiintolevyt sekä konfiguraatitiedostot muunnetaan kohdealustalle yhteensopivaan muotoon. Siirtymään VMware vSphere -alustalta Microsoft Hyper-V -alustalle on tarjolla erilaisia työkaluja, joista osalla voi suorittaa ainoastaan virtuaalisten kiintolevyjen konversioon ja osa kykenee suorittamaan koko virtuaalikoneen konversioon lähes automaattisesti alusta loppuun asti.</p> <p>Konversiotesteissä havaittiin, ettei virtuaalikoneiden konversiossa tällä hetkellä tarjolla olevilla työkaluilla ole haasteena niinkään konversiotekniikka, vaan enemmänkin konversioon kuluva aika. Virtuaalikoneiden konversiossa on kyse kymmenien tai satojen gigatavujen lukemisesta lähdelevyltä, siirrosta tietoverkon yli ja kirjoittamisesta kohdelevylle. Konversiot kestävät pahimmillaan tunteja, jona aikana lähdekone ei ole käytävissä.</p>	
Avainsanat	palvelinvirtualisointi, Hyper-V, Windows Server 2012, konversio

Author(s) Title	Petri Perkiö Migration to Windows Server 2012 Hyper-V
Number of Pages Date	44 pages + 1 appendix 26 October 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information and Communications Technology
Specialisation option	Computer Networks
Instructor	Markku Nuutinen, Principal Lecturer
<p>This thesis was inspired by the interest of Nevtor Ltd. to migrate its virtual servers from VMware vSphere 4.1 to Microsoft Windows Server 2012 Hyper-V virtualization platform. As part of this study a new Hyper-V virtualization platform was installed and different kinds of tools were tested to perform virtual machine conversion from VMware to Hyper-V.</p> <p>Virtual machines on VMware and Hyper-V platforms are not compatible with each other. Therefore, a virtual machine conversion must be performed during migration to another virtualization platform. As a part of the conversion process, virtual hard disks and virtual machine configuration files are converted to a format that is compatible with the destination system. Some tools can perform almost the whole virtual machine conversion automatically while some are suitable only for virtual hard disk conversion.</p> <p>The conducted conversion tests showed that current conversion tools work well. The biggest challenge is the time that is consumed by the conversion process. Essentially the time consuming part of virtual machine conversion process is the transfer of converted data over network and writing it to a destination disk. This process can take hours during which the source virtual machine cannot perform its duty and must remain in maintenance mode.</p>	
Keywords	x86 virtualization, Hyper-V, Windows Server 2012, conversion

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	x86-palvelinvirtualisointi	2
3	VMware vSphere 5.1:n ja Microsoft Server 2012 Hyper-V:n vertailu	4
3.1	Tekniikka	4
3.2	Lisensointi	6
4	Windows Server 2012 Hyper-V -klusterin asennus	8
4.1	Laitteistot	8
4.2	Verkon kytkennät	12
4.3	Isäntäpalvelinten asennus	13
4.4	Isäntäpalvelinten verkkokonfiguraatiot	13
4.5	Toimialuepalvelinten asennus	16
4.6	Failover-klusterin asennus	16
5	Windows Server 2012 Hyper-V Failover -klusterin operointi	22
5.1	Virtuaalikoneiden lisääminen Failover-klusteriin	23
5.2	Resurssien siirto Failover-klusterissa	26
5.3	Isäntäpalvelinten päivittäminen	26
6	System Center Virtual Machine Manager 2012 SP1	27
7	Virtuaalikoneiden konversiot	27
7.1	Konversiotyökalujen toimintaperiaatteet	27
7.2	Windows-palvelimen yhdistäminen NFS-jakoon	28
7.3	Työkalut kiintolevyjen konversioon	29

7.4	Työkalut Windows-palvelinten konversioon	32
7.5	Linux-virtuaalikoneiden konversio	35
8	Yhteenveto	36
	Lähteet	38
	Liitteet	
	Liite 1. Linux-virtuaalikoneen konversio Hyper-V -alustalle	

Lyhenteet

BIOS	Basic Input-Output System. Tietokoneen käynnistyessä ensimmäinen ajettava ohjelmisto, joka huolehtii laitteiden tunnistuksesta ja käynnistää varsinaisen käyttöjärjestelmän.
CAT5e	Category 5e. Lähiverkon kaapelistandardi.
CAT6	Category 6. Lähiverkon kaapelistandardi. Edistyneempi kuin CAT5e.
CD	Compact Disc. Optinen levy, johon voidaan tallettaa digitaalista data.
CPU	Central Processing Unit. Suoritin/prosessori on tietokoneen osa, joka suorittaa tietokoneohjelman sisältämiä konekielisiä käskyjä.
CSV	Cluster Shared Volume. Jaettu levy Windows Server Failover klusterissa, johon kaikilla klusterin jäsenillä on luku- ja kirjoitusoikeus.
DC	Domain Controller. Windows Server ympäristön toimialuepalvelin, joka pitää yllä Active Directory -tietokantaa toimialueen resursseista ja huolehtii autentikoinnista.
DEP	Data Execution Prevention. Prosessoriteknologia, joka estää ohjelmistokoodin suorittamisen muistialueilta, joita ei ole tähän tehtävään tarkoitettu.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol. Verkkoprotokolla, jonka avulla lähiverkkoon kytkeytyvät laitteet saavat IP-osoitteet.
DNS	Domain Name System. Internetin nimipalvelujärjestelmä, joka muuntaa verkkotunnuksia IP-osoitteiksi.
DVD	Digital Versatile Disc. Optinen levy, johon voidaan tallettaa digitaalista data.
GB	Gigatavu on tietotekniikassa käytetty mittayksikkö tallennuskapasiteetille.
Gbps	Gigabittiä sekunnissa, tiedonsiirtonopeuden mittayksikkö.

GHz	Gigahertsi. Kellotaajuuden yksikkö on hertsi, joka ilmaisee tietotekniikassa, kuinka monta tilanvaihdosta suoritin suorittaa sekunnissa.
IDE	Integrated Drive Electronics. Tietokoneissa kiintolevyjen ja optisten asemien liitäntäväylä.
IP	Internet Protocol. Protokolla, joka huolehtii IP-tietoliikennepakettien toimitamisesta perille pakettikytkentäisessä Internet-verkossa.
iSCSI	Internet Small Computer System Interface. IP-pohjainen protokolla, jota käytetään verkkotallennuksessa tiedonsiirtämiseen.
LAN	Local Area Network. Lähiverkko on rajatulla alueella toimiva tietoliikenneverkko.
LUN	Logical Unit Number. Loogiselle levyalueelle annettava numero. Käytetään myös mm. iSCSI-protokollalla osoitettujen levyjen nimeämiseen.
MB	Megatavu on tietotekniikassa käytetty tallennuskapasiteetin mittayksikkö.
MTU	Maximum Transmission Unit. Tietoliikenneverkossa kulkevan datapaketin maksimikoko tavuina.
MPIO	Multipath I/O. Tekniikka vikasietoisuuden ja suorituskyvyn parantamiseksi. Tietokoneen ja levyjärjestelmän välillä on useampi kuin yksi polku.
MVMC	Microsoft Virtual Machine Converter. Microsoftin työkalu, joka mahdollistaa VMware-virtuaalikoneiden konvertoinnin Hyper-V -alustalle.
NFS	Network File System. Jaettu tiedostojärjestelmäprotokolla, joka mahdollistaa pääsyn tiedostoihin verkon kautta.
NIC	Network Interface Card. Komponentti, joka yhdistää tietokoneen tietoliikenneverkkoon.
NTFS	New Technology File System. Microsoftin kehittämä tiedostojärjestelmä, joka on käytössä Windows-käyttöjärjestelmissä.

ODX	Offloaded Data Transfer. Tekniikka, joka tehostaa SAN-verkon toimintaa.
OVF	Open Virtualization Format. Avoin standardi virtuaalikoneiden paketointiin.
RAID1	Redundant Array of Independent Disks. Levyjärjestelmäteknikka, jolla parannetaan vikasietoisuutta. Sama data peilattuna kahdella levyllä.
RAID10	Redundant Array of Independent Disks. Levyjärjestelmäteknikka, jolla parannetaan vikasietoisuutta ja nopeutta. Sama data peilattuna ja lomitettuna useammalla levyllä.
RAID50	Redundant Array of Independent Disks. Levyjärjestelmäteknikka, jolla parannetaan vikasietoisuutta ja nopeutta.
RAM	Random-Access Memory. Keskusmuisti, jota tietokoneet käyttävät käyttömuistina.
ReFS	Resilient File System. Uusi tiedostojärjestelmä Windows Server 2012:ssa, joka on vikasietoisempi kuin NTFS.
RHEL	Red Hat Enterprise Linux. Red Hatin kehittämä kaupallinen Linux-jakelu.
RJ45	Registered Jack 45. Ethernet-tietoliikenneverkoissa käytetty liittintyyppi.
RPM	Red Hat Package Manager. Osassa Linux-jakeluita käytetty ohjelmistopakettien hallintajärjestelmä.
SAN	Storage Area Network. Arkkitehtuuri tiedostopalvelimien yhdistämiseksi niitä käyttäviin palvelimiin, siten että tiedostot näyttäisivät olevan paikallisella tallennusmedialla.
SAS	Serial Attached SCSI eli sarjaankytketty SCSI on tietokoneväylä, jota käytetään pääasiassa palvelinympäristöissä kiintolevyjen liittämiseksi järjestelmään.

SCSI	Small Computer System Interface. Standardi tiedon välittämiseksi tietokoneen ja oheislaitteiden välillä.
SCVMM	System Center Virtual Machine Manager. Microsoftin ohjelmisto palvelin-virtualisointiympäristöjen hallintaan.
SMB	Server Message Block. Verkkoprotokolla, jota käytetään tiedostojen jakamiseen verkossa yli Microsoft Windows -käyttöjärjestelmää käyttävien tietokoneiden välillä.
SP1	Service Pack 1. Ohjelmiston ensimmäinen huoltopäivitys, joka sisältää yhdessä asennettavassa paketissa jo aiemmin erikseen julkaistuja päivityksiä sekä usein myös ensimmäistä kertaa julkaistavia päivityksiä, jotka tuovat mukanaan uusia ominaisuuksia.
SR-IOV	Single-root I/O virtualization. Windows Server 2012 -tekniikka, joka mahdollistaa virtuaalikoneen hyödyntävän suoraan isäntäpalvelimen verkkosovittinta.
TB	Teratavu on tietotekniikassa käytetty tallennuskapasiteetin mittayksikkö.
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Internet-liikennöinnissä käytettävien tietoverkkoprotokollien yhdistelmä.
V2V	Virtual-to-virtual. Virtuaalikoneiden konversioiden yhteydessä puhutaan virtuaalikoneiden konversiosta virtualisointialustalta toiselle.
vCPU	Virtual Central Processing Unit. Virtuaalikoneen prosessori.
VDI	Virtual Desktop Infrastructure. Työpöytävirtualisointi.
VHD	Virtual Hard Disk. Microsoftin käyttämä virtuaalikoneiden virtuaalisten kiintolevyjen tiedostomuoto.
VHDX	Microsoftin käyttämä edistyneempi virtuaalikoneiden virtuaalisten kiintolevyjen tiedostomuoto, jolle on tuki Windows Server 2012:sta alkaen.

VLAN	Virtual Local Area Network. Tekniikka, jonka avulla voidaan jakaa fyysinen tietoliikenneverkko loogisiin osiin.
VM	Virtual Machine. Virtuaalikone. Isäntäkoneen päällä toimiva vieraskone.
VMDK	Virtual Machine Disk. VMwaren käyttämä virtuaalikoneiden virtuaalisten kiintolevyjen tiedostomuoto.
VMM	Virtual Machine Manager. Ohjelmisto, joka mahdollistaa useiden käyttöjärjestelmien ajamisen yhdellä fyysisellä palvelimella. Tunnetaan myös nimellä hypervisor.
VMMT	Virtual Machine Migration Toolkit. Microsoftin tarjoama useista ohjelmistoista koostuva työkalupakki suurten VMware-ympäristöjen migraatioon Hyper-V -alustalle.

1 Johdanto

Kaupallisia x86-virtualisointiohjelmistoja on ollut markkinoilla jo yli kymmenen vuotta. Erilaiset virtualisointiratkaisut ovatkin arkipäivää suurimmassa osassa yrityksiä. x86-palvelinvirtualisoinnin pioneerina ja markkinajohtajana pitkään toiminut yhdysvaltalainen VMware on markkinoiden kypsyessä saanut vähitellen haastajia, jotka kykenevät tarjoamaan kilpailevia virtualisointituotteita lähes vastaavilla teknisillä ominaisuuksilla.

Microsoft julkaisi 4.9.2012 uuden palvelinkäyttöjärjestelmänsä Windows Server 2012:n, joka sisältää runsaasti uusia ominaisuuksia. Tämä pitää sisällään muun muassa uuden version Microsoftin virtualisointiohjelmistosta Hyper-V:sta. Tiukkaa kilpailutilannetta kuvaa hyvin se, että Microsoftin haasteeseen vastatakseen VMware julkaisi 11.9.2012 vSphere 5.1:n eli päivitetyn version suositusta virtualisointiohjelmistostaan.

Kilpailua ei käydä ainoastaan teknisillä ominaisuuksilla, vaan markkinoita hallitseva VMware taipui laskemaan lisenssihinnoitteluaan asiakaspainostuksen alla vSphere 5.1:n julkaisun myötä. Tästäkin huolimatta Windows Server 2012 Hyper-V on virtualisointialustana lisenssihinnoiltaan edullisempi kuin VMware vSphere 5.1, mikäli suurimmassa osassa yrityksen virtuaalikoneita on käytössä Windows Server -käyttöjärjestelmä.

Säästöt ohjelmistojen lisensointikustannuksissa saattavat herättää yritysten mielenkiinnon siirtyä VMwaren virtualisointialustalta kilpailijoiden tuotteisiin. Siirtymä tuo mukanaan teknisen haasteen. VMwaren alustalla olevia virtuaalikoneita ei voi sellaisenaan käynnistää esimerkiksi Microsoftin Hyper-V -alustalla, eikä toisinpäin. On siis tehtävä virtuaalikoneen konversio alustalta toiselle. Tähän on ollut niukalti saatavilla työkaluja, joilla useiden virtuaalikoneiden konversio olisi automatisoitavissa.

Tämä insinööri työ on suunnattu virtualisoinnin perusteet hallitseville lukijoille. Insinööri työn kantavana voimana on toiminut Nevtor Oy:n kiinnostus siirtyä VMware vSphere 4.1 -virtualisointialustalta Windows Server 2012 Hyper-V -alustalle. Käytännön osuutena työssä asennettiin Nevtor Oy:lle uusi Windows Server 2012 Hyper-V -tuotantoklusteri sekä testattiin erilaisia työkaluja virtuaalikoneiden konversioon VMware vSphere 4.1 -alustalta Microsoft Server 2012 Hyper-V -alustalle.

Nevtor Oy on vuonna 2006 perustettu yritys, joka toimittaa moderneja tietojärjestelmien palveluita ja ratkaisuja. Yhtiö kehittää ja toteuttaa kilpailuetua tuottavia järjestelmäkokonaisuuksia asiakkaan tarpeisiin. Palvelut on jaettu asiantuntijapalveluihin, ulkoistuspalveluihin ja pilvipalveluihin. Ne sisältävät liiketoiminnan prosesseja tukevat sovellukset sekä tarvittavan tietoteknisen infrastruktuurin. Nevtor keskittyy järjestelmien ylläpitoon sekä hallittuun kehittämiseen. Yritys fokusoi erityisesti Microsoft-teknoologiaan ja -ratkaisuihin. Erottautumistekijä markkinoilla on ulkoistuspalveluiden ja projektikokonaisuuksien yhteenliittäminen asiakkaan palvelukokonaisuuteen.

Nevtor on pitkään ollut sekä VMwaren että Microsoftin kumppani. VMwaren ohjelmistot ovat toimineet Nevtorin palvelinten virtualisointialustana. Suomessa, kuten myös maailmalla, on runsaasti markkinajohtaja VMwaren virtualisointiympäristöt tuntevia asiantuntijoita. Windows Server 2012 Hyper-V -ympäristöistä kokemusta omaavia osajia on vähemmän. Oman palvelinympäristön siirto Hyper-V -virtualisointialustalle kasvattaa yritykselle omakohtaista kokemusta sekä tuo selviä säästöjä lisensointikustannuksissa.

2 x86-palvelinvirtualisointi

x86-palvelinvirtualisoinnista on kirjoitettu lähivuosina monia opinnäytetöitä [1;2;3;4;5], joten tässä työssä ei pureuduta syväluotaavasti virtualisoinnin erilaisiin ilmenemismuotoihin. Työn pääpaino on käytännönläheisempi. Käydään kuitenkin lyhyesti läpi mistä x86-palvelinvirtualisoinnissa on kyse.

x86 viittaa laajasti käytössä olevaan Intelin kehittämään suoritinarkkitehtuuriin, johon pohjautuvien suorittimien suurimmat valmistajat ovat Intel ja AMD [6]. Palvelinvirtualisoinnissa on lyhyesti ilmaistuna kyse siitä, että useat virtualisointialustan päällä toimivat vieraskäyttöjärjestelmät (guest) jakavat yhden fyysisen isäntäpalvelimen (host) resurssit, kuten suorittimet ja muistit, keskenään. Palvelimen fyysisten resurssien jakamisesta virtuaalisille käyttöjärjestelmille eli virtuaalikoneille vastaa ohjelmisto, josta käytetään nimeä hypervisor tai virtual machine manager (VMM) [7].

1990-luvun lopulla x86-virtualisointi toteutettiin puhtaasti ohjelmistojen avulla. VMware toi ensimmäisen palvelinvirtualisointiohjelmistonsa markkinoille 2001 [8]. 2000-luvun edetessä suoritinvalmistajat Intel ja AMD toivat suorittimiinsa laitetason tuen virtualisoinnille, mikä yksinkertaisti virtualisointiohjelmistojen suunnittelua sekä paransi nii-

den suorituskykyä [9]. Microsoft julkaisi Hyper-V:n ensimmäisen version vuonna 2008. Tänä päivänä tarjolla on useita kymmeniä virtualisointiohjelmistoja [10].

Palvelinvirtualisoinnin hyödyt ovat merkittäviä kaikilla osa-alueilla. Fyysistä palvelinresursseista saadaan virtualisoimalla suurempi teho irti, mikä laskee selvästi laitteistojen sekä konesaltilojen investointitarvetta. Vähemmän fyysisiä palvelimia tietää myös pienentyneitä energiakustannuksia, joista kiittävät sekä luonto että kukkaro. Virtualikoneiden hallinta ja ylläpito on nopeampaa ja helpommin automatisoitavissa, mikä tarkoittaa pienempiä henkilöstökustannuksia. Lisäksi palvelinympäristöä kohdanneista katastrofitilanteista toipuminen on huomattavasti nopeampaa, kun palvelimet on virtualisoitu. Nämä kannustimet selittävät sen, miksi palvelinvirtualisointi on kymmenessä vuodessa yleistynyt rajusti.

Palvelinvirtualisoinnin yleistymisen nopeutta kuvaa hyvin kansainvälisen tutkimus- ja konsultointiyrityksen Gartnerin vuosina 2010 [11] ja 2012 [12] julkaistujen markkinatutkimusten vertailu. Vuonna 2010 Gartner arvioi, että 25 % x86-palvelimista oli virtualisoitu. Vuonna 2012 vastaava luku oli jo yli 50 %. Samaisten tutkimusten mukaan VMware oli vielä vuonna 2010 ylivoimainen markkina- ja teknologiajohtaja x86-palvelinvirtualisoinnissa. Vuonna 2012 Microsoftin Hyper-V ja Citrixin XenServer ovat kuroneet VMwaren etumatkaa kiinni. Citrixin vahvuus on erityisesti työpöytävirtualisointi (VDI).

Yhdysvaltalainen yritys Amazon on jo vuosia tarjonnut palvelimia ja laskentakapasiteettia pilvipalveluna (cloud services) [13]. Myös Microsoft on laajentanut tarjontaansa pilvestä tuotettavaan palvelinvirtualisointiin Azure-pilvellään [14]. Pilvipalveluiden suosion lisääntyessä yritykset osaavat vaatia lisääntyvää ylläpidon automatisointia ja hallinnoinnin helppoutta myös omassa palvelininfrastruktuurissaan. Virtualisointi leviää vähitellen kattamaan koko infrastruktuurin [15]. Virtualisointialustoja myydäänkin jo yksityisinä pilvipalveluratkaisuinä (private cloud), jotka mahdollistavat enenevässä määrin koko palvelinympäristön ylläpidon automatisoinnin. Taho, joka kykene tarjoamaan koko paketin automatisoituna ja helppokäyttöisenä kilpailukykyiseen hintaan, tulee olemaan vahvoilla lähivuosina.

3 VMware vSphere 5.1:n ja Microsoft Server 2012 Hyper-V:n vertailu

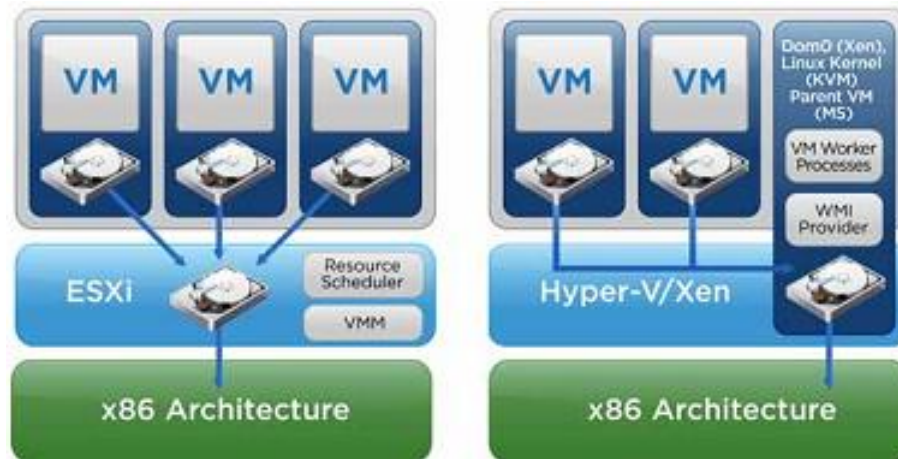
VMwarella ja Microsoftilla on kummallakin tarjolla ilmainen versio hypervisorista: VMware vSphere Hypervisor ja Microsoft Windows Hyper-V Server 2012. VMwaren ilmainen hypervisor on ominaisuuksiltaan pelkistetty, eikä sitä ole tarkoitettu isomman mittakaavan ympäristöihin, toisin kuin maksullinen VMware vSphere ohjelmistokokonaisuuteen kuuluva VMware ESXi -hypervisor. VMware vSphere Hypervisor voi toimia ainoastaan itsenäisenä virtualisointialustana, eikä sitä voi hallita VMwaren hallintaohjelmistolla vCenterilla. [16.]

Windows Hyper-V Server 2012 on riisuttu versio Windows Server 2012 -käyttöjärjestelmästä sisältäen lähinnä Hyper-V:n roolin sekä mahdollisuuden usean palvelimen klusterointiin. Hyper-V Server 2012:sta ei ole graafista käyttöliittymää, joten sen kuluttama levytila on tavallista Windows Server 2012:ta selvästi pienempi ja palvelinalustana se on tietoturvasempi palveluiden määrän ollessa minimoitu. Microsoft suosittelee Hyper-V Server 2012:ta käytettävän virtualisointialustana muille kuin Windows Server käyttöjärjestelmille, kuten Linux-palvelimille sekä työpöytävirtualisointiin (VDI). [17.]

Tässä vertailussa ei keskitytä ilmaisia hypervisorihin, vaan täysiverisiin laajempien ympäristöjen virtualisointialustoihin, joiden virtuaalikoneet ovat lähinnä Windows Server -palvelimia. Isäntäpalvelinten lisäksi suuremmissa ympäristöissä tarvitaan erikseen hankittava ja maksullinen hallintapalvelin, joka helpottaa ylläpito-operaatioiden suorittamista, automatisoimista ja useasta isäntäpalvelimesta koostuvan klusterin hallintaa. VMwarella tämä on VMware vCenter ja Microsoftilla System Center Virtual Machine Manager (SCVMM). Hallintaohjelmistot voi asentaa esimerkiksi virtuaaliselle Windows Server -palvelimelle.

3.1 Tekniikka

VMwaren vSphere 5.1 ja Microsoftin Windows Server 2012 Hyper-V eroavat teknisesti toisistaan, kuten kuvasta 1 näkyy, mutta kykenevät tarjoamaan lähes vastaavia ominaisuuksia virtualisointialustan toiminnallisuutta ja skaalautuvuutta ajatellen.



Kuva 1. Ero ESXi ja Hyper-V:n laiteajuriarkkitehtuureissa. [18.]

VMwaren ESXi -hypervisor kuluttaa palvelimen kiintolevytilaa alle 200 MB, kun taas Windows Server 2012 Hyper-V lähemmäs 10 GB. VMwaren muistinkäytöltään kevyempi hypervisor mahdollistaa myös suuremman määrän virtuaalikoneita yhtä isäntäpalvelinta kohti. [18.]

Taulukossa 1 on vertailtu VMware vSphere 5.1 Enterprise Plus- ja Microsoft Windows Server 2012 Hyper-V -virtualisointiympäristöjä. Puhtaiden numeroiden perusteella Microsoft on ohittanut Windows Server 2012 Hyper-V:lla VMware vSpheren ympäristön skaalautuvuudessa. Luvut ovat jo niin suuria kautta linjan, ettei Suomen mittakaavassa löydy montaa yritystä, jotka voisivat rajoja hätyyttellä. Ainoa raja, joka itselleni on tullut joskus vastaan on VMwaren virtuaalisen kiintolevyn (VMDK) pieneltä tuntuva kokorajoitus 2 TB.

Taulukko 1. VMwaren ja Microsoftin virtualisointialustojen vertailua. [19.]

Resurssi	VMware vSphere 5.1 Enterprise Plus	Windows Server 2012 Hyper-V
Isäntäpalvelin		
Loogiset prosessorit	160	320
Fyysinen muisti	2 TB	4 TB
vCPU per isäntäpalvelin	2048	2048
Virtuaalikone		
vCPU per VM	64	64
Muisti per VM	1 TB	1 TB
Aktiiviset VM:t per isäntäpalvelin	512	1024
Klusteri		
Isäntäpalvelinten maksimi	32	64
VM-maksimimäärä	3000	8000
Virtuaalinen kiintolevy		
Maksimikoko	2 TB (VMDK)	64 TB (VHDX)

On kuitenkin huomioitava, että selvällä markkinajohtajalla VMwarella on pidempi kokemus virtualisoinnista ja sen teknologiat ovat laajasti maailmalla koeteltuja ja toimiviksi havaittuja. Windows Server 2012 on nuori alusta, ja aika näyttää, lunastaako se lukujen asettamat ennakkolupaukset myös käytännössä.

3.2 Lisensointi

Palvelinvirtualisointialustaa rakennettaessa kaupallisia tuotteita hyödyntäen ohjelmistojen lisensointikustannukset muodostavat merkittävän kuluerän. VMware on hallinnut suvereenisti x86-palvelinvirtualisoinnin markkinoita, ja tämä näkyy myös VMwaren tuotteiden hintatasossa. On kuitenkin huomattava, etteivät korkeat lisensointikustannukset välttämättä aina johda korkeimpiin kokonaiskustannuksiin, sillä edistyneempi teknologia ja lisääntynyt automaatio nopeuttavat ympäristön hallinnointia ja vähentävät selvästi ylläpitoon tarvittavan ammattitaitoisen henkilökunnan määrää. VMware vetoaakin mielellään ympäristön ylläpidon kokonaiskustannuksiin perustellessaan tuotteidensa hintatasoa [20].

VMware

VMwaren vSphere 5.1:tä on tarjolla useilla erilaisilla kokoonpanoilla höystettyjä paketteja. Näistä kallein Enterprise Plus on ominaisuuksiltaan lähinnä Windows Server 2012 Hyper-V:tä. Yksi vSphere lisenssi kattaa yhden isäntäpalvelimen prosessorin. Lisäksi

on hankittava erikseen lisenssi virtuaaliympäristön hallintaan tarvittavalle hallintapalvelimelle vCenter Standardille. [21; 22.]

Microsoft

Windows Server 2012:ta on tarjolla neljä eri versiota: Foundation, Essentials, Standard ja Datacenter. Näistä ainoastaan Standard ja Datacenter soveltuvat Hyper-V alustoiksi. Standard-alustan päällä voi olla ainoastaan kaksi virtuaalikonetta, joten käytännössä virtualisointialustoilla käytetään Windows Server 2012 Datacenteria, joka mahdollistaa yhdellä lisenssillä rajattoman määrän virtuaalikoneita per isäntäpalvelin. Yksi Datacenter lisenssi pitää sisällään isäntäpalvelimen, jolla on kaksi prosessoria. [23.]

Microsoftin virtuaaliympäristöjen hallintaan tarkoitettu työkalu SCVMM 2012 on osa laajempaa System Center 2012 -tuoteperhettä, johon kuuluu runsas joukko IT-infrastruktuurin hallintaan kehitettyjä työkaluja: Operations Manager, Configuration Manager, Data Protection Manager, Service Manager, Virtual Machine Manager, Endpoint Protection, Orchestrator, App Controller. SCVMM 2012:lla voi hallita myös VMware ESXi- ja Citrix XenServer -isäntäpalvelimia. Windows Server 2012 Hyper-V:n tuki tulee vasta versiossa SCVMM 2012 SP1, joka ilmestyy alkuvuodesta 2013. Yksi SCVMM 2012 Datacenter -lisenssi kattaa yhden kahden prosessorin isäntäpalvelimen. [24.]

Vertailu

Hintoja vertailtaessa on huomattava, että harva yritys joutuu maksamaan täysiä lisenssihintoja. Yrityksen saama alennusprosentti riippuu useasta tekijästä ja keskittämällä sitä on mahdollista kasvattaa. Taulukossa 2 on vertailtu lisensointikustannuksia kahden 2 CPU:ta sisältävän fyysisen isäntäpalvelimen, 30 Windows Server 2012 Standard -virtuaalikoneen sekä virtuaalialustan hallintapalvelimen lisensoimiseksi. Lisenssihinnat eivät pidä sisällään tukipalveluita. Hinnat ovat US-dollareina, sillä eurohintoja ei ole helposti saatavilla. Internetissä on kaikkien saatavilla Microsoftin ilmainen työkalu Microsoft Server Virtualization Tool [25], jolla voi vertailla Microsoftin ja VMwaren palvelinvirtualisointialustojen lisensointikustannuksia.

Taulukko 2. VMwaren ja Microsoftin virtuaaliympäristöjen lisenssihintojen vertailu.

Resurssi	VMware vSphere 5.1 Enterprise Plus ja vCenter Standard	Windows Server 2012 Datacenter Hyper-V ja SCVMM 2012
2 isäntäpalvelinta (4 x CPU)	4 x \$6815,25	2 x \$4809
Hallintapalvelin	\$9740,25	2 x \$3607
30 Windows Server Std VM	30 x \$882	\$0
Yhteensä	\$63449,25	\$16832

Kuten taulukosta 2 selviää, VMwaren alustalla 30:n Windows Server 2012 Standard -virtuaalikoneen hallinta on yli kolme kertaa kalliimpaa kuin Microsoftin vastaavalla alustalla.

4 Windows Server 2012 Hyper-V -klusterin asennus

Kahden fyysisen Windows Server 2012 Datacenter palvelimen Hyper-V -klusteri asennettiin Nevtor Oy:n käyttöön. Seuraavassa kuvataan asennuksen vaiheet, tehdyt konfiguraatiot sekä perusteet tehtyjen asetusten taustalla. Isäntäpalvelinten konfiguraatiot suoritettiin pääasiassa graafisen käyttöliittymän kautta. Windows Server 2012:sta konfigurointi on hyvin pitkälle mahdollista myös tekstipohjaisesti Windows PowerShell 3.0 -työkalulla.

4.1 Laitteistot

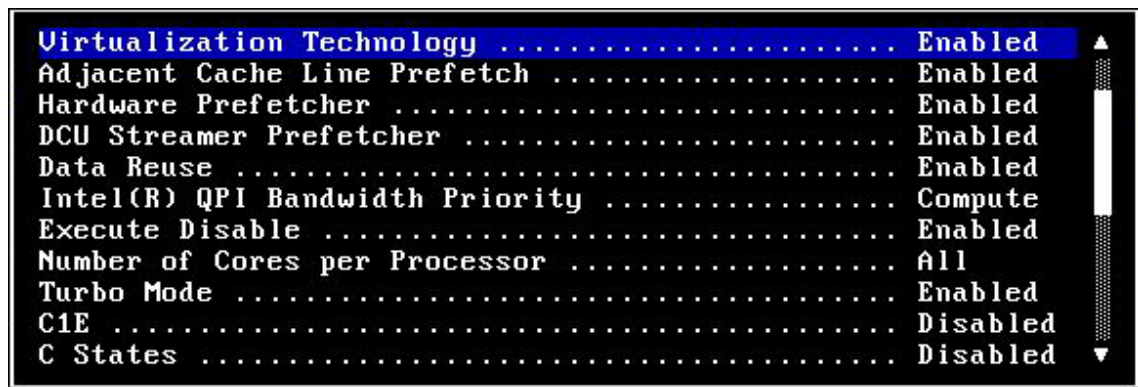
Hyper-V -klusteri rakennettiin yhteen konesaliin kahteen toisista erillään olevaan räkkiin. Fyysiset isäntäpalvelimet sijaitsevat eri räkeissä, jolloin yhden räkkin virransyötön vikaantuminen ei aivan kaikissa tilanteissa kaada koko Hyper-V -klusteria. Kaikki verkoliitännät ovat kahdennettu. Asennusvaiheessa käytettävissä oli kustannussyistä ainoastaan yksi levyjärjestelmä, sillä levyjärjestelmät ovat usein virtualisointiympäristöjen kalleimpia komponentteja. Jo asennusvaiheessa on tiedostettu, että levyjärjestelmän vikaantuessa koko Hyper-V -klusteri kaatuu. Voidaankin ajatella, että levyjärjestelmä on rakennetun ympäristön single point of failure eli heikoin lenkin.

Isäntäpalvelimet

Fyysisinä isäntäpalvelimina toimivat kaksi Dell PowerEdge M1000e Blade -kehikkoon asennettua Dell PowerEdge M710HD -korttipalvelinta. Palvelimissa on kaksi Intel Xeon CPU E5645 2,40 GHz:n -prosessoria, 192 GB RAM -muistia, kaksi 146 GB:n SAS -kiintolevyä RAID1-tilassa sekä kuusi 1 Gbps:n LAN -porttia.

BIOS-asetukset

Windows Server 2012 Hyper-V vaatii prosessorilta tuen 64-bittisyydelle, laitteistoavusteiselle virtualisoinnille sekä Data Execution Prevention (DEP) -teknologialle [26]. Tuen laitteistoavusteiselle virtualisoinnille (kuvassa 2 Virtualization Technology) sekä DEP:n saa yleensä kytkettyä toimintaan palvelinten BIOS-asetuksista. Laitteistoavusteinen virtualisointi ei yleensä ole oletuksena prosessorien asetuksista enableituna toisin kuin DEP. Näin oli asian laita myös isäntäpalvelinten kanssa. Laitteistoavusteisen virtualisoinnin aktivoinnin jälkeen palvelin tulee sammuttaa kokonaan, jotta asetus tulee voimaan. Intelin prosessoreille DEP kytketään päälle aktivoimalla BIOS:ssa Execute Disable, kuten kuvassa 2 näkyy.



Kuva 2. Isäntäpalvelinten prosessorien BIOS-asetukset.

BIOS:ssa on myös mahdollista säätää asetuksia, jotka liittyvät prosessorien kellotaajuuteen ja virrankulutukseen. Laitevalmistaja Dell suosittaa [27] Intel prosessorin omaaville isäntäpalvelimille Turbo Boostin (kuvassa 2 Turbo Mode) aktivointia. Tämä mahdollistaa prosessorin kellotaajuuden kasvattamisen kuormituksen lisääntyessä. Sen sijaan Dell suosittaa C1E-virransäästötilan toiminnan estämistä, mikäli tavoitellaan maksimaalista suorituskykyä. C1E ja C States [28] jätettiin aktivoimatta, sillä virtualisointialustan isäntäpalvelimista haluttiin ottaa kaikki teho irti virtaa säästämättä.

Kytkimet

Molemmissa räkeissä on neljä HP:n kytkintä: kaksi palvelinten väliselle liikenteelle (HP ProCurve Switch 2510G-48) ja kaksi suorituskykyisempää (HP ProCurve Switch 2910al-48G) iSCSI-levyjärjestelmäliikenteelle. Kaikki kytkinten kytkinportit toimivat 1 Gbps:n nopeudella. Kaikki kytkennät on kahdennettu vikasietoisuuden lisäämiseksi. Kytkinten väliset yhteydet on toteutettu 1 Gbps -kuituyhteyksinä. iSCSI-levyjärjestelmäliikenne on siis erotettu omiin kytkimiin ja omaan VLAN:iin mahdollisimman häiriöttömän SAN-verkon mahdollistamiseksi. SAN-kytkinten asetuksista on kaikille porteille on enableoitu Flow Control sekä iSCSI VLAN:lle Jumbo Frame -tekniikat suorituskyvyn maksimoimiseksi. Kyseiset tekniikat tulee kytkeä päälle myös isäntäpalvelinten sekä levyjärjestelmän verkkoporteille, jotta ne aktivoituvat toimintaan.

Flow Control [29] parantaa tietoliikenneverkon toimivuutta mahdollistamalla dataa lähettävän ja vastaanottavan pään keskinäisen kommunikaation datan lähetysnopeudesta. Tämä vähentää vastaanottavan pään ylikuormittumisen riskiä. Jumbo Frame -tekniikka [30] taas tehostaa tietoliikenneverkon toimintaa. Tavallisestihan LAN-verkoissa Ethernet-datapakettien maksimikoko on 1500 tavua. Mikäli kaikki LAN-verkkoon kytkeytyneet laitteet tukevat Jumbo Frame -tekniikkaa, se mahdollistaa 9000 tavun maksimikoon datapaketeille.

Levyjärjestelmä

Levyjärjestelmä on virtualisointiympäristön suorituskyvyn kannalta keskeisessä roolissa. Jotta vikasietoisen klusterin osana useat isäntäpalvelimet voivat jakaa samaa levy-pintaa, tulee levyt osoittaa verkon välityksellä levyjärjestelmästä. Yhden isäntäpalvelimen vikaantuminen ei lopeta yhdenkään virtuaalikoneen toimintaa, vaan vikatilanteessa virtuaalikone siirtyy automaattisesti muille isäntäpalvelimille. Isäntäpalvelimilla on tästä syystä usein vain vähän paikallista kiintolevytilaa. Virtualikoneiden virtuaaliset kiintolevyt sijaitsevat siis ulkoisessa levyjärjestelmässä, josta levyt on osoitettu isäntäpalvelimille iSCSI-protokollaa hyödyntäen.

Uutena ominaisuutena Windows Server 2012:ta Hyper-V voi käyttää virtuaalikoneiden levy-pintana SMB 3.0 -protokollaa tukevia tiedostopalvelimia eli käytännössä Windows Server 2012 -tiedostopalvelimia [31]. Tässä olisi ideaa lähinnä tapauksessa, jossa tiedostopalvelimilla olisi paljon paikallista levyä, jota voitaisiin jakaa verkkoon SMB 3.0

-protokollalla. Tämä olisi siis edullisempi vaihtoehto Hyper-V -levypinnan hankkimiselle levyjärjestelmäinvestointiin verrattuna. Levyjärjestelmien hinnakkuuden taustalla ovat syynsä, jotka juontuvat muun muassa korkeasta vikasietoisuudesta. Kokemuksia SMB 3.0 -levypintaa hyödyntävistä Hyper-V -ympäristöistä on varsin vähän, joten tämä ei ole tuotantoympäristöön ensimmäinen vaihtoehto.

Asennetussa ympäristössä virtualisointialustan levyjärjestelmän tehtävää hoitaa Dell EqualLogic PS6100XV, joka sisältää 24 kpl 559 GB:n kapasiteetin, 15000 kierrosta minuutissa pyörivää SAS-kiintolevyä. Kokonaiskapasiteetti on siis 13,4 TB. Kaksi kiintolevyä on jätetty varalevyksi (hot spare) aktiivisen kapasiteetin ulkopuolelle, josta ne voidaan automaattisesti ottaa käyttöön levyjen vikaantuessa. Näin ollen vikasietoisuutta parantavassa RAID50-tilassa käyttökapasiteetti kutistuu 9,4 TB:uun. Suorituskyvyn kannalta paras RAID-tila olisi ollut RAID10 [32], mutta tämä olisi tarkoittanut käyttökapasiteetin kutistumista useilla TB:lla [33].

Levyjärjestelmiä oli asennusvaiheessa vain yksi. Tilanne ei siis ole suorituskyvyn tai vikasietoisuuden kannalta optimaalinen. Levyjärjestelmässä on kuitenkin kaksi ohjainlaitetta, joista toinen on aktiivinen ja toinen passiivinen. Eli aktiivisen ohjainlaitteen vikaantuessa passiivisena olleen ohjainlaitteen pitäisi aktivoitua ja ottaa järjestelmän hallinta vastuulleen, minkä seurauksena levyjärjestelmä säilyy toimintakykyisenä. Kussakin ohjainlaitteessa on neljä verkkoporttia, joista kaksi on yhdistetty kumpaankin SAN-kytkimeen. Tämän seurauksena yhden kytkimen rikkoutuminen ei myöskään lamauta levyjärjestelmän toimintaa.

Dell EqualLogic PS6100XV -levyjärjestelmä tukee Windows Server 2012:aan sisäänrakennettua tekniikkaa Offloaded Data Transfer (ODX) [34], joka parantaa selvästi virtuaaliympäristön suorituskykyä tietyissä tilanteissa, joissa virtuaalikoneita siirretään tai kopioidaan. ODX mahdollistaa sen, että virtuaalikoneiden operaatiot voidaan suorittaa levyjärjestelmän sisäisinä operaatioina, jolloin dataa ei siirron aikana turhaan kierrätetä isäntäpalvelimien kautta [35].

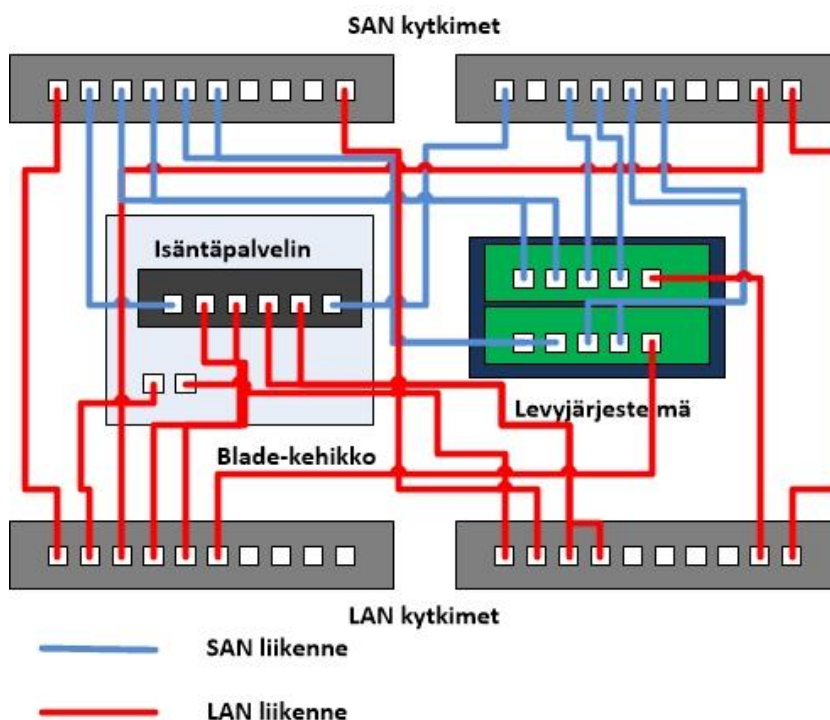
Skaalautuvuus

Kahden isäntäpalvelimen klusteria voidaan varsin vaivattomasti kasvattaa isäntäpalvelimia lisäämällä. Virtuaalikoneiden määrän kasvaessa varsinkin levyjärjestelmäliikenne lisääntyy, jolloin levyjärjestelmän ja kytkinten kuormitus kasvaa. Kasvavaan tarpeeseen

helpoin ja halvin tapa vastata vaihtamalla iSCSI-kytkinten väliset yhteydet 10 Gbps -kuituyhteyksiksi. Tämä ei yleensä vaadi itse kytkinten vaihtoa. Toisen levyjärjestelmän hankkiminen helpottaa kuormaa. Olemassa olevaa laitteistoa vaihtamatta ei rakennettu ympäristö tämän enempää skaalaudu, sillä seuraavassa vaiheessa levyjärjestelmän ja isäntäpalvelinten kytkinyhteyksien nopeus tulisi nostaa 10 Gbps:iin, mikä vaatii uusia kytkimiä, levyjärjestelmiä sekä verkkokortteja isäntäpalvelimiin.

4.2 Verkon kytkennät

Kuvassa 3 on esitetty verkon kytkennät yhden räkin osalta. Kytkennät on tehty RJ45-liittimillä varustetuilla Cat5e- tai Cat6-parikaapeleilla, jotka kykenevät luotettavasti 1 Gbps:n nopeuksiin LAN-verkkoyhteyksiin [36]. Kaikki kytkennät on siis kahdennettu vikasietoisuuden lisäämiseksi. Dell PowerEdge M1000e Blade -kehikoissa, joissa isäntäpalvelimet sijaitsevat, on vikasietoisuuden lisäämiseksi kaksi etähallintamoduulia, joista toinen on aktiivinen ja toinen passiivinen. Punaisella värillä merkitty LAN-liikenne koostuu pääasiassa laitteiden hallintayhteyksistä sekä isäntäpalvelinten ja virtuaalikooneiden verkkoliikenteestä. Sinisellä merkitty SAN-liikenne on pääasiassa isäntäpalvelinten ja levyjärjestelmän välistä iSCSI-liikennettä.



Kuva 3. Kuva yhden räkin verkkokytkennöistä.

4.3 Isäntäpalvelinten asennus

Kun fyysiset korttipalvelimet on asetettu Blade-kehikkoon sekä verkon kytkennät tehty, onnistuvat loput asennukset etäyhteydellä konesalin ulkopuolelta. Blade-kehikon etähallintamoduuli mahdollista muun muassa palvelinten käynnistyksen, BIOS-asetusten konfiguroinnin sekä Windows Server 2012 Datacenter -käyttöjärjestelmän asennuksen. Käyttöjärjestelmän asennuksen jälkeen on hyvä asentaa Hyper-V -rooli ennen verkko-konfiguraatioiden suorittamista. Roolien asennus Windows Server 2012:ta tapahtuu Server Managerilla aivan kuin Windows Server 2008:n tapauksessa [37]. Isäntäpalvelin tulee käynnistää uudelleen Hyper-V -roolin asennuksen jälkeen.

4.4 Isäntäpalvelinten verkkokonfiguraatiot

Yksi suurimmista uudistuksista Windows Server 2012 Hyper-V:ssa liittyy virtuaalisten kytkinten ominaisuuksien laajennukseen [38]. Tämä tuo huomattavia mahdollisuuksia verkon virtualisointiin ja edistää Windows Server 2012:n käyttömahdollisuuksia pilvipalvelu-alustana [39]. Muutaman palvelimen Hyper-V -klusteria rakennettaessa ei kaikkien ominaisuuksien hyödyntämiseen ole tarvetta.

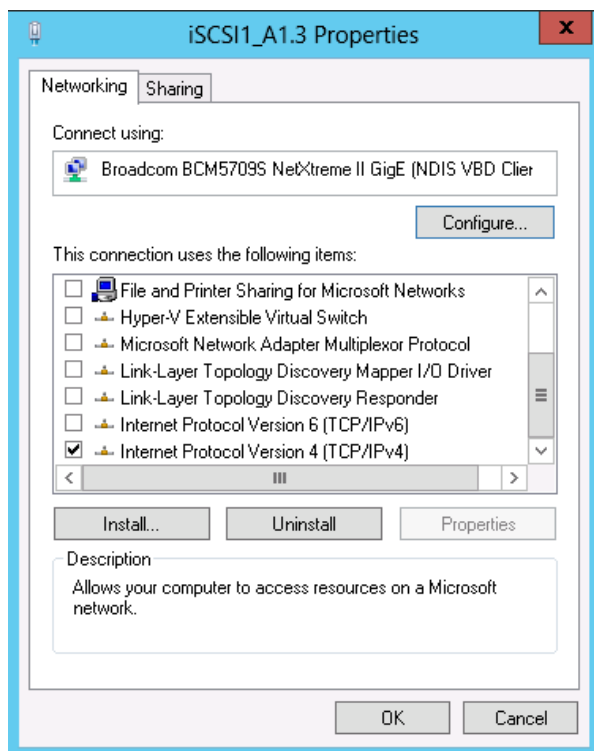
Verkkoasetusten näkyvin muutos Windows Server 2012:ssa 2008:aan verrattuna on tuki käyttöjärjestelmätasolla verkkoporttien ryhmittämiselle (NIC teaming) [40], minkä avulla voidaan parantaa verkkoyhteyksien vikasietoisuutta sekä jakaa verkon kuormaa useammalle portille. Aikaisemmin tämä oli mahdollista ainoastaan asentamalla palvelimelle verkkokortin valmistajan laiteajurit sekä ohjainohjelmisto. Tästä aiheutui yhteensopivuusongelmia, kun muun muassa eri valmistajien verkkosovittimia ei voinut yhdistää samaan ryhmään. Näistä ongelmista on nyt päästy eroon, kun Windows Server 2012:ta ei tarvitse asentaa erillisiä verkkokortin ajureita ja samaan ryhmään voi liittää eri valmistajien verkkokortteja.

Kummankin isäntäpalvelimen verkkokonfiguraatioiden tulee olla identtiset, jotta klusterin hallinta on mahdollisimman suoraviivaista. Isäntäpalvelimilla on siis kuusi 1 Gbps verkkoporttia käytettävissä. Mikäli portit olisivat 10 Gbps:n nopeuksisia, neljä porttia per palvelin riittäisi erinomaisesti vikasietoisien Hyper-V -klusterin rakentamiseen. Ryhmän sisällä kun voidaan muodostaa toisistaan erillään olevia loogisia verkkoja VLAN:en avulla. [41.]

iSCSI-portit

Kaksi verkkoporteista varattiin iSCSI-liikenteelle. iSCSI-portteja ei tule ryhmittää, sillä tämä ei ole tuettua Windows Serverissa. Ryhmytyksen sijaan Microsoft suosittaa käytettävän Multipath I/O:ta (MPIO), jonka avulla isäntäpalvelimella on käytettävissään useampi kuin yksi polku verkon välityksellä levyjärjestelmään [42]. MPIO-tekniikan saa käyttöönsä Windows Server 2012:ssa asentamalla Server Managerilla Featuren Multipath I/O [43].

Kummallekin iSCSI-verkkoportille annettiin omat IP-osoitteet samasta aliverkosta, jossa levyjärjestelmäkin sijaitsee. Verkkoportit on yhdistetty SAN-kytkinten portteihin, jotka ovat iSCSI VLAN:ssa. Myös isäntäpalvelinten iSCSI-verkkoporttien asetuksista aktivoitiin Flow Control sekä Jumbo Framet (Jumbo Packet 9014). Turhat protokollat poistettiin iSCSI-porteilta käytöstä, kuten kuvasta 4 ilmenee.



Kuva 4. iSCSI verkkoporttien aktiivisia protokollia.

Hallinta- ja klusteriportit

Windows Server 2012 Hyper-V -klusterissa suositellaan eristettäväksi omiin verkkoihinsa isäntäpalvelinten hallintaliikenne, klusteriliikenne sekä mahdollinen Live Migration -liikenne, joka on erittäin verkkointensiivistä. Tämän klusterin tapauksessa päädyttiin yhdistämään kaksi verkkoporttia Mgmt-ryhmäksi, kuten kuvassa 5 näkyy. Mgmt-ryhmän sisällä erotettiin verkot toisistaan VLAN:ien avulla hallintaverkoksi Mgmt_mgmt, klusteriverkoksi Mgmt_CSV sekä Live Migration-verkoksi Mgmt_LM. Kunkin verkon liikenne kulkee omassa IP-aliverkossaan.

TEAMS				
Team	Status	Teaming Mode	Load Balancing	Adapters
Mgmt	OK	Switch Independent	Hyper-V Port	2
VM	OK	Switch Independent	Hyper-V Port	2

ADAPTERS AND INTERFACES				
Network Adapters		Team Interfaces		
Name	Primary	VLAN	State	Team
Mgmt (3)				
Mgmt_CSV	No	245	Connected	Mgmt
Mgmt_LM	No	246	Connected	Mgmt
Mgmt_mgmt	Yes	12	Connected	Mgmt
VM (1)				
VM	Yes	Default	Connected	VM

Kuva 5. Isäntäpalvelimen verkkoporttien ryhmitys.

Mgmt-ryhmään osallistuneet isäntäpalvelimen kaksi verkkoporttia on siis yhdistetty VLAN ID:n sisältävässä Tagged-tilassa eri LAN-kytkinten portteihin. Tästä syystä Teaming Mode on Switch Independent, eli kytkimet eivät tiedä ryhmityksen olemassaolosta mitään. Load Balancing -tyypiksi on valittu Hyper-V Port, minkä seurauksena sisään tuleva liikenne jakautuu molempien verkkoporttien välille. [41]

Virtuaalinen kytkin

Jäljelle jääneet isäntäpalvelinten kaksi verkkoporttia yhdistettiin VM-ryhmäksi samalla periaatteella kuin Mgmt-ryhmäkin. Verkkoportit ovat siis yhdistetty VLAN ID:n sisältävässä Tagged-tilassa eri LAN-kytkinten portteihin. Tämän jälkeen VM-ryhmästä tehtiin Hyper-V Managerin Virtual Switch Managerilla External Network nimeltään VMNET, jota virtuaalikoneet käyttävät verkkoliikenteellensä. Lopullinen verkkokonfiguraatio näkyy kuvassa 6, jossa Broadcomin verkkosovittimet ovat isäntäpalvelimen fyysisiä verkkoportteja, Microsoft Network Adapter Multiplexor Driverit ryhmitettyjä verkkoja ja Hyper-V Virtual Ethernet Adapter virtuaalikoneiden hyödyntämä virtuaalinen kytkin.

iSCSI1_A1.3	Unidentified network	Broadcom BCM5709S NetXtreme II GigE (NDIS VBD Client) #35
iSCSI2_A2.3	Unidentified network	Broadcom BCM5709S NetXtreme II GigE (NDIS VBD Client) #36
Mgmt_B1.3	Enabled	Broadcom BCM5709S NetXtreme II GigE (NDIS VBD Client) #37
Mgmt_C2.3	Enabled	Broadcom BCM5709S NetXtreme II GigE (NDIS VBD Client) #40
Mgmt_CSV	Unidentified network	Microsoft Network Adapter Multiplexor Driver #3
Mgmt_LM	Unidentified network	Microsoft Network Adapter Multiplexor Driver #4
Mgmt_mgmt		Microsoft Network Adapter Multiplexor Driver
vEthernet (VMNET)	Unidentified network	Hyper-V Virtual Ethernet Adapter #2
VM	Enabled	Microsoft Network Adapter Multiplexor Driver #2
VM_B2.3	Enabled	Broadcom BCM5709S NetXtreme II GigE (NDIS VBD Client) #38
VM_C1.3	Enabled	Broadcom BCM5709S NetXtreme II GigE (NDIS VBD Client) #39

Kuva 6. Isäntäpalvelimen verkkokonfiguraatio ryhmytyksen jälkeen.

4.5 Toimialuepalvelinten asennus

Vikasietoinen Hyper-V -klusteri vaatii toimiakseen olemassa olevan toimialueen (Domain). Windows Server -toimialueympäristö koostuu toimialuepalvelimista (Domain Controller), joita Microsoft suosittelee asennettavan vähintään kaksi. Windows Server 2012:n myötä Microsoft vihdoinkin tukee DC-palvelinten virtualisointia, vaikka suositus onkin, että vähintään yksi DC-palvelimista olisi fyysinen [44]. DC-palvelin toimii vaatimattomillakin resursseilla, joten sen asentaminen fyysiselle laitteelle olisi resurssien tuhlaamista.

Kummallekin isäntäpalvelimelle asennettiin paikalliselle levyille virtuaalinen Windows Server 2012 Standard -palvelin, johon asennettiin Active Directory Domain Services sekä DNS Server -roolit [45]. DC-palvelimia ei siirretä osaksi vikasietoista Failover-klusteria, vaan ne jäävät toimimaan paikalliselle levyille. Tällöin vikatilanteissa kullakin isäntäpalvelimella on aina DC-palvelimen palvelut käytettävissä, mikä selvästi nopeuttaa vikatilanteesta toipumista. Esimerkiksi, jos levyjärjestelmä ja yksi isäntäpalvelin vikaantuu, voidaan kriittisten resurssien palauttaminen aloittaa saman tien toimivan isäntäpalvelimen ja sen paikallisella levyllä toimivan DC-palvelimen avustuksella.

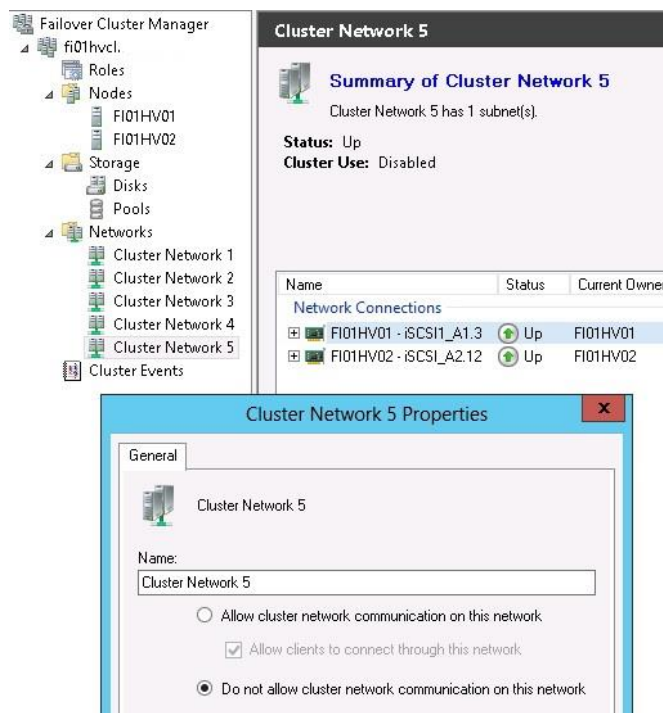
4.6 Failover-klusterin asennus

Windows Server Failover -klusterin asennus lähtee liikkeelle asentamalla isäntäpalvelimille Failover Clustering Feature Server Manageria hyödyntäen [46]. Tämän jälkeen Failover-klusteri voidaan luoda Failover Cluster Manager -työkalulla. Klusteria luotaes-

sa tulee määrittää klusteriin osallistuvat isäntäpalvelimet, klusterin nimi sekä klusterin IP-osoite hallintaverkossa eli samaisessa verkossa, jossa ovat myös isäntäpalvelinten hallinta-IP:t (Mgmt_mgmt). Klusterin luomisen jälkeen voidaan määrittää klusterin verkkokonfiguraatiot, levyt sekä vikasietoisuuden tarkemmat asetukset.

Failover-klusterin verkkoliikenteen konfiguraatiot

Asennetussa ympäristössä klusteriliikennettä varten varattiin kaksi verkkoa: pääasiallinen klusteriverkko Mgmt_CSV sekä Live Migration -verkko Mgmt_LM. Kuvassa 7 näkyy miten klusteriliikenne estettiin tietyissä verkoissa Failover Cluster Manager -työkalulla, jolla voidaan määrittää, mitä verkkoja klusteri hyödyntää isäntäpalvelinten välillä tapahtuvassa klusterin liikennöinnissä, joka koostuu muun muassa CSV-liikenteestä. Muilta verkoilta estettiin klusteriliikenne paitsi Mgmt_CSV- (Cluster Network 2), Mgmt_LM- (Cluster Network 1) ja Mgmt_mgmt-verkoilta (Cluster Network 4). Cluster Network 3 on virtuaalikoneiden liikennöintiin omistettu VM-verkko.



Kuva 7. Klusteriliikenteen kulun estäminen iSCSI-verkossa (Cluster Network 5).

Ainoa tapa määrittää klusteriverkkojen keskinäinen prioriteetti CSV-klusteriliikenteelle on käyttää Windows PowerShell -työkalua. Alhaisimman metric-arvon omaavaa klusteriverkkoa käytetään CSV-liikenteelle ja toiseksi alhaisimman arvon omaavaa verkkoa

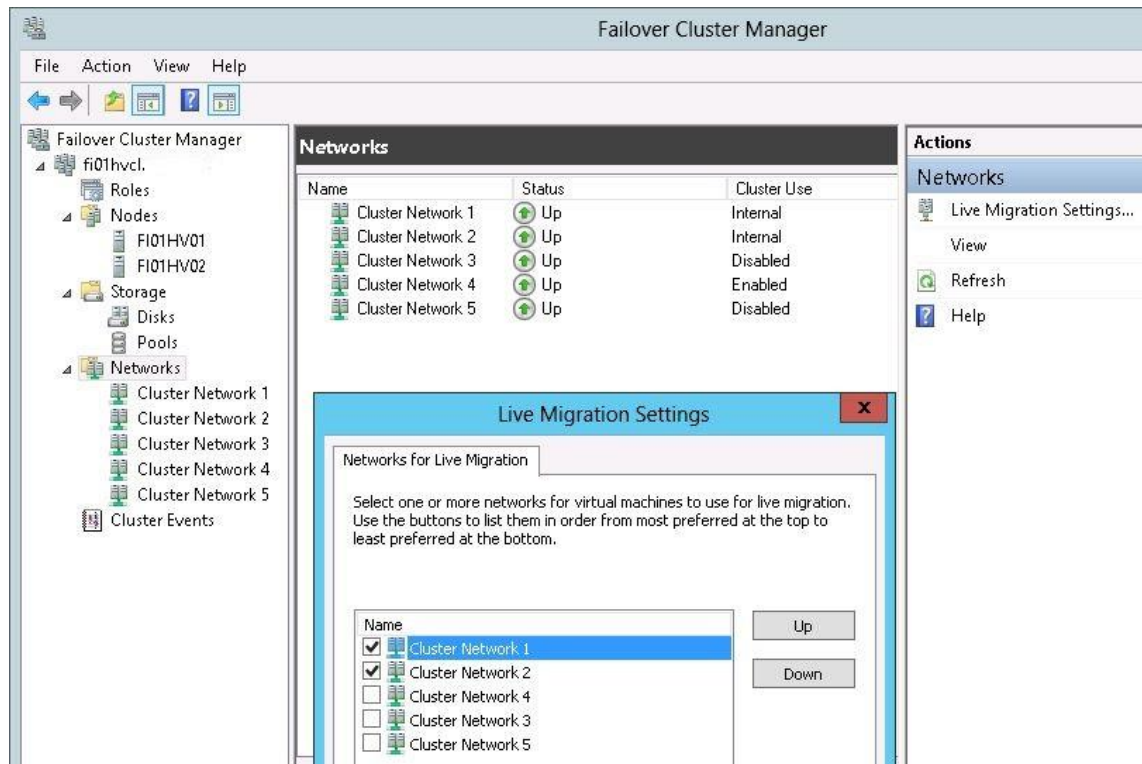
Live Migration -liikenteelle [47]. Prioriteettien konfigurointiin käytetyt komennot on esitetty kuvassa 8.

```
PS C:\Windows\system32> Get-ClusterNetwork "Cluster Network 2" >.Metric = 100
PS C:\Windows\system32> Get-ClusterNetwork "Cluster Network 1" >.Metric = 500
PS C:\Windows\system32> Get-ClusterNetwork "Cluster Network 4" >.Metric = 1000
PS C:\Windows\system32> Get-ClusterNetwork | ft Name, Metric, AutoMetric, Role
```

Name	Metric	AutoMetric
Cluster Network 1	500	False
Cluster Network 2	100	False
Cluster Network 3	79840	True
Cluster Network 4	1000	False
Cluster Network 5	70384	True

Kuva 8. Klusteriverkkojen prioriteettien konfigurointi.

Failover Cluster Managerilla voidaan sen sijaan määrittää ensisijainen verkko Live Migration -liikenteelle, kuten kuvassa 9 näkyy.

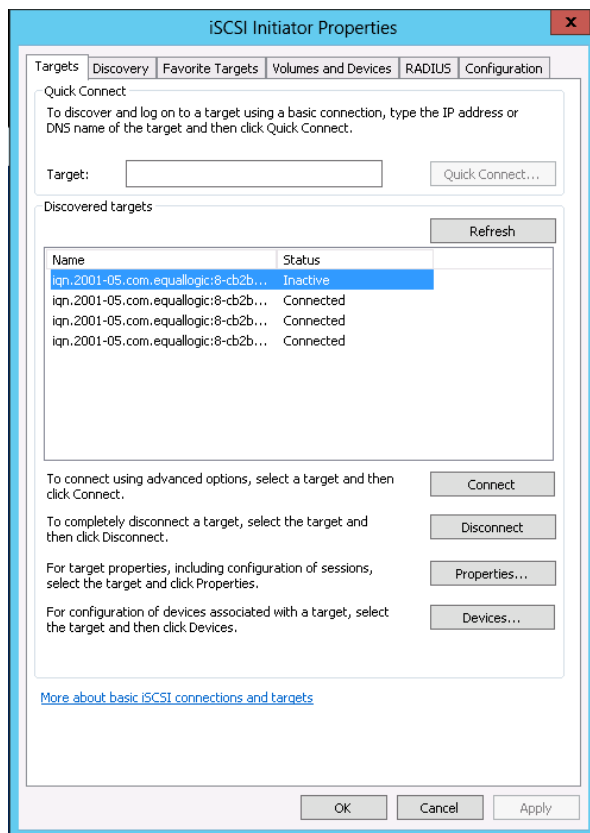


Kuva 9. Klusteriverkkojen määrittäminen Live Migration -liikenteelle.

Levyresurssien käyttöönotto isäntäpalvelimilla

LUN tulee ensin luoda levyjärjestelmässä ja sallia pääsy LUN:iin kaikille isäntäpalvelimille. Asennetussa ympäristössä on käytössä iSCSI-protokollaa hyödyntävä levyjärjestelmä, joten levyjärjestelmästä osoitetut LUN:t konfiguroitiin käyttöön hyödyntäen Win-

dows Server -palvelimilla olemassa olevaa iSCSI Initiator -sovellusta, joka on esitetty kuvassa 10. Sovelluksen Discovery-välilehdellä konfiguroitiin levyjärjestelmän IP-osoite. Tämän jälkeen Targets-välilehdellä näkyvät kaikki levyjärjestelmästä osoitetut LUN:t Inactive-tilassa. Näihin saadaan yhteys napsauttamalla Connect-painiketta ja valitsemalla, millaisin asetuksin yhteys muodostetaan. Vikasietoisuuden parantamiseksi isäntäpalvelinten LUN-yhteyksiä muodostaessa aktivoitiin asetuksista myös Multi-path I/O. Onnistuneen yhteyden muodostuksen jälkeen Connected-tilassa olevaa levyä voidaan hallita Disk Management -työkalulla isäntäpalvelimen sisäisten kiintolevyjen tapaan.



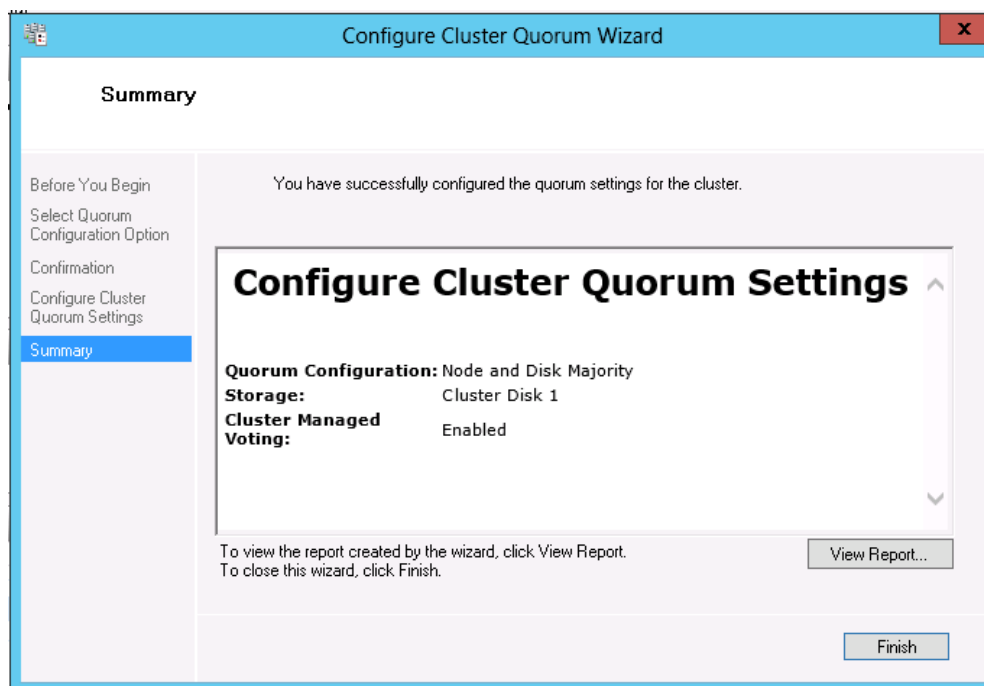
Kuva 10. iSCSI Initiator -sovellus.

Klusterin päätösvalta vikatilanteissa

Isäntäpalvelimen vikatilanteessa tarvitaan klusterissa riittävä päätösvalta vikaantuneen isäntäpalvelimen resurssien siirtoon toimiville isäntäpalvelimille. Quorumilla viitataan päätösvaltaisten jäsenten minimimäärään, jotta päätöksiä voidaan tehdä. Windows Server 2012 Failover -klusterissa kullakin isäntäpalvelimella on yksi ääni. Jos kahden palvelimen klusterissa siis isäntäpalvelimet ovat eri mieltä klusterin tilasta ei resurssien

siirtoon johtavia päätöksiä voidaan tehdä äänestyksen päättyessä mahdollisesti tasapeliin. Tasapelin ratkaisemiseksi klusteriin voidaan lisätä lisätodistajaksi levyresurssi (Disk Witness) tai tiedostojako, jolla on vikatilanteissa resurssien siirron suunnasta ratkaiseva ääni. Minimikoko Disk Witness -levylle on 512 MB. Sen on hyvä olla levyjärjestelmästä SAN-verkon yli osoitettu LUN, johon molemmilla isäntäpalvelimilla on tarvittaessa pääsy. [48.]

Disk Witness -levyn konfiguroimiseksi Failover-klusteriin isäntäpalvelimille osoitettiin levyjärjestelmästä ensin yksi 2 GB LUN, muodostettiin iSCSI Initiatorilla yhteys LUN:iin, LUN alustettiin Disk Management -työkalulla, luotiin sille NTFS-osio ja annettiin levykirjain Q. Tämän jälkeen levy lisättiin klusterin resurssiksi (Cluster Disk 1) sekä konfiguroitiin Disk Witness -levyksi Failover Cluster Manager -työkalulla. Cluster Quorum -asetukset tehtiin käyttäen suositeltuja asetuksia, minkä seurauksena Quorum-konfiguraatioksi päättyi Node and Disk Majority, kuten kuvasta 11 näkyy. Tämä viittaa siis siihen, että klusterin tilasta äänestettäessä päätösvaltaa käyttävät sekä isäntäpalvelimet että Disk Witness -levy.



Kuva 11. Cluster Quorum -asetusten konfigurointi.

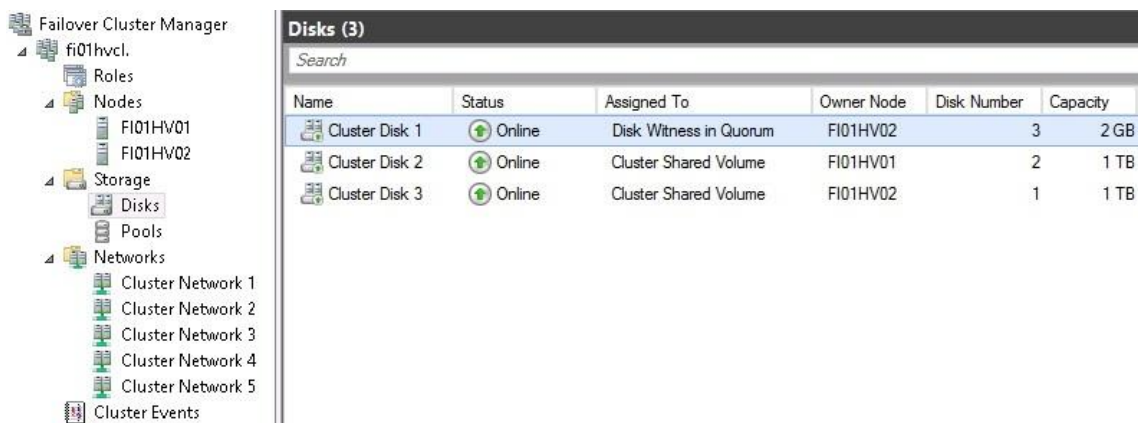
CSV-levyjen luominen

Cluster Shared Volumes (CSV) -levyjen käyttö mahdollistaa Windows Server 2012 Failover -klusterissa usean isäntäpalvelimen samanaikaiset luku- ja kirjoitusoperaatiot samalle LUN:lle. Vikatilanteissa tämä mahdollistaa nopean resurssien siirron vikaantuneelta palvelimelta klusterin muille jäsenille. CSV:n ensimmäinen versio oli käytettävissä Windows Server 2008:ssa. Windows Server 2012:n myötä CSV:sta on ilmestynyt versio 2.0, jossa ominaisuuksia on laajennettu sekä suorituskykyä parannettu. Server 2012 mahdollistaa CSV:n käytön Hyper-V -klustereissa sekä tiedostopalvelimissa. CSV-levyillä on käytettävä NTFS-tiedostojärjestelmää, sillä Windows Server 2012:ssa esitellyn vikasietoisemman tiedostojärjestelmän ReFS:n käyttö ei ole tuettua. [49.]

Vaikka CSV-levyt ovat Failover -klusterissa kaikkien isäntäpalvelinten käytettävissä, on kullakin levyllä aina omistaja eli coordinator node, joka vastaa tietynlaisten muutosten kirjoittamisesta levyille. Tämä on siis otettava huomioon isompia muutoksia CSV:lle tehtäessä, sillä tiettyjen kirjoitusoperaatioiden kiertäminen omistajan kautta saattaa hidastaa CSV:n suorituskykyä. Esimerkiksi suurten tiedostojen kopiointi CSV:lle kannattaa suorittaa levyn omistajan kautta. [49.]

CSV-levyjen kokoon tai määrään ei ole saatavilla selkeitä suosituksia tai rajoituksia. Microsoft suosittaa lähinnä, että Hyper-V käytössä samantyyppiset virtuaalilevyt sijoitetaan samoille CSV-levyille, esimerkiksi virtuaalikoneiden käyttöjärjestelmälevyt yhdelle CSV:lle ja datalevyt toiselle. Kokoa harkittaessa on mietittävä suorituskykyä ja otettava huomioon, millaiset sovellukset CSV:a käyttävät. Esimerkiksi SQL palvelimet suorittavat usein paljon kirjoitusoperaatioita levyille eli SQL-palvelimia sisältävien CSV-levyjen koko tulisi olla suhteessa pienempi, jotta järjestelmän suorituskyky pysyy hyvänä. [49.]

Asennettuun Failover-klusteriin otettiin alkuvaiheessa käyttöön kaksi 1 TB:n kokoista CSV-levyä, joihin virtuaalikoneiden kiintolevyt voidaan sijoittaa. LUN:t osoitettiin levyjärjestelmästä ja lisättiin klusteriin resurssiksi samaan tapaan kuin aikaisemmin kuvattu Disk Witness -levykin. Tämän jälkeen levyt otettiin osaksi CSV-levyjen joukkoa Failover Cluster Manager -työkalulla. Kummallekin isäntäpalvelimelle annettiin yksi CSV-levy omistukseen, kuten kuvasta 12 näkyy.



Kuva 12. Failover-klusterin käytössä olevat levyt.

CSV-levyt näkyvät kummallakin isäntäpalvelimella hakemistopolussa C:\ClusterStorage, kuten kuvasta 13 ilmenee.



Kuva 13. CSV-levyjen hakemistopolku isäntäpalvelimilla.

Se, ettei CSV-levyillä ole omia levykirjaimia, kuten Windows-palvelimen levyillä yleensä, asettaa omat haasteensa isäntäpalvelinten ylläpidolle. Esimerkiksi CSV-levyjen levytilan automaattinen valvonta on tavallista haasteellisempaa ja vaatii esimerkiksi skriptien käyttöä.

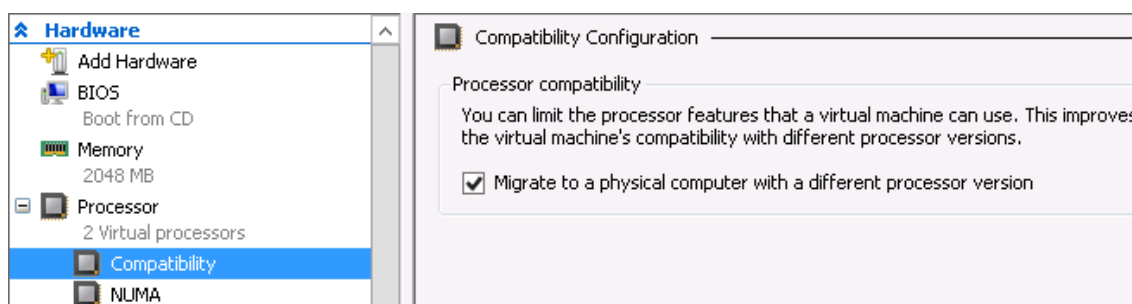
5 Windows Server 2012 Hyper-V Failover -klusterin operointi

Windows Server 2012 Hyper-V -klusterin operointiin ei välttämättä tarvita lisäyökaluja. System Center Virtual Machine Managerilla voidaan automatisoida ja nopeuttaa ympäristön ylläpitoa, mutta perustyökaluillakin saadaan jo toimiva ja vikasetoinen virtuaalisointiympäristö.

5.1 Virtuaalikoneiden lisääminen Failover-klusteriin

Kun Windows Server 2012 Hyper-V -klusteri on vihdoin valmis, voidaan se laittaa töihin eli asentaa uusia tai siirtää olemassa olevia Hyper-V -virtuaalikoneita klusteriin. Klusteriin lisättävien virtuaalikoneiden kiintolevyjen ja konfiguraatitiedostojen on suotavaa sijaita CSV-levyillä, jotta vikasietoisuus ongelmatilanteissa toteutuu. Uusi virtuaalikone voidaan luoda esimerkiksi Hyper-V- tai Failover Cluster Managerilla [37]. Windows Server 2012 toi mukanaan runsaasti uusia mahdollisuuksia virtuaalikoneiden konfigurointiin [50]. Seuraavat virtuaalikoneiden asetukset havaittiin toimiviksi asennetussa ympäristössä.

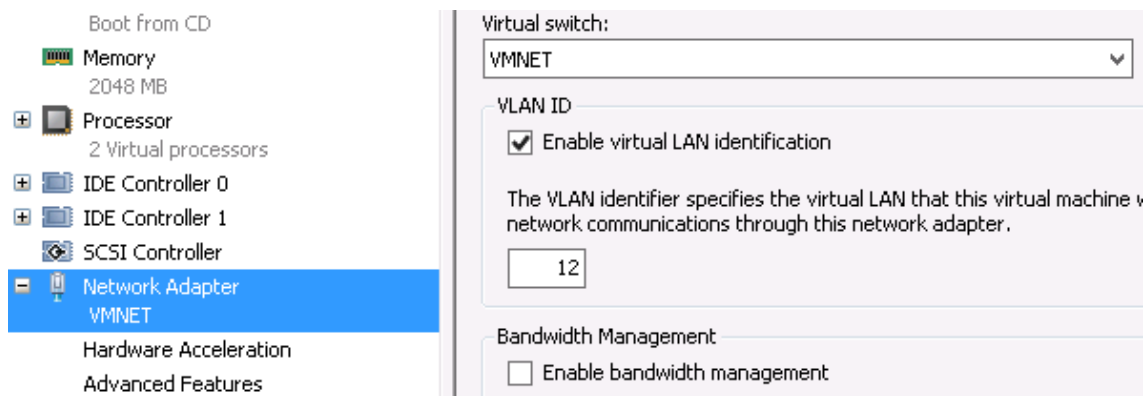
Virtuaalikoneen prosessorin asetuksista aktivoitiin mahdollisuus siirtää virtuaalikoneita eri prosessorin omaaville isäntäpalvelimille, kuten kuvasta 14 näkyy. Tällä haluttiin mahdollistaa virtuaaliympäristön laajentaminen myöhemmin lisäämällä isäntäpalvelimiä.



Kuva 14. Virtuaalikoneen prosessoriasetukset.

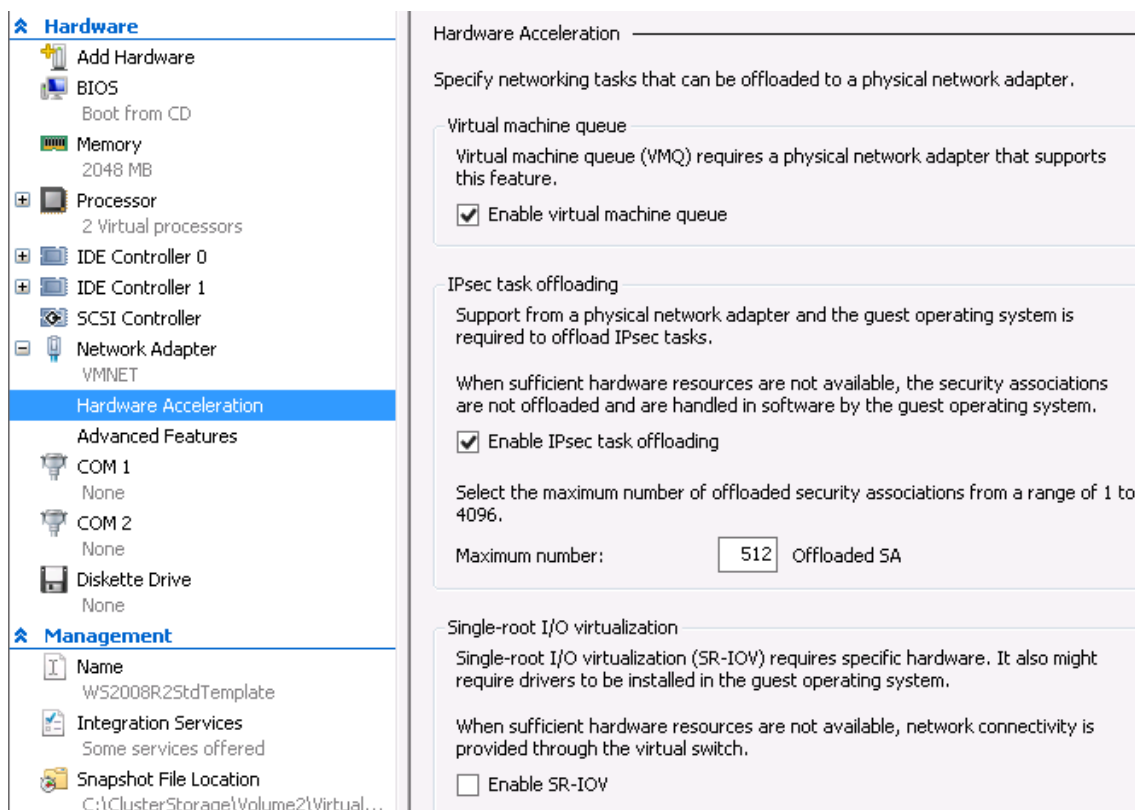
VMwaren virtualisointialustoista poiketen Hyper-V:n virtuaalikoneilla käyttöjärjestelmän sisältävän virtuaalisen kiintolevyn on pakko sijaita IDE-väylässä. Virtuaalikone ei muuten käynnisty laisinkaan. Muut kiintolevyt suositellaan lisättävän SCSI-väylään, joka mahdollistaa levyjen lisäämisen virtuaalikoneen ollessa käynnissä.

Virtuaalikoneet laitettiin käyttämään aikaisemmin luotua virtuaalista kytkintä (VMNET), kuten kuvasta 15 näkyy. Verkkosovittimen asetuksissa VLAN ID:lla määritettiin, missä verkossa kukin virtuaalikone sijaitsee.



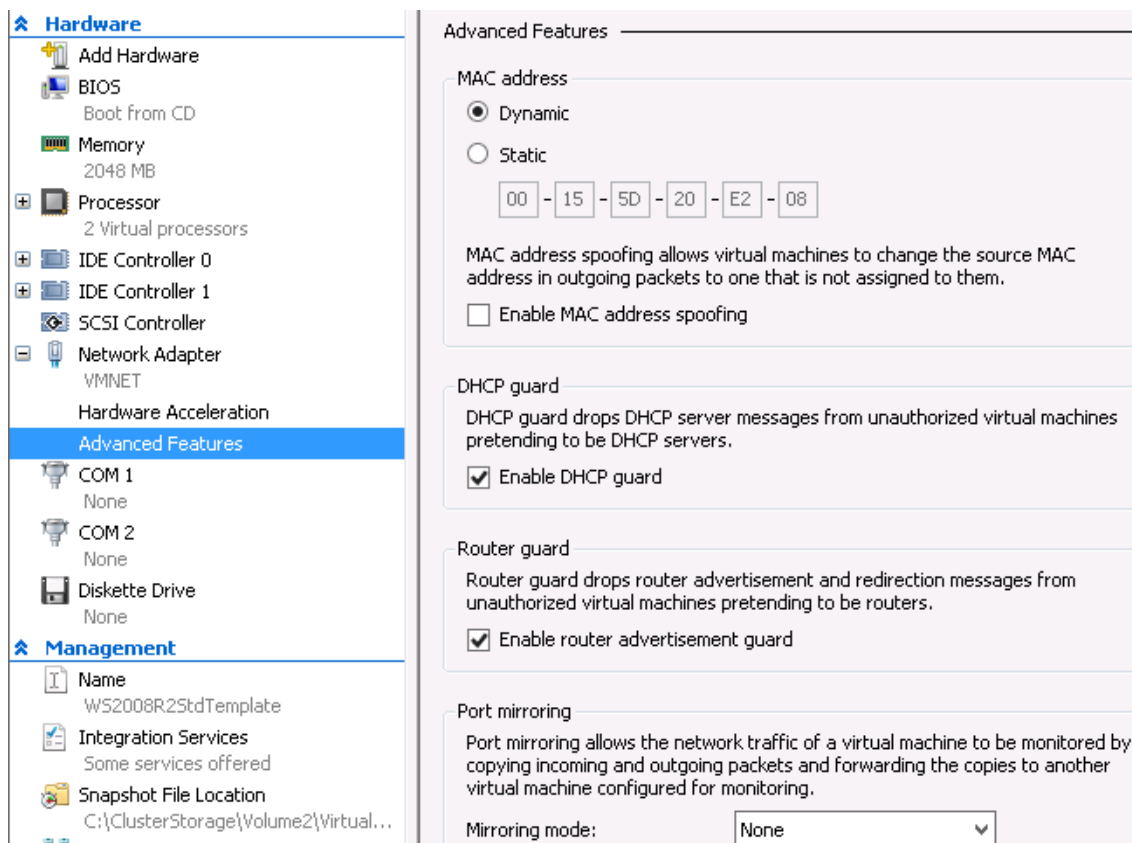
Kuva 15. Virtuaalikoneiden verkkosovittimen asetuksia.

Yksi Windows Server 2012:sta uusista suorituskykyä parantavista ominaisuuksista on Single-root I/O virtualization (SR-IOV), joka mahdollistaa virtuaalikoneen hyödyntävän suoraan isäntäpalvelimen verkkosovittinta ohittamalla tavallisesti välissä olevan virtuaalisen kytkimen. Tämä ominaisuus vaatii tuen isäntäpalvelimen verkkosovittimelta. Käytössä olleet isäntäpalvelimet eivät tätä ominaisuutta tukeneet [51], joten se jätettiin aktiivimatta, kuten kuvasta 16 näkyy.



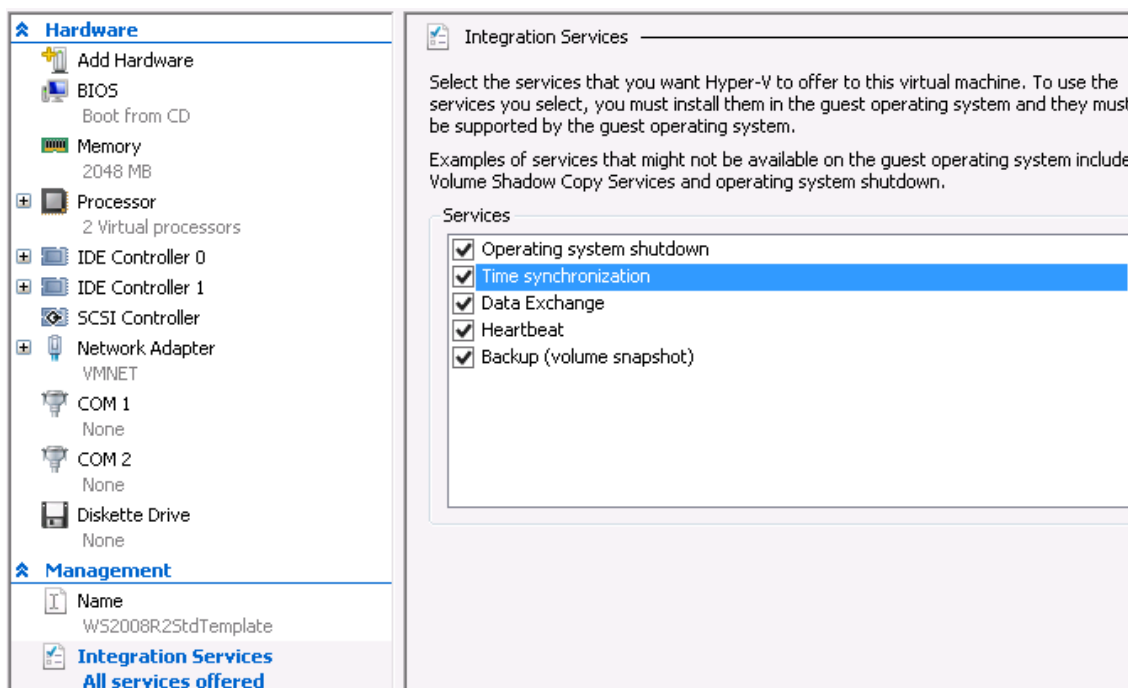
Kuva 16. Isäntäpalvelimen fyysisen verkkosovittimen ominaisuuksien hyödyntäminen virtuaalikoneiden verkkosovittimen asetuksissa.

Virtuaalikoneiden verkkosovittimien lisäasetuksista aktivoitiin DHCP guard sekä Router advertisement guard, kuten kuvassa 17 näky. Tämä vähentää häiriöitä virtuaalikoneen verkkoliikenteessä.



Kuva 17. Virtuaalikoneen verkkosovittimen lisäasetukset.

Hyper-V -isäntäpalvelin tarjoaa virtuaalikoneille tiettyjä suorituskykyä ja hallittavutta parantavia palveluita, mikäli virtuaalikoneelle on asennettu Hyper-V Integration Services -palvelut. Hyper-V -alustan päällä toimiville virtuaalisille Windows-palvelimille nämä asentuvat automaattisesti käyttöjärjestelmän asennuksen yhteydessä, mikäli virtuaalikoneiden asetuksista Integration Services on aktivoitu. Asennetun ympäristön virtuaalikoneiden asetuksissa aktivoitiin Integration Services -palvelut, kuten kuvasta 18 näkyy. Ainoastaan DC-palvelimilla ajan synkronointipalvelu (Time Synchronization) jätettiin aktivoimatta. Tässä lähinnä ajatuksena oli se, että toimialueen osana olevat virtuaalikoneiden palvelimet synkronoivat aikansa DC-palvelinten kanssa, jotka saavat aikansa luotettavasta aikälähteestä. Todennuksen kannalta on tärkeää, että toimialueen palvelinten aika on sama kaikilla palvelimilla. Tätä toiminnallisuutta ei haluttu lähteä sotkemaan tarjoamalla DC-palvelimille mahdollisuutta synkronoida aikaa myös isäntäpalvelinten kanssa [52].



Kuva 18. Virtuaalikoneiden Integration Services -asetukset.

5.2 Resurssien siirto Failover-klusterissa

Hyper-V Failover -klusterin olemassaolo mahdollistaa lähes katkottomien ylläpito-operaatioiden suorittamisen Failover Cluster Managerilla käynnissä oleville virtuaalikoneille. Live Migration -ominaisuudella virtuaalikoneen aktiivinen konfiguraatio voidaan siirtää isäntäpalvelimelta toiselle katkon jäädessä 1 Gbps -verkoissa huomaamattomaksi alle sekunnin pituiseksi [53]. Quick Migration -toiminteessa virtuaalikoneen sen hetkinen tila talletetaan, virtuaalikone sammutetaan lähdekoneella ja talletettu tila palautetaan aktiiviseksi toisella isäntäpalvelimellä. Virtuaalikoneen konfiguraatiosta riippuen tähän menee vain muutama sekunti. Storage migration tuli uutena ominaisuutena Windows Server 2012 Hyper-V:hen. Tämä mahdollistaa käynnissä olevan virtuaalikoneen kiintolevyjen siirron levyltä toiselle ilman havaittavaa katkoa virtuaalipalvelimen toiminnassa [54].

5.3 Isäntäpalvelinten päivittäminen

Tavallisesti Windows Failover -klusteriin osallistuvien palvelinten päivittäminen on tapahtunut manuaalisesti siirtämällä aktiiviset resurssit toiselle palvelimelle, päivittämällä

passiivisen palvelimen, suorittamalla palvelimen uudelleen käynnistyksen ja siirtämällä tämän jälkeen aktiiviset resurssit takaisin. Windows Server 2012:n mukana on tullut uusi ominaisuus Cluster-Aware Updating, joka automatisoi klusteripalvelinten päivityksen. Tämä mahdollistaa palvelinten automaattiset ajastetut päivitykset eli kaikki klusterin palvelimet päivitetään yksi vuorollaan. [55.]

6 System Center Virtual Machine Manager 2012 SP1

Tässä työssä oli alun perin tarkoitus päästä kokeilemaan virtuaaliympäristön hallintaa ja virtuaalikoneiden konversioita myös SCVMM 2012:lla [56]. Valitettavasti Windows Server 2012 Hyper-V:ta tukeva tuotantoversio SCVMM 2012 SP1:ta ei ole ehtinyt valmistumaan ajoissa, vaan julkaisu tapahtuu vuoden 2013 alussa, todennäköisesti tammikuussa. Osaan tulevan version ominaisuuksista pääsee tutustumaan asentamalla SCVMM 2012 SP1 Beta -version [57]. Tämän opinnäytetyön kirjoitushetkellä SP1:n julkaisutiedoissa [58] kerrotaan Betan sisältävän kymmeniä tunnettuja puutteita. Tämä havaittiin myös SCVMM 2012 SP1 Betaa testattaessa asennetussa ympäristössä. Testeistä ei raportoida tässä työssä.

Microsoftin mukaan tulevalla SCVMM 2012 SP1:lla voi hallita koko virtualisointiympäristöä. Tuotteella voidaan automatisoida virtuaalikoneiden lisäksi myös fyysisten isäntäpalvelinten asennuksia ja konfigurointia. SCVMM 2012 SP1 -dokumentaatiossa puhutaan paljon yksityisen pilven (Private Cloud) rakentamisesta ja hallitsemisesta [59]. Virtualisointiympäristön skaalautuvuuden mahdollisuuksia voidaan huomasti laajentaa asentamalla SCVMM 2012:n lisäksi System Center App Controller 2012 -palvelimen, joka tarjoaa keskitetyn hallintaliittymän sekä SCVMM 2012:een, että julkiseen Windows Azure -pilveen. App Controller mahdollistaa muun muassa virtuaalikoneiden siirtämisen yksityisestä pilvestä julkisen pilveen [60].

7 Virtuaalikoneiden konversiot

7.1 Konversiotyökalujen toimintaperiaatteet

Eri valmistajien virtualisointiohjelmistojen virtuaalikoneet eivät ole keskenään yhteensopivia. Tämä on täysin ymmärrettävää, sillä ohjelmistojen käyttämät virtualisointitek-

niikat ja laiteajuriarkkitehtuurit eroavat toisistaan. Yksinkertaistettuna yksittäinen virtuaalikone koostuu virtuaalisista kiintolevyistä, jotka sisältävät muun muassa asennetun käyttöjärjestelmän, sekä virtuaalikoneen konfiguraatiodietoista. Kun puhutaan virtuaalikoneiden konversiosta alustalta toiselle, tulee siis molemmat konvertoida lähteympäristöstä kohdeympäristöön.

Suurin osa konversiotyökaluista suorittaa ainoastaan kiintolevyjen konversioita lähdelevyltä kohdelevylle, jolloin uusi virtuaalikone tulee luoda käsin kohdeympäristöön. Tämän jälkeen tulee liittää konvertoitu kiintolevy manuaalisesti virtuaalikoneen käyttöön. Pisimmälle kehitetyt VMwaren ja Microsoftin työkalut osaavat huolehtia koko virtuaalikoneen konversiosta alusta loppuun. Ainoat merkittävät asetukset, jotka katoavat aina konversiossa, ovat virtuaalikoneiden verkkokorttien staattiset IP-osoitteet. Palvelimissa käytetään usein staattisia IP-osoitteita, joten konvertoitu virtuaalikone ei ole automaattisesti toimintakykyinen konversion jälkeen ilman manuaalista IP-osoitteiden konfigurointia.

7.2 Windows-palvelimen yhdistäminen NFS-jakoon

Virtuaalikoneiden konversiot suoritettiin VMware vSphere 4.1 -tuotantoympäristöstä asennettuun ja aikaisemmin kuvattuun Windows Server 2012 Hyper-V -ympäristöön. VMwaren virtualisointiympäristö koostui VMware vCenter 4.1 -palvelimesta, VMware ESXi 4.1 -isäntäpalvelimistä sekä NetApp FAS3140 -levyjärjestelmästä. Kaikki verkko-laitteet oli yhdistetty samoihin kytkimiin kuin aikaisemmin kuvattu Windows Server 2012 Hyper-V -ympäristökin. ESXi-isäntäpalvelimille oli osoitettu levyt levyjärjestelmästä NFS-jakoina.

Windows-palvelimelle asennettavalla konversiotyökalulla tulee olla pääsy lähdetiedostoihin, jotta konversioiden suorittaminen on mahdollista. Perusasetuksilla Windows-palvelin ei osaa lukea Unix- ja Linux-järjestelmien laajasti käyttämiä NFS-jakoja. Tällöin konversion suorittamiseksi tulee virtuaalikoneen kiintolevyt kopioida ensin levyjaolle, johon Windows-palvelimella on pääsy, ja tämän jälkeen vasta suorittaa konversio kohdelevylle. Tämä on ylimääräinen vaihe, joka kuluttaa turhaan aikaa. Tämän välttämiseksi Windows-palvelimelle voidaan asentaa Server Managerilla Services for Network File System Feature, jonka avulla NFS-jakoihin on mahdollista päästä käsiksi.

Services for Network File System Featuresin asennuksen jälkeen haasteeksi jää todennus. Toimialueeseen kuuluvat Windows palvelimet käyttävät todennukseen DC-palvelinten Active Directorya. VMware-alustan levyjärjestelmiä ei ole tavallisesti tarvetta konfiguroida hyödyntämään muita kuin paikallisia todennusmenetelmiä. Tämä oli tilanne myös lähdeympäristössä. Todennushaaste kierrettiin konfiguroimalla konversi-
on ajaksi levyjärjestelmän NFS-jaot käyttämään anonyymia todennusta. Tällöin siis konversiota suorittaville Windows-palvelimille oli sallittu pääsy NFS-jaolle ilman käyttäjätunnuksia palvelinten IP-osoitteiden perusteella. Suositeltavampi tapa on konfiguroida levyjärjestelmä hyödyntämään olemassa olevien toimialuepalvelinten Active Directorya todennukseen.

Myös Windows-palvelinten NFS-kommunikaatiosta vastaava Client for NFS -palvelu tarvitsi konfigurointia, jotta anonyymien todennuksen hyödyntäminen onnistui yhdistäessä NFS-jakoihin. Oletusasetuksilla Windows-palvelin käyttää sisäänkirjautuneen käyttäjän tunnuksia ottaessaan yhteyttä verkosta löytyviin resursseihin. Client for NFS -palvelun asetusten muokkaus onnistui Registry Editorilla. Rekisterihaaraan *HKEY_LOCAL_MACHINE\Software\Microsoft\ClientForNFS\CurrentVersion\Default* tuli lisätä kaksi DWORD arvoa: *AnonymousUid* ja *AnonymousGid*, sekä määrittää niiden arvoksi 0. Tämän jälkeen Windows-palvelin tuli käynnistää uudelleen, jotta asetukset tulevat voimaan.

Virtuaalilevyjen konversiotyökalut vaativat, että virtuaalikiintolevyt sisältävä lähdelevyjako näkyy Windows-palvelimessa levykirjaimella. Tämä onnistuu esimerkiksi suorittamalla komentokehoteessa komento [61]:

```
mount -o anon \\10.0.0.1\volume D:
```

jossa *10.0.0.1* on levyjaon IP-osoite ja *D* Windows-palvelimen levykirjain, jona levyjako tulee palvelimelle näkyviin. Tämän komennon voi peruuttaa komennolla: *umount -a*.

7.3 Työkalut kiintolevyjen konversioon

VMware käyttää virtuaalikoneidensa kiintolevyille VMDK-tiedostomuotoa. Microsoft on käyttänyt perinteisesti VHD-tiedostomuotoa, mutta Windows Server 2012:sta myötä ilmestyi vikasietoisempi ja paremmin skaalautuva VHDX-tiedostomuoto. Kaikki testatut konversiotyökalut suorittivat kiintolevyjen konversion VHD-muotoon. Tämän jälkeen

konversio VHDX-muotoon onnistuu esimerkiksi Hyper-V Managerilla. Konversio VHD->VHDX oli selvästi nopeampi suorittaa kuin VMDK->VHD konversio.

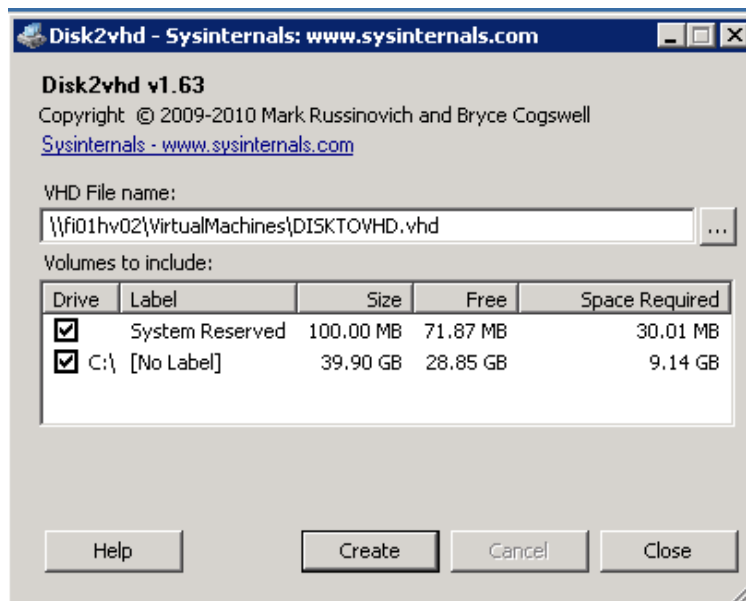
VMwaren virtuaaliset kiintolevyt ovat yleisesti ottaen Thin- tai Thick-muodossa. Thin viittaa siihen, että VMDK-tiedoston koko levyjärjestelmässä kasvaa dynaamisesti sitä mukaa, kuin virtuaalikone täyttää kiintolevyään. Esimerkiksi virtuaalikoneen asetuksissa on voitu määrittää, että koneelle on allokoitu 40 GB:n Thin-kiintolevy. Virtuaalikone näkee levyn 40 GB:n kokoisena. Levyjärjestelmässä tämän VMDK-tiedoston koko lähtökohtaisesti on alle 1 GB. VMDK-tiedoston koko kasvaa sitä mukaa, kun virtuaalikone täyttää levyään. Vastaavan Thick-muotoisen virtuaalilevyn koko ei muutu, vaan on heti virtuaalilevyn luomisen jälkeen 40 GB. Microsoftin käyttämille virtuaalisille kiintolevyille (VHD ja VHDX) vastaavat termit ovat Dynamic (Thin) ja Fixed Size (Thick).

Ennen lähteenä toimivan virtuaalikoneen käyttöjärjestelmälevyn (C-asema) konversiota VMware Tools -palvelut tulee poistaa virtuaalikoneelta. Poiston jälkeen tulee suorittaa virtuaalikoneelle kaksi uudelleen käynnistystä. Mikäli poistoa ei tehdä, tulee mahdollisesti ongelmia käytettäessä konvertoitua virtuaalikonetta Hyper-V -alustalla, sillä VMware Tools-palveluiden poisto virtuaalikoneesta on haasteellista virtuaalikoneen toimiessa muualla kuin VMwaren isäntäpalvelimella. VMware Tools -palvelut vastaavat Hyper-V -alustan virtuaalikoneelle tarjottavia luvussa 5.1 kuvattuja Integration Services -palveluita.

Disk2VHD on Microsoft Windows Sysinternalsin tuottama ilmainen työkalu Windows-käyttöjärjestelmän käyttämien levyjen konvertointiin VHD-muotoon. Konversio suoritetaan käynnissä olevasta fyysisestä tai virtuaalisesta Windows-koneesta käyttöjärjestelmän Volume Snapshot -ominaisuutta hyödyntäen [62]. Kohdelevy voi olla esimerkiksi verkkojako Hyper-V -isäntäpalvelimella. Konversiota suorittaessa lähdepalvelimen toiminta on syytä rauhoittaa konversiolle eli sulkea palvelimen roolin kannalta aktiiviset palvelut, sillä ei ole toivottavaa, että lähdedata muuttuu konversion aikana.

Disk2VHD havaittiin testissä erittäin nopeaksi ja toimivaksi työkaluksi. Käyttöliittymä on yksinkertainen, kuten kuvasta 19 näkyy. Vaatimuksena toki on, että lähdepalvelimelta on pääsy verkon välityksellä kohdepalvelimen levyjaolle. Disk2VHD:n hienous on siinä, että kohdepalvelimelle konversiossa syntyvä VHD-tiedosto on dynaamisessa muodossa ja tiedoston koko on ainoastaan lähdekoneen levyllä käytössä olevan datamäärän

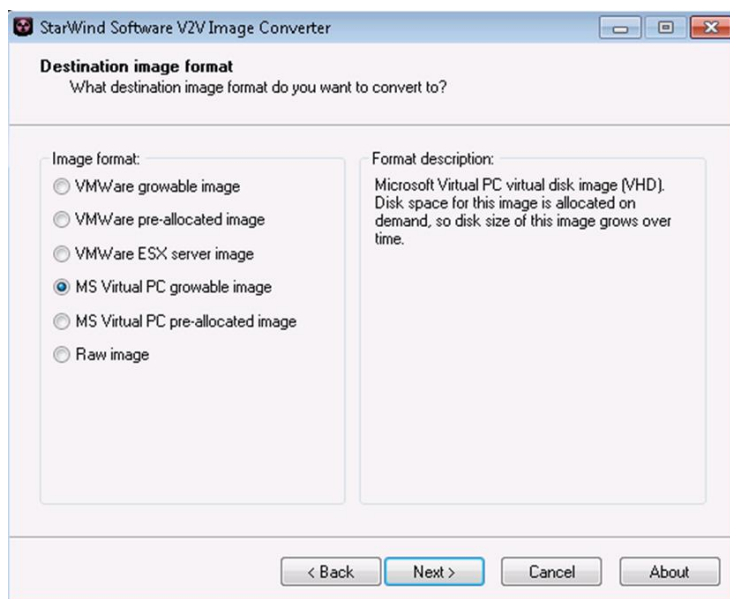
verran. Näin ollen verkossa ei siirry turhaa dataa, eikä tyhjiä sektoreiden kirjoittamiseen kohdelevylle kulu aikaa.



Kuva 19. Disk2VHD:n toimiva ja yksinkertainen käyttöliittymä.

StarWind V2V Converter on StarWind Softwaren ilmainen V2V Converter –ohjelma, joka mahdollistaa VMDK-tiedostojen konvertoinnin VHD-tiedostoiksi ja päinvastoin. Ohjelma suorittaa konversion kopiaamalla dataa sektori sektorilta [63]. Konversioaikojen kannalta optimaalisin ratkaisu on asentaa ohjelma sille Hyper-V -isäntäpalvelimelle, jonka omistuksessa kohdelevy on. Isäntäpalvelimelle tulee myös mahdollistaa pääsy VMDK-tiedostot sisältäviin NFS-jakoihin esimerkiksi luvussa 7.2 kuvatulla tavalla.

Ennen virtuaalikoneen käyttöjärjestelmälevyn konversiota tulee VMware Tools -palvelut poistaa sekä virtuaalikone sammuttaa. Mahdolliset virtuaalikoneen tilannevedokset (snapshot) tulee myös poistaa, sillä VMDK-tiedostojen konversio ei onnistu levyistä, joista on olemassa tilannevedoksia. Konversion tuloksena syntyvät VHD-tiedostot voivat olla joko dynaamisessa tai Fixed Size -muodossa, kuten kuvasta 20 ilmenee. Dynaamisen virtuaalilevyn käyttö lyhentää merkittäväällä tavalla konversioaikoja, kun verkon yli siirretään ja kohdelevylle kirjoitetaan ainoastaan käytössä oleva data.



Kuva 20. StarWind V2V Converter -ohjelman konversiomahdollisuudet.

StarWind V2V Converter havaittiin nopeimmaksi työkaluksi konvertoida VMDK-tiedostoja VHD-tiedostoiksi.

VMDK2VHD on ilmainen vuonna 2006 ilmestynyt työkalu VMDK-tiedostojen konversiioon VHD-tiedostoiksi [64]. Työkalun toimintaperiaate on samankaltainen kuin StarWind V2V Converter -ohjelmalla. *VMDK2VHD* ei vaalitetavasti toiminut Windows Server 2012 -palvelimella, joten sen toimintaa ei käytännössä päästy testaamaan.

7.4 Työkalut Windows-palvelinten konversioon

Tätä kirjoitettaessa Windows Server 2012 on ollut markkinoilla vasta kuukauden, joten monikaan valmistaja ei ole ohjelmistotukea vielä ehtinyt saamaan valmiiksi. Pelkän virtuaalilevyn konversio ei ota kantaa levyn sisältämään käyttöjärjestelmään, mutta kokonaisten virtuaalikoneiden konversioon käytettävät työkalut tarvitsevat tuen viimeisimmille käyttöjärjestelmille, sillä ne luovat konversion aikana uuden virtuaalikoneen kohteena olevalle isäntäpalvelimelle. Seuraavassa on kerrottu muutamasta ohjelmasta, jotka mahdollistavat VMware virtuaalikoneiden konversion Hyper-V alustalle. Toiseen suuntaan virtuaalikoneiden konversio onnistuu esimerkiksi VMware vCenter Converter Standalone ohjelmistolla [65].

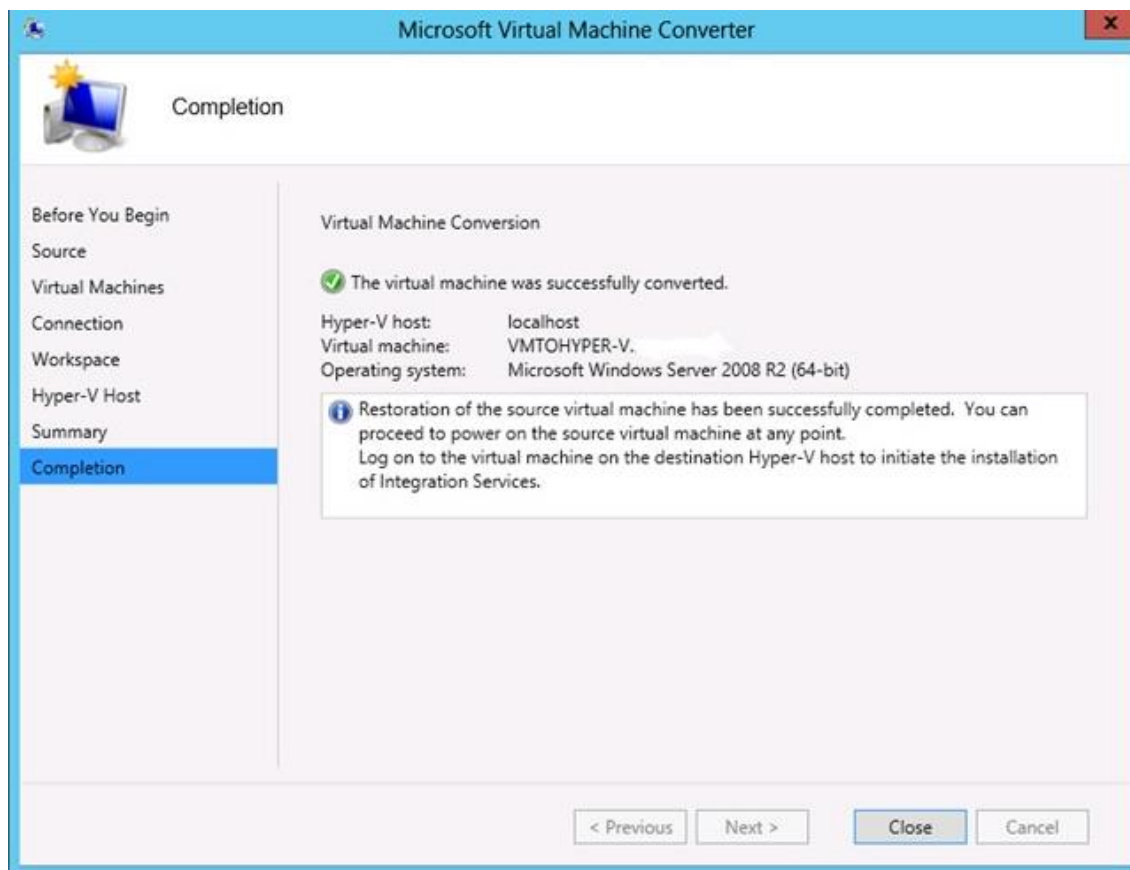
SCVMM 2012 SP1 ei ole vielä ilmestynyt, kuten luvussa 6 jo todettiin, eikä konversioiden suorittamista sen avulla siis päästy vielä testaamaan. Periaatteessa SCVMM:n avulla voidaan suorittaa sekä fyysisten, että virtuaalisten Windows-koneiden konversiota Hyper-V -virtuaalikoneiksi. Virtuaalikoneiden konvertointi VMware alustalta vaatii VMware vCenter -palvelimen olemassaolon. Ennen virtuaalikoneen konversiota SCVMM-ohjelmalla VMware Tools -palvelut on poistettava ja virtuaalikone on sammutettava [66].

Microsoft Virtual Machine Converter (MVMC) on vuonna 2012 julkaistu ilmainen työkalusarja, joka on suunniteltu VMware-virtuaalikoneiden konvertointiin Hyper-V -alustalle. Työkalusarjassa on kolme työkalua: Microsoft Virtual Machine Converter Solution Accelerator, Microsoft Virtual Machine Converter Plug-in for VMware vSphere Client sekä komentokehote VMDK-tiedostojen konvertointiin VHD-tiedostoiksi. [67;68.]

MVMC Solution Accelerator on Windows-palvelimelle asennettava ohjelma, joka suorittaa VMware vSphere 4.1 ja 5.0 virtuaalikoneen konversion Hyper-V 2008 R2- ja 2012 -alustalle lähes täydellisesti. Ainoastaan virtuaalikoneen verkkosovittimen konfigurointi on suoritettava manuaalisesti konversion jälkeen. Lähdekoneen tulee olla käynnissä konvertoinnin onnistumiseksi. Palvelimen, jolle MVMC on asennettu, tulee olla osa samaa toimialuetta kuin kohteena olevan Hyper-V -isäntäpalvelimen. [67.]

Microsoft Virtual Machine Converter Plug-in for VMware vSphere Client on VMware vSphere Clientiin asennettava lisäosa, jonka toiminnallisuudet ovat vastaavat kuin Solution Acceleratorin. vSphere Clientiin integroitava lisäosa on käytettävyydeltään näppärämpi kuin erikseen asennettava ohjelma. vSphere Clientissä on myös kätevää laittaa useampi virtuaalikone konvertoitumaan samaan aikaan, mikäli verkon kapasiteetti tämän sallii.

MVMC:n käyttöliittymä näkyy kuvassa 21. MVMC ottaa konversion alussa yhteyden VMware vCenter tai ESXi isäntäpalvelimeen, ottaa konversion kohteena olevasta virtuaalikoneesta tilannevedoksen, poistaa VMware Tools -palvelut lähdekoneelta, sammuttaa virtuaalikoneen, tekee virtuaalikoneesta pakatun OVF-templaten konversiota suoritettavan palvelimen paikalliselle levyille, palauttaa lähteenä olevan virtuaalikoneen alkuperäiseen tilaan, konvertoi virtuaalilevyt VHD-muotoon ja luo virtuaalikoneen kohteena olevalle Hyper-V -isäntäpalvelimelle. VHD-muotoiset levyt kannattaa konvertoida edelleen manuaalisesti VHDX-muotoon.



Kuva 21. Microsoft Virtual Machine Converter Solution Acceleratorin käyttöliittymä.

MVMC on selvästi automaattisin testatuista konversiotyökaluista. Aikaa konversion suorittamiseen MVMC:lla menee aina kaksi kertaa enemmän kuin virtuaalilevyjen konversiotyökaluilla, jotka osaavat konvertoida lähdelevyn kohdelevylle ilman välitilaa (Workspace). Välitilaruokien takia konversiota suorittavalla palvelimella on oltava levytilaa vapaana kaksi kertaa lähdelevyjen verran.

5nine V2V Easy Converter on 5nine Softwaren ilmainen työkalu, joka konvertoi Windows-, Ubuntu- ja CentOS-virtuaalikoneita VMware-isäntäkoneelta Hyper-V 2008 R2 -isäntäkoneelle [69]. Tukea Hyper-V 2012:sta ei siis vielä ole, eikä työkalua päästy käyttäntönessä testaamaan. Ennen virtuaalikoneen konversiota 5nine V2V Easy Converter -ohjelmalla VMware Tools -palvelut on poistettava ja virtuaalikone on sammutettava.

Double-Take Move on Vision Solutions Inc. yrityksen kaupallinen ohjelmisto [70] Windows-palvelimen alustan vaihtoon korkeintaan muutaman minuutin katkolla. Ohjelmistosta ei ollut tarjolla ilmaista kokeiluversiota tai tukea Windows Server 2012:sta, mutta

valmistajan mukaan Double-Take Movella onnistuu Windows-käyttöjärjestelmän siirtäminen alustasta toiseen riippumatta siitä onko lähde- tai kohdekone fyysinen vai virtuaalinen. Double-Take Move on lähtökohtaisesti hinnoiteltu migraatio-operaation mukaan, eli ohjelmiston käyttö tulee kysymykseen lähinnä kriittisten palvelinten osalta, joille tuntien tuotantokatkot eivät ole hyväksyttäviä virtualisointialustan vaihdon takia.

Sekä lähde- että kohdepalvelimelle asennetaan Double-Take Moven agentti, joka kommunikoi migraation ajan Double-Take Move -palvelimen kanssa. Lähdekone on koko migraation ajan käynnissä ja voi hoitaa palvelutehtävänsä samalla kun data toisiintuu (replication) kohdekoneelle. Lähdekone sammutetaan vasta kun kaikki data ja koko Windows-palvelimen tila on synkronoitu reaaliaikaisesti kohdepalvelimen kanssa. Tämän jälkeen kohdepalvelin käynnistetään uudelleen ja verkkoasetukset konfiguroidaan vastaamaan lähdepalvelimen asetuksia. Näin ollen kokonaiskatkoajaksi migraatio-operaatiolle jää ainoastaan muutama minuutti. [71.]

Microsoft Virtual Machine Migration Toolkit (VMMT) on työkalupakin nimi, jolla Microsoftin konsultointi ja muutamat koulutetut partnerit ovat suorittaneet suurten yli sata virtuaalikoneita sisältävien VMware-ympäristöjen pitkälle automatisoituja migraatioita Hyper-V 2008 R2 -alustalle hyödyntäen erilaisia työkaluja ja komentosarjoja (script). Työkalupakki koostuu Microsoftin System Center Virtual Machine Managerista ja Orchestratorista, kokoelmasta komentosarjoja sekä Veeam Backup and Reporter -ohjelmistosta. VMMT:n hyödyntäminen vaatii paljon erityisosaamista, ja se on ollut saatavilla Microsoftin kautta ainoastaan muutamassa maassa. VMMT:ta käyttäessä konvertoitava virtuaalikone on pidettävä sammutettuna sekä uuden virtuaalikoneen verkkoasetukset on konfiguroitava manuaalisesti [72;73;74]. VMMT tarjoaa lähinnä siis keinon automatisoida satojen virtuaalikoneiden migraatioita. Konversion aiheuttamaan palvelukatkon pituuteen yksittäisen virtuaalikoneen osalta VMMT ei tuo helpotusta Double-Take Moven tavoin.

7.5 Linux-virtuaalikoneiden konversio

Windows Server 2012 Hyper-V tukee virallisesti muutamia Linux jakeluita virtuaalikoneena: CentOS 6.0-6.3, Red Hat Enterprise Linux 6.0-6.3 ja SUSE Linux Enterprise Server 11 SP2 [26]. Muidenkin Linux-jakeluiden ajaminen Hyper-V -alustalla on mahdollista. Kokeilemalla selviää, mikä toimii ja mikä ei. Tässä työssä testattiin virtuaalisen

Fedora 10 -virtuaalikoneen konversiota VMware-alustalta Hyper-V -alustalle. Fedora on RPM-pohjainen Linux -jakelu, joka pohjautuu Red Hat Enterprise Linuxiin [75]. Ei siis tullut suurena yllätyksenä, että myös Fedora 10 toimii hyvin myös Hyper-V -alustalla.

VMwaren alustalla toimivan Linux-virtuaalikoneen konversio Hyper-V -alustalle on luontaisinta suorittaa konvertoimalla VMDK-virtuaalilevy VHD-muotoon esimerkiksi StarWind V2V Converterilla. Toimivaksi havaittu tapa suorittaa Linux-käyttöjärjestelmän sisältävän VMware-virtuaalikoneen konversio Hyper-V -alustalle on kuvattu liitteessä 1. Tässä oletetaan, että VMware virtuaalikoneessa on ollut IDE-väylään liitetty CD/DVD-asema sekä SCSI-väylään liitetyt kiintolevyt. Hyper-V -virtuaalikoneessa Linuxin käynnistysosion sisältävä kiintolevy tulee olla IDE-väylässä ja loput levyt voivat sijaita SCSI-väylässä.

8 Yhteenveto

Mikäli yrityksellä on käytössä lähinnä Windows Server -palvelimia, toimivat Windows Server 2012:n alhaisemmat lisensointikustannukset taloudellisena kannusteena siirtymiseen VMwaren virtualisointialustalta Microsoftin Hyper-V -alustalle. Windows Server 2012 Hyper-V ei häviä markkinajohtaja VMwaren vSphere 5.1 -alustalle skaalautuvuudessa eikä ominaisuuksissa. Virtuaalikoneiden käyttöjärjestelmätuki on toki kapeampi Hyper-V:ssä kuin VMwaren alustalla.

Windows Server 2012 Hyper-V -klusterin asennus sujui ilman haasteita, ja se havaittiin varsin suoraviivaiseksi operaatioksi. Windows Server 2012 Hyper-V toi mukanaan paljon uusia ominaisuuksia ja mahdollisuuksia liittyen virtuaalikoneiden asetuksiin sekä virtuaalisten kytkinten ominaisuuksiin. Osa ominaisuuksista, kuten esimerkiksi luvussa 5.1 kuvattu SR-IOV, vaativat fyysisten isäntäpalvelinten tai levyjärjestelmien tuen, joten ennen asennusten aloittamista kannattaa varmistaa laitevalmistajien sivuilta, mitkä kaikki ominaisuudet ovat tuettuja.

Tämän insinööriyön suorittamisen aikaan Windows Server 2012 oli ollut markkinoilla vasta kuukauden. Tästä huolimatta asennuksissa ja testeissä tuote havaittiin vakaaksi ja toimivaksi virtualisointialustaksi. Harva sovellus kuitenkaan vielä virallisesti tukee uutta käyttöjärjestelmää, mikä asettaa omat haasteensa esimerkiksi ympäristön varmistusratkaisujen suunnittelulle. Myöskään virtualisointiympäristöjen hallintaan suun-

nattu Microsoftin SCVMM 2012 ei vielä tue Hyper-V 2012:ta, vaan tuki tulee vasta SP1:n myötä, todennäköisesti tammikuussa 2013.

Virtuaalikoneiden konversiotyökalut kärsivät myös Windows Server 2012 tuen puutteesta. Ainoa Windows Server 2012 Hyper-V:tä tukeva kokonaisten virtuaalikoneiden konversioon tarkoitettu työkalu tällä hetkellä on Microsoft Virtual Machine Converter. MVMC havaittiin testeissä hitaaksi mutta pitkälle automatisoiduksi työkaluksi VMwaren alustalta Hyper-V:hen siirtymiseen. Nopeammin ja paremmalla käyttöjärjestelmien yhteensopivuudella konversioitehtävästä suoriutuivat pelkkien kiintolevyjen konversioon tarkoitetut työkalut, joita käyttäessä uusi virtuaalikone on luotava manuaalisesti.

Käytettäessä VMwaren ja Microsoftin tukemia virtuaalikoneiden käyttöjärjestelmäversioita konversiossa ei niinkään ole haasteena konversiotekniikka, vaan konversioon kuuluva aika. Virtuaalikoneiden konversiossa on kyse kymmenien tai satojen gigatavujen lukemisesta lähdelevyltä, siirrosta tietoverkon välityksellä ja kirjoittamisesta kohdelevylle. Konversion ei havaittu vaativan konversiota suorittavalta palvelimelta runsaasti CPU tehoa tai muistikapasiteettia. Ainoa tapa merkittävästi nopeuttaa konversiota on nostaa tietoverkon siirtokapasiteettia tai levyjärjestelmän nopeutta. Nämä ovat aina kalliita investointeja.

Gloaalissa taloudessa kriittisten palvelinten on yhä enenemässä määrin kyettävä tuottamaan palveluita vuorokauden ympäri seitsemän päivää viikossa. Mistä löytyy konversioiden teon pahimmillaan vaatima tuntien aika ja kuka konversiot suorittaa? Yksikään työkaluista ei ollut täysin automaattinen, eli ylläpitäjien toimenpiteitä vaaditaan aina konvertoitujen palvelimien verkkoasetusten konfigurointiin. Tarvitaankin lisää Double-Take Moven kaltaisia ohjelmia, jotka lupaavat mahdollistavansa Windows-palvelimen alustan vaihtamisen reaaliajassa ja vain muutaman minuutin käyttökatkolla.

Lähteet

- 1 Knuutinen, Jarkko. x86-pohjaisten palvelimien virtualisointi. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. 2008.
- 2 Martikainen, Joonas. Virtualisointi Microsoft Hyper-V:llä. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. 2011.
- 3 Laitinen, Jani. Virtualisoidun tietoverkon toteuttaminen. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. 2011.
- 4 Hulkkonen, Henri. Virtualisointi. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu. 2012.
- 5 Tiirikka, Tomi. Microsoft Hyper-V, Käyttöönotto. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu. 16.5.2012.
- 6 x86. 2012. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/X86>>. Luettu 11.9.2012.
- 7 Hypervisor, 2012. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://en.wikipedia.org/wiki/Hypervisor>>. Luettu 11.9.2012.
- 8 VMware, 2012. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://en.wikipedia.org/wiki/Vmware>>. Luettu 11.9.2012.
- 9 x86 virtualization. 2012. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/X86_virtualization>. Luettu 11.9.2012.
- 10 Comparison of platform virtual machines. 2012. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_platform_virtual_machines>. Luettu 11.9.2012.
- 11 Magic Quadrant for x86 Server Virtualization Infrastructure. 26.5.2010. Verkkodokumentti. Gartner. <<http://www.gartner.com/technology/media-products/reprints/vmware/article4/article4.html>>. Luettu 16.9.2012.
- 12 Magic Quadrant for x86 Server Virtualization Infrastructure. 11.6.2012. Verkkodokumentti. Gartner. <<http://www.gartner.com/technology/reprints.do?id=1-1AWDKK7&ct=120613&st=sb>>. Luettu 16.9.2012.
- 13 Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2), 2012. Verkkodokumentti. Amazon. <<http://aws.amazon.com/ec2>>. Luettu 16.9.2012.

- 14 Microsoft Azure. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://www.windowsazure.com>>. Luettu 16.9.2012.
- 15 Cloud computing. 2012. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing>. Luettu 16.9.2012.
- 16 VMware vSphere Hypervisor. 2012. Verkkodokumentti. VMware. <<http://www.vmware.com/products/vsphere-hypervisor>>. Luettu 17.9.2012.
- 17 Microsoft Hyper-V Server 2012. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://www.microsoft.com/en-us/server-cloud/hyper-v-server>>. Luettu 17.9.2012.
- 18 VMware vSphere 5 Competitive Reviewer's Guide. 2012. Verkkodokumentti. VMware. <<http://www.vmware.com/files/pdf/VMware-vSphere-Competitive-Reviewers-guide-WP-EN.pdf>>. Luettu 17.9.2012.
- 19 Why Hyper-V? - Competitive Advantages of Windows Server 2012 Hyper-V over VMware vSphere 5.1. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <http://download.microsoft.com/download/0/E/3/0E38E6AD-0ADF-4ADC-AABC-40820CC8374B/Competitive_Advantages_of_Windows_Server_2012_Hyper-V_over_VMware_vSphere_5.0.pdf>. Luettu 18.9.2012.
- 20 Total Cost Comparison: VMware vSphere vs. Microsoft Hyper. 2012. Verkkodokumentti. VMware. <http://www.vmware.com/files/pdf/principled_technologies_vmware_vs_microsoft_tco.pdf>. Luettu 20.9.2012.
- 21 VMware vSphere 5: Licensing, Pricing and packaging. 2012. Verkkodokumentti. VMware. <http://www.vmware.com/files/pdf/vsphere_pricing.pdf>. Luettu 20.9.2012.
- 22 VMware vSphere Pricing, 2012. Verkkodokumentti. VMware. <<http://www.vmware.com/products/datacenter-virtualization/vsphere/pricing.html>>. Luettu 20.9.2012.
- 23 Windows Server 2012 Licensing Data Sheet, 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <http://download.microsoft.com/download/0/4/B/04BD0EB1-42FE-488B-919F-3981EF9B2101/WS2012_Licensing-Pricing_Datasheet.pdf>. Luettu 18.9.2012.
- 24 Microsoft System Center 2012 Licensing Datasheet. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://download.microsoft.com/download/1/1/1/11128EC7-2BE7-480C-9D46-4ECECA9E481A/System%20Center%202012%20Licensing%20Datasheet.pdf>>. Luettu 20.9.2012.
- 25 Microsoft Server Virtualization Tool. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://servervirtualization.cloudapp.net>>. Luettu 20.9.2012.

- 26 Hyper-V Overview. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft.
<<http://technet.microsoft.com/en-us/library/hh831531.aspx>>. Luettu 24.9.2012.
- 27 Dell VMware vSphere Performance Best Practices. 2012. Verkkodokumentti. Dell. <<http://en.community.dell.com/techcenter/virtualization/w/wiki/dell-vmware-vsphere-performance-best-practices.aspx>>. Luettu 24.9.2012.
- 28 Advanced Configuration and Power Interface. 2012. Verkkodokumentti. Wikipedia,
<http://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Configuration_and_Power_Interface>. Luettu 24.9.2012.
- 29 Flow Control. 2012. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Flow_control_%28data%29>. Luettu 24.9.2012.
- 30 Jumbo frame. 2012. Verkkodokumentti. Wikipedia,
<http://en.wikipedia.org/wiki/Jumbo_frame>. Luettu 24.9.2012.
- 31 Deploy Hyper-V over SMB. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft.
<<http://technet.microsoft.com/library/jj134187>>. Luettu 1.10.2012.
- 32 Nested RAID levels. 2012. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Nested_RAID_levels>. Luettu 24.9.2012.
- 33 RAID Disk Space Calculator. 2012. Verkkodokumentti. ICC. <<http://www.icc-usa.com/raid-calculator.php>>. Luettu 24.9.2012.
- 34 Hyper-V Offloaded Data Transfer Overview. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft.
<<http://technet.microsoft.com/en-us/library/hh831375.aspx>>. Luettu 25.9.2012.
- 35 Understanding Microsoft Offloaded Data Transfer on EqualLogic arrays. 2012. Verkkodokumentti. Dell.
<<http://content.dell.com/us/en/enterprise/d/business~solutions~whitepapers~en/Documents~microsoft-offloaded-data-transfer-equallogic.pdf.aspx>>. Luettu 25.9.2012.
- 36 Parikaapeli. 2012. Verkkodokumentti. Wikipedia,
<<http://fi.wikipedia.org/wiki/Parikaapeli>>. Luettu 26.9.2012.
- 37 Install the Hyper-V Role and Configure a Virtual Machine. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/hh846766.aspx>>. Luettu 26.9.2012.
- 38 Hyper-V Virtual Switch Overview. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft.
<<http://technet.microsoft.com/en-us/library/hh831823.aspx>>. Luettu 26.9.2012.

- 39 Network Virtualization technical details, 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/jj134174>>. Luettu 26.9.2012.
- 40 NIC Teaming Overview. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/hh831648.aspx>>. Luettu 26.9.2012.
- 41 Windows Server 2012 NIC Teaming (LBFO) Deployment and Management. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=30160>>. Luettu 27.9.2012.
- 42 Installing and Configuring Microsoft iSCSI Initiator. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/ee338480%28v=WS.10%29.aspx>>. Luettu 27.9.2012.
- 43 Multipath I/O Overview. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc725907.aspx>>. Luettu 27.9.2012.
- 44 Introduction to Active Directory Domain Services (AD DS) Virtualization (Level 100). 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-US/library/hh831734.aspx>>. Luettu 1.10.2012.
- 45 Deploy Active Directory Domain Services (AD DS) in Your Enterprise. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/hh472160.aspx>>. Luettu 1.10.2012.
- 46 Failover Clustering Overview. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/hh831579.aspx>>. Luettu 1.10.2012.
- 47 Building Your Cloud Infrastructure: Non-Converged Data Center Configuration. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/hh831559.aspx>>. Luettu 2.10.2012.
- 48 Configure and Manage the Quorum in a Windows Server 2012 Failover Cluster. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/jj612870>>. Luettu 1.10.2012.
- 49 Use Cluster Shared Volumes in a Windows Server 2012 Failover Cluster. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/jj612868>>. Luettu 2.10.2012.
- 50 Feature Comparison: Windows Server 2008 R2 Hyper-V and Windows Server 2012 Hyper-V. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <http://download.microsoft.com/download/2/C/A/2CA38362-37ED-4112-86A8-FDF14D5D4C9B/WS%202012%20Feature%20Comparison_Hyper-V.pdf>. Luettu 3.10.2012.

- 51 Dell Supported Platforms for Windows Server 2012 SR-IOV Feature. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://en.community.dell.com/techcenter/os-applications/w/wiki/3459.dell-supported-platforms-for-windows-server-2012-sr-iov-feature.aspx>>. Luettu 3.10.2012.
- 52 Running Domain Controllers in Hyper-V. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <http://technet.microsoft.com/en-us/library/virtual_active_directory_domain_controller_virtualization_hyperv%28v=ws.10%29.aspx>. Luettu 4.10.2012.
- 53 Virtual Machine Live Migration Overview. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/hh831435.aspx>>. Luettu 4.10.2012.
- 54 Virtual Machine Storage Migration Overview. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/hh831656.aspx>>. Luettu 4.10.2012.
- 55 Cluster-Aware Updating Overview. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/hh831694.aspx>>. Luettu 4.10.2012.
- 56 Technical Documentation for System Center 2012 - Virtual Machine Manager. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=6346>>. Luettu 4.10.2012.
- 57 System Center 2012 Service Pack 1 Beta. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=34607>>. Luettu 4.10.2012.
- 58 Release Notes for System Center 2012 SP1 - Virtual Machine Manager. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/jj656801.aspx>>. Luettu 4.10.2012.
- 59 What's New in System Center 2012 - Virtual Machine Manager. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/gg671825.aspx>>. Luettu 4.10.2012.
- 60 What's New for App Controller in System Center 2012 Service Pack 1. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/jj605414.aspx>>. Luettu 4.10.2012.
- 61 Mounting an NFS shared resource to a drive letter. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc754350.aspx>>. Luettu 4.10.2012.
- 62 Disk2vhd v1.63. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/sysinternals/ee656415.aspx>>. Luettu 5.10.2012.

- 63 StarWind V2V Converter. 2012. Verkkodokumentti. StarWind Software. <<http://www.starwindsoftware.com/converter>>. Luettu 5.10.2012.
- 64 Vmdk2Vhd. 2012. Verkkodokumentti. <<http://vmtoolkit.com/files/folders/converters/entry8.aspx>>. Luettu 7.10.2012.
- 65 VMware vCenter Converter Standalone 5.x Documentation. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <https://www.vmware.com/support/pubs/converter_pubs.html>. Luettu 4.10.2012.
- 66 How to Convert VMware Virtual Machines to Hyper-V. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/gg610672.aspx>>. Luettu 7.10.2012.
- 67 Microsoft Virtual Machine Converter Solution Accelerator. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=34591>>. Luettu 8.10.2012.
- 68 Microsoft Virtual Machine Converter. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/hh967435.aspx>>. Luettu 8.10.2012.
- 69 5nine V2V Easy Converter. 2012. Verkkodokumentti. 5nine. <<http://www.5nine.com/vmware-hyper-v-v2v-conversion-free.aspx>>. Luettu 7.10.2012.
- 70 Double-Take Move - Migrations Made Easy. 2012. Verkkodokumentti. Vision Solutions. <<http://www.visionsolutions.com/Products/DT-Move.aspx>>. Luettu 8.10.2012.
- 71 Double-Take Move. 2012. Verkkodokumentti. <<http://www.bcap.com.au/en/Products/DoubleTakeMove.aspx>>. Luettu 8.10.2012.
- 72 Migrate from VMware. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://www.microsoft.com/en-us/server-cloud/datacenter/virtualization-migration.aspx>>. Luettu 13.10.2012.
- 73 Virtual Machine Migration Toolkit. 2012. Verkkodokumentti. <<http://www.hyper-v.nu/archives/hvredevoort/2012/04/virtual-machine-migration-toolkit>>. Luettu 13.10.2012.
- 74 Case Study: Pella - Window Maker Improves IT Service Delivery, Efficiency with Hyper-V Private Cloud. 2012. Verkkodokumentti. Microsoft. <http://www.microsoft.com/casestudies/Case_Study_Detail.aspx?CaseStudyID=710000001055>. Luettu 13.10.2012.

- 75 Fedora (operating system). 2012. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Fedora_%28operating_system%29>. Luettu 4.10.2012.

Linux-virtuaalikoneen konversio Hyper-V -alustalle

1. Poista VMWare Toolsit Linux-virtuaalikoneelta.
2. Asenna "Development Tools". Jos kyseessä RHEL, CentOS tai Fedora: yum groupinstall "Development Tools".
3. Asenna kernelin kirjastot. Jos kyseessä RHEL, CentOS tai Fedora: yum install kernel-headers.
4. Sammuta Linux-virtuaalikone.
5. Konvertoi virtuaalikoneen VMDK-tiedostot VHD-tiedostoiksi esimerkiksi StarWind V2V Converterilla.
6. Konvertoi VHD-tiedostot VHDX-tiedostoiksi.
7. Luo uusi Linux-virtuaalikone Hyper-V -alustalle ja liitä VHDX-levyt virtuaalikoneeseen. Käytä verkkosovittimena Legacy Network Adapteria.
8. Käynnistä Linux-virtuaalikone.
9. Poista tiedot vanhasta verkkosovittimesta. Jos kyseessä RHEL, CentOS tai Fedora: rm /etc/udev/rules.d/70-persistent-net.rules.
10. Konfiguroi uudelle verkkosovittimelle IP-osoite.
11. Lataa Hyper-V -isäntäkoneelle Linux Integration Services Version 3.4 for Hyper-V -asennusmedia: <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=34603>.
12. Lisää Integration Services -asennusmedia Linux-virtuaalikoneen CD/DVD-asemaan Hyper-V Managerilla ja aja Linux -virtuaalikoneella komento: mount /dev/cdrom /media.

13. Asenna Integration Services CD-asemalta. Esimerkiksi Fedora 10:lle asennus tapahtui komennolla: `/media/CDROM/RHEL58/install-rhel58.sh`.

14. Käynnistä Linux-virtuaalikone uudelleen.

HUOM! Linux-virtuaalikone toimii Hyper-V -alustalla ilman Integration Services -asennustakin. Integration Services -asennus lähinnä parantaa virtuaalikoneen hallittavuutta ja suorituskykyä.