

Undersökning av möjligheter för implementering av virtuella informationsteknologier på Svenska litteratursällskapet i Finland

Erik Lindholm

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Informations- och Medieteknik
Identifikationsnummer:	3960
Författare:	
Arbetets namn:	Undersökning av möjligheter för implementering av virtuella informationsteknologier på Svenska litteratursällskapet i Finland
Handledare (Arcada):	Johnny Biström
Uppdragsgivare:	Svenska litteratursällskapet i Finland
<p>Sammandrag:</p> <p>Arbetet fungerar som en undersökning av möjligheter för implementering av virtuella informationsteknologilösningar för slutanvändare på Svenska Litteratursällskapet i Finland med beaktande för litteratursällskapets behov, förväntningar och nuvarande infrastruktur. Främst tas i beaktande det redan anskaffade virtuella servermiljön och erfarenheter av dess användning och uppsättningsskede. Eftersom virtualisering är ett relativt nytt begrepp och få företag i dagens läge har erfarenhet av denna teknologi är det nödvändigt att noggrant undersöka olika funktionsprinciper och lösningar inom denna teknologi. Arbetet är indelat i fyra delar varav den första delen beskriver främst nuvarande infrastrukturen och problem som sällskapet förväntar att kunna lösa med hjälp av virtualisering. Del två presenterar de mest centrala komponenter som de olika virtualiseringslösningarna använder sig av. Del tre går in på helheter som de största leverantörer erbjuder för tillfället och del fyra utvärderar hur dessa lösningar passar för sällskapet. Syftet med detta arbete är att ge en överblick av helheten inom virtualiseringsteknologin och hjälpa Svenska litteratursällskapet inför vidare undersökningar, eventuell anskaffning och i bruk tagning av virtualiseringsteknologi. Huvudsakligen kan man dela in moderna virtualiseringslösningar in i tre olika kategorier, dessa är applikationsvirtualisering, delvis virtualisering och full virtualisering. Alla dessa kategorier har egna för och nackdelar, men dock är ingen av dessa kategorier överlägsen. Arbetet går genom lösningar som är utvecklade av företagen Microsoft, Citrix och VMware samt behandlar lösningarna med öppen källkod utvecklade i Linux miljön. Arbetet är främst en litteraturstudie men baserar sig även på erfarenhet från det redan anskaffade virtuella servermiljö.</p>	
Nyckelord:	Svenska litteratursällskapet i Finland, virtualisering, VMware, Citrix, Hypervisor, applikationsvirtualisering, Tunn klient, ESXi
Sidantal:	
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Information and Media technology
Identification number:	3960
Author:	Erik Lindholm
Title:	Research of possibilities of implementation of virtualization technologies at Svenska litteratursällskapet i Finland
Supervisor (Arcada):	Johnny Biström
Commissioned by:	Svenska litteratursällskapet i Finland
<p>Abstract:</p> <p>This thesis works as a research for possibilities of implementation of virtualization information technologies at Svenska litteratursällskapet i Finland (SLS) with considerations of the organization's needs, expectations and current infrastructure. Current, already acquired server virtualization solution and the experience of its implementation are taken into account. Because of virtualization is a relatively new technology it is necessary to research different functionality principles and solutions of it. The thesis is divided into four parts of which the first part primarily describes the current infrastructure and problems which SLS is expecting to solve using virtualization. Part two presents the most central components which different virtualization solutions are using. Part three goes into complete solutions which are offered by the largest suppliers at the moment and part four evaluates how these solutions fit for SLS. The main purpose with this thesis is to give a view of virtualization technologies and help SLS to begin further research possible acquisition and commissioning of virtualization technology. Mainly one can divide modern virtualization solutions into three different categories, those are application virtualization, partial virtualization and full virtualization. All these categories have own advantages and disadvantages though none of them is superior to another. The thesis describes solutions manufactured by Microsoft, Citrix and VMware, also solutions with open source code developed in Linux environment. The thesis is mainly a literature study but also bases on experience of the already acquired virtual server environment.</p>	
Keywords:	Svenska litteratursällskapet i Finland, virtualization, VMware, Citrix, Hypervisor, application virtualization, Thin Client, ESXi
Number of pages:	
Language:	
Date of acceptance:	

INNEHÅLL / CONTENTS

Figurer / Figures	6
1 Inledning.....	8
1.1 Syfte och mål.....	10
1.2 Existerande miljö	11
1.3 Utvärdering av behov	12
2 Presentation av komponenter och termer	14
2.1 Allmänt om virtuella datormiljöer	14
2.1.1 Säkerhetskopiering (snapshot).....	15
2.1.2 Teleportering	15
2.1.3 Resursfördelning	16
2.2 Centrala Komponenter	18
2.2.1 Hypervisor	18
2.2.2 Virtual Desktop Infrastructure.....	19
2.2.3 Thin Client	19
2.3 Virtualiseringprinciper.....	20
2.3.1 Applikationsvirtualisering.....	20
2.3.2 Full virtualisering.....	21
2.3.3 Terminal Services.....	21
3 Presentation av olika alternativ	22
3.1 VMware	22
3.1.1 ESXi.....	22
3.1.2 Horizon View	23
3.1.3 vCloud.....	24
3.2 Linux.....	24
3.2.1 Linux Terminal Server Project.....	24
3.2.2 Kernel-based Virtual Machine	24
3.3 Citrix	25
3.3.1 VDI-in-a-box	25
3.3.2 XenDesktop.....	26
4 Undersökning och resultat.....	27
4.1 Prisuppskattningar.....	27
4.2 Administrationskrav	27
4.3 Slutsats.....	29
4.4 Diskussion	30

FIGURER / FIGURES

Figur 1 Visualisering av en ESXi klusters användning av processorn.....	16
Figur 2 Visualisering av en ESXi klusters användning av RAM- minne.....	17
Figur 3 En karta över hela klustret, inklusive tre fysiska servedatorer och de virtuella datorerna för varje server.....	18
Figur 4. En enligt företaget Citrix traditionell VDI.....	26
Figur 5. Företagets Citrix VDI lösning.....	26

FÖRORD

Jag skulle vilja tacka Svenska litteratursällskapet i Finland r.f. för att ha gett mig en chans att uppleva en riktig IT-miljö från en administrators synvinkel och för erfarenheten av att arbeta med ett sådant. Dessa tre år har gett mig en inblick på alla delområden av en större IT-infrastruktur och hjälpt att hitta nya intresseområden inom denna bransch.

Allt detta skulle inte ha varit möjligt utan medieingenjörsutbildningen på Arcada, som har gett mig förutom färdigheter i problemlösning även kunskapen att samarbeta med slutanvändarna och viljan att utveckla teknik att vara tillgängligt och effektivt med tanke på informationsflöde och bekvämlighet.

1 INLEDNING

Svenska Litteratursällskapet i Finland r.f. är en organisation på ca 150 anställda som producerar, arkiverar och digitaliserar för det mesta skriftligt material men även ljud och video. Denna verksamhet har med tiden börjat utsätta IT-avdelningen för stora utmaningar. Förutom att nödvändig IT-utrustning blir allt dyrare i samband med att organisationen växer, har även mängden av arbete ökat och orsakat ett stort behov av snabba och effektiva lösningar.

När jag började mitt arbete på Svenska Litteratursällskapet som IT- assistent, bestod sällskapets serverpark av sex stycken fysiska serverdatorer. En av dem körde huvudsakligen IBM:s Domino -miljö som innehöll de mest centrala funktionerna, sådana som dokumenthantering, e-post, kalender, projektuppföljning, inventarieregister m.m. Två serverdatorer användes för bokförings- och affärsprogramvara på var sin dator. Dessa program var tvungna att ha var sin serverdator eftersom risken var för stor för att bli utan dessa två ifall den fysiska datorn skulle gå sönder. Dessutom använde sällskapet sig av en skild filserver, databasserver och en webbserver.

Alla dessa miljöer och tjänster som dessa serverdatorer erbjöd var utsatta för stor risk och dessutom kunde inte stängas av utan driftsstopp av tjänsterna. Detta i sin tur gjorde alla uppdateringar av programvara och hårdvara var mycket komplicerade och utfördes gärna endast ifall det inte fanns någon annan utväg.

Säkerhetskopiering var ett annat problematiskt aspekt i denna miljö. Den sköttes med hjälp av programmet Norton Backup Exec, och filerna som programmet producerade skrevs ytterligare på LTO magnetband en gång i veckan. Detta krävde manuellt arbete och noggrann uppföljning, vilket är tidskrävande. Dessutom är det omöjligt att utföra sökningar och läsa filer på ett LTO- band före man kopierar hela LTO- bandets innehåll till en hårddisk, därför är det mycket svårt att verifiera data som är skriven på dem och återställa enskilda filer inom en rimlig tid.

Dessa IT -avdelningens dagliga rutiner var svåra att acceptera och det visade sig att virtualisering av serverdatorer skulle eliminera dem. Detta ledde till att sällskapet skaffade sig en virtualservermiljö. Men detta inspirerade IT-avdelningen att gå vidare och tanken bakom virtualisering av arbetsstationerna föddes.

Under de senaste åren har servermiljön uppdaterats, och nuförtiden körs alla servrar i en VMware Virtual Center -miljö. Detta har underlättat administrationen eftersom virtuella servrar är lätta att skapa och säkerhetskopiera. Dessutom har det visat sig att kostnaderna blir mindre eftersom VMware Center är bättre på att utnyttja serverdatorernas resurser.

I samband med denna positiva erfarenhet fick personalen på IT-avdelningen en tanke om att det skulle kunna kanske varje möjligt att virtualisera de anställdas arbetsstationer på ett dylikt sätt. I dagens läge får alla anställda på Sällskapet en bärbar dator med all nödvändig sidutrustning såsom replikator, skärm och annat kringutrustning. Eftersom kraven på datorerna ständigt blir högre, uppdateras dessa bärbara datorer med tre års mellanrum vilket innebär stora kostnader. Dessutom finns det en hel del datorer och programvara som används sporadiskt och det finns inget behov för konstant hög prestanda.

Detta problem skulle kunna lösas genom att ha en centraliserad servermiljö, en som till sin funktionsprincip liknar den redan existerande servermiljön, men som skulle erbjuda användarna virtuella arbetsstationer. De anställda skulle kunna klara sig med endast en mycket enkel dator som är kapabel att skapa en fjärrskrivbordsanslutning till sin egen virtualdator på servern. Eftersom alla beräkningar utförs på serversidan behöver inte användaren någon effektiv dator och kan tilldelas de resurser som behövs för tillfället. Det existerar redan dylika lösningar och en hel del leverantörer som erbjuder dessa. Dock är de gjorda på olika sätt och kostnaderna samt administrationskraven varierar.

1.1 Syfte och mål

Detta arbetets syfte är att undersöka vilka lösningar det existerar inom virtualiseringsteknologin samt vilka skillnader de har och ifall det är lönsamt för Litteratursällskapet att ta i bruk en eller flera av dessa lösningar. Vad som är lönsamt beror inte endast på priset, trots att detta är en mycket viktig aspekt, men även på administrationskrav och hållbarhet. Resultaten jämförs främst med den nuvarande lösningen där alla får en bärbar dator.

Varje anställd på Svenska Litteratursällskapet får en bärbar dator, en 24 tums skärm, mus och tangentbord, samt en replikator för att kunna ta med sig sin bärbara dator utan att behöva koppla ifrån någon av enheterna. Det finns två modeller av bärbara datorer som en användare kan få. Den ena är ett dyrare alternativ som är avsedd för användare som ofta är tvungna att bära sina datorer med sig och den andra är större och används mera som en stationär dator.

Stationära datorer har i sin tur tagits helt och hållet ur bruk, eftersom de inte ger lika mycket möjligheter för en slutanvändare som en bärbar dator. Dock har priset för de bärbara datorerna varit oroväckande, speciellt med tanke på att de blir snabbt gamla till skillnad från de stationära, som oftast har en längre livslängd.

Ett annat problem har varit svårigheten att i förväg kunna bestämma hurdan datorkapacitet en användare kommer att behöva och dessutom att utvärdera detta beslut efteråt, vilket är i praktiken omöjligt i dagens läge.

Efter att SLS har tagit i bruk virtualiseringsteknologin på serverdatorerna har det kommit upp en tanke att denna teknologi har en hel del fördelar som skulle kunna vara effektiva ifall man skulle kunna virtualisera användardatorer. Priset för datorerna skulle minimeras eftersom de skulle då endast behöva en s.k. tunn klient, vars pris kan variera mellan 50-300 €. Datorns kapacitet kan minskas eller ökas enligt användarens behov och tiden som används för administrationen för bärbara datorer skulle minimeras, eftersom nästan all fysiskt arbete kan elimineras och för att tunna klienter har egentligen ingen data lagrat på sig som kräver administration

De mest ineffektiva investeringarna är datorerna i mötesrum och kundutrymmen dit utomstående kan komma på besök för att se våra digitala arkiv som inte är tillgängliga via internet än. Dessa datorer används mycket sällan och aldrig till sin fulla kapacitet. Till största delen visar de PowerPoint -presentationer eller statiska webbsidor. Dock finns det behov att ibland kunna visa en video eller presentera någon programvara, därför måste dessa maskiner vara relativt effektiva. Tanken är att undersöka ifall vi skulle kunna virtualisera åtminstone dessa datorer.

1.2 Existerande miljö

För att kunna rätt planera en miljö är det viktigt att definiera krav som uppfylls för tillfället och se till att dessa planeras in i den nya miljön. Det finns ca 115 anställda på Svenska Litteratursällskapet. Antalet varierar eftersom många anställda har tidsbundna kontrakt och anställs för kortare projekt. Uppgifterna som utförs på datorerna varierar enligt avdelning. Utöver det finns det fyra datoriserade mötesrum och 4 till är på kommande.

För tillfället använder sig Svenska Litteratursällskapet av en virtuell servermiljö. Helhetens leverantör är företaget EMC. Virtuella servrar administreras av en VMware ESXi 5.1 hypervisor som använder sig av tre stycken fysiska serverdatorer och ett SAN - hårddiskkluster. Alla komponenter är i kontakt med varandra via en optisk fiberkanal och kommunikationen går via switchar som är speciellt optimerade för kommunikationen mellan dessa enheter. Bandbredden mellan servrarna och skivsystemet är 10 Gbit/s. Användarna får en anslutning med bandbredden 1 Gbit/s.

Huvudsaklig programvara som alla användare får:

Microsoft Office, IBM Lotus Notes, FileMaker, Adobe Reader, Adobe Flash Player, Java, Mozilla Firefox, Microsoft Outlook + Lync

Annan programvara som används:

Olika versioner av Adobe Creative Suite och dess enskilda produkter, främst Adobe Photoshop; Programvara för personligt bruk, sådan som Winamp, Spotify, DropBox, Google Chrome och dylikt.

1.3 Utvärdering av behov

Beställaren önskade att först testa att virtualisera datorerna i mötesrum och kunddatorer. Orsaken till detta är att dessa datorer är minst använda av alla och har minsta resurskrav. Genom att börja med dem skulle vi få en realistisk uppfattning om hur det lönar sig att fortsätta i framtiden. Det som dock är speciellt med dessa datorer är att de används av hela personalen och kräver inga personliga konfigurationer och program. Därför skulle det vara ineffektivt att använda sig av en VDI server. Detta beror på att varje virtuell dator skulle kräva enskild administration och skivutrymme trots att datorernas sammanställning skulle vara likadan. Det går inte heller att använda en och samma virtualdator i alla mötes- och kundrum eftersom det vanliga Windows operativsystemet inte är kapabelt att hantera flera användare parallellt, medan en virtuell instans av Windows Server har licensbegränsningar som tillåter endast tre parallella användare. Dock skulle för detta ändamål Microsoft Terminal Services kunna vara en passande lösning. Ett möjligt problem med användning av virtuella datorer i mötesrum är användningen av videokonferenssamtal.

Det skulle även vara effektivt att kunna ha möjlighet för ca.10 stycken virtualdatorer för tillfälliga anställda, sådana som praktikanter och sommaranställda. Datorer som för tillfället är dedikerade till dylika anställda ligger ofta oanvända och operativsystemet installeras ofta om på grund av sådana orsaker som säkerhet och prestanda. Virtualisering skulle drastiskt minimera den tiden som används för detta.

Receptionen har länge varit ett problematiskt område eftersom det finns flera anställda som turvis arbetar på denna post. De skulle alla vilja ha en personlig dator och behöver få åtkomst till receptionens e-post, kalender, programvara för IP -telefoni och dylikt. Det är opraktiskt att installera allt detta på flera datorer och man vill gärna begränsa åt-

komsten till dessa tjänster för en person åt gången. En virtuell Windows skulle kunna lösa detta problem och endast den som sitter för tillfället på receptionen skulle ha åtkomst till denna dator, men alla användare skulle kunna fortfarande ha en egen bärbar dator.

2 PRESENTATION AV KOMPONENTER OCH TERMER

I de följande underrubrikerna beskriver jag de olika teknologierna/lösningarna och vad dessa innebär. Jag diskuterar centrala termer och begrepp och beskriver hur liknande teknologier huvudsakligen skiljer sig från varandra. De flesta virtualiseringslösningar har flera gemensamma nyckelkomponenter.. Dessa nyckelkomponenter kan dock realiserar på olika sätt medan deras funktionalitet kan vara motsvarande.

2.1 Allmänt om virtuella datormiljöer

Man kan säga att virtualisering har fått sina rötter på 60-70 talet under utvecklingen av dåtidens stordatorer. Dessa maskiner var endast kapabla att driva en applikation åt gången. Eftersom detta inte var förmånligt har man påbörjat utvecklingen av virtualdatorer och pionjären inom denna bransch är IBM. Problemet med datorernas ineffektiva användning existerar än idag, enligt olika uppskattningar använder vi i medeltal endast 10-15% av datorernas totala kapacitet under deras livslängd. Introduktion av 64 bits processorer som dessutom har utvecklat egna instruktionsset som stöder virtualisering som har fått virtuella miljöer att vara ett mera intressant alternativ inom företag men även inom privatsektorn.

Virtualisering innebär främst att istället för att använda en fysisk hårdvara, har man istället en miljö som simulerar en hårdvara. Det innebär att operativsystemet ”ser” olika komponenter såsom hårddiska, processor och dylikt, när dessa existerar inte som sådana i verkligheten utan är simulerade av en s.k. hypervisor.

Orsaken till att göra detta är många, såsom t.ex. det är mycket lättare att skapa en ny dator eftersom man behöver inte bygga/skaffa fysiska komponenter. Nedan nämner jag ytterligare orsaker för virtualisering. (*Kusnetzky 2011*)

2.1.1 Säkerhetskopiering (snapshot)

En s.k. ”snapshot” är en kopia av en virtuell dator. Eftersom hela datorn, inklusive hårdvaran, i praktiken är en mängd av data på en hårddisk, är det relativt lätt att kopiera alla filer som hypervisor behöver för att köra den. Detta underlättar bl.a. det administrativa arbetet, eftersom man kan göra dylika snapshots t.ex. före man gör större uppdateringar eller ändringar. Ifall något går fel kan man mycket snabbt ta i bruk backupkopian istället och kassera originalet. Processen kan variera på olika produkter likaså visuellt som på teknisk nivå. Men huvudsakligen används det säkerhetskopieringsprocesser som utnyttjar sig av deduplicering, detta hjälper att spara på minne och tiden som säkerhetskopieringen tar, eftersom deduplicering går ut på att undvika skrivandet av samma information flera gånger. En virtuell dator kan dessutom vara i drift under den tiden när snapshoten skapas. (*VMware Inc. 2013a, 2013b, Computer Sweden 2013*)

På vissa system går det även att automatisera processen. Ett snapshot kan skapas automatiskt, varefter den kan kopieras och monteras som ett filsystem, på en annan virtuell dator. Detta ger flexibilitet inom säkerhetskopiering och riskhantering. (*Microsoft Corporation 2010*)

2.1.2 Teleportering

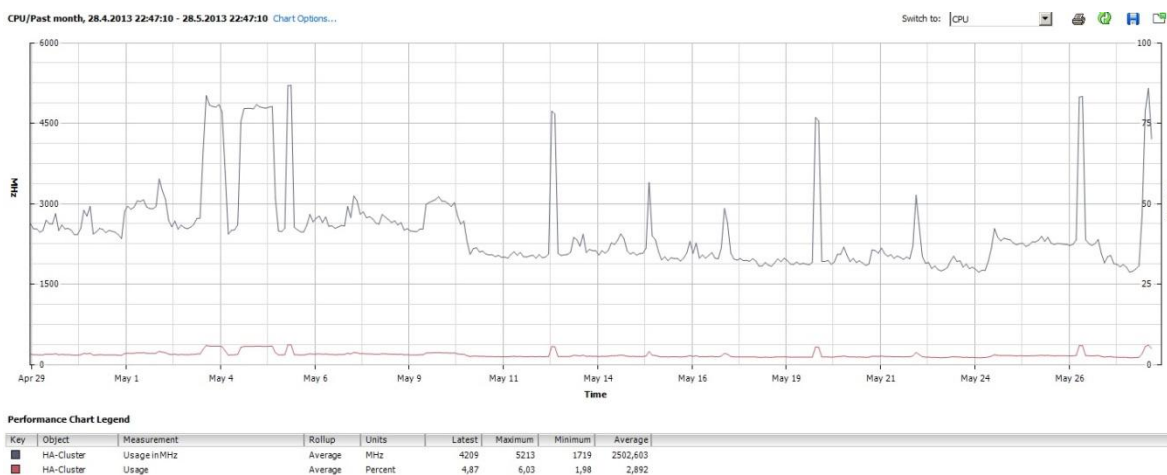
Teleportering (*eng. Teleportation*) innebär att en virtuell datamaskin kan migrera från en serverdator till en annan. I praktiken är det ju fråga om att flytta en mängd data, eftersom en virtuell dator existerar endast som en mängd data i en virtuell miljö och är inte bunden vid någon specifik hårdvara. En virtuell miljö eller en hypervisor kan dessutom samtidigt existera på flera olika servermaskiner samtidigt som använder ett och samma minne. Då kan den virtuella miljön bestämma på vilken servermaskin den exekverar de virtuella datorerna och kan migrera dessa vid behov. Hos företaget VMware kallas denna teknologi för vMotion. (*VMware, Inc. 2013c*)

Nyttan med denna funktionalitet är att det är betydligt lättare att ta en serverdator ur bruk för att t.ex. uppgradera den eller utföra annat uppehållsarbete. Teleporterings funktionaliteten kan dessutom ofta flytta virtuella datorer utan att avbryta deras exekvering. Moderna produkter kan dessutom automatisera processet för att kunna optimera an-

vändningen av de fysiska serverdatorerna och fördela virtuella instanser enligt resurskrav och användning. Även kan denna teknologi användas för att spara elektricitet, i sådana fall kan man t.ex. belasta ett mindre antal serverdatorer under den tiden när deras användning är minimal (t.ex. på natten). (Burt 2009)

2.1.3 Resursfördelning

I en vanlig datamaskin används inte alla komponenter till sin fulla kapacitet vid alla tidpunkter. Men dock kan maximal kapacitet krävas ibland. Detta tvingar oftast administratören att satsa mycket resurser på de enskilda datorerna. I en virtuell miljö kan dock resurserna utnyttjas mera effektivt, tack vara programvarans kapacitet att tilldela datorn endast de resurser som den behöver för tillfället. När man skapar en virtuell dator i t.ex. VMware ESXi miljö får man välja hurdan hårdvara den virtuella datorn får, bland annat kan man bestämma om antalet processorer, antalet kärnor per processor och processorns frekvens. Antalet virtuella processorer kan överskrida antalet av de fysiska processorer som klustret har tillgång till.



Figur 1. Visualisering av en ESXi klusters användning av processorn

I figur 1 visar grafen klustrets resursanvändning över en tidsperiod på en månad. Blåa kurvan visar användning i MHz, medan röda kurvan visar användningen procentuellt. Klustret består totalt av 32 serverdatorer och har använt i medeltal 2,89 % av de fysiska servernars totala processorkapacitet, högsta belastningen har resulterat i 6 % proces-

sorbelastning. Klustret opererar på 3 fysiska datorer som har två processorer var. Varje processor har sex stycken kärnor vilket resulterar totalt i 36 kärnor vars totala kapacitet i MHz är 86 GHz. Det är värt att notera att de virtuella serverna har dedikerats tillsammans 58 virtuella processorkärnor, vilket är 22 kärnor mera än vad de fysiska serverdatorerna har. Alla virtuella servrar är inte fullt belastade, men det existerar bland annat servrar med följande funktionalitet och programvara:

Programvara för projektuppföljning och planering, E-post server, Utskriftsserver, Drupal, Exchange, MySQL, Exchange/Lync, Lync-Edge, Dokumenthantering, Active Directory (två servrar), Personaladministration serverprogramvara, DNS (två servrar), Bank programvara, Finansuppföljning (två servrar), Antivirus

Detta kluster bevisar flera fördelar med virtualisering. Dessa är effektiv resursfördelning, minimering av risk, enklare administration m.m. Dessutom kan man konstatera att när det gäller processorkapacitet, kan klustret belastas med mera uppgifter, bl.a. en mängd av t.ex. virtuella arbetsstationer. (Marshall 2011)



Figur 2. Visualisering av en ESXi klusters användning av RAM- minne

Dock kan RAM -minnet vara ett problematiskt aspekt, i figur 2 ser man RAM –minnets användning under en månads tid. Av det totalt tillgängliga 191,97 GB har klustret använt i medeltal 64%. Det har redan anskaffats mera minne för att inte riskera att utsättas

Moderna hypervisor lösningar har dessutom krav på processorer att dessa skall stöda ett visst instruktionsset som underlättar kommunikationen för de virtuella datamaskinerna med processorer. Det mest kända exemplet är kanske företaget Intels vPro instruktionsset. P.g.a. detta kan man konstatera att processorn är en del av den egentliga hypervisor miljön. Instruktionssetet existerar i dagens läge även på processorer avsedda som persondatorer, vilket bl.a. förbättrar prestandan för sådana virtualiseringsprogram som VMware Player. (*Eylon 2009*)

2.2.2 Virtual Desktop Infrastructure

VDI är en helhet eller en infrastruktur som består av virtuella datorer på en central server (hypervisor) och används av slutanvändarna via nätverket. Själva operativsystemet är installerat på en hypervisor och skrämbilden samt ljud förmedlas till användaren över nätverket. Det finns olika modeller för en uppbyggnad av en VDI, exempelvis kan varje användare ha en egen virtuell dator som existerar som sådan under en längre period och behåller alla ändringar som användaren gör. Ett annat alternativ är att en virtuell dator skapas varje gång som en användare kopplar sig till hypervisor, i sådana fall skapas datorn från en fördefinierad mall. Dessutom kan det vara fråga om s.k. Terminal Server, där flera användare kopplar sig till en och samma virtuella datorinstans men använder olika profiler på operativsystemet. (*Rossi 2011*)

2.2.3 Thin Client

”Thin Client” kan kallas på svenska för en tunn klient. Det är en enkel datamaskin som har jämfört med konventionella datorer en mycket liten prestanda. Dess uppgift är att kunna koppla användaren till en central server, där det egentliga operativsystemet körs som en virtuell instans. Eftersom i teorin utförs det nästan inga beräkningar på en tunn klient behöver en sådan klient endast komponenter som möjliggör nätverkskoppling, användning av datorskärm, mus och tangentbord. En tunn klient kan dock ha ett eget operativsystem i vissa lösningar. En tunn klient kan använda sig av olika protokoll för fjärrbordsanslutning. Fördelen med att använda en tunn klient är främst dess låga pris

och lång tjänstetid jämfört med konventionella arbetsdatorer (Hewlett-Packard Development Company 2013)

2.3 Virtualiseringprinciper

Det finns flera olika lösningar för hur man kan optimera en datormiljö med hjälp av virtualiseringsteknologin. Dock finns det ingen universell lösning och varje miljö måste utvärderas noggrant före man går in för ett beslut om vilken metod skall användas. Till näst försöker jag kort beskriva de olika huvudprinciperna.

2.3.1 Applikationsvirtualisering

Applikationsvirtualisering går ut på att programvaran isoleras från själva operativsystemet. Detta möjliggör bl.a. att programmet inte behöver installeras på operativsystemet men kan dock använda operativsystemets resurser. Dessutom är ett virtualiserat program redan färdigt för användning och är konfigurerat av t.ex. administratören i förväg. Användardata som programmet producerar sparas oftast på operativsystemet lokalt och isolerat från själva programmet. På så sätt kan en användare t.ex. använda en virtualiserad applikation från en central server eller t.o.m. USB minne, koppla sig ifrån men behålla all arbetsdata för nästa användning. Detta möjliggör att programmet inte behöver ändras och kan användas för flera olika användare.

En viktig egenskap för denna teknologi är att program inte är beroende av operativsystemet, virtualiseringsmiljön kan leverera programmet till olika operativsystem. På så sätt kan man t.ex. använda Windows applikationer på smarttelefoner. Man kan föreställa sig detta som att programmet körs på en virtualdator men sparar användarrelaterad data lokalt.

En annan relaterad teknologi som kallas för applikationsstreaming (*eng. Application Streaming*) går ut på att endast de delar av applikationen som användaren behöver vid tillfället överförs till användarens dator. Detta kan spara på bandbredd eftersom hela applikationen inte behöver överföras på en gång, speciellt är detta nyttigt för mycket

stora applikationer vars alla funktioner sällan används under samma session. (Citrix Systems, Inc. 2013a, 2013b)

2.3.2 Full virtualisering

Full virtualisering går ut på användaren kontaktar en hypervisor där hela operativsystemet finns och använder endast dess funktioner. Antingen kan operativsystemet skapas varje gång när användaren startar datorn eller existera på hypervisor servern under en längre period. I den senare lösningen kräver operativsystemet ett permanent utrymme på hårddisken som inte kan användas som primär hårddisk av andra operativsystem. På grund av detta kan det i sådana lösningar finnas mängder av samma data i flera exemplar på ett och samma skivsystem, vilket kan anses som ineffektiv användning av diskutrymme. (*InfoWorld 2013*)

2.3.3 Terminal Services

Terminal Services är en lösning som är utvecklad och distribueras av Microsoft. Teknologin går ut på att flera användare kan använda en och samma virtualdator samtidigt. På samma sätt som flera administratörer kan vara inloggade samtidigt på ett Microsoft Server operativsystem. Denna metod kan vara i vissa fall smidigare eftersom det behövs färre virtuella datorer och alla uppdateringar påverkar flera användare samtidigt. Speciellt är detta effektivt ifall behovet för personliga inställningar per användare är minimalt och alla användare skall ha tillgång till samma programvara. (*Microsoft 2003*)

Licensering av programvara kan vara problematisk i denna lösning och utsätta företaget för extra kostnader. Detta beror bland annat på att teknologin är relativt ny och alla företag har inte adopterat sig till den.

3 PRESENTATION AV OLIKA ALTERNATIV

Olika komponenter beskrivna i kapitel 2 i detta arbete formar olika helheter och tekniska lösningar. Vissa av dem är direkt konkurrerande teknologier medan andra erbjuder alternativa metoder för att överföra en del av klientdatorns arbete till en central server. De olika leverantörerna försöker oftast att erbjuda en egen lösning som har något som skiljer dem från andra.

3.1 VMware

VMware är ett av de ledande företagen inom virtueliseingsbranschen. Företaget ägs idag av EMC Corporation. De är mest kända för sina hypervisor produkter och till skillnad från konkurrenterna satsar de på lösningarna inom full virtualisering

3.1.1 ESXi

ESXi är företagets VMware hypervisor operativsystem som kan installeras på en fysisk dator och inte behöver underliggande operativsystem. Detta är möjligt tack vare en egen operativsystemkärna som bär namnet ”vmkernel”. Vmkernel är huvudsakligen ansvarig för att distribuera hårdvarans resurser till virtuella datorer. Flera av VMwares produkter är gjorda för att installeras på ESXi operativsystemet. ESXi systemets föregångare är ESX (*VMware Inc. 2008d*)

ESXi är kapabel på att administrera flera fysiska datorer samtidigt, dessutom kan själva ESXi systemet existera på ett separat skivsystem och på så sätt vara isolerat från serverdatorerna. Det betyder att serverdatorerna kan operera utan lokal hårddisk. Samling av fysiska datorer som administreras av en och samma ESXi server kallas gemensamt för ett kluster.

ESXi systemet kan administreras med hjälp av vCenter Server, dock är vCenter inte nödvändig. vCenter är en programvara för administrering av ESXi server. Programmet skall installeras på en Windows eller Linux server, dessutom kan serveroperativsystemet

met vara virtuellt och köras under ESXi servern som administreras med vCenter. Genom att använda vCenter får man i bruk olika tilläggfunktioner, sådana som VMotion, Storage VMotion, DRS och HA. VMotion teknologin är kapabel på att flytta exekveringen av en virtuell datormaskin från en fysisk server till en annan, Storage VMotion är en liknande produkt men som istället flyttar filer som den virtuella datorn består från en minnesenhet till en annan. DRS ansvarar för distribution av belastning på ett kluster och använder sig av VMotion för att befria de belastade servrarna och flytta virtuella instanser till en mindre belastad server. HA är en teknologi som är kapabel att automatiskt starta en virtuell dator på en annan fysisk server ifall den föregående stängs ner oförväntat. (VMware, Inc. 2008b)

Arkitekturen som består av ESXi och vCenter kallas för vSphere och kan utvidgas med flera olika komponenter beroende på behovet. För att kunna administrera en ESXi kluster från en personlig dator kan man använda programvaran vSphere Client. (VMware, Inc. 2008c)

3.1.2 Horizon View

Horizon View är företagets VMware lösning för VDI. Horizon View är ett program som kräver att den installeras på Windows Server 2008 R2 64bit, Windows operativsystemet får även köras virtuellt på en ESXi server, på samma sätt som vCenter. Horizon View är en del av en helhet som kallas för Horizon Suite, som innehåller produkterna Horizon Mirage och Horizon Workspace, varav den senare är en klient för uppkoppling till en virtuell dator. Det är som är mest intressanta med denna produkt är att det finns även klienter till Android och Apple smarttelefoner och läsplattor, vilket gör att man kan använda ett Windows operativsystem via sin smarttelefon. Genom att använda företagets eget protokoll för fjärrbordanslutning vid namnet PCoIP, påstås det att man kan få bättre prestanda på bildöverföringen och responstid. Detta ger stora möjligheter för mobil användning av informationsteknologi och befriar IT- personalen att skapa och övervaka olika fildelningssystem utåt för anställda. (VMware Inc. 2008a, VMware Inc. 2013e)

3.1.3 vCloud

vCloud är en relativt ny teknologi vars huvudprincip går ut på att en kund kan beställa resurser från någon som använder samma teknologi och har oanvända resurser för tillfället. Beräkning av data kan ske på en server utanför det lokala nätverket och resultatet levereras över internet till kunden. Detta är speciellt nyttigt ifall man har sällan behov för hög prestanda och vill inte betala för denna kapacitet då när man inte behöver den. På samma sätt kan stora företag få inkomst genom att sälja resurser då när de inte behövs. (VMWare Inc. 2013e)

3.2 Linux

3.2.1 Linux Terminal Server Project

Linux Terminal Server är ett alternativ med öppen källkod och GPLv2 licens. Som med många lösningar med öppen källkod kan det krävas mycket kunskap från administratören för att installera och använda denna lösning. Dock finns det företaget som säljer stöd för Linux virtualiseringsmiljö, t.ex. DisklessWorkstations.com. Fördelen med att använda öppen källkod programvara är att man är inte behöver betala årliga licensavgifter så som i fallet med bland annat VMware och Citrix. Dessa fakturerar förutom inköpspriset, årlig licensavgift per virtuell dator, även andra faktureringsmetoder kan existera. Tyvärr erbjuder inte LTS stöd för applikationer utvecklade för andra operativsystem och på sätt blir alternativet ointressant för Svenska Litteratursällskapet i Finland än i dagens läge. (DisklessWorkstations.com 2012a, 2012b)

3.2.2 Kernel-based Virtual Machine

KVM (Kernel-based Virtual Machine) är en lösning för full virtualisering, som har öppen källkod. Jag hittade inget stöd för denna produkt och det verkar att trots att den är redan implementerad i flera Linux distributioner är projektet ännu under utveckling. Funktionsprincipen påminner en hel del VMware ESXi hypervisor och dessutom stöder KVM virtuella datorer med operativsystemet Windows. Ibruktagnin av denna lösning är i jämförelse med andra mycket svår. (Kernel-based Virtual Machine, 2013)

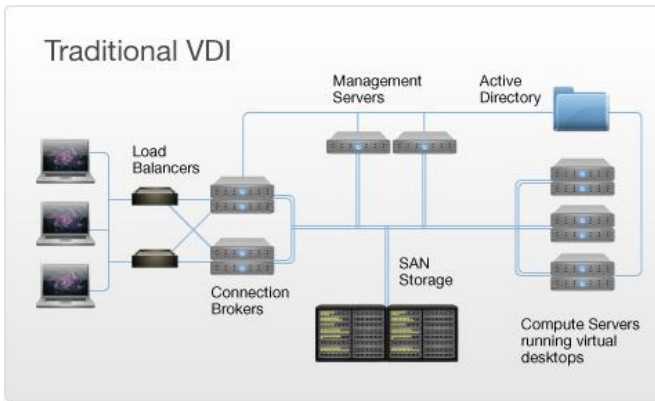
3.3 Citrix

Citrix är ett annat känt företag inom virtualiseringsbranschen och är VMwares främsta konkurrent. Citrix har länge varit på marknaden och har en lång historia för applikationsvirtualisering. Deras nuvarande produkter satsar mera på applikationsvirtualisering än på virtuella datorer över Remote Desktop. Däremot kan företagets lösningar användas tillsammans med andra leverantörers produkter, t.ex. kan deras applikationsvirtualisering operativsystem fungera under VMwares ESXi hypervisor.

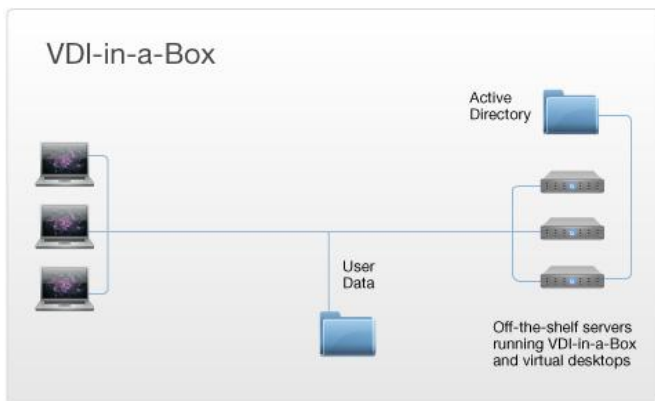
3.3.1 VDI-in-a-box

I figurerna 4 och 5, visas hur företaget Citrix beskriver skillnaden mellan en ”traditionell” VDI och deras produkt. Enligt företaget, skall VDI-in-a-Box (ViaB) spara på kostnaderna för VDI –infrastrukturen, tillåta personliga modifikationer av den virtuella arbetsstationen per användare, vara lätt uppgraderbar ifall det finns behov och dessutom vara lättare att administrera och sätta upp. Dessutom är produkten ViaB kapabel att operera på hypervisors från andra tillverkare, t.ex. VMware vSphere eller Microsoft Hyper-V. Dock är det värt att notera, att i figur 5 är ”User Data” (svenska användardata) representerad som en mapp men i praktiken kräver också ett lagringsmedium, sådan som ”SAN Storage” i figur 4. Det skulle krävas en vidareundersökning av jämförandet mellan priser och funktionalitet gentemot konkurrerande företags lösningar för att kunna göra ett beslut ifall lösningen ViaB är ett bra alternativ. Speciellt med tanke på att Svenska litteratursällskapet redan har sådan infrastruktur som representeras i figur 4, dvs. ”SAN Storage”, ”Connection Brokers” och ”Load Balancers”.

(Citrix Systems, Inc. 2012, 2012b)



Figur 4. En enligt företaget Citrix traditionell VDI



Figur 5. Företagets Citrix VDI lösning

3.3.2 XenDesktop

Produkten XenDesktop är företagets Citrix en mera robust VDI lösning som har mera funktionalitet än VDI-in-a-Box och till sina funktionalitetsrikedom motsvarar VMware Horizon View. Dock kan XenDesktop anses vara mera komplicerad till användning och administration, som t.ex. Keith Townsend konstaterar i sin artikel på virtualized geek. (Townsend 2013, Citrix Systems, Inc. 2012c)

4 UNDERSÖKNING OCH RESULTAT

De lösningar som har diskuterats i detta arbete kan anses vara passliga för Svenska litteratursällskapet i Finland ifall de underlättar administrationen, minskar kostnaderna och är lätta att implementera i det redan nuvarande infrastrukturen. I detta kapitel diskuterar jag de olika aspekterna och resonerar för eller emot dem.

4.1 Prisuppskattningar

Enligt uppskattningar av IT-chefen på SLS, kostar en leasingdator ca 500 €/år för själva hårdvaran och ytterligare 500 €/år för administration (bärbara datorer i prisklassen 1000-2000 € på tre års leasingperiod). Detta resulterar i ca 1000 € per användare under ett års period.

Beroende på lösningen som man tar i bruk kan licenserna för en virtuell användardator vara i prisklassen upp till 600 €/år. Med tanken på att detta är redan mindre än totala kostnaden för en bärbar dator är det nödvändigt att notera att tiden för administration minskar betydligt. Dessutom kan man minska på elförbrukningen ifall man använder den redan existerande serverarkitekturen. (*VMware Inc. 2013d*)

4.2 Administrationskrav

Av de alternativ som är nämnda i detta arbete kräver virtualiseringsmiljöerna som baserar sig på principen ”Terminal Services” minst administration när det är fråga om flera användare eller datorer som inte behöver några personliga inställningar per användare men alla skall ha samma funktionalitet. Dessutom är Terminal Service speciellt användbar när samma tjänster skall användas av flera användare parallellt. Eftersom det är fråga om flera användare som använder samma operativsystem, kan administratorer utföra nödvändiga konfigurationer och uppdateringar en gång för flera användare. När ingen personlig data sparas på operativsystemet, kan användarrättigheter vara låga och inte tillåta några ändringar. Denna lösning kan vara speciellt användbar för kunddatorerna på SLS. Det skulle dessutom kräva minimala insatser för att öka antalet kunddatorer vilket

har redan tidigare planerats på sällskapet. Denna lösning kan dessutom vara mycket effektiv för mötesrum.

Ett annat alternativ för mötesrum är att använda skilda virtuella datorer per instans. Eftersom ingen användardata skall sparas på dessa datorer, kan man använda sig av modellen där den virtuella datorn förstörs genast efter att användarsessionen tar slut. En ny dator skulle skapas varje gång när en användare tar kontakt med hypervisorn från ett mötesrum. Receptionen kan inte använda sig av en dylik lösning och skulle behöva en permanent virtuell dator, nackdelen med detta är att flera användare som turas om att jobba i receptionen skulle ha samma inloggningsuppgifter till denna virtuella dator, vilket minskar säkerheten.

VDI datorerna däremot kräver nästan lika mycket administrationstid som vanliga bärbara datorer. De minimerar fysiskt arbete från administratörens sida och försnabbar processen av skapandet av en ny dator, men eftersom detta sker i de mesta fallen en gång per dator är den insparade tiden relativt liten. Men vad som gäller administration av programvara, krävs det samma typs arbete från administratören som i det nuvarande läget, dvs. central applikationshantering med hjälp av Microsoft System Center Configuration Manager och användning av Windows Server Group Policy. Dock är VDI miljön attraktiv med tanke på datorernas livslängd.

Applikationsvirtualisering kan möjligtvis vara en intressant lösning som sparar in på administrationstiden, men eftersom licenserna för programmen varierar skulle detta alternativ kräva undersökning av licensering för det program som används på litteratursällskapet. Detta arbete inkluderar inte denna undersökning.

4.3 Slutsats

VDI datorerna kräver nästan lika mycket administration som vanliga bärbara datorer. Skapandet av dessa datorer underlättas märkvärdigt, likasom säkerhetskopiering. Dock kräver VDI datorer mycket utrymme på lagrings mediumet och trots att flera leverantörer lovar att detta område har förbättrats märkvärdigt, har dessa lösningar ännu i dagens läge potentiella problem med applikationer som använder sig av ljud och video, detta kräver en vidareundersökning som jag rekommenderar att skall utföras med hjälp av experiment och praktiska studier. (*Adobe Systems Incorporated 2013*)

I dagens läge är den mest optimala lösningen att effektivt kombinera de olika virtualiseringsmetoderna och använda olika tekniker för olika ändamål och tillfällen. T.ex. skulle kunna receptionens och mötesrummens datorer använda sig av en mera enkel Windows Server Remote Desktop till en Terminal Server. Eftersom det finns endast en receptionist åt gången är inte programmets licensiering ett problem. Samma gäller för mötesrum, deras användning och antal är betydligt mindre än den för anställdas arbetsstationer.

Applikationsvirtualisering skulle kunna användas för att inte behöva installera de olika applikationerna på varje enskild dator, både fysisk och virtuell. Dock är det viktigt att undersöka hurdana licenskrav varje enskild program har för att detta skall vara möjligt. En sådan undersökning kan vara krävande och kräva konsult hjälp och därmed ytterligare finansiella resurser. Däremot kan gratis programvara virtualiseras fritt och kan användas för testande av applikationsvirtualisering. Sådana produkter som Microsoft Office, som är redan licenserade för antalet användare, skulle också kunna virtualiseras. Det skulle underlätta administreringen av dessa program, eftersom IT-personalen skulle vara endast tvungen att konfigurera ett enda instans av programmet varefter alla användare skulle använda sig av dens virtuella kopia. Dessutom kan en sådan lösning minska på hårddisk utrymme som krävs för virtuella användardatorer, vilket har konstaterats att vara problem tidigare i detta arbete.

Det är mycket viktigt att kunna utnyttja nuvarande situationen där alla anställda har en bärbar dator, det är t.ex. inte optimalt att ta i bruk ett större VDI miljö förrän dessa datorer har tagits ur bruk och istället lönar det sig att koncentrera på applikationsvirtualisering och Windows Terminal Server. Däremot kan ett mindre VDI miljö börja byggas för kortvariga anställda som inte har behov att hög datorprestanda, sådana är t.ex. sommaranställda eller forskare som arbetar med textbehandling. Ett mindre antal virtuella användardatorer skulle kunna installeras på den redan existerande servermiljön, men datorernas resursanvändning måste noggrant övervakas för att inte störa virtuella servrar.

4.4 Diskussion

Virtualisering är ännu en mycket ny teknologi, speciellt i Finland där endast de största företagen använder sig av arbetsstationsvirtualisering. Därför kan det vara olönsamt att vara allt för ivrig att börja köpa olika lösningar, speciellt om man inte har tillgång till referenser. Dock är det viktigt för administratörer på företag att ständigt fortbilda sig inom detta område, eftersom virtualisering är kapabel att spara på tid, elektricitet och pengar. Enligt min åsikt är virtualisering av arbetsstationer och andra kunddatorer en dominant teknologi i framtiden. Redan nu existerar det produkter för hemanvändare som baserar sig på denna teknologi, t.ex. företaget OnLive (*OnLive 2013*) erbjuder datorspel över internetförbindelse. Kunden kontaktar företagets server med en spelkonsol som kan anses vara en tunn klient. Fördelen med deras lösning är att prissättningen för de olika spelen är flexibel och förmånlig, dessutom tvingas inte kunder att göra stora investeringar på en spelkonsol.

Kunskapen för teknologier som liknar företagets VMware vMotion kommer att möjliggöra en effektiv servermiljö för mindre kostnad och möjligheten att spara sitt eget data lokalt, vilket har varit ett krav för många företag som har övergett idén om att utlokalisera servrarna till en tredje part. Med andra ord är virtualisering en mycket lovande teknologi som lovar effektivitet och flexibilitet.

KÄLLOR / REFERENCES

Adobe Systems Incorporated, 2013, *Slow display performance | Terminal server | Reader*, Acrobat. Tillgänglig:

<http://helpx.adobe.com/acrobat/kb/slow-display-performance-terminal-server.html>

Hämtad: 16.5.2013

Burt, Jeffrey, 2009, *Sun Brings "Teleportation" to VirtualBox Virtualization Software*, eWeek.com. Tillgängligt:

<http://www.eweek.com/c/a/IT-Infrastructure/Sun-Brings-Teleportation-to-VirtualBox-Virtualization-Software-209485/>

Hämtad 20.5.2013

Citrix Systems, Inc. 2013, *Application virtualization and session virtualization with Citrix XenApp*, Tillgängligt:

<http://www.citrix.com/products/xenapp/how-it-works/application-virtualization.html>

Hämtad: 21.5.2013

Citrix Systems Inc., 2012a, *Citrix VDI-in-a-Box*. Tillgängligt:

http://www.citrix.com/content/dam/citrix/en_us/documents/products/viab-product-overview.pdf

Hämtad: 19.5.2013

Citrix Systems, Inc., 2012b, *Citrix VDI-in-a-Box*. Tillgängligt:

<http://www.citrix.com/products/vdi-in-a-box/how-it-helps/dare-to-compare.html>

Hämtad: 19.5.2013

Citrix Systems, Inc. 2012c, *Introducing XenDesktop, built on the Avalon platform*. Tillgänglig:

http://www.citrix.com/content/dam/citrix/en_us/documents/products/introducing-xendesktop-built-on-avalon-platform.pdf

Hämtad: 19.5.2013

Computer Sweden 2013, *deduplicering*. Tillgängligt:

<http://cstjanster.idg.se/sprakwebben/ord.asp?ord=deduplicering>

Hämtad; 10.6.2013

DisklessWorkstations.com, 2012a, *LTSP- Linux Terminal Server Project*. Tillgänglig:

<http://www.ltsp.org/>

Hämtad: 21.5.2013

DisklessWorkstations.com, 2012b, *Linux Terminal Server Solutions*. Tillgänglig:

<http://www.disklessworkstations.com/ltsp-linux-terminal-server.html>

Hämtad: 20.5.2013

Eylon, Gal, 2009, *Intel® vPro™ Technology: From Provisioning to Use Case Implementation*. Intel Corporation. Tillgängligt:

http://partnerdirect.dell.com/sites/channel/Documents/Intel_vPro_Client_Management_1.pdf

Hämtad 18.5.2013

Graziano, Charles David, 2011, *A performance analysis of Xen and KVM hypervisors for hosting the Xen Worlds Project*, Iowa State University. Tillgängligt: http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDYQF-jAA&url=http%3A%2F%2Flib.dr.iastate.edu%2Fcgi%2Fviewcontent.cgi%3Farticle%3D3243%26context%3Ddetd&ei=uYilUe2qNPHR4QTy1IDwCw&usg=AFQjCNEhcP_IKz8aSLcMnVM5nDKHH93hag&bvm=bv.47008514,d.bGE&cad=rja

Hämtad: 20.5.2013

Hewlett-Packard Development Company, 2013, *HP t510 Flexible Thin Client*. Tillgängligt: <http://www8.hp.com/us/en/campaigns/thin-client-solutions/t510.html#tab-graphics-specs>

Hämtad: 15.5.2013

InfoWorld, 2013, *Virtual Desktop Infrastructure Deep Dive- The new face of thin client computing*. Tillgängligt:

<http://www.infoworld.com/d/virtualization/download-the-vdi-deep-dive-report-481>

Hämtad: 15.5.2013

Kernel-based Virtual Machine, 2013. Tillgängligt:

http://www.linux-kvm.org/page/Main_Page

Hämtad: 20.5.2013

Marshall, David, 2011, *Top 10 benefits of server virtualization*, InfoWorld. Tillgängligt:

<http://www.infoworld.com/d/virtualization/top-10-benefits-server-virtualization-177828>

Hämtad: 18.5.2013

Microsoft, 2003, *How Terminal Services Works*. Tillgängligt:

<http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc755399%28WS.10%29.aspx>

Hämtad: 22.5.2013

Microsoft Corporation, 2010, *Optimized Storage Solution for Enterprise Scale Hyper-V Deployments*. Tillgängligt:

http://download.microsoft.com/download/D/E/6/DE619C29-BBCA-468F-960C-93B8113F612B/EMC_Sanbolic_MS_POC-Final.pdf

Hämtad: 20.5.2013

Kusnetzky, Dan, 2011, *Virtualization- A Manager's Guide*, Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.

OnLive 2013. Tillgängligt:

<http://games.onlive.com/>

Hämtad: 21.5.2013

Rossi, Teppo, 2011, *Työpöytien virtualisointi Laurea-ammattikorkeakoulussa*. Tillgängligt:

<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/25226/Tyopoytien%20virtualisointi%20Laurea-ammattikorkeakoulussa.pdf?sequence=1>

Hämtad: 21.5.2013

Townsend, Keith, 2013, *The good and the bad of Citrix XenDesktop*, Virtualized Geek. Tillgängligt:

<http://virtualizedgeek.com/2013/03/13/the-good-and-the-bad-of-citrix-xendesktop/>

Hämtad: 21.5.2013

VMware Inc, 2008a, *Introduction to Virtual Desktop Manager*. Tillgängligt:

http://www.VMware.com/pdf/vdm20_intro.pdf

Hämtad: 20.5.2013

VMware, Inc., 2008b, *License an ESXi Host Without vCenter Server*. Tillgängligt:

http://pubs.vmware.com/vsphere-50/index.jsp?topic=%2Fcom.vmware.vsphere.vcenterhost.doc_50%2FGUID-1CD96945-223B-42A2-8903-AA69F0F55302.html

Hämtad: 20.5.2013

VMware Inc., 2008c, *VMware vSphere ESX and ESXi Info Center*. Tillgängligt:

<http://www.vmware.com/products/vsphere/esxi-and-esx/overview.html>

Hämtad: 20.5.2013

VMware Inc., 2008d, *VMware vSphere Architectures Compared*. Tillgängligt:

<http://www.vmware.com/products/vsphere/esxi-and-esx/compare.html#understand>

Hämtad: 20.5.2013

VMware Inc., 2013a, *Understanding virtual machine snapshots in VMware ESXi and ESX*. Tillgängligt:

http://kb.VMware.com/selfservice/microsites/search.do?language=en_US&cmd=displayKC&externalId=1015180

Hämtad 20.5.2013

VMware Inc., 2013b, *VMware Workstation 4 - Using the Snapshot*. Tillgängligt:

http://www.VMware.com/support/ws4/doc/preserve_snapshot_ws.html

Hämtad 20.5.2013

VMware Inc., 2013c, *VMware vSphere with Operations Management*. Tillgängligt:

<http://www.VMware.com/products/datacenter-virtualization/vsphere/vmotion.html#glance>

Hämtad: 12.5.2013

VMware Inc. 2013d, *VMware Horizon Family- Pricing, Packaging and Licensig*. Tillgängligt:

<http://www.vmware.com/files/pdf/view/VMware-View-Pricing-Licensing-and-Upgrading-white-paper.pdf>

Hämtad 22.5.2013

VMware Inc., 2013e, *VMware vCloud Suite*, Tillgänglig:

<http://www.vmware.com/products/datacenter-virtualization/vcloud-suite/how-it-works.html>

Hämtad: 19.5.2013

VMware Inc. 2013e, *VMware Horizon View 5.2- Reviewer's Guide*. Tillgänglig:

<http://www.vmware.com/files/pdf/view/VMware-View-Evaluators-Guide.pdf>

Hämtad: 20.5.2013