

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačního inženýrství



Bakalářská práce

VIRTUALIZACE

Andrea Nováková

© 2011 ČZU v Praze

!!!

**Místo této strany vložíte zadání bakalářské práce.
(Do jedné vazby originál a do druhé kopii)**

!!!

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Virtualizace" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2011

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Martinu Papíkovi, Ph.D. za metodickou pomoc, konzultace a zapůjčení studijní literatury.

VIRTUALIZACE

VIRTUALIZATION

Souhrn

Moje práce mapuje postupy virtualizace ve světě informačních technologií. Pojednává o vývoji virtualizačních technik od jejich počátku v 60. letech dvacátého století do současnosti. Popisuje technologické postupy virtualizace a dále se soustřeďuje zejména na řešení od tří největší společností, které se problematikou již delší dobu zabývají. Řešením od těchto společností se pak detailněji věnuji v kapitolách 5 a 6. Práce se zmiňuje rovněž o produktech, které přímo nepochází z dílen Citrix, VMware a Microsoft, ale s virtualizací mají hodně co do činění. V této souvislosti uvádím zejména výrobce procesorů a poskytovatele webových operačních systémů v kapitole 4 a tenký klient kapitola 8. V následující kapitole se věnuji finančním a technologickým aspektům věci a vysvětluji nelehkost porovnání jednotlivých řešení od již zmiňovaných společností. Výstup tohoto porovnání je pak detailněji zaznamenán v závěru celé práce.

Summary

My thesis describes process of virtualization at the area of information technologies. It treats of development of virtualization engineering from the beginning at sixtieth till present. It describes technological process of virtualization and further it focuses mainly on products of three biggest companies at this area. These products are described in detail in chapters 5 and 6. Thesis also describes products, which are not made by Citrix, VMware and Microsoft, but are also important at this area. I mention mainly producers of processors and web operating systems providers in chapter 4 and ThinClient in chapter 8. In the following chapter I focus on financial and technological aspects and I explain difficultness of comparison of individual products of three main companies. The result of this comparison is explained in detail at the end of this thesis.

Klíčová slova: virtualizace, emulace, paravirtualizace, tenký klient, Vmware, XenServer, Citrix, Hyper-V, hypervizor

Keywords: virtualization, emulation, paravirtualization, ThinClient, Vmware, XenServer, Citrix, Hyper-V, hypervizor

Obsah:

1.	ÚVOD.....	4
1.1	Virtualizace, co to je ve světě počítačů.....	4
1.2	Počátky virtualizace.....	4
2.	CÍL PRÁCE A METODIKA.....	6
3.	TECHNOLOGICKÉ POSTUPY VIRTUALIZACE.....	7
3.1.	Emulace / simulace.....	7
3.2.	Plná / nativní virtualizace.....	7
3.3.	Částečná virtualizace.....	7
3.4	Paravirtualizace.....	8
3.5	Virtualizace na úrovni jádra OS.....	8
3.6	Aplikační virtualizace	8
4.	VIRTUALIZACE A OKOLNÍ SVĚT.....	10
5.	SERVEROVÁ VIRTUALIZACE.....	11
5.1	Serverová virtualizace na platformě Vmware.....	13
5.2	Serverová vizualizace od Citrix – XEN.....	14
5.3	Serverová virtualizace od Microsoftu.....	15
6.	VIRTUALIZACE DESKTOPŮ.....	19
6.1	VMware virtualizace desktopů.....	19
6.2	Citrix virtualizaci desktopů Citrix XenDesktop.....	20
6.3	Microsoft virtualizace desktopů - Terminal Services.....	20
7.	VIRTUALIZACE APLIKACÍ.....	22
8.	TENKÝ KLIENT.....	23
8.1	SUN RAY 2, virtual display client.....	24
9.	FINANČNÍ A TECHNOLOGICKÉ POROVNÁNÍ.....	25
9.1	Technologické porovnání.....	25
9.2	Finanční porovnání.....	26
10.	ZÁVĚR.....	31

1. ÚVOD

Práce se zabývá shrnutím současných možností virtualizace a jejími přínosy při aplikaci v produkčním prostředí. Dále nastiňuje možnosti úspor zdrojů. Snaha je o vytvoření uceleného přehledu, jenž tyto technologie zmapuje. Zaměřila jsem se především na produkty a řešení od nejvýznamnějších společností a těmi jsou Citrix, VMware a Microsoft. Tyto společnosti se problematikou již delší dobu zabývají a jsou schopny nabídnout dostatečně výkonné systémy i pro náročná prostředí, jakými jsou například datacentra.

1.1 Virtualizace, co to je ve světě počítačů

Pod pojmem virtualizace se v IT světě obvykle rozumí uspořádání, ve kterém je možné k systémovým zdrojům přistupovat jako k množině výkonů bez ohledu na jejich fyzické charakteristiky, pomocí kterých k nim uživatelé obvykle přistupují. Pojem "server" se tak už neomezuje na svou fyzickou podobou (počítač), ale skupinu dostupných zdrojů. Virtualizace pak umožňuje na jednom fyzickém serveru provozovat pochopitelně více serverů virtuálních.

Dá se tak říci, že primárním cílem virtualizace je schovat technické detaily systému pod virtualizační vrstvu, prostřednictvím které je pak k dispozici pouze jeho "výkon". Na trhu jsou firmy, které nazývají virtualizaci kouzlem, ale jde spíše o elegantní a efektivní využití dnes již velmi výkonného hardware.

1.2 Počátky virtualizace

Jako jednu z počátečních virtualizačních technik můžeme označit vytváření oddílů na fyzických počítačích. Toto řešení pochází z 60. let minulého století. Společnost IBM tuto technologii používala ke spuštění více instancí jednoho operačního systému.

Konkrétně v roce 1964 byl zahájen vývoj operačního systému CP-40, který dokázal spustit až 14 virtuálních strojů současně.

Dalším milníkem byla 90. léta, kdy byla tato metoda (vytváření oddílů) představena u procesorů architektury x86. V této době se přestává mluvit o vytváření oddílů a začíná se používat termín virtualizace.

Na postupy virtualizace na platformě PC (Personal Computer) se usilovně soustředila zejména společnost VMware, která konečně v roce 1999 představila svůj první komerční produkt VMware Workstation, sloužící pro virtualizaci uživatelských stanic. Toto prostředí se již podobalo virtualizačním nástrojům a postupům, jaké známe a používáme dnes.

2. CÍL PRÁCE A METODIKA

Cílem práce je rámcově popsat možnosti současných virtualizačních technologií a podat ucelený přehled o dané oblasti tak, aby práce mohla posloužit jako základní orientační návod při rozhodování a tvorbě konkrétní metodiky při rozhodování zda a jakou virtualizační techniku nasadit.

Práce nejprve popisuje způsoby jakými je virtualizace realizována. Charakteristikou emulace, simulace, plné, nativní, částečné, aplikační virtualizace, paravirtualizace a, virtualizace na úrovni OS dává základní přehled o technologických možnostech v této oblasti. Následně stručně charakterizuje pozici virtualizace v současném světě informačních technologií. Práce pak podrobněji rozebírá virtualizaci podle druhu výpočetní techniky, které se dotýká (servery, stolní počítače, atd...). A konečně se práce pokouší nastínit problematiku nákladového a přínosového hodnocení při rozhodování o vhodné virtualizační technologii.

3. TECHNOLOGICKÉ POSTUPY VIRTUALIZACE

3.1. Emulace / simulace

Vyjadřuje schopnost programu nebo zařízení imitovat jiný program nebo jiné zařízení. Jako klasický případ jsou často uváděny tiskárny. Například mnoho tiskáren je konstruováno tak, aby emulovaly Hewlett-Packard LaserJet tiskárny, protože velké množství softwarů je vytvořeno pro Hewlett Packard tiskárny. Emulováním HP tiskárny může tiskárna pracovat s jakýmkoliv softwarem vytvořeným pro skutečnou HP tiskárnu. Emulace způsobí, že software bere zařízení jako simulované jiné zařízení. Stejně tak tomu je při emulaci či simulaci libovolné jiné komponenty.

3.2. Plná / nativní virtualizace

Plná neboli nativní virtualizace představuje režim virtuálního stroje, který zcela emuluje celý hardware a předává procesoru požadavky virtuální instance. Plná virtualizace vyžaduje povětšinou speciální hardware, ale většina operačních systémů je schopna běžet v plně virtuálním módu.

3.3. Částečná virtualizace

Virtuální stroj simuluje více instancí mnoha (ale ne všech) prostředí hardware, na kterém běží hostitel, především adresního prostoru. Takové prostředí podporuje sdílení zdrojů a izolaci procesů, ale neumí oddělit instance operačních systémů hostů. Ačkoliv obecně nelze hovořit o virtuálním stroji, jedná se o významný postup z historického hlediska. Byl použit u systémů CTSS (Compatible Time Sharing System) , pokusného IBM M44/44X . (Mnoho dalších systémů jako Microsoft Windows nebo Linux a systémy ze zbývajících kategorií níže používají tuto techniku.) [14]

3.4. Paravirtualizace

Paravirtualizace znamená, že se některá operace (alokace paměti, IO (Vstupně/Výstupní [Input/output])) operace) neprovádí přímo, ale požadavky jsou předávány z kernelu v dom-U do kernelu dom-0 [15]. Na vysvětlenou uvádím, že jádra operačních systému jsou většinou sestavována z vrstev značených podle úrovně jako dom-0, dom-1,... dom-U, případně se místo pojmu dom (domain) používá pojem ring. Pouze první úroveň, dom-0, může přímo obsluhovat HW prostředky.

Zjednodušeně si lze paravirtualizaci představit jako jednoduchý kód, který jen předává požadavek na manipulaci s hardware. Paravirtualizace tedy předpokládá upravené jádro jak hosta, tak hostitele. Plná virtualizace nepředpokládá modifikované jádro hosta a jeho spolupráci, a proto musí HW emulovat pomocí částí kódu. Proto je v současné době paravirtualizace rychlejší než plná virtualizace. Bez plné virtualizace se neobejdeme s uzavřenými operačními systémy. Ty v paravirtualizaci nebudou fungovat, protože nemůžeme upravit jádro OS.[15]

3.5. Virtualizace na úrovni jádra operačního systému

Virtualizace na úrovni jádra operačního systému je společně s paravirtualizací považována za nejefektivnější typ virtualizace. Virtualizovaná prostředí běží nad společným jádrem, které má přímý přístup k fyzickému hardwaru, tudíž se nevytváří virtuální zařízení ani speciální přístupové aplikační programové prostředí. Režijní ztráty jsou způsobeny pouze oddělením procesů, diskových prostorů a síťového provozu serverů.[16]

3.6. Aplikační virtualizace

Aplikační virtualizace se odlišuje od ostatních virtualizačních technologií tím, že připravuje prostředí pouze pro běh konkrétní aplikace jako centrální poskytované služby

a aplikace sama tak nemusí být instalována na každý konkrétní počítač, který ji potřebuje využít. Díky tomu není třeba rozsáhlá investice do nového hardware ani změna infrastruktury. Jediné co musí být na koncovém počítači nainstalováno je agent Softgrid, který umožní běh takto připravené aplikace. Takové aplikace (služby) jsou následně spouštěny na koncových počítačích uživatelů na vyžádání.

Pomocí agenta, který je na koncovém počítači nainstalovaný, je možné z virtuální aplikace přistupovat k místnímu PC a využívat veškeré prostředky, jež jsou na koncové stanici k dispozici – souborový systém, různá zařízení jako tiskárny, zvuková karta, USB zařízení.

Jednotlivé aplikace jsou od sebe navzájem izolovány, a proto je možné na jednom počítači používat zároveň aplikace, které nejsou navzájem kompatibilní, například z důvodu kolize různých knihoven.

4. VIRTUALIZACE A OKOLNÍ SVĚT

Fenoménu virtualizace se pochopitelně nevěnují jen firmy vytvářející přímo nástroje pro převody fyzických serverů, pracovních stanic či aplikací do virtualizovaného prostředí. Tento trend a problematiku zaznamenávají napříkla i výrobci procesorů. Největší výrobci procesorů, jimiž jsou AMD a Intel, implementovali podporu virtualizace přímo na úroveň procesoru. Obě firmy přidávají do řad procesorů podporujících virtualizaci další úroveň, okruh určený pro běh hypervizoru. Dalším příkladem produktu onoho "okolního světa", jehož zrození bylo zřejmě přímo podmíněno přizpůsobením pro postupy virtualizace, je tenký klient, o kterém budu hovořit v kapitole 8.

Poslední dobou se začíná objevovat další zajímavý trend přímo vycházející z virtualizačních postupů a metod, a tím jsou operační systémy na webu.[17]

V kostce se jedná o toto. Po vytvoření uživatelského účtu dostáváme svůj vlastní webový PC. Na tomto máme dle konkrétního produktu určitou diskovou kapacitu, v základu nainstalované programy typu textový editor, emailový klient, správce souborů, internetový prohlížeč komunikátory jako facebook, skype a další.

Těchto projektů je celá řada a jsou si podobné. Verze zdarma obsahují povětšinou jednotky až desítky GB prostoru, který můžeme využít. Tím poskytovatel nabídne jistý minimální výchozí bod a jakékoliv další prostředky a služby nad rámec základní nabídky jsou poskytovány za poplatek. Stejným způsobem postupují poskytovatelé při poskytování záruk a garancí za konzistenci a bezztrátovost dat. Naprostou výhodou je jistě přístup k vlastnímu PC kdekoliv, kdykoliv a odborná centrální správa, která eliminuje potřebu vlastních IT oddělení. Jako hlavní nevýhoda je uváděna bezpečnost našich dat. Co toto řešení přinese do budoucna a zda odvážný podtitul článku "blíží se konec tradičních Windows" dojde naplnění uvidíme.

5. SERVEROVÁ VIRTUALIZACE

Existují dva základní modely serverové virtualizace, a to softwarová a hardwarová virtualizace.

Softwarová virtualizace se většinou opírá o jednodušší, ale často bezplatné technologie. Vyžaduje operační systém hostitele, což sebou přináší některá specifika, povětšinou nepříznivá. Stěžejními jsou spotřeba fyzických zdrojů hostitelského počítače hostitelským operačním systémem a jeho údržba. To může znamenat odstávky a restarty hostitelského operačního systému. V takovém případě se restartují a vypínají pochopitelně i všechny virtuální instance.

Hardwarová virtualizace operační systém hostitele nepotřebuje. Kód hypervizoru je přímo integrován do hardware hostitelského serveru a vystaví hardware hostitelského serveru virtuálním instancím. Spotřebuje tedy menší množství fyzických zdrojů hostitele. V této situaci hostitel nezahrnuje běžný operační systém, takže povětšinou nevyžaduje časté aktualizace.

Z výše uvedeného vyplývá následovné. Robustní provozní prostředí vyžaduje finančně nákladnější řešení a tím bude virtualizace na úrovni hardware. O tomto více v kapitole Finanční a technologické porovnání.

Virtualizace u serverových systémů přináší hned několik neoddiskutovatelných výhod. Jako jeden z hlavních přínosů těchto postupů je většinou uváděno snížení počtu fyzických serverů v datovém centru. Udává se, že průměrné vytížení serveru se pohybuje kolem 5 - 25 % [18]. Budeme-li tedy považovat tento předpoklad za přibližně správný, je vidět, že jedním výkonným zařízením můžeme nahradit hned několik stávajících. Snížením počtu fyzických serverů dosáhneme mnoha pozitivních efektů.

I v případě, že pomineme množství vynaložených finančních prostředků na pořízení těchto strojů (ve chvíli, kdy v datovém centru začínáme „virtualizovat“, dost často tam již tyto stroje stojí), servery jsou zařízení, mající vysokou energetickou náročnost, a tím to zdaleka nekončí. Dále do provozních nákladů patří zpravidla nemalé výdaje za prostory a klimatizační systémy serveroven. Množství fyzických serverů zvyšuje i náročnost administrace a tímto může vznikat potřeba zaměstnávat více kvalifikovaných lidí.

Jako další eventualitu použití virtualizačních technik můžeme uvést možnosti testování. Pomocí virtualizovaného hardware je možno testovat nové aplikace a operační systémy. Například před plánovaným velkým zásahem do produkčního systému není nic jednoduššího než vytvořit kopii tohoto serveru nebo počítače a zkusit si plánovanou operaci „nanečisto“.

Dalším velkým plus virtualizačních metod a postupů je odstranění závislosti na fyzickém hardwaru. Umožňuje přesouvání celých virtuálních počítačů (serverů) na jiný zdrojový server, většina platforem dokáže migrovat tyto prostředky za chodu „live migrace“. V ideálním případě toto nemusí koncový uživatel nasazených aplikací či jiné virtuální instance vůbec zaznamenat. Dalším jasným scénářem pro užití virtualizace je prostředí, v němž užíváme různé operační systémy ať již Unixové nebo Windows platformy. Při užití virtualizační platformy je samozřejmostí chod různých operačních systémů a aplikací na jednom fyzickém hardware, aniž by se tyto nějak negativně ovlivňovaly. Ke konci je ještě potřeba zmínit možnost vytvoření v podstatě libovolného prostředí, které umožní chod dříve narozených aplikací, které vyžadují hardware zastaralý, nevhodný pro další údržbu či dokonce již nedostupný. Další přínosy se samy nabízejí.

Server postavený ve virtuálním prostředí je v podstatě soubor. Již bylo výše uvedeno, že je možné tyto soubory, tedy servery či počítače přesouvat či kopírovat a to dokonce za chodu. Vyplývá z toho tedy poměrně dost možností a scénářů pro konfiguraci zálohování. Administrátor tak může zvýšit svou efektivitu při záchraně prostředí poškozeného například hackerem nebo může velmi efektivně vytvářet nové servery

pouhým naklonování jako šablony připraveného virtuálního serveru. Nastavení nového virtuálního prostředí pro tento virtuální disk zabere pár minut a to může být přesně doba potřebná k návratu k funkční konfiguraci daného zařízení. Z tohoto velkého přínosu nicméně plyne i drobné úskalí a tím je kolize hostitelského serveru. Další mírnou komplikací, kterou musí administrátor vést v patrnosti je možnost případné kolize virtuálních serveru v prostředí. Může jít o konflikt IP adres, může jít o konflikt jmen na souborovém systému nebo obsazených portů v rámci nějakého integrovaného prostředí poskytujícího složitější služby.

5.1 Serverová virtualizace na platformě VMware

Rozsáhlou sadou je VMware Infrastructure umožňující virtualizaci serverů i virtualizaci části infrastruktury. Další produkt, VMware ESX Server, je distribuován nejen jako samostatný nástroj, ale i jako součást sady VMware Infrastructure. VMware ESX Server je nainstalován na server místo operačního systému. Není tedy potřeba další hostitelský operační systém. Celý proces komunikace mezi hosty a fyzickým hardwarem podstatně zrychlí, protože se minimalizuje vrstva mezi hosty a hardwarem pouze na hypervisor. Každý virtuální stroj je vybaven kompletním hardwarem, na němž je možno provozovat jakýkoliv neupravený operační systém. Toto jsou tedy hlavní produkty robustnějšího řešení od VMware, hardwarová virtualizace.

Úspornějším řešením může být produkt VMware Server. Serverová edice je dostupná zdarma, nicméně pro svůj běh samozřejmě vyžaduje hostitelský operační systém, na který je nainstalován. VMware Server tedy umožňuje tvorbu virtuálních strojů běžících ve vrstvách umístěných nad hostitelským operačním systémem.

Nezajímavé není ani to, že společnost VMware dává k dispozici svůj hypervisor ESX zdarma rovněž, aby dala firmám možnost vyzkoušet přínosy virtualizace a používat ji. V bezplatných řešeních existují pochopitelně jistá omezení, jiná než již zmiňovaná v úvodu. V případě ESX a ESXi je na všech podporovaných operačních systémech

(Windows, Linux, Netware a Solaris) omezení v počtu CPU a paměti. Stropem je počet procesorů 4 a paměť 256 GB.

5.2 Serverová virtualizace od Citrix – XEN

Citrix XenServer je rovněž platformou pro virtualizaci serverů a operačních systémů. XenServer je distribuován v několika edicích. Umožňuje stejně jako konkurenční produkty chod různých operačních systémů na jednom fyzickém hardwaru. Nezávislost virtuálních serverů na konkrétním hardware je rovněž samozřejmostí.

Tak jako společnost Vmware, řešení od firmy Citrix nabízí rovněž bezplatné edice, rovněž s jistými omezeními. V případě Citrix XenServer se jedná o 64-bitový hypervizor s podporou až 8 CPU, není limitovaný počet serverů, VM a RAM. Bezplatná edice dále obsahuje grafické i command-line rozhraní pro správu, širokou podporu pro lokální i sdílené úložiště dat (DAS, NAS, SAN) Najdeme zde XenMotion pro přesun běžícího virtuálního stroje na jiný fyzický hardware bez výpadku.

5.3 Serverová virtualizace od Microsoftu

Firma Microsoft přichází do boje o zákazníky stran virtualizace s produktem Virtual Server. Virtual server jako úplné řešení virtuálních počítačů nabízí funkce úložiště, síťového prostředí a správy. Jeho součástí je jednoduchý průvodce instalací a pohodlná webová konzola pro správu. Virtual Server zjednodušuje využití hardwaru prostřednictvím izolace virtuálních počítačů, zatímco správa prostředků umožňuje existenci více prostředí na menším počtu serverů. Spolu s operačním systémem Windows Server 2003 představuje Virtual Server 2005 výkonnou platformu virtuálních počítačů jako součásti řady produktů Windows Server System. Virtual Server 2005 vyšel ve dvou edicích, a to standard a enterprise. Produkt je distribuován zdarma a jedná se o softwarovou virtualizaci.

Dnes stojí v popředí virtualizačních technik firmy Microsoft (stran serverové virtualizace) Microsoft Hyper-V Server 2008. Byl uveden jako samostatný produkt, který poskytuje jednodušší, spolehlivé, nákladově efektivní a optimalizované virtualizační řešení napomáhající organizacím zlepšit využití serverů a snížit náklady.

Počínaje systémem Windows Server 2008 je virtualizace serverů s využitím technologie Hyper-V nedílnou součástí operačního systému Windows Server 2008 R2.

Stejně jako konkurenční společnosti i firma Microsoft vydává licenční politiku v podstatě podporující virtualizaci.

Při nákupu Windows Serveru 2008 R2 v edici Standard získává zákazník licenci na provozování další instance Windows Serveru 2008 Standard ve virtuálu. V případě edice Enterprise získává zákazník již 4 licence na virtuální stroje. V nejvyšší edici Windows Serveru 2008 R2 Datacenter je počet licencí na virtuální stroje neomezený.

Na závěr kapitoly uvádím srovnávací tabulku produktů Vmware, XEN a Microsoft [19] [20].

	VMware/EMC	Xen	Microsoft
URL	Vmware.com	xensource.com	microsoft.com
Název produktu	Infrastructure v3 (Starter, Standard, and Enterprise)	Xen (Express, Server, Enterprise)	Microsoft Windows 2008 Hyper-V
Cenové rozmezí	\$1000 - \$5750	Zdarma - \$2499	Zdarma, ale je potřeba zakoupit Windows 2008 & Management Software.
Hlavní použití	Produkční prostředí	Testovací a vývojové prostředí	Bliží se produkčnímu, ale pro mnoho společností je stále v testovacím a vývojovém prostředí.
Požadovaný nosný OS (je li třeba)	Infra v3:Bare-Metal	Xen: Bare-Metal	Windows 2008 x64 Standard/Enterprise /Datacenter Editions
Nástroje správy	Virtual Center	XenCenter Administrator Console	Microsoft System Center Virtual Machine Manager (VMM) Hyper-V, konzole pro správu
Podpora	vysoká	střední	střední
Podporované hostující OS	<ul style="list-style-type: none"> - Microsoft WindowsNT4.0 /2000/2003/XP/Vista/7 - Red Hat Enterprise 2.1/3/4/5 - Red Hat Linux Advanced Server 2.1 - Redhat Linux 7.2/7.3/8.0 /9.0 - SUSE Linux Enterprise Server 8/9/10 - SUSE Linux 8.2/9.0/9.1/9.2 /9.3 -FreeBSD 4.9/4.10/4.11 - NetWare 6.5/6.0/5.1 - Solaris 10 for X86 - Vista (Experimental Support) - Windows 2008 - Windows 2003 Standard /Enterprise SP1/SP2/R2 64-bit + Virtual SMP 	<ul style="list-style-type: none"> <u>64-bit</u> o Windows Server 2003 Web, Standard, Enterprise, Datacenter SP2 <u>32-bit</u> o Windows Server 2003 Web, Standard, Enterprise, Datacenter SP0/ SP1/SP2/R2 o Windows XP SP2 o Windows 2000 SP4 - Red Hat Enterprise Linux (and derivatives (32-bit)): 3.5, 3.6, 3.7, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 5 - Novell SUSE Linux Enterprise Server(32-bit): 9SP2, 9SP3, 10SP1 - Debian(32-bit): Sarge (3.1), Etch (4.0) 	<ul style="list-style-type: none"> - MS Windows 2003/2008 - MS Windows 2000 Server/Advanced Server SP4 - Windows XP/7 SP2/SP3 - SUSE Enterprise Linux Server

Výkon	- vyšší výkon - více virtuálních strojů na hardware	- téměř stejně vysoký výkon jako ve většině benchmarků pro Linux. - nižší výkon pro Windows.	- dobrý výkon s operačními systémy, které detekují, že běží ve virtuálním prostředí Windows 2008 & SUSE - méně virtuálních strojů na hardware - nosný systém je Windows 2008. Jádro Serveru může zabrat významnou část zdrojů
64-bit podpora	plná podpora většiny 64-bitových operačních systémů	plná podpora 64-bitové verze Windows Serveru 2003,2008 Web, Standard, Enterprise, Datacenter SP2	podpora Windows 64-bitových operačních systémů.
Migrace za chodu	podporovaná	podporovaná	Quick Migration (ne opravdová Live migration - migrace za chodu)
vysoká dostupnost (HA)	podporovaná	nepodporovaná	Quick Migration (Host Clustering)
Dynamické zdroje (DRS)	podporovaná	nepodporovaná	NLB (Network Load Balancing - vyvažování síťové zátěže)
Max CPUs pro Virtuální stroj	4Procesorů ESX 4 64 (logical CPU)	8 Procesorů XS 5.5 32 (logical CPU)	4 Procesorů Hyper-V 2.0 64 (logických CPU)
Max paměť pro Virtuální stroj	16GB ESX 4 1TB	32GB XS 5.5 128 GB	64GB Hyper-V 2.0 1TB
Max paměť pro Hosta	64GB ESX 4 256 GB	128GB XS 5.5 32 GB	64GB
Online zálohování	VCB (VMware Consolidated Backup)		Live Backups with VSS
Virtualizační přístup	emulace a binární překlad	paravirtualizace	paravirtualizace
Požadavky na speciální hardware	vyžaduje podporu SCSI nebo SATA controler.	vyžaduje Intel-VT or AMD-V	procesor x64 hardwarově-podporovaná virtualizace a hardwarová ochrana před spoštěním kódu v jiné než určené části paměti. podmínkou je Intel VT or AMD-V)

Tabulka č. 1: Srovnávací tabulka produktů Vmware, XEN a Microsoft

6. VIRTUALIZACE DESKTOPŮ

Podobně jako v předešlých odstavcích u serverové virtualizace, i virtualizace desktopů může přinést různé výhody a usnadnění. Její počátky se datují do sedmdesátých let minulého století. Začíná se používat interaktivní terminálové rozhraní. Terminál může být jednoduché zařízení umožňující zadávat požadavky aplikacím běžícím jinde a zprostředkovávat jejich výstup uživateli. Jak to tedy vypadá dnes? Na vzdáleném serveru běží distribuční služba, která je vzdálenému uživateli schopna poskytnout aplikace nebo iluzi kompletního systému, aniž by tyto komponenty byly umístěné na lokálním systému uživatele. Takže z výše uvedeného vyplývá, že tato velká kapitola v sobě ukrývá vlastně dvě odlišné technologie. Jednou je virtualizace aplikace a druhou virtualizace celého desktopu – ona iluze kompletního systému. Uživatel pak dostává celý klientský systém včetně instalovaných aplikací. Tato technologie je z dílny společnosti VMware a nazývá se VDI (Virtual Desktop Infrastructure). Na následujících stránkách se opět zaměřím na produkty, které nabízejí společnosti zaujímaví nejvýznamnější postavení na trhu v této oblasti. Pochopitelně se jedná o stejné firmy jako v případě serverové vizualizace, takže Citrix, VMware a Microsoft.

6.1 VMware virtualizace desktopů

Virtual Desktop Infrastructure od společnosti VMware se skládá z následujících komponent, které umožňují celý proces virtualizace a distribuce desktopů. První komponentu tvoří VDM (Virtual Desktop Manager) Klient. Klient je program spustitelný na uživatelské stanici nebo obsažený v HW klientovi. Další součástí je VDM agent. VDM agent je připojen ke zprostředkovateli připojení, jehož funkcí je přijímat požadavky od VDM klienta a předávat je na server. VDM agent je spuštěn uvnitř virtualizované instance. Nad ním je další komponenta, a to hypervizor. Existují dva přístupy pro připojování k virtuálním obrazům. První možností je situace, kdy je virtuální stroj samostatně fungující jednotka, vždy jeden stroj = jeden klient. (firma,

zaměstnanci, každý z nich má "svůj počítač") Druhá možnost mapuje například situaci, kdy máme velký počet uživatelů, kteří mohou využívat identické prostředí (například internetová kavárna - uživatelé se střídají, požadovaná funkčnost zůstává totožná) V tomto modelu je vytvořen zdrojový virtualizovaný obraz označovaný jako master image. Z master image je pak v případě požadavku na přihlášení dynamicky vytvořen klon - šablona předepisující, jak má systém vypadat.

Pro správu celé virtualizační architektury slouží konzola VMware vCenter.

6.2 Citrix virtualizace desktopů Citrix XenDesktop

Princip technologie je velmi podobný jako u dříve zmiňovaných produktů. Ve vzdáleném serveru jsou umístěny obrazy hostovaných operačních systémů. Celá technologie se skládá opět z několika modulů. Na lokálním zařízení je nainstalovaný Citrix Desktop Receiver. Citrix Desktop Receiver slouží jako autentizační bod pro připojení ke vzdálenému desktopu. Na serveru je spuštěna služba Delivery Controller. Tato služba zpřístupňuje požadovaná data.

Technologie Citrix FlexCast obsahuje více modulů pro doručování desktopů a aplikací v jediném produktu. Rovněž umožňuje start více virtuálních desktopů z jednoho image podobně jako master image u konkurenčního VMware. V Citrix Xen Desktopu je rovněž integrovaná technologie pro virtualizaci aplikací XenApp, také podobně jako u konkurence.

6.3 Microsoft virtualizace desktopů - Terminal Services

Terminal Services (TS) je služba spustitelná na serverech z řad Windows Server společnosti Microsoft. Tato služba nabízí podobně jako Virtual Desktop Infrastructure od společnosti VMware dvě základní funkcionality. V prvním případě se jedná

o vzdálenou distribuci aplikací. Druhou možností je zprostředkování virtuálních ploch. Pomocí vzdálené plochy se může připojit jeden uživatel k jednomu danému systému. V případě Terminal Services není počet limitován. Limit v této rovině znamená jednak možnosti hardware serveru, na straně druhé licence.

TS je složen ze dvou komponent, a těmi jsou vstupní brána neboli TS Gateway a TS zprostředkovatel - session broker. Jak už říkají samotné názvy, gateway umožňuje vlastní připojení k serveru, úkolem session brokeru je sledování a správa informací o spuštěných relacích. Uživatelé se připojují a odpojují, session broker vybere jejich správnou relaci. Dnes stojí v popředí těchto technologií produkt Windows multipoint server.

7. VIRTUALIZACE APLIKACÍ

O virtualizaci aplikací již byla zmínka v předešlých textech v části virtualizace desktopů. Jedná se o virtualizační vrstvu, která v podstatě technologicky napodobuje softwarovou virtualizaci. Izoluje službu nebo aplikaci nad operačním systémem, který je pro její funkci podmínkou. Její velká síla spočívá v tom, že zcela chrání operační systém před změnami, které jinak běžně instalované aplikace provádí. V případě že je aplikace připravena k virtuálnímu použití, nejedná se o instalační proces, nýbrž o jakési vytvoření snímku nainstalované spuštěné aplikace. Všechny tři společnosti, o kterých zde píšeme, se tímto oborem zabývají a nabízejí konkrétní produkty. V případě VMware se jedná o ThinApp, společnost Citrix nabízí XenApp a konečně Microsoft vytvořil Microsoft Application Virtualization.

8. TENKÝ KLIENT

Jak již bylo uvedeno, díky virtualizačním technologiím lze vytvořit pro potenciální uživatele takové prostředí, v němž budou mít veškeré prostředky uloženy, případně spuštěny na vzdálené pracovní stanici či serveru. Budou se fyzicky nacházet mimo rozsah jejich lokálního pracoviště. Vzniká zde tedy eventualita nepotřeby osobního počítače. Jak a čím se tedy budou moci ke svým virtuálním instancím hlásit? Alternativou může být tenký klient.

Pod pojmem tenký klient si můžeme představit zařízení, které slouží zejména k zprostředkování připojení k jiné pracovní stanici či serveru. Na těchto stanicích je zpravidla spuštěn pouze prohlížeč či software vzdálené plochy nebo software umožňující připojení k virtuálnímu počítači. Toto zařízení nám tedy může zprostředkovávat přístup k nějaké aplikaci - virtualizované aplikaci či k obrazu virtuálního počítače. Veškerá data jsou tedy zpracovávána na výkonném zařízení, na serveru. Odpadají tedy nároky na vybavenost tenkého klienta. Nevzniká potřeba výkonného procesoru, není potřeba diskové kapacity, zpravidla se jedná o bezdiskové zařízení. Za hlavní důvod nasazení řešení tenkého klienta můžeme považovat cenu. Nemusí se ale jednat přímo o cenu ve smyslu pořizovací cena, nýbrž i cena provozní. Dnes je stav takový, že není příliš nákladné pořídit poměrně výkonný osobní počítač. Ukazuje se, že není hlavním nákladem nákup, ale provozní výdaje jako takové. Na straně jedné totiž ceny nových produktů, například typu Personal Computer, klesají. Proč tedy nekupovat kompletní plnohodnotné stroje? Protože naproti tomu stoupají náklady provozní. Do těch se promítají rostoucí ceny energií, potřeba erudovaného personálu, správce. V případě kolize tenkého klienta nahradíme tohoto zařízením novým. Uživatel může pokračovat v práci.

8.1 SUN RAY 2, virtual display client

Pro příklad uvádím jednu z možností zařízení tenkého klienta.



Obrázek č. 1: SUN RAY 2, virtual display client

Technická specifikace:

- Grafika: 24-bit grafika; až do 1600x1200 rozlišení @ 60 Hz
- Vnější rozhraní: dva USB porty, napájení, jeden seriový port
- Síť: 10/100Base-T
- Vstupní zařízení: Universal Serial Bus (USB) pro klávesnici; USB myš, čtečka smart card
- Audio- zvuk: CD-kvalita audio in/out; mikrofon; sluchátka; stereo line level in
- CPU AMD Alchemy

- Monitor: Industry-standard Digital Video Interface (DVI-I) konektor podporující 3rd party & Sun™ monitors, zahrnuje HD15 adapter; standard VGA kompatibilní monitor
- Smart card: ISO-7816-1 čtečka karet (smart card reader)

Tento tenký klient stojí dle ceníku ORACLE (Sun Microsystems) ke dni 15.2.2011 197 EUR + DPH [24].

9. FINANČNÍ A TECHNOLOGICKÉ POROVNÁNÍ

V této kapitole se budu snažit nastínit jakési porovnání zmiňovaných produktů. V první části stručně uvedu porovnání technologické, v druhé porovnání finanční.

9.1 Technologické porovnání

Technologické porovnání virtualizačních produktů od Citrix, Vmware a Microsoft lze zcela zobecnit na drobnou úvahu, a to virtualizovat - nevirtualizovat.

Jak vyplývá již z kapitol a odstavců výše, pod pojmem virtualizace se neskrývá nový moderní trend, jenž by zahýbal světem a v blízké budoucnosti se ze světa informačních technologií vytratil. Je to nástroj zcela jistě užitečný, existuje již několik desetiletí a velmi pravděpodobně ještě dlouho existovat bude. Důvodů, proč se v již dané otázce přiklonit na stranu virtualizovat, je celá řada, a mnoho z nich bylo již zmiňováno. Virtualizace může přinést vyšší flexibilitu informačních technologií pro koncového uživatele. Samozřejmostí je přístup k firemním aplikacím z webového prohlížeče a tedy odkudkoliv a kdykoliv. Jedinou podmínkou je přístup k internetu.

Dále může přinést zjednodušení správy většího množství zařízení, rychlejší instalace, možnosti zálohování. Jak již bylo také zmiňováno, přináší nasazení virtualizačních technologií úspory finanční a mělo by to tak být i přes nemalé počáteční investice, jednak do virtualizačních software, nevystačíme-li si s produktovými řadami zdarma, v druhé řadě počáteční investicí do vhodného hardware.

9.2 Finanční porovnání

Finanční porovnání produktů na trhu virtualizačních technologií bude asi problémem největším. Prvděpodobně bude platit následovně. Každá zmiňovaná technologie má své pro i proti. Každá z firem, o jejíž produktech píše, má kompletní škálu virtualizačních software, ať již z pohledu virtualizace serverů, nebo virtualizace aplikací či pracovních stanic. Každý subjekt, jenž se pro nasazení virtualizačních technologií rozhodne, má své konkrétní potřeby, postupy a zvyklosti. Uvažuje-li například menší společnost o nasazení virtualizace, ať už jakéhokoliv konkrétního produktu, je docela možné, že si vystačí s produkty open source a to od Citrix, Vmware, Microsoft či někoho úplně jiného. Naproti tomu se dá odtušit, že bude-li subjekt vyžadovat plnohodnotné robustní řešení s nejvyšší funkčností, bude potřeba podrobná analýza nejen finanční, ale zejména analýza, čeho potřebujeme dosáhnout. Výše je uvedeno, že každý subjekt má své postupy a zvyklosti. Je více než pravděpodobné, že společnost, která funguje kompletně na řešeních například od firmy Microsoft v případě úvahy o nasazení virtualizační technologie bude směřovat k produktům od firmy Microsoft. Naproti tomu se dá předpokládat, že společnost využívající jiné operační systémy než platforma Microsoft nebude uvažovat o Microsoft Hyper-V a podobně.

Finační analýza prováděná společnostmi před nasazením virtualizačních technik by mohla vypadat například takto:

Budou vybrána některá nejvhodnější technologická řešení. To znamená různý HW, různé virtualizační platformy nebo jejich kombinace. Následně vypočítat náklady na celé řešení, které se skládají z:

- a) Nákladů na hardware
- b) Nákladů na licence

c) Nákladů na system safety

- náklady podle náročnosti bezvýpadkového provozu (24x7, 8x7, 24x5 dní v provozu bez výpadku atd.)

- rizikové náklady na úhradu škod v případě výpadku, jsou-li malé, je zbytečné požadovat provoz v režimu 24x7 atd...

- náklady ztráty dat. Jsou – li menší než provoz zálohovacích systému, lze ušetřit na jejich provozování

d) Náklady na vyškolení obsluhy

e) Mzdové náklady na provoz nových systémů.

f) Energetické náklady nových systémů.

g) Náklady na podporu ze strany dodavatele, servis. V počátku levný systém se může prodražit díky tomu, že do zařízení nejdou dávat jiné než proprietární značkové díly atd...

Pomocí takto sestaveného vzorce lze systémy poměrně exaktně ekonomicky srovnat.

Pro nastínění finančních rovin uvádím produktový ceník XenServer [21] a Vmware [22].

XenServer Features		Free Edition	Advanced Edition	Enterprise Edition	Platinum Edition
Free virtual infrastructure	XenServer hypervisor	✓	✓	✓	✓
	IntelliCache	✓	✓	✓	✓
	Resilient distributed management architecture	✓	✓	✓	✓
	VM disk snapshot and revert	✓	✓	✓	✓
	Resilient distributed management architecture	✓	✓	✓	✓
	XenCenter management	✓	✓	✓	✓
	Conversion tools	✓	✓	✓	✓
	XenMotion® live Migration	✓	✓	✓	✓
Advanced management and automation	Distributed virtual switching		✓	✓	✓
	Heterogeneous pools		✓	✓	✓
	High availability		✓	✓	✓
	Memory optimization		✓	✓	✓
	Performance alerting & reporting		✓	✓	✓
	Dynamic workload balancing			✓	✓
	Host power management			✓	✓
	Live memory snapshot and revert			✓	✓
	Provisioning services (virtual)			✓	✓
	Role-based administration			✓	✓
	StorageLink			✓	✓
	Web self-service with delegated admin			✓	✓
	Automated VM protection and recovery				✓
	Lab manager with self-service portal				✓
	Provisioning services (physical)				✓
	Site recovery				✓
Cost per server	Free	\$1,000	\$2,500	\$5,000	

Tabulka č. 2: Produktový ceník XenServer.

Resource Management Power Management				DRS DPM
Live VM Migration Live VM Disk File Migration				VMotion™ Storage VMotion
Availability		High Availability		High Availability
Backup		Consolidated Backup	Consolidated Backup	Consolidated Backup
Patch Management		Update Manager	Update Manager	Update Manager
Central Management		VC Agent	VC Agent	VC Agent
Storage Virtualization	VMFS Virtual SMP™	VMFS Virtual SMP™	VMFS Virtual SMP™	VMFS Virtual SMP™
Enterprise VMs	VMware ESXi	VMware ESX 3i or VMware ESX	VMware ESXi or VMware ESX	VMware ESXi or VMware ESX
Next Generation Hypervisor	VMware ESXi	VI Foundation	VI Standard	VI Enterprise
License	\$0	\$995	\$2,995	\$5,750
SnS (Gold/Plat)	\$495/\$595	\$545/\$645	\$629/\$749	\$1,208/\$1,438

Tabulka č. 3: Produktový ceník Vmware

Cenová politika třetí společnosti, o které píší v souvislosti s tématem virtualizace, a sice Microsoft, není s ohledem na širší nabízených produktů a licenčních modelů zcela jednoduchá. Microsoft ceny těchto produktů pro koncového zákazníka v podstatě neudává.

Vždy záleží na vybraném licenčním modelu (způsobu pořízení licencí), formě pořízení (smlouva, jednorázový nákup, pořízení jako služby) a způsobu použití a nasazení. Možnost virtualizace je nicméně u většiny produktů Microsoft v nejrozšířenějších licenčních modelech již zahrnuta v základní ceně. I z tohoto pohledu je těžké přesně vyčíslit přesnou cenu pouze za virtualizaci. Konkrétní vyčíslení nákladů a porovnání s konkurenčními produkty se většinou realizuje formou tzv. POC (Proof of Concept) projektů, v rámci kterých se nejen ověří navrhovaný způsob implementace a funkčnosti, ale právě i nákladová stránka u konkrétního řešení či zákazníka.

Dále Microsoft nabízí různé partnerské programy, v rámci nichž je společností distribuován software pro osobní použití zdarma. Pochopitelně členství v partnerském programu zdarma není. Zde nejde jen o peníze, ale členství je povětšinou podmíněno i splněním jiných podmínek, například složením různých zkoušek, následných certifikací apod. Zprůhlednění této politiky a koncových cen daných produktů by vystačilo na další bakalářskou práci.

10. ZÁVĚR

Tato práce se obecně zabývá postupy virtualizace. Podrobněji prochází tři základní technologické principy virtualizace a to virtualizaci na úrovni serverů, virtualizaci pracovních stanic a aplikační virtualizaci. Všechny tyto úrovně představuje zejména na produktech tří společností zabývajících se touto problematikou, tří největších hráčů na trhu. Představuje tedy virtualizaci z pohledu Citrix, Vmware a Microsoft.

V předposlední kapitole srovnávám konkrétní řešení těchto společností. Dospěla jsem k závěru, že nelze vyvodit jednoznačný návod pro jakou situaci použít jakou technologii a jakého poskytovatele zvolit. Pro každý jednotlivý případ se musí brát do úvahy investiční možnosti a potřeby firmy. Rovněž záleží na náročnosti produktů, které firma produkuje nebo používá. Například malá firma, jejíž počet zaměstnanců lze uvádět v desítkách, může produkovat vysoce sofistikovaný software, dodávaný za vysoké ceny, a může potřebovat nákladné technologie podobné technologiím svých zakazníků. Naproti tomu státní organizace o 20000 zaměstnancích může mít problém s uhrazením licencí za základní konfiguraci virtualizačního prostředí. Dále bude bez pochyb záležet na tom z čeho firma vychází, jaké má nejrozšířenější platformy HW i SW a partnerské smlouvy.

Nebudeme-li brát v úvahu vstupní data a informace jako velikost firmy, používané HW a SW platformy, požadavky na robustnost celého řešení, finanční možnosti, vychází srovnání řešení od tří největších společností následovně. Z nastudovaných materiálů a z výsledků porovnání daných produktů dle zadaných kritérií se zdá, že prozatím je stále přeci jen o malý krůček dál firma VMware. Je tomu zřejmě proto, že společnost VMware se problematikou virtualizace zabývá nejdéle a zatím neztrácí tempo vývoje. Z porovnávací tabulky na straně 16 vyplývá, že řešení VMware podporuje nejvíce hostovaných operačních systémů včetně řad 64 bit, podporuje LIVE MIGRATION (migrace za chodu), HIGH AVAILABILITY, (vysoká dostupnost, obvykle se značí 24x7 nebo počtem devítek: 99,999 značí výpadek jedna tisícina roku), DYNAMIC RESOURCES (dynamické zdroje, tedy možnost přidávat výkon za běhu např. zvětšit

disk, přidat procesor). Rovněž zahrnuje zálohovací modul. VMware je hodnocen nejlépe stran SUPPORT RESOURCES (zdroje podpory). Podle serveru itcomparison.com je ve výsledku řešení od VMware uváděno jako jediné s primárním určením do produkčního prostředí.

Nakonec uvádím rozbor této problematiky firmou Gartner. Ukazují jej na příkladu jejich magického čtverce, ve kterém jsou firmy umístěné podle dvou hledisek, a to ucelenosti jejich vizí a z hlediska schopnosti uvést tyto vize na trh.



Obrázek č. 2: Magický čtverec firmy Gartner [23]

Podle jejich výzkumu má VMware navrch jak z hlediska ucelenosti vize, tak z hlediska schopnosti uvést tyto vize do praxe. Firma Microsoft není považována za příliš úspěšnou z hlediska ucelenosti vize, ale je umístěna poměrně vysoko, co se týče schopnosti prodat. Citrix je uveden v tomto čtverci, neboť jeho virtualizační řešení je lepší než řešení firmy Microsoft, bohužel to však neznamená úspěch z hlediska uvedení jejich řešení do praxe. Ostatní řešení se dostaly do kvadrantu tak zvaných „niche players“, pouze vyplňují řídká místa na trhu [23].

11. SEZNAM LITERATURY

- [1] Virtualization for Dummies, B.Golden, C. Scheffy, ISBN: 978-0-470-29264-8
- [2] Virtualizace, D.Ruest, N.Ruest (Computer Press 2010), ISBN: 978-80-251-2676-9
- [3] VMware, provozujeme více operačních systémů na jednom počítači C.Walnum (Computer Press Brno 2004), ISBN: 1-886411-72-7
- [4] Virtualization with Xen, D.E.Williams, J.Garcia, ISBN: 978-1-59749-167-9
- [5] Virtuální počítač, Praktická řešení pro domácí uživatele, M. Šika (Computer Press 2010), ISBN: 9788025133347
- [6] Microsoft Windows Server 2008, M.Babarík (Computer Press 2009), ISBN: 978-80-251-2207-5
- [7] Mistrovství v Microsoft Windows Server 2008, W.R.Stanek (Computer Press 2009), ISBN: 978-80-251-2158-0
- [8] Microsoft Windows Server 2008, Velký průvodce administrátora, Ch.Russel, S. Crawford, (Computer Press 2009), ISBN: 978-80-251-2115-3
- [9] Mistrovství ve VMware vSphere 4, S.Lowe (Computer Press 2010), ISBN: 978-80-251-2915-9
- [10] <http://www.vmware.com>
- [11] <http://www.citrix.com>
- [12] <http://www.microsoft.com>
- [13] <http://www.oracle.com/us/products/servers-storage/desktop-workstations/030726.htm>
- [14] <http://www.root-server.cz/virtualizace.html>
- [15] <http://fei.abba.cz/>
- [16] <http://www.abclinuxu.cz/clanky/system/virtualizace-na-urovni-jadra-operacniho-systemu>
- [17] PC rady díl 15/2010

- [18] <http://computerworld.cz/technologie/datova-centra-navzdory-zelenani-spotreba-energie-roste-6822>
- [19] <http://itcomparison.com/Virtualization/>
- [20] http://www.virtualizace2009.cz/prezentace/Buchmaier_Srovnani_virtualizacnich_rezeni.pdf
- [21] (<http://www.citrix.com/English/ps2/products/subfeature.asp?contentID=2300456>)
- [22] (http://www.vmware.com/files/pdf/vi_pricing3.pdf)
- [23] <http://virtuallyalex.blogspot.com/2010/05/new-gartner-magis-quadrant-for.html>
- [24] <http://www.oracle.com/us/products/servers-storage/desktop-workstations/030726.htm>