

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE**

FAKULTA EKONOMIKY A MANAŽMENTU

2117968

**IMPLEMENTÁCIA TECHNOLOGIE VIRTUALIZÁCIE
V PODNIKOVOM PROSTREDÍ**

Nitra

Milan Granát, Bc.

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA EKONOMIKY A MANAŽMENTU**

**IMPLEMENTÁCIA TECHNOLOGIE VIRTUALIZÁCIE
V PODNIKOVOM PROSTREDÍ**

Diplomová práca

Študijný program:	Kvantitatívne metódy v ekonómii
Študijný odbor:	3.3.24 Kvantitatívne metódy v ekonómii
Školiace pracovisko:	Katedra informatiky
Školiteľ:	Eva Olahová, Ing.
Konzultant:	Juraj Chlebec, Bc.

Nitra 2010

Milan Granát, Bc.

Čestné vyhlásenie

Podpísaný Milan Granát vyhlasujem, že som diplomovú prácu na tému „Implementácia technológie virtualizácie v podnikovom prostredí“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 16. apríla 2010

.....

Touto cestou vyslovujem poďakovanie pani Ing. Eve Olahovej za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej diplomovej práce.

Nitra

.....

podpis autora DP

Abstrakt

Cieľom diplomovej práce je objasnenie princípov technológie virtualizácie, poskytnutie charakteristiky jednotlivých druhov virtualizácie, výhod a nevýhod. Práca sa ďalej zameriava na technické prostriedky virtualizácie, proces implementácie tejto technológie a jej vplyv na ekonomickú stránku podniku z pohľadu mikroekonomickej teórie. V práci sú vysvetlené aj otázky licencovania a bezpečnosti. Ako podklad sú poskytnuté aj experimentálne údaje. Zo záverov práce vyplýva, že virtualizácia sa osvedčila ako technológia, ktorá prináša cenné výhody pre informatické oddelenie podniku, ako aj pre podnik samotný a jej správne využitie je jedným z nástrojov znižovania nákladov a zvyšovania flexibility podniku. V budúcnosti sa preto očakáva jej širšie využitie a ďalší vývoj.

Kľúčové slová: virtualizácia, konsolidácia, znižovanie nákladov, zvyšovanie flexibility

Abstract

The goal of thesis is explanation of principles of virtualization technology, characteristic of various kinds of virtualization, advantages and disadvantages. Thesis is also focused on technical instruments of virtualization technology, the process of implementing this technology and its influence on the economy of a company. Questions about licencing and security are answered and experimental data is also included. In conclusion, the virtualization technology turned out to be a technology that reduces costs and increases flexibility and offers many advantages for IT department of a company and for the company itself, if used properly. It is therefore expected, that it is going to be used even more than nowadays and that the technology will be developed in the future.

Keywords: virtualization, consolidation, reducing costs, increasing flexibility

Obsah

Obsah	4
Zoznam skratiek a značiek.....	6
Slovník termínov	8
Úvod	9
1 Súčasný stav riešenej problematiky	11
2 Cieľ práce.....	25
3 Metodika práce a metódy skúmania	26
4 Výsledky práce a diskusia	28
4.1 Podstata a princípy virtualizácie.....	28
4.1.1 Pojem virtualizácia.....	28
4.1.2 Modely používané pri virtualizácii zdrojov	29
4.2 Technické a programové prostriedky virtualizácie	30
4.2.1 Významné firmy v oblasti virtualizácie.....	30
4.2.2 Virtualizačný softvér.....	30
4.2.3 Hardvérové prostriedky virtualizácie.....	32
4.3 Otázky licencovania operačných systémov/aplikačných softvérov vo virtuálnom prostredí	35
4.4 Otázky bezpečnosti virtuálnych riešení.....	36
4.5 Informatické potreby podniku	37
4.5.1 Plánovanie kapacity	37
4.5.2 Nasadenie	38
4.5.3 Sledovanie výkonnosti	38
4.5.4 Správa konfigurácie	38
4.5.5 Dostupnosť a ochrana dát	38
4.6 Možnosti virtualizácie v podnikovom prostredí.....	39
4.6.1 Rozdelenie virtualizácie podľa úrovne	39
4.6.2 Rozdelenie virtualizácie podľa druhu virtualizovaného stroja	40
4.6.3 Rozdelenie virtualizácie podľa typu	42
4.6.4 Výhody implementácie technológie virtualizácie.....	44
4.6.5 Obmedzenia využitia technológie virtualizácie	47
4.6.6 Využitie technológie virtualizácie	47
4.7 Ekonomické prínosy virtualizácie v podnikovom prostredí.....	49

4.7.1	Produkčná funkcia	49
4.7.2	Produkčné izokvanty.....	50
4.7.3	Vplyv na tvorbu zisku.....	50
4.7.4	Ukazovateľ využitia dlhodobého majetku	51
4.7.5	Obrat celkového majetku	51
4.7.6	Ďalšie ukazovatele efektívnosti a účinnosti majetku	51
4.7.7	Flexibilitnosť	52
4.7.8	Vplyv na zadĺženosť a investície	52
4.8	Príklad využitia plnej virtualizácie desktopu v praxi	53
4.9	Praktický príklad virtualizácie serveru	54
4.9.1	Stručný prehľad virtualizácie servera	55
4.9.2	Zhodnotenie	58
	Záver	59
	Zoznam použitej literatúry	62
	Prílohy	67

Zoznam skratiek a značiek

AMD	Advanced Micro Devices, výrobca mikroprocesorov a integrovaných obvodov
AMD-V	AMD Virtualization, hardvérová podpora virtualizácie od AMD
API	Application Programming Interface, rozhranie pre programovanie aplikácií
APL	Array Processing Language, programovací jazyk orientovaný na polia
CCIE	Cisco Certified Internetwork Expert, certifikát udeľovaný expertom v oblasti sietí spoločnosťou Cisco
CD	Compact Disc, kompaktný disk
CIO	Chief Information Officer, riaditeľ zodpovedný za IT podniku
DVD	Digital Versatile Disc, format digitálneho optického dátového nosiča
FreeBSD	Free Berkeley Software Distribution, slobodný operačný systém vychádzajúci zo systému BSD
GHz	GigaHertz, jednotka frekvencie
GNU	GNU's Not Unix, slobodný operačný systém
GPL	General Public Licence, licencia pre slobodný softvér
IDE	Integrated Drive Electronics, komunikačné rozhranie
IIS	Internet Information Services, server webových stránok
Intel-VT	Intel Virtualization Technology, hardvérová podpora virtualizácie od firmy Intel
IT	Information Technologies, informačné technológie
LG	LG Electronics, juhokórejská technologická spoločnosť
MS	Softvérová firma MicroSoft
MSDOS	MicroSoft Disc Operating System, druh operačného systému
OLAP	Online Analytical Processing, technológia uloženia dát v databáze

OLTP	O n L ine T ransaction P rocessing, technológia uloženia dát v databáze
OS	O perating S ystem, operačný systém
PCI	P eripheral C omponent I nterconnect, štandard pre zbernicu počítača k pripojeniu periférnych zariadení k matičnej doske
PHP	H ypertext P reprocessor, skriptovací programovací jazyk
RAM	R andom A ccess M emory, operačná pamäť
RDP	R emote D esktop P rotocol, protokol pre vzdialený prístup k desktopu
SATA	S erial A dvanced T echnology A ttachment, typ zbernice
SCSI	S mall C omputer S ystem I nterface, rozhranie a sada príkazov pre výmenu dát medzi počítačovými zariadeniami a zbernicou
SQL	S tructured Q uery L anguage, počítačový jazyk pre manipuláciu a definíciu dát
USB	U niversal S erial B us, univerzálna sériová zbernica
VPS	V irtual P rivate S erver, virtuálny server
x64	x86-64 , 64-bitová architektúra mikroprocesorov x86
x86	Označenie pre architektúru mikroprocesorov

Slovník termínov

3D akcelerácia	- Akcelerácia počítačovej grafiky využívajúcej trojrozmerné geometrické dáta kvykreslovaniu dvojrozmerných obrázkov.
Aberdeen Group	- Poskytovateľ výskumných správ súvisiacich s podnikateľskou činnosťou.
Boot manager	- Program, pomocou ktorého je možné si zvoliť, ktorý operačný systém má počítač zaviesť. Využíva sa, ak je v počítači nainštalovaných viac operačných systémov.
Cloud computing	- Model vývoja a využívania počítačových technológií založený na Internete.
Konzumerizácia	- Situácia, keď si používatelia osvojujú technologické novinky skôr ako samotné firmy a chcú ich aj využívať pri svojej práci.
Log	- Systémom alebo softvérom automaticky vytváraný súbor, ktorý zachytáva svoju aktivitu.
Open source	- Počítačový softvér, ktorého zdrojový kód je pod takou licenciou, ktorá umožňuje študovanie, prípadne vykonávanie zmien a umožňuje redistribúciu v modifikovanej alebo nezmenenej podobe.
Outsourcing	- Odovzdanie vnútro podnikových aktivít zvyčajne nesúvisiacich s hlavnou činnosťou podniku na externý subjekt.
Switch	- Prepínač. Aktívny prvok počítačovej siete, ktorý spája jej jednotlivé časti.
VMWare	- Softvér pre virtualizáciu desktopov, serverov, informačnej infraštruktúry spoločnosti VMware, Inc.
Webhosting	- Prevádzka webovej stránky na serveri s neustálym pripojením na Internet.

Úvod

Snahou každého racionálne sa správajúceho podnikateľského subjektu je zlepšovať konkurencieschopnosť a získať konkurenčnú výhodu. Jedným z prostriedkov na dosiahnutie tohto cieľa je znižovanie nákladov a zvyšovanie flexibility, ktorá je v súčasnej rýchlo sa meniacej ekonomike nesmierne dôležitá. Neschopnosť rýchlo reagovať na zmeny požiadaviek trhu či zmeny ekonomických podmienok, môžu pre podnik znamenať zníženie zisku, zhoršenie postavenia na trhu a v horšom prípade i jeho zánik.

Znižovanie nákladov a zvyšovanie flexibility je možné realizovať zavádzaním nových informačných a komunikačných technológií. Jednou z nich je aj technológia virtualizácie, implementácia ktorej prispieva ku konsolidácii prostriedkov informačných technológií a znižuje čas, potrebný na vykonanie činností s nimi súvisiacimi. Výsledkom uvedených procesov je vyššia pružnosť informačnej zložky podniku, a podniku samotného.

Virtualizácia nie je v oblasti informačných technológií novinkou. Používala sa už na sálových počítačoch v šesťdesiatych rokoch dvadsiateho storočia, aby bolo možné spustenie viacerých aplikácií naraz. S nástupom osobných počítačov architektúry x86 táto technológia ustúpila do pozadia, avšak v deväťdesiatych rokoch, ako aj v súčasnosti, stoja stroje vyrobené na tejto architektúre pred rovnakým problémom ako predtým sálové, a to je veľmi nízke zaťaženie, najmä v prípade serverov. Bolo to spôsobené tým, že spoločnosti radšej inštalovali aplikácie na jednouúčelové servery, čo bolo síce bezpečnejšie, no v konečnom dôsledku to malo za následok ich veľmi nízke využitie. Koncom deväťdesiatych rokov uviedla firma VMware na trh svoj prvý virtualizačný softvér umožňujúci virtualizáciu hardvérových prostriedkov architektúry x86. Odvtedy je táto technológia nasadzovaná do praxe a po niekoľkých rokoch sa dá zhodnotiť, že nejde len o prvotný ošial, ale skutočne o technológiu, ktorá má vo svete informačných technológií pevné postavenie. Už v súčasnosti je virtualizácia využívaná vo veľkej miere v podnikateľskej oblasti a do budúcnosti sa predpokladá, že tento trend bude naďalej pokračovať.

Technológia virtualizácie vďaka svojim výhodám zvyšuje konkurencieschopnosť podniku a predstavuje jeho konkurenčnú výhodu oproti podnikateľským subjektom,

ktoré ju ešte nevyužívajú. Preto si myslím, že jej nasadenie a využívanie je v súčasnosti dôležité. Zámerom mojej práce je preto objasniť podstatu virtualizácie, vyhodnotiť jej prínosy z hľadiska finančnej aj informatickej stránky, upozorniť na dôležité kroky, ktoré treba zohľadniť pri jej aplikácii, bezpečnostné riziká a následné experimentálne overenie. Očakávam, že experimentálne výsledky potvrdia teoretické poznatky a predpoklady.

1 Súčasný stav riešenej problematiky

Chris Wolf a **Erick M. Halter (2005)** napísali, že virtualizácia spočíva v abstrakcii fyzických hraníc technológie. Táto abstrakcia má v súčasnosti mnoho podôb a jej pomocou možno odstrániť závislosť operačného systému od hardvéru. So schopnosťou emulácie hardvéru je virtuálny stroj schopný prevádzky na akomkoľvek hardvéri architektúry x86. Takýmto spôsobom je potom možné na jednom fyzickom stroji prevádzkovať niekoľko virtuálnych strojov s rozdielnymi operačnými systémami súčasne. Rovnako je možné pomocou virtualizácie zoskupiť aj viacero fyzických strojov a prezentovať ich ako jeden virtuálny stroj.

Andrej Babolčai (2010) napísal, že virtualizácia je v súčasnosti mimoriadne populárna pre výhody, ktoré poskytuje. Okrem iných vyzdvihol najmä možnosť veľmi flexibilnej práce s infraštruktúrou, zníženie počtu hardvéru, nákladov na jeho údržbu, efektívnejšie využitie dostupného výkonu, možnosť simultánneho behu viacerých operačných systémov na jednom zariadení a vyššiu energetickú efektívnosť.

Ďalej uviedol, že softvérové riešenia a služby mnohých organizácií sa už v súčasnosti často nasadzujú vo virtuálnych prostrediach, pričom bezpečnosť týchto riešení je rovnako dôležitá, ak nie dôležitejšia ako spomínané výhody. V súvislosti s bezpečnosťou sa ďalej zaoberal problematikou šifrovacích kľúčov, ktoré sú umiestnené v úložiskách, ktoré môžu mať softvérovú podobu, alebo môžu byť vyhotovené v podobe fyzického zariadenia. Upozorňuje, že z tejto dvojice je hardvérové riešenie bezpečnejšie.

Patrik Žember (2007) uvádza, že virtualizácia sa v priebehu niekoľkých rokov zmenila z najnovšieho hitu na štandardne nasadzované riešenie. Ďalej sa vyjadril, že časy, keď podniky pri zavedení každej novej aplikácie museli pridávať nové fyzické servery a ľudí, prípadne míňať čas svojich IT pracovníkov riešením sprievodných problémov, sú pravdepodobne navždy minulosťou. Uviedol, že následkom tohto prístupu využívaného v minulosti, sa čoraz hustejšie prostredia stávali štandardom a typické úrovne využívania serverov sa často pohybovali len na úrovni 15%.

Po zavedení virtualizácia tak podľa neho môžu IT odborníci využívať svoj čas na riešenie strategicky dôležitých úloh, keďže sa už nebudú musieť starať o testovanie, riešenie problémov a udržiavanie neustále sa zvyšujúceho počtu systémov. Taktiež už nenastane situácia nízkeho využitia výpočtovej kapacity niektorých serverov, zatiaľ čo kritické aplikácie na iných serveroch by boli spomalené kvôli nadmernému zaťaženiu. Infraštruktúry sa stanú bezpečnejšími, odolnejšími a pohotovejšími. Ako dôsledok autor uvádza, že to znamená, že podniky budú mať nakoniec k dispozícii platformu, ktorá im umožňuje smerovať k poskytovaniu služieb v rámci organizácie a k narábaniu s IT zdrojmi ako s dôležitou funkciou prídávajúcou hodnotu, a nie ako s funkciou vyžadujúcou čoraz vyššie náklady.

Z výsledkov prieskumu portálu citrix.sk vyplýva, že 82% z takmer 200 IT profesionálov pracujúcich v oblasti vyššieho vzdelávania vyjadrilo záujem pridať virtualizáciu osobných počítačov do virtualizačného profilu svojej inštitúcie. Väčšina respondentov uviedla, že najväčšou výzvou v oblasti akademického využitia výpočtovej techniky bol nedostatok adekvátnych zdrojov informačných technológií, časovo náročná údržba osobných počítačov a aplikácií a zmena požiadaviek študentov a fakúlt. Ohľadom virtualizácie sa pozitívne vyjadril aj Dustin Fennell, šéf informatiky na Komunitnej univerzite v Scottsdale, ktorý uviedol, že virtualizácia prináša študentom ich univerzity reálne výhody, a to zase dáva ekonomický zmysel pre univerzitu samotnú.

Prieskum sa konal počas dvoch konferencií vysokoškolského vzdelávania: Liga pre inovácie v komunitných fakultách – '2009 a Výročná konferencia 2009 EDUCASE. (*Prieskum Citrix: Vysokoškolské vzdelávanie smeruje k virtualizácii desktopu, aby zvládlo najväčšie výzvy*, 2010)

Brian Ward (2004) napísal, že virtuálny stroj, vytvorený virtualizačným softvérom, sa môže podobáť emulátoru. Upozorňuje však na to, že kým emulátor zachytáva všetky inštrukcie a prekladá ich do podoby vhodnej pre cieľový stroj, virtuálny stroj posúva väčšinu inštrukcií reálnemu stroju bez zmien. Preto využitie virtuálneho stroja prispieva k vyššej rýchlosti v porovnaní s využitím emulátora. Ďalej však uvádza, že i virtuálny stroj musí v istej miere vykonávať emuláciu pri práci

s perifériami a privilegovanými inštrukciami, inak by virtuálny stroj prevzal kontrolu nad celým počítačom.

Taktiež dodáva, že aj keď je hardvér pre virtuálny stroj vytváraný softvérovo, reálny fyzický hardvér možno namapovať na virtuálny hardvér a využívať ho bežným spôsobom. Upozorňuje však, že tomto prípade dochádza k istému spomaleniu, pretože komunikácia medzi virtuálnym strojom a týmto hardvérom prechádza cez niekoľko ďalších vrstiev. Na druhej strane však táto abstrakcia umožňuje použitie niektorých funkcií, ktoré toto spomalenie vyvažujú svojimi výhodami.

Lukáš Erben (2008) napísal, že vo svete, kde technologický a koncepčný vývoj míľovými krokmi predstihol potreby mnohých aplikácií a kde je neustále potreba nasadzovať a testovať nové servery, služby a funkcie, je virtualizácia potrebná. Ako technológia, ktorá v mnohých prípadoch pomáha znižovať náklady na obstaranie, prevádzku a správu IT a zároveň zvyšovať produktivitu a dostupnosť podnikových informačných služieb, je navyše svojím spôsobom unikátna. Ako dôkaz uvádza rastúci záujem o túto technológiu nielen zo strany najvýznamnejších výrobcov podnikového softvéru a operačných systémov, ale aj výrobcov hardvéru, napriek tomu, že konsolidácia dátových centier môže znamenať menej predaných serverov.

Ondřej Marek (2010) uviedol, že virtualizácia už prenikla do hlavného prúdu vývoja a po virtualizácii serverov zaznamenáva v súčasnosti rýchly rast využitia najmä virtualizácia desktopov. Autor ďalej napísal, že zatiaľ čo v predchádzajúcom roku bol zrejmy tlak na znižovanie celkových nákladov, budú strategické plány CIO v tomto a v nasledujúcich rokoch zamerané predovšetkým na zvyšovanie efektivity realizovaných investícií, na znižovanie celkových nákladov na vlastníctvo, zvyšovanie produktivity a ponúkanie viacerých možností a flexibility koncovým používateľom. Dosiahnutie týchto trendov budú podporovať dva trendy, a to: konzumerizácia a cloud computing. Podľa autora majú tieto trendy potenciál zabezpečiť hladké a ľahké doručovanie IT služieb koncovým používateľom na ľubovoľné miesto.

Podľa Mareka (2010) bude spojnicou medzi cloud computingom a konzumeráciou Internet. Aby bolo možné túto novú víziu možné realizovať v prostredí firemného IT, musia sa firmy pripraviť na výrazný nárast využívania Internetu, najmä pri videoaplikáciách. Preto autor upozorňuje na to, že len čo sa stane Internet integrálnou

časťou doručovania IT služieb v rámci organizácie, bude hlavným problémom plynulosť prenosu. Autor uvádza aj stanovisko analytickej firmy Gartner, ktorá uviedla, že CIO pracovníci môžu efektívnejšie zvládať konzumerizačné trendy, ak sa prestanú pokúšať kontrolovať používanie spotrebiteľských technológií vo firme a miesto toho vyvinú metódy, ako ich spravovať a využívať.

Záverom uvádza, že okrem stále obľúbenej virtualizácie serverov získa popularitu virtualizácia desktopov, ktorá podporí redukciu nákladov, zvýšenú flexibilitu a produktivitu a flexibilné pracovné prostredie vo firme.

Lukáš Jeník (2008) tvrdí, že virtualizácia je fenoménom dneška a ak sa už hovorí o ktorejkoľvek virtualizácii, ciele sú vždy rovnaké: zjednodušenie správy a lepšie zhodnotenie. Ďalej uvádza, že aj keď virtualizácia patrí do oblasti infraštruktúry a ako taká má hlavne vplyv na flexibilitu a prevádzku IT, poskytuje aj takzvanú zásobáreň virtuálneho hardvéru pre podnik. Dodaním jedného fyzického serveru do virtualizačnej infraštruktúry získa IT kapacitu potrebnú pre niekoľko bežných projektov. Princíp spočíva v tom, že vo virtualizačnej technológii sa vytvorí takzvaná dočasná nárazníková zóna. Pokiaľ tak niektorý projekt vyžaduje ďalší server, netreba už čakať štandardných 4-6 týždňov na jeho dodávku, ale využijú sa voľné virtuálne kapacity. Po tom, čo je využitá dostatočná kapacita, sa virtuálne servery presunú do inej oblasti a nárazníková zóna je opäť uvoľnená. Upozorňuje, že tento princíp umožňuje okamžite poskytnúť výpočtovú kapacitu pre projekty, lepšie plánovať využitie existujúcich fyzických serverov a zároveň je prostredníctvom tohto princípu podnik takmer nezávislý od doby dodávky.

Autor článku ďalej zdôrazňuje, že aj keď sú uvedené prínosy najčastejšie uvádzané, existujú aj ďalšie zaujímavé výhody virtualizácie. Jedným z nich je nezávislosť výberu výrobcu od hardvéru, pretože častým problémom je závislosť firmy od jedného výrobcu. Prínosom virtualizácie v tejto oblasti je, že i po zmene platformy všetky servery naďalej fungujú bez nutnej rekonfigurácie. Ako ďalšiu výhodu uvádza zvýšenie dostupnosti aplikácie, pretože správne navrhnutá virtualizačná platforma je zabezpečená proti kolapsu pri výpadku jedného či viacerých fyzických serverov. Prípadný výpadok dostupnosti aplikácie tak možno znížiť na dobu niekoľkých sekúnd, kým pri tradičnom prístupe to môže predstavovať niekoľko hodín.

Rik Ferguson (2008) uviedol, že medzi nehmotnými prínosmi virtualizácie a konsolidácie sú také dôležité veličiny ako vysoká dostupnosť vrátane rýchleho nasadenia nových kapacít tam, kde sú potrebné, nižšie náklady na správu a zlepšenie podmienok pre zotavenie po zlyhaní, vďaka nástrojom na riadenie virtualizácie. Podľa neho má voľba tohto druhu technológie niekoľko dôležitých ekonomických predností: optimalizuje existujúce investície do serverov a podporuje konsolidáciu dátových centier. Medzi ďalšie výhody zaraďuje odstránenie jednúčelového hardvéru a zložitost' spojenú s riadením sústavy aplikácií a operačných systémov, charakteristických pre softvérovo založené riešenia. Taktiež vyzdvihuje prínos virtualizácie k zníženiu kapitálových nákladov a nákladov na údržbu a prevádzku, čo je dôležité najmä v súčasných ekonomických podmienkach.

Nakoniec dodáva, že virtualizácia v jej rôznych formách je jedným z najdôležitejších trendov súčasnosti, ktorý prispieva do oblasti zabezpečenia digitálnych informácií a vyjadruje názor, že na tradičné hardvérové zariadenia sa možno v krátkom čase zabudne.

Peter Šváb (2007) napísal, že virtualizácia je stále častejšie nasadzovanou technológiou, ktorej výhody rastú so zvyšujúcim sa výkonom procesorov. Uvádza, že výhod, ktoré poskytuje využitie technológie virtualizácie, je veľké množstvo: konsolidácia serverov, prevádzka starších operačných systémov, testovanie prostredí, zníženie prevádzkových nákladov, ľahšia správa, bezpečnosť, vysoká dostupnosť, ľahká záloha a obnova. Medzi úspory, ktoré podnik dosiahne už v prvej fáze zavedenia virtualizácie, zaraďuje úspory za energiu, priestor, klimatizáciu, kabeľáž a sieťové prvky. Vyzdvihuje vplyv toho, že virtuálne stroje nachádzajúce sa na jednom serveri sú od seba úplne izolované, no napriek tomu je možné, aby virtuálny stroj, ktorý momentálne nevyužíva naplno svoje prostriedky, ich prenechal virtuálnemu stroju, ktorý ich má práve nedostatok, čo by pri fyzických serveroch nebolo možné.

Ďalej poukazuje na to, že virtualizácia patrí v posledných rokoch neodmysliteľne k riešeniam, ktoré majú za úlohu optimálne využiť prostriedky fyzických serverov, a tým znížiť náklady na obstaranie nového hardvéru. Dôvodom je úspora vynaložených investícií do IT, ich rýchla návratnosť a hlavne kvalitatívne vyššia úroveň celého riešenia.

Thomas Wailgun a Patrik Kudhur (2008) uvádzajú prípad zavedenia virtualizácie v podniku Credit Suisse, ktoré mal na starosti CIO Tom Sanzone. Podľa nich Credit Suisse radikálne zmenila spôsob, akým IT oddelenie Toma Sanzona prideluje výpočtovú silu obchodným jednotkám. Starý spôsob vymedzenia serverového boxu obchodnej jednotke trval týždne až mesiace. Dnes to vďaka rastúcemu počtu virtuálnych serverov zvládnu v priebehu jedného dňa. Podľa Toma Sanzona je to druh benefitu, ktorý oceňujú obchodní partneri, pretože vidia praktický dopad tohto typu technológie na podnikanie. Ako jeden z mnohých uvádza rýchlejšie uvedenie produktu na trh, konkurenčnú výhodu a dodatočný rast tržieb. Podľa autorov článku Tom Sanzone presadzuje konsolidáciu serverov v pomere 20 virtuálnych serverov k jednému fyzickému a podarilo sa mu zvýšiť využitie výpočtového výkonu serverov zo 7% na 40 %.

Webová stránka virtualization.com uviedla výsledky prieskumu, ktorý vykonala firma NetApp. Podľa výsledkov viac ako 70% opýtaných IT profesionálov plánuje implementovať technológiu virtualizácie v roku 2010. (*NetApp Survey: Virtualization top priority IT investment for 70% of IT pros*, 2010)

Peter Kmet'ó (2010) napísal, že v praxi sa už len málokedy stretne s komplexnejšou webovou aplikáciou, ktorá by nebola virtualizovaná. V domácnostiach však ešte stále nemá pevné postavenie. Poukazuje však pritom na fakt, že virtualizácia nie je novinka a operačné systémy ju využívajú už niekoľko rokov. Ako príklad uvádza virtualizáciu operačnej pamäte, ktorá umožňuje spúšťanie objemnejších aplikácií, než dovoľuje momentálna veľkosť fyzickej pamäte RAM. Ďalej uvádza príklad virtualizácie úložného priestoru prostredníctvom pripojenia sieťového disku a príklad prenosných aplikácií.

V článku zoznamuje autor čitateľa s platformovou virtualizáciou, pri ktorej ide o virtualizovanie celej platformy, teda operačného systému. Tento druh umožňuje prevádzku viacerých operačných systémov na jednom fyzickom stroji naraz. Ide o najznámejší a najzjavnejší druh virtualizácie. Autor tiež spomína aplikačnú virtualizáciu, príkladom ktorej môžu byť portované a prenosné aplikácie.

Záverom autor dodáva, že virtualizácie v akejkoľvek forme predstavuje výrazné zvyšovanie efektivity využívania zdrojov a zároveň zvyšujú komfort jednotnej správy

súborov. Súčasne vyzdvihuje fakt, že virtualizácia je pomerne jednoduché riešenie, umožňujúce pracovať s ľubovoľnou aplikáciou na akejkoľvek platforme.

Filip Hanker (2010 a) tvrdí, že jedna z možností, ako znížiť náklady na informačné technológie vo firme za cenu jednorazových vstupných investícií, je virtualizácia. Podľa neho je hardvérová virtualizácia najatraktívnejším typom pre firmy. V prípade serverov stačí mať namiesto niekoľkých fyzických zariadení len jedno výkonnejšie, na ktorom sa budú nachádzať jednotlivé virtuálne servery. Uvádza, že virtualizácia má priamy dopad na úspory za hardvér, ak sa firma chystá nakúpiť nové, alebo vymeniť staré servery. Pre firmy, ktoré sa nechystajú na kúpu ani k výmenu serverov, však stále ostáva atraktívna, vďaka výhodám, ako je ľahšia administrácia, rýchlejšie zmeny v konfigurácii, šetrenie energie či pridelovanie výkonu podľa zaťaženia. Ďalej vyzdvihuje aj možnosť virtualizácie osobných počítačov, pri ktorej zamestnanec nemusí mať k dispozícii celý počítač, ale stačí len tenký klient.

Záverom dodáva, že cena za virtualizovanie v posledných rokoch klesá, čo je dané dostupnosťou bezplatných virtualizačných nástrojov. Virtualizácia sa zároveň zjednodušuje, podobne ako spravovanie virtuálneho IT a rozrastá sa aj portfólio potenciálnych zákazníkov.

Peter Krošlák (2009) napísal, že čím viac zamestnanci pracujú na rôznych zariadeniach, rôznymi spôsobmi a na viacerých miestach, charakter ich práce je viac a viac decentralizovaný. Naopak, pri aplikáciách sa zvyšuje snaha ich centralizácie v dôsledku znižovania nákladov a zvyšovania bezpečnosti. Schopnosť poskytnúť akúkoľvek aplikáciu alebo desktop kdekoľvek, komukoľvek, kto ich potrebuje, a to s najlepším výkonom, najvyššou bezpečnosťou, najnižšími celkovými nákladmi a s najvyššou spokojnosťou koncového používateľa, sa stáva rozhodujúcou, ba dokonca kritickou konkurenčnou výhodou.

Ďalej uvádza, že tradičným spôsobom prekonania rozdielov medzi používateľmi a aplikáciami je poskladanie systému na nasadenie aplikácií využitím produktov rôznych výrobcov na ich implementáciu, zabezpečenie a údržbu pre každého používateľa a koncové zariadenie. Tieto tradičné prístupy k poskytovaniu aplikácií sú však príliš statické, zložité, ich údržba stojí veľa finančných prostriedkov a predstavujú problém najmä pri zmenách, ktoré prináša destabilizovaná ekonomika. Medzi hlavné

požiadavky firmy teda patrí schopnosť pružne reagovať na zmeny trhu a virtualizácia je jedným z kľúčov k realizácii týchto potrieb.

Filip Hanker (2010 b) uvádza, že prechod firmy na virtualizované riešenia nemusí nutne znamenať potrebu jednorazových vyšších investícií, pretože i v tomto prípade možno siahnuť po outsourcingu. Špecializované firmy ponúkajú za pravidelný poplatok virtuálne servery, sprievodné aplikácie a konfiguračno-administrátorské služby. Cena takýchto služieb sa môže začínať už pri 12 eurách a maximom v prípade základných požiadaviek je okolo 250 eur mesačne.

Ďalej uvádza, že podľa Kamila Horta, zo systémového oddelenia Asseco Solutions, je virtualizácia úsporou v horizonte niekoľkých rokov a na prvý pohľad na cenovú ponuku to nemusí vždy tak vyzeráť. Kamil Hort upozorňuje aj na paradoxy, keď malá firma môže skôr profitovať z virtualizácie, ak používa tri až päť rôznych systémov, a naopak, pre väčšiu firmu môže byť nevýhodná, ak jej stačí len jeden server.

Súčasne uvádza Filip Hanker názor Jána Paulecha zo spoločnosti Microsoft, ktorý tvrdí, že virtualizácii desktopov by mala predchádzať virtualizácia serverov, úložísk a sietí. Taktiež netreba podceňovať systémový manažment, ktorý musí umožňovať spravovať fyzické i virtuálne systémy, ako aj aplikácie vo vnútri strojov a jeho absencia môže z dlhodobého hľadiska predstavovať problémy.

František Imrecze (2010) napísal, že najvýznamnejším trendom je nepochybne cloud computing a virtualizácia. Uvádza, že ak veľmi prebehne udalosti, virtualizácia v praxi znamená koniec klasických počítačov a budú existovať už len virtuálne, uložené na serveroch. Tie budú vzájomne prepojené a takéto prostredie dokáže koncentrovať hardvérové zdroje, výsledkom čoho je vyšší výkon a rýchlejšia prevádzka za nižšiu cenu. V závere dodáva, že čoraz aktuálnejšou témou je aj zodpovednosť voči životnému prostrediu a budúcim generáciám. Preto jedným z najdôležitejších trendov blízkej budúcnosti bude snaha o ekologickejšie prevádzkovanie dátových centier prostredníctvom technológií umožňujúcich efektívne hospodáriť s energiou, a tým šetriť životné prostredie aj firemný rozpočet.

Jakub Halcin (2009) tvrdí, že podľa vedcov a vývojárov je možné, že v budúcnosti bude veľa používateľov používať jeden centrálny počítač s vysokým výkonom. Idea tkvie v tom, že používateľovi bude stačiť len veľmi lacný a malý hardvérový základ, pričom bude môcť využívať presne toľko výkonu, koľko bude potrebovať. Efektívnosť by tak bola neporovnateľne vyššia v porovnaní s dneškom. Uvádza, že virtualizáciu v súčasnosti využívajú vo veľkej miere i programátori ako prostriedok umožňujúci ľahšie programovanie. Súčasťou virtualizácie je aj možnosť naprogramovať aplikáciu tak, aby sa správala presne tak ako hardvér. Vďaka tomu potom môžeme využívať virtuálne stroje, pomocou ktorých môžeme mať na jednom fyzickom počítači spustených niekoľko operačných systémov zároveň.

Ďalej uvádza, že aj vývojári firmy LG vidia budúcnosť v pokročilej virtualizácii a pracujú na virtualizácii prostredníctvom rozširujúcej karty PCI, ktorá sa bude nachádzať na strane servera a komunikovať s používateľom, ktorému bude stačiť len špeciálny displej.

Internetový portál ihned.cz uverejnil článok, v ktorom uvádza, že niet pochyb, že virtualizácia je jednou z najintenzívnejšie sa rozvíjajúcou oblasťou IT. V posledných rokoch bola veľmi populárna konsolidácia serverov s využitím technológie virtualizácie, s ktorou bolo ďalej možné dosiahnuť výrazne vyššie využitie výkonu fyzických serverov a znížiť tak nielen náklady na potrebný hardvér, ale aj na správu a prevádzku serverov. Z oblasti virtualizácie potom na tradičné oblasti využitia virtualizácie, ako je konsolidácia serverov, nadviažu ďalšie oblasti. Patrí medzi ne virtualizácia desktopov, v snahe o znižovanie nákladov a zvyšovanie bezpečnosti a efektivity. Ďalšou oblasťou bude virtualizácia aplikácií, pre jej výhody balíčkovania, distribúcie, testovania a aplikovania aktualizácií. Ďalšou oblasťou bude virtualizácia dátových centier, ktorá prináša výhody, ako je konsolidácia, vyššie využitie kapacity, efektívnejšia správa, migrácia a replikácia. Poslednou z uvedených oblastí je virtualizácia v mobilných technológiách, ktorá v tejto oblasti umožní nasadenie rovnakého softvéru na široké spektrum telefónov bez ohľadu na hardvérové rozdiely.

Ďalej uvádza virtualizáciu ako prvú v rebríčku piatich hlavných priorít vedúcich informačných oddelení na rok 2010. Záverom dodáva, že spoločnosti, ktorých infraštruktúra je už virtualizovaná, budú hľadať ďalšie možnosti optimalizácie, preto sa budú naďalej rozvíjať monitorovacie a analytické nástroje a sofistikovanejšie riešenia

správy virtuálnej infraštruktúry. Dopĺňa, že v tomto roku sa očkávajú novinky v oblasti bezpečnosti a sieťovej komunikácie virtuálnych riešení. (*Virtualizace je hlavní prioritou CIO pro tento rok*, 2010)

Jan Mittelbach (2007) napísal, že v oblasti webhostingu sa začínajú objavovať nové typy služieb vďaka nástupu virtualizácie serverov, ktoré predtým nebolo možné realizovať. Virtualizačná technológia podľa neho pomáha vyplniť medzeru medzi zdieľaným hostingom a prenájomom dedikovaných serverov, prípadne serverovým hostingom.

Na internetovej stránke technik.ihned.cz bol uverejnený článok, v ktorom autor upozorňuje na riziko, že zmeny internetu v dôsledku virtualizácie môžu byť zneužitie internetovými kriminálnikmi. Podľa Trend Micro 2010 Future Threat Report dochádza k tomu, že cloud computing a virtualizácia posúva servery mimo tradičné zabezpečenie a rozširuje pole pôsobnosti počítačových pirátov. Následkom toho sa budú piráti snažiť manipulovať pripojením ku cloudu, alebo útočiť na dátové centrá a cloud samotný. Preto upozorňuje na to, že zároveň s týmito zmenami by mala prebiehať osвета používateľov a varovanie pred možnými rizikami, respektíve príprava používateľov ako týmto rizikám čeliť. (*Virtualizace, cloud computing a změny internetu rozšíří možnosti kyberkriminality*, 2010)

Anil Desai (2009) napísal, že z času na čas je uvedená nová IT technológia, ktorá sľubuje ďalekosiahle dopady, ako môže organizácia spravovať svoje technológie. Ako dôsledok podnikateľských, ako aj technických dôvodov sa virtualizácia dostala do popredia riešení pre organizácie, ktoré chcú optimalizovať svoje investície do dátových centier. Riešenia sú dostupné od množstva dodávateľov a môžu priniesť veľkú úsporu nákladov a s nimi spojené výhody. Napriek tomu, že virtualizácia prináša významné výhody, organizácie musia zvážiť problematiku správy takejto technológie.

Ďalej uvádza, že v posledných rokoch veľa podnikov zistilo ozajstnú strategickú hodnotu IT, pretože k svojej úspešnej činnosti sa musí spoliehať na IT infraštruktúru. IT oddelenia stoja často pred problémom poskytovania viacerých služieb, zatiaľ čo musia zostať v hraniciach svojho rozpočtu a ceny hardvéru, softvéru a sieťových zariadení majú tendenciu rásť. Autor uvádza, že na riešenie týchto problémov je vhodná

technológia virtualizácie, ktorá umožňuje aj zníženie nákladov na dátové centrá, fyzický priestor, chladenie, elektrickú energiu a šetrí čas zavedenia nových serverov. Ďalej poskytuje výhody pri správe serverov a komplexných aplikácií. Anil Desai tiež upozorňuje na výhody týkajúce sa nezávislosti jednotlivých virtuálnych strojov od hardvéru a vyššie využitkovanie kapacít servera.

Aberdeen Group zverejnili výsledky svojho prieskumu 140 podnikov, ktorý sa konal v januári a februári 2007. Podľa výsledkov 83% najlepších spoločností vo svojom odbore, využívajúcich virtualizáciu, zaznamenalo zvýšenie využitia serverov, 65% zaznamenalo vyššie využitkovanie úložísk, 57% spoločností zaznamenalo pokles kapitálovej nákladovosti a 52% obmedzilo výdaje na prebytočný personál.

V závere prieskumu odporúčajú virtualizáciu ako cennú technológiu pri znižovaní potrebných priestorov, nákladov na elektrickú energiu a pri zvýšení využitia strojov. Zároveň vyzdvihujú zvýšenú flexibilitu vďaka využívaniu virtuálnych strojov. Podnikom, v ktorých sa vyskytuje nízke využitkovanie strojov, odporúčajú nasadiť virtualizáciu. Podnikom, ktoré sa ju rozhodli využiť, odporúčajú poslať určených pracovníkov na školenie ohľadom tejto technológie a tiež odporúčajú zakúpenie virtualizačných riešení od dodávateľov poskytujúcich vysoké kapacity v oblasti služieb. Z odpovedí respondentov vyplýva aj to, že viac podnikov nasadí technológiu virtualizácie v najbližších mesiacoch, pretože začínajú chápať jej výhody. (*Justifying the cost of uptime*, 2007)

Pindyck a Rubinfeld (2000) ohľadom produkčnej funkcie napísali, že je viazaná na konkrétnu technológiu. Pokiaľ sa technológia zmení, zmení sa aj produkčná funkcia. V prípade lepšej technológie môže podnik vyprodukovať viac výstupov pri daných vstupoch. Ďalej poukazujú na to, že produkčná funkcia ukazuje výstup, ktorý je možné dosiahnuť pri efektívnom fungovaní. Predpokladom je, že každý podnik chce dosiahnuť zisk, preto je potrebné narábať so vstupmi efektívne.

Portál itnews.sk uverejnil výsledky najkomplexnejšieho prieskumu spoločnosti Cisco, ktorý bol zameraný na koncových používateľov z radov CCIE (Cisco Certified Internetwork Expert) a poskytuje prehľad o tom, aká bude digitálna infraštruktúra v priebehu najbližších piatich rokov. Cieľom prieskumu bolo zoznámenie sa s názormi

najpovolanejších a najuznávanejších odborníkov z oblasti networkingu. Na prieskume sa zúčastnilo 970 držiteľov certifikátu CCIE zo 79 krajín.

Medzi najdôležitejšie zistenia patrí potvrdenie budúceho rapídneho nástupu virtualizácie, keďže viac ako dve tretiny respondentov uviedlo virtualizáciu ako hlavnú sieťovú investíciu v najbližších piatich rokoch, vzhľadom na to, že IT manažéri sa naďalej snažia o znižovanie nákladov. Prieskumom sa ďalej zistilo, že organizácie čoraz viac aplikujú virtualizáciu ako prostriedok úspory energie, priestoru a znižovania nákladov, aj preto, že môže organizáciám priniesť významnú konkurenčnú výhodu zvýšením prevádzkovej efektívnosti a zjednodušením manažmentu. Ďalej respondenti uviedli, že energetická efektívnosť dátových centier bude najdôležitejšou prioritou ovplyvňujúcou networking v najbližších piatich rokoch. (*Prvý globálny prieskum CCIE predpovedá rast v oblastiach virtualizácie, bezpečnosti a spolupráce*, 2010)

Katherine Walsh (2007) napísala, že virtualizované servery znižujú náklady na hardvér a energiu, zvyšujú efektívnosť a umožňujú rýchlejšie nasadenie nových zdrojov, treba však zohľadniť potrebu veľmi dôležitých nástrojov pre správu virtuálnych strojov, ktorých absencia môže najmä pri veľkom počte virtuálnych strojov spôsobiť komplikácie. V článku upozorňuje na dôležitosť nástrojov pomáhajúcich správne odhadnúť počet virtuálnych strojov na konkrétny fyzický stroj, ako nástrojov na identifikáciu kolidujúcich aplikácií, ktoré nie je vhodné umiestňovať na rovnaký fyzický stroj. Potrebné nástroje by mali poskytovať dokonalý prehľad o dianí vo virtualizovaných strojoch, ako aj o stave fyzického stroja ako celku. Vhodná je kombinácia niekoľkých nástrojov, ktoré sú určené na zvládnutie týchto činností. Ako príklad uvádza firmu Monster, ktorá používa kombináciu troch nástrojov. Prvý nástroj je využívaný na automatickú migráciu virtuálnych strojov vzhľadom na ich nároky na fyzický server, druhý nástroj prideluje kapacity virtuálnym strojom na základe prednastavených pravidiel administrátora a tretí identifikuje konkrétne problémové virtuálne stroje a pomáha plánovať potrebnú výpočtovú kapacitu.

Ďalšou oblasťou, v ktorej je potrebné využiť vhodné virtualizačné nástroje, je skracovanie dočasnej nedostupnosti serveru z dôvodu výpadku, alebo aplikovania aktualizácií či zmien v konfigurácii a podobne.

Scott Crenshaw (2007) uviedol, že virtualizácia umožňuje vyššiu flexibilitu a nákladovú efektívnosť a jej výhody ďaleko presahujú konsolidáciu serverov. Uvádza, že väčšina serverov je zvyčajne vyťažená len na 15 až 20 percent, čo predstavuje veľa nevyužitej kapacity. Práve kvôli tomuto faktu firmy virtualizáciu implementujú. Avšak virtualizácia poskytuje i výhody, ako je vysoká dostupnosť, zlepšenie v oblasti zálohovania a obnovy a jednoduchá zmena zdrojových kapacít pre virtuálne stroje.

V článku sa ďalej venoval výhodám Linuxovo orientovaných riešení v oblasti virtualizácie. Ako dôvody zavedenia uviedol najmä jeho spoľahlivosť, dostupnosť a bezpečnosť. Uviedol, že Linux je vhodný najmä ako platforma pre kritické aplikácie, vyžadujúce vysokú dostupnosť.

Neil McAllister (2007) napísal, že nadmerný hardvér dokáže rýchlo zahltiť priestory dátových centier a každý nový fyzický stroj znamená zvýšenie spotreby energie a nákladov na chladenie. Rozdelenie serverov na virtuálne stroje pomocou virtualizácie je vhodný pre zvládnutie týchto problémov a zníženie nákladov na IT. Prevádzkovanie viacerých virtuálnych strojov na jednom fyzickom dokáže využiť jeho plný potenciál.

Autor v článku upozorňuje, že treba mať na pamäti, že virtuálne stroje treba neustále udržiavať rovnako ako fyzické. V závere však podotýka, že rapídny nástup virtualizácie má za následok rýchly rozvoj nástrojov pre správu virtuálnych prostredí, ako aj nástrojov uľahčujúcich prechod na virtualizačné riešenia.

Steve Norall (2007) uviedol, že virtualizácia úložných kapacít sa po rokoch overila ako vhodná aplikácia aj vďaka tomu, že poskytované riešenia v tejto oblasti sa výrazne zlepšili. Autor poukázal na to, že okrem výhod vyplývajúcich z abstrakcie viacerých fyzických zdrojov, ktoré sú prezentované ako jeden virtuálny, ponúkajú virtualizačné riešenia v tejto oblasti cenné služby. Spomedzi nich uviedol napríklad manažment objemu, zlučovania a rozdeľovania, ochranu dát, obnovu dát vrátane vytvárania obrazov diskov a záložných serverov. Za najdôležitejšiu službu pokladá Steve Norall neprerušenú migráciu dát, ktorá je veľmi dôležitá najmä u veľkých organizácií. Virtualizácia prináša výhodu prenosu dát zo starého úložného priestoru na nový v krátkom čase bez výpadku ich dostupnosti.

Autor taktiež vyzdvihol lepšie zužitkovanie existujúcich alebo nových zdrojov pri využívaní technológie virtualizácie a taktiež možnosť alokácie zdrojov priamo počas prevádzky.

Danielle Ruest a **Nellson Ruest (2009)** napísali, že manažéri dátových centier sa zhodujú na tom, že:

- fyzické servery zaberajú priveľa miesta,
- fyzické servery majú nízke zužitkovanie, niekedy len 5 až 15 percent,
- fyzické servery produkujú priveľa tepla,
- fyzické servery potrebujú stále viac elektrickej energie,
- fyzické dátové centrá vyžadujú komplexné podnikateľské riešenia,
- dočasná nedostupnosť je problém, ktorý treba eliminovať,
- správa hardvéru je komplexná a musí byť zjednodušená.

Podľa autorov knihy je odpoveďou na všetky tieto problémy virtualizácia, prostredníctvom ktorej je možné uvoľniť veľa úložného priestoru, ktorý zaberá nadmerný počet fyzických strojov, zvyšuje zužitkovanie existujúcich zdrojov, znižuje náklady za energiu a pomáha pri riešení nedostupnosti a ochrany dát.

Luboslav Lacko (2010) upozornil na potrebu testovania virtualizácie na reálnom hardvéri, ak sa testujú scenáre pre viacjadrové a viacprocesorové systémy, prípadne klastrové riešenia. Len takto sa môže otestovať napríklad funkcionálnosť parkovania jadier. Parkovanie jadier umožňuje distribuovať záťaž na čo najmenej logických procesorov a umožniť tak uspanie ostatných procesorov. Túto funkciu podporujú nové procesory. Najideálnejšie je na testovanie použiť nový server.

Ako možnosť testovania autor odporúča aj použitie nových osobných počítačov alebo notebookov miesto serverov, keďže pri bežnom testovaní sa nevyžadujú základné atribúty, ktoré robia server serverom.

2 Cieľ práce

Hlavným cieľom záverečnej práce je *zhodnotenie možností uplatnenia technológie virtualizácie v podnikovom prostredí*. Súčasťou práce je i zhodnotenie a poskytnutie informácií o dopade implementácie virtualizácie v podnikovom prostredí z hľadiska mikroekonomickej teórie. Výsledky sú podložené experimentálnymi údajmi.

Pre splnenie hlavného cieľa dizertačnej práce boli stanovené nasledovné parciálne ciele:

- Získanie teoretické a praktické poznatky z oblasti technológie virtualizácie.
- Objasnenie pojmov a podstaty fungovania tejto technológie.
- Analýza a zhodnotenie kladných i negatívnych stránok technológie ako i možné riziká plynúce z aplikácie virtualizácie.
- Analýza možností a postupov pre úspešné nasadenie virtualizácie ako súčasti podnikovej informačnej a komunikačnej infraštruktúry.

3 Metodika práce a metódy skúmania

Metodický postup práce bol zvolený v súlade s cieľmi práce tak, aby bol splnený hlavný cieľ práce ako i parciálne ciele diplomovej práce. Pri vypracovaní práce boli použité nasledovné informačné zdroje, podkladové údaje a materiál:

Primárne zdroje:

- Údaje získané z overovania jednotlivých programových prostriedkov virtualizácie.
- Osobné skúsenosti a znalosti v oblasti informačných a komunikačných technológií, so špeciálnym zameraním na spomínanú technológiu.
- Osobné rozhovory s odborníkmi používajúcimi technológiu virtualizácie.

Sekundárne zdroje:

- Dostupná odborná domáca a zahraničná literatúra, odborné časopisy, a dostupné materiály z danej problematiky.
- Dostupná odborná domáca a zahraničná literatúra z oblasti ekonomiky.
- Výsledky testu hardvérovo asistovanej virtualizácie a testu časovej úspory.
- IT ročenky za roky 2005-2009.
- Publikované výsledky prieskumov spoločností Aberdeen Group, Cisco, Citrix a virtualization.com
- Dostupné internetové informačné zdroje, elektronické databázy, internetové vyhľadávače a katalógy.

Metódy práce

Pre dosiahnutie hlavného cieľa a parciálnych cieľov práce bolo nevyhnutné:

1. Preskúmať využívanie a dostupnosť hardvérových a softvérových riešení technológie virtualizácie.
2. Analyzovať hlavné problémy a prekážky implementácie a používania virtualizácie a jednotlivých virtualizačných riešení v podnikovom prostredí.
3. Vypracovať návrh pre implementáciu virtualizačných riešení pre zabezpečenie podnikových IKT.

Na dosiahnutie cieľov diplomovej práce budú použité nasledovné metódy :

1. Metóda analýzy získaných údajov.
2. Metóda syntézy získaných výsledkov.
3. Metóda komparácie.

Analýza spočívala v získaní podrobných informácií o technológii virtualizácie a nástrojoch využívaných na jej aplikáciu. Metódou komparácie boli porovnané jednotlivé klady a zápory využívania tejto technológie, ako aj jednotlivé produkty v tejto oblasti. Využitie metódy syntézy spočívalo v zosumarizovaní poznatkov zo štúdia dostupných informácií z tejto oblasti.

4 Výsledky práce a diskusia

Výsledky práce boli rozdelené do deviatich podkapitol. V prvých kapitolách sa zameriame na objasnenie princípov virtualizácie, popis programových a technických prostriedkoch a otázky licencovania a bezpečnosti. Ďalšie kapitoly sú zamerané na implementáciu technológie virtualizácie v podniku, jej možnosti a dopad zavedenia z hľadiska ekonomickej teórie. V závere vlastnej práce budú poskytnuté výsledky praktickej aplikácie virtualizácie.

4.1 Podstata a princípy virtualizácie

V tejto podkapitole si vysvetlíme základné pojmy a princípy virtualizácie, ako aj modely používané pri virtualizácii.

4.1.1 Pojem virtualizácia

Pod pojmom virtualizácia sa v užšom slova zmysle rozumie abstrakcia prostriedkov počítača prostredníctvom virtuálneho stroja. Virtuálny stroj je softvérovo implementovaný stroj, ktorý vykonáva svoju činnosť tak, ako by bol reálny fyzický stroj (počítač). Virtualizácia umožňuje chod viacerých operačných systémov alebo aplikácií na jednom fyzickom stroji izolovane, zdieľajúcich ten istý hardvér. Taktiež umožňuje prenos virtuálnych strojov medzi fyzickými strojmi vzhľadom na vzájomnú kompatibilitu. Virtualizovaný operačný systém nevníma, že funguje pod iným operačným systémom a funguje rovnako, akoby bol nainštalovaný priamo na hardvérovej vrstve.

Ladislav Krošlák (2007) uviedol, že virtualizácia je v širšom zmysle slova logická reprezentácia zdrojov, ktoré nie sú obmedzované fyzickými limitmi. Primárnym cieľom virtualizácie je zjednodušenie prístupu k zdrojom a správa týchto zdrojov. Spotrebitelia pristupujú k zdrojom cez štandardné rozhrania, podporované virtualizovanými zdrojmi, ktoré oddeľujú prístup k zdrojom od ich fyzickej implementácie. Tieto interakcie sú premietnuté do základných modelov virtualizácie.

4.1.2 Modely používané pri virtualizácii zdrojov

Existuje veľké množstvo spôsobov využitia virtualizácie, a tým aj veľké množstvo modelov. Uvádzame delenie niektorých modelov a technológií podľa Ladislava Košča (2007):

4.1.2.1 Viacnásobná logická reprezentácia jediného zdroja

Tento model pozostáva z jedného fyzického zdroja a viacerých logických reprezentácií pre spotrebiteľa tak, akoby išlo o viac než jeden zdroj. Jednotlivé virtuálne stroje si nie sú vedomé, že sú virtualizované a že zdieľajú ten istý zdroj. Tento model sa používa najmä pri konsolidácii fyzických zdrojov.

4.1.2.2 Jedna logická reprezentácia viacerých zdrojov

Ide o model, keď viacero fyzických zdrojov je reprezentovaných jediným logickým zdrojom. Model má svoje využitie pri vytváraní jedného výkonnejšieho stroja z viacerých menej výkonných. Príkladom môže byť virtualizácia viacerých úložísk do jedného, keď sú dáta uložené na rôznych zdrojoch, ale javia sa akoby boli uložené na jednom.

4.1.2.3 Jedna logická reprezentácia cez viacero zdrojov

Tento model je podobný modelu uvedenému v kapitole 4.1.2.2 tým, že viacero zdrojov je reprezentovaných jedným logickým zdrojom. Avšak v tomto prípade každý z fyzických zdrojov je úplne rovnaký, poskytuje úplnú funkcionálnu. Tento model sa využíva na zabezpečenie rozdeľovania záťaže, alebo pri zabezpečovaní redundancie dát.

4.1.2.4 Jedna logická reprezentácia jedného zdroja

Využíva sa na reprezentáciu zdroja tak, akoby bol iným zdrojom. Je možné ho využiť na vytvorenie služieb z komponentov, ktoré nie sú modifikovateľné.

4.1.2.5 Kompozitná alebo vrstevná virtualizácia

Je to model, tvorený skladaním spomenutých modelov s fyzickými zdrojmi s cieľom poskytnúť väčšiu funkcionality.

4.2 Technické a programové prostriedky virtualizácie

V tejto podkapitole si uvedieme niekoľko najvýznamnejších firiem a ponúkaných virtualizačných produktov na trhu. Budeme sa venovať aj hardvérovým prostriedkom virtualizácie a pre ilustráciu uvedieme test porovnania niektorých prostriedkov hardvérovo asistovanej virtualizácie.

4.2.1 Významné firmy v oblasti virtualizácie

Na trhu virtualizačného softvéru v súčasnej dobe pôsobí veľké množstvo firiem poskytujúcich svoje produkty, či už platené, alebo neplatené. Medzi najvýznamnejšie patria (v alfabetickej poradí):

- Citrix,
- Microsoft,
- Novell,
- Oracle,
- Parallels,
- Red Hat,
- VMware.

Každá z týchto firiem ponúka viacero produktov v oblasti virtualizácie a každý produkt môže mať viacero verzií.

4.2.2 Virtualizačný softvér

Medzi najpoužívanejšie produkty určené pre desktopy patria:

- Citrix XenDesktop,
- Microsoft Virtual PC,

-
- Parallels Desktop 4,
 - VirtualBox,
 - VMware Player/View/Workstation.

Medzi najpoužívanejšie produkty v oblasti virtualizácie serverov patria:

- Citrix XenServer,
- Microsoft Hyper-V Server 2008 R2/2005 R2,
- Parallels Virtuozzo Containers,
- VirtualBox,
- VMware ESXi/Server/vSphere.

Medzi neplatené produkty patria Microsoft Virtual PC 2007, VirtualBox, VMware View, VMware Player. K voľne šíriteľným produktom pre servery patria Microsoft 2005 R2, Microsoft Hyper-V Server 2008 R2, VMware ESXi, VMware Server a XenServer. Tieto produkty obsahujú všetko potrebné k plnohodnotnej virtualizácii, avšak oproti plateným produktom firiem obsahujú menej nástrojov pre správu a migráciu a niektoré majú obmedzenia na počet využiteľných procesorov či jadier. Napríklad XenServer od firmy Citrix sa stal v roku 2010 neplateným, avšak firma ponúka ako nadstavbu platený balík Citrix Essentials, ktorý rozširuje možnosti správy a automatizácie.

Ako jediný z uvedených riešení nemá platenú verziu virtualizačný softvér VirtualBox od firmy Oracle, ktorý ponúka všetky možnosti už v neplatenej open-source verzii, vychádzajúcej pod licenciou GNU GPL.

Tab. 1 obsahuje porovnanie softvéru VirtualBox a VMware Workstation a Server.

Tab. 1 Porovnanie softvéru VirtualBox a VMware Workstation/Server

(Zdroj: VirtualBox vs. VMware vs. Parallels, 2010)

Funkcie	VirtualBox	Vmware Server Vmware Workstation
Podporované hostujúce operačné systémy	MS Windows 2000, XP, 2003, Vista, Windows 7 MS Windows Server 2008, OS Linux, Mac OS X, OS Solaris 10U5+, OpenSolaris, FreeBSD (vo vývojovej fáze)	MS Windows 2000, XP, 2003, Vista, Linux (32bit and 64bit), Mac OS X
Podporované hostiteľské operačné systémy	MS DOS, MS Windows 3.1, 95, 98, NT, 2000, XP, Vista, Windows 7, MS Windows Server 2003/2008, OS Linux, OS OpenBSD, OS FreeBSD, OS Solaris, OpenSolaris	MS DOS, MS Windows 3.1, 95, 98, NT, 2000, XP, Vista, OS Linux, OS FreeBSD, OS Solaris
Podpora 64bitového hostujúceho operačného systému	áno	áno
Podpora 64bitového hostovaného operačného systému	áno	áno
Podpora Intel-VTx	áno	obmedzená
Podpora AMD-V	áno	obmedzená
Virtuálne sieťové karty	do 8	do 4
Diskový radič	IDE alebo SATA (do 32 diskov na host'a), alebo SCSI	IDE alebo SCSI
Podpora USB	áno	áno
Podpora iSCSI	áno	nie
Serial porty	do 4	áno
Paralelné porty	nie	áno
CD/DVD zápis	áno	nie
3D akcelerácia	áno (OpenGL 1.5)	obmedzený
Podpora Vmware obrazov	áno	áno
Podpora bezmonitorových zariadení	áno	áno
Vzdialený prístup	integrovateľný RDP server	obmedzený
Podpora vzdialeného USB	áno	nie
Zdieľané priečinky	áno	áno
API	plné API, skriptovateľné	áno
Open source	áno	nie
Prispôbitel'nosť	áno, na požiadanie	nie
Licenčné náklady	zadarmo	Workstation pre MS Windows/Linux okolo 189\$, Fusion pre OS Mac okolo 79\$, Vmware Server zdarma

4.2.3 Hardvérové prostriedky virtualizácie

Hardvérovo asistovaná virtualizácia je prístup, ktorý umožňuje plnú efektívnu virtualizáciu pomocou hardvérovej kapacity, najmä pomocou procesora. Plná virtualizácia sa používa na simulovanie kompletného hardvérového prostredia

(virtuálneho stroja), na ktorom nemoifikovaný hosťovaný operačný systém vykonáva svoju činnosť v úplnej izolácii. (*Hardware-assisted virtualization*, 2007)

Táto technológia sa nazýva tiež akcelerovaná virtualizácia, alebo natívna virtualizácia.

V súčasnosti existujú dva prostriedky hardvérovo asistovanej virtualizácie v oblasti x86 procesorov:

- AMD-V od firmy AMD
- Intel VT od firmy Intel

4.2.3.1 Výkonnostný test serverových procesorov prostredníctvom vApus Mark I

V nasledujúcej kapitole je popísaný príklad porovnania procesorov podporujúcich hardvérovo asistovanú virtualizáciu, uvedený na stránke anandtech.com nezávislým testom vApus Mark I, ktorým boli otestované aplikácie, ktoré môžu byť významne spomalené virtualizáciou (De Gelas, 2009). Medzi takéto aplikácie patria tie, ktoré musia často komunikovať s jadrom systému, preto významne zaťažujú hypervízor.

V teste boli použité 4 virtuálne stroje, a to:

- Nieuws.be OLAP databáza, založená na SQL Server 2008 x64 spustená pod Windows 2008 64-bit.
- Dva MCS eFMS portály so spusteným PHP, IIS na Windows 2003 R2.
- Jedna OLTP databáza, založená na databáze Oracle 10G.

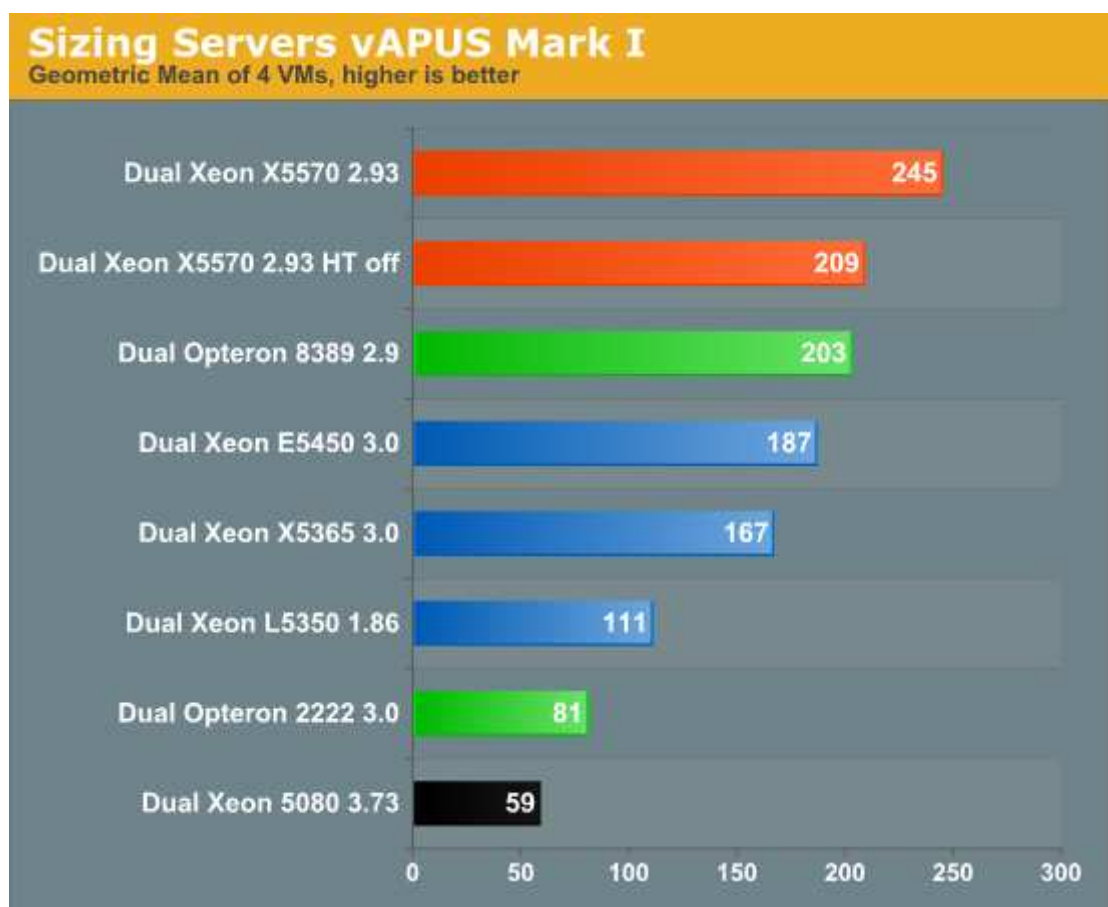
Najprv boli pre každú aplikáciu zaznamenané všetky aktivity v reálnych podmienkach na fyzických serveroch počas hodín s najvyšším vytážením. Tieto údaje boli následne spracované a použité na odosielanie požiadaviek počas testu s použitím virtualizácie. Pre odosielanie požiadaviek boli použité dva stroje: quad-core Core 2 Quad Q6600 2.4GHz a dual Opteron 2.6GHz. Týmto spôsobom bolo možné v testovacích podmienkach simulovať 600-800 používateľov databázy a dva krát 80-110 webových používateľov.

Testované boli štyri počítačové zostavy s rôznymi procesormi s podporou hardvérovo asistovanej virtualizácie.

Stroje boli virtualizované prostredníctvom VMware ESX 3.5. Výsledky testu virtuálnych strojov boli porovnané s výsledkami v natívnom prostredí a z celkových zmien všetkých štyroch virtuálnych strojov boli použité geometrické priemery (nie aritmetický, kvôli konfiguráciám, na ktorých by jeden virtuálny stroj mal veľmi dobré výsledky a iný veľmi zlé). Zhrnuté výsledky testu uvádza **Graf 1**, kde skóre udáva kvalitu virtualizácie. Čím vyššie skóre, tým je výsledok lepší.

Graf 1 Výsledky testu vApus Mark I

(Zdroj: www.anandtech.com)



Virtualizáciu v súčasnosti podľa výsledkov testu najlepšie podporuje procesor Dual Xeon X5570 2.93 od Intelu. (De Gelas, 2009)

4.2.3.2 Porovnanie výkonnostného testu vApus Mark I a testu VMmark

Kým výkonnostné testy konsolidácie ako VMmark alebo vConsolidate od firmy Intel sa zameriavajú skôr na veľa menších aplikácií s nižším pracovným zaťažením, vApus Mark I sa zameriava na aplikácie s vyšším zaťažením, ako to bolo uvedené v kapitole 4.2.3.1. Pre porovnanie s testom vApus Mark I sú v Tab. 2 uvedené výsledky niektorých procesorov Xeon a Opteron.

Tab. 2 Porovnanie výsledkov výkonnostných testov

(Zdroj: www.anandtech.com)

Porovnanie	Vmmark	vApus Mark I
Xeon X5570 2.93 vs. Xeon 5450 3.0	133-184% rýchlejší	31% rýchlejší
Xeon X5570 2.93 vs. Opteron 8389 2.9	+/- 100% rýchlejší	21% rýchlejší
Opteron 8389 2.9 vs. Xeon 5450 3.0	+/- 42% rýchlejší	9% rýchlejší

John De Galas (2009) však upozorňuje, že rozporné výsledky neznamenujú, že jeden či druhý test je nesprávny, pretože sú to dva povahou rozdielne testy. Upozorňuje na dôležitosť preskúmania skúmaného hardvéru rôznymi testami a rozhodnutie sa na základe porovnania ich výsledkov (2009).

4.3 Otázky licencovania operačných systémov/aplikačných softvérov vo virtuálnom prostredí

Licencovanie softvéru na úrovni virtuálnych strojov závisí od konkrétnej firmy a produktu. Pred kúpou a inštaláciou potrebného softvéru na virtuálne stroje je nutné zistiť podmienky licencovania tohto softvéru. V prípade produktov spoločnosti Microsoft ide napríklad o nasledujúci model:

- Licencovanie viazané na aktívnu inštanciu: používateľ pri vytvorení akéhokoľvek množstva inštancií zaplatí len za maximálny počet inštancií spustených súčasne.
- Rozšírené licenčné práva: jednotlivé inštalácie možno voľne presúvať medzi licencovanými servermi bez ďalších nákladov.
- Vyššia flexibilita: v prípade softvéru, ktorého licencia je viazaná na procesor, je možné prevádzkovať na počítači niekoľko inštancií tohto softvéru a licencovať každú z nich podľa počtu využívaných virtuálnych procesorov.

Na virtualizačný softvér sa tiež vzťahujú licenčné podmienky jeho užívania. V prípade VMware ESXi 4, ktorý je dostupný na Internete zadarmo, platí obmedzenie jeho využitia na jeden server s dvomi fyzickými procesormi s jedným až šiestimi jadrami na jeden procesor. (www.vmware.com)

4.4 Otázky bezpečnosti virtuálnych riešení

Ako sme uviedli v podkapitole 4.4.1.6, technológia virtualizácie prispieva k zvýšeniu bezpečnosti. Ako každá technológia, aj virtualizácia so sebou prináša možné riziká týkajúce sa bezpečnosti, na ktoré treba dať pozor pri jej implementácii a administrovaní. Na uvedené riziká upozornili McLaughlin a Kudhur (2008).

- Jedna z kľúčových častí bezpečnosti sa týka nastavenia práv používateľov. Treba si všimnúť hlavne to, kto všetko môže virtuálne stroje vytvárať a spúšťať.
- Ďalším bezpečnostným rizikom sú virtuálne stroje, ktoré nie sú ošetrené najnovšími bezpečnostnými záplatami, či obsahujú neautorizované operačné systémy. Popríklad môže táto hrozba nastať, ak sa vytvorí nový virtuálny stroj zo staršieho neošetreného obrazu.
- Treba zaviesť pravidlá pomenovania virtuálnych strojov pre zvýšenie bezpečnosti a prehľadnosti.
- Ak si niektoré citlivé údaje vyžadujú, aby boli uchovávané oddelene, je treba si overiť, či virtuálne stroje, na ktorých sa tieto dáta nachádzajú, sa nenachádzajú na tom istom fyzickom zariadení.
- Po obnovení virtuálneho stroja zo zálohy môže omylom dôjsť k umiestneniu administrátorom do nesprávnej fyzickej zóny, čo môže spôsobiť bezpečnostné problémy.
- Používanie virtuálnych strojov ako kamufláže pre zakázané aplikácie je riziko, ktoré sa dá odstrániť kontrolou týchto strojov.

Bezpečnosť je teda vhodné začleniť už do plánu virtualizácie a riešiť bezpečnostné otázky, ako:

-
- Ako zabezpečíme bezpečnosť hypervízoru, virtuálnych a fyzických serverov?
 - Ako budú nastavené bezpečnostné politiky pre virtualizované prostredia?
 - Ako budú spracované a archivované logy a ďalšie potrebné údaje tak, aby bolo možné zistiť, čo sa v systéme dialo?
 - Aké systémy a nástroje podporujú migráciu virtuálnych serverov a nespôsobujú konflikty?
 - Ktoré bezpečnostné riešenia sa dajú nasadiť na virtuálnych aj fyzických serveroch?

4.5 Informatické potreby podniku

Pri zavádzaní virtualizácie a jej udržiavaní treba dbať na dôkladné naplánovanie celého procesu a zohľadnenie súčasných, ako aj budúcich potrieb podniku. Celý proces sa dá rozdeliť na niekoľko častí, ako to uviedol Anil Desai (2009):

1. plánovanie kapacity,
2. nasadenie,
3. sledovanie výkonnosti,
4. správa konfigurácie,
5. dostupnosť a ochrana dát.

Po úspešnej aplikácii všetkých piatich krokov sa podnik opäť vracia k prvému a cyklus sa opakuje.

4.5.1 Plánovanie kapacity

Cieľom je zabezpečiť ideálnu distribúciu virtuálnych strojov na hostujúcich počítačoch. Pritom musia byť zohľadnené:

- Zdrojové požiadavky. Zaťaženie procesora, pamäte, úložného priestoru a sieťových požiadaviek sú dôležité aspekty pri rozhodovaní sa ktoré virtuálne stroje budú uložené na ktorom serveri. Aplikácie, ktoré vysoko zaťažujú hardvérové zdroje v rovnakom čase, by mali byť umiestnené na rozdielne fyzické servery.
- Zabezpečenie. Napriek tomu, že virtualizácia prináša izoláciu jednotlivých strojov medzi sebou, niekedy nie je možné umiestniť niektoré aplikácie na rovnaký server v dôsledku bezpečnosti alebo licencovania.

-
- Sieťové požiadavky. Každá aplikácia alebo služba sprostredkovaná virtuálnym strojom vykonáva sieťovú komunikáciu. Podnik by mal v pláne zahrnúť tieto požiadavky a zabezpečiť dostatočne široké pásmo pre sieťovú komunikáciu.
 - Úložné požiadavky. Musí byť zabezpečený dostatočný úložný priestor a rýchlosť diskovej mechaniky pre požiadavky všetkých virtuálnych strojov uložených na danom serveri.

4.5.2 Nasadenie

Technické kroky k nasadeniu virtuálnych strojov sú jednoduché, ide len o vytváranie a kopírovanie súborov, prípadne konvertovanie fyzických strojov na virtuálne a následné registrovanie nástrojov virtualizačnej správy. I keď je tento proces pri menšom počte virtuálnych strojov pomerne rýchly, pri vyššom počte je vhodné túto časť automatizovať.

4.5.3 Sledovanie výkonnosti

Technológia virtualizácie umožňuje podniku rýchlu adaptáciu vzhľadom na meniace sa potreby. Aplikácie, vyžadujúce viac pamäte či výpočtového výkonu, než im je poskytnuté, možno ľahko prekonfigurovať alebo presunúť. Automatizovaná správa prehľadu výkonnosti pomáha identifikovať takéto virtuálne stroje.

4.5.4 Správa konfigurácie

Časom je potrebné virtuálne aplikácie a služby prekonfigurovať. Podnik by mal k tejto činnosti pristupovať rovnako ako pri fyzických počítačoch, a preto by mali byť zmeny schválené a záznamy o nich uchované.

4.5.5 Dostupnosť a ochrana dát

Monitoring prístupnosti virtuálnych strojov pomáha zistiť, či spĺňa požiadavky. Pri dátových serveroch je dôležitá kontrola, či sa pravidelne zálohujú.

4.6 Možnosti virtualizácie v podnikovom prostredí

V tejto kapitole sa budeme venovať jednotlivým rozdeleniam virtualizácie podľa typu, výhodám či nevýhodám jednotlivých uvedených typov. Ďalej uvedieme najvýznamnejšie výhody využívania technológie virtualizácie v podniku, obmedzenia jej nasadenia a jej využitia.

4.6.1 Rozdelenie virtualizácie podľa úrovne

Podľa úrovne môžeme virtualizáciu rozčleniť na:

- virtualizáciu pomocou hypervízoru,
- virtualizáciu na úrovni operačného systému,
- virtualizáciu na úrovni aplikácií.

4.6.1.1 Hypervízor

Pri virtualizácii typu hypervisor sa virtualizačná vrstva nachádza priamo nad hardvérovou. Virtualizačný softvér je teda nainštalovaný namiesto operačného systému. Týmto sa obmedzuje počet vrstiev, uľahčuje sa komunikácia a celkový výkon stúpa. Ďalším dôvodom pre zvolenie virtualizácie tohto typu je, že väčšina nainštalovaných súčastí hostujúceho systému nie je pre virtualizáciu dôležitá.

Výhodou oproti virtualizácii na úrovni operačného systému je teda vyšší výkon a vyššia bezpečnosť vzhľadom na menší počet súčastí.

Nevýhodou je v súčasnosti vysoká finančná náročnosť. Obmedzením je aj fakt, že nie je možné prejsť zo staršieho na novší hardvér skôr, než ho bude virtualizačný softvér podporovať.

4.6.1.2 Virtualizácia na úrovni operačného systému

V tomto prípade je virtualizačný softvér inštalovaný do hostujúceho operačného systému a virtualizačná vrstva sa nachádza medzi týmto systémom a virtuálnymi strojmi. Na virtuálnych strojoch sú nainštalované operačné systémy rovnako, ako by boli bežne inštalované na počítač bez využitia virtualizácie. Virtualizačný softvér sprostredkúva a riadi využívanie hardvérového vybavenia počítača. Ak má hosťovský

operačný systém nainštalované a funkčné ovládače k hardvéru, potom tento hardvér dokáže využívať aj hosťovaný operačný systém za predpokladu, že mu nebolo jeho využívanie zakázané používateľom, alebo že takýto druh hardvéru hosťovaný operačný systém vôbec nepozná.

Výhodami oproti virtualizácii typu hypervisor sú nižšie alebo žiadne náklady na virtualizačný softvér a jednoduchosť inštalácie a obsluhy.

Istou nevýhodou je nutnosť operačného systému, do ktorého je potrebné virtualizačný softvér nainštalovať, v dôsledku čoho má toto riešenie vyššie nároky na hardvér, pretože okrem nárokov hosťovaných systémov k nim treba pripočítať i nároky samotného hosťujúceho systému.

4.6.1.3 Virtualizácia na úrovni aplikácií

Na rozdiel od predchádzajúcich typov, kde sa virtualizoval celý operačný systém, v tomto prípade sa virtualizujú konkrétne aplikácie. Virtualizačná vrstva sa nachádza medzi aplikáciou a operačným systémom, konkrétne jeho nastaveniami, registrom, nastavením aplikácie a súborovým systémom.

Tento typ sa využíva najmä pri aplikáciách, ktoré treba mať z nejakého dôvodu spustené viackrát súčasne, poprípade treba mať spustených viac verzií tej istej aplikácie. Bez virtualizácie by to nebolo možné, pretože táto aplikácia by zavádzala sama sebe počas chodu programu pri komunikácii so systémom. Ďalším využitím virtualizácie aplikácií je, že jednotlivé aplikácie môžu byť poskytnuté počítačom pomocou vzdialeného prístupu a ak už nie sú potrebné, môžu byť ľahko odstránené.

Nevýhodou v tomto prípade je kompatibilita s operačným systémom a podpora hardvéru.

4.6.2 Rozdelenie virtualizácie podľa druhu virtualizovaného stroja

Virtualizáciu podľa druhu virtualizovaného stroja môžeme rozčleniť na:

- virtualizáciu desktopu,
- virtualizáciu serveru,
- virtualizáciu siete.

4.6.2.1 Virtualizácia desktopu

Virtualizácia desktopu patrí medzi najnovšie riešenia v oblasti virtualizácie. Jeho hlavnou výhodou z hľadiska podniku je šetrenie podstatnej časti nákladov súvisiacich s obstaraním a správou strojov. Z hľadiska koncového používateľa, napríklad pracovníka firmy, prináša výhodu vlastnej voľby osobného počítača, notebooku či tenkého klienta. Pracovník si môže zvoliť operačný systém podľa vlastného výberu a preferencií, pretože prístup k virtuálnemu, pracovnému stroju je vykonávaný prostredníctvom softvérového klienta. Pre správcov to znamená výrazné uľahčenie správy firemných strojov, ku ktorým majú centrálny prístup a aplikovanie aktualizácií či priradenie aplikácií konkrétnemu používateľovi je neporovnateľne rýchlejšie.

K svojmu virtuálnemu desktopu sa používatelia prihlasujú prostredníctvom softvérového klienta. Jednotlivé časti jeho virtuálneho desktopu sú spravované ako osobitné entity a tieto entity sú správcom priradené k používateľom v závislosti od nastavenia ich profilu. Jednotlivými entitami sú operačný systém a aplikácie. Ak teda pracovníkova náplň práce vyžaduje napríklad využívanie operačného systému Windows XP, balíka MS Office 2003 a zároveň účtovníckeho programu, priradia sa mu v profile tieto entity.

Jednou z výhod je aj oddelenie pracovných dát, ktoré sú uložené na virtuálnom desktope, ktorý je na pracovnom serveri a osobných dát, ktoré má uložené na fyzickom stroji, ktorým sa pripája. Prináša to so sebou okrem vyššej prehľadnosti aj zvýšenie bezpečnosti, keďže dáta sú uložené na serveri, a nie na lokálnom zariadení. Kedykoľvek je možné prepnúť prostredie virtuálneho desktopu do operačného systému koncového stroja a naopak. (Krošlák, 2009)

4.6.2.2 Virtualizácia serveru

Virtualizácia serverov umožňuje zníženie nákladov na fyzický hardvér a jeho správu. Zväčša ide o aplikáciu modelu, v ktorom je jeden zdroj reprezentovaný ako viacero logických zdrojov, uvedeného v kapitole 4.1.2.1 pri serveroch, na ktorých bežia aplikácie, ktoré nie sú osamote schopné využiť jeho kapacitu. Dochádza ku konsolidácii zdrojov podniku a zvýšeniu flexibility. Na jednom serveri môžu byť prevádzkované viaceré aplikácie na rôznych virtuálnych strojoch. Pri dátových centrách ide o aplikovanie modelov uvedených v kapitolách 4.1.2.2 a 4.1.2.3, keď je viacero zdrojov

prezentovaných ako jeden. Výber konkrétneho modelu závisí od jeho cieľového využitia.

4.6.2.3 Virtualizácia siete

Ide o virtualizovanie komunikácie medzi jednotlivými virtuálnymi strojmi nachádzajúcimi sa na tom istom fyzickom stroji. Týmto strojom sa javí (v závislosti od nastavenia), že sa s ostatnými virtuálnymi strojmi nachádzajú v sieti. Aplikácia takéhoto typu virtualizácie má za následok zvýšenie bezpečnosti a využitie napríklad pri testovaní sieťových aplikácií, ako je to ďalej uvedené v kapitole 4.6.6.2.

4.6.3 Rozdelenie virtualizácie podľa typu

Virtualizáciu môžeme podľa typu rozdeliť na:

- úplnú virtualizáciu,
- paravirtualizáciu,
- virtualizáciu na úrovni jadra operačného systému.

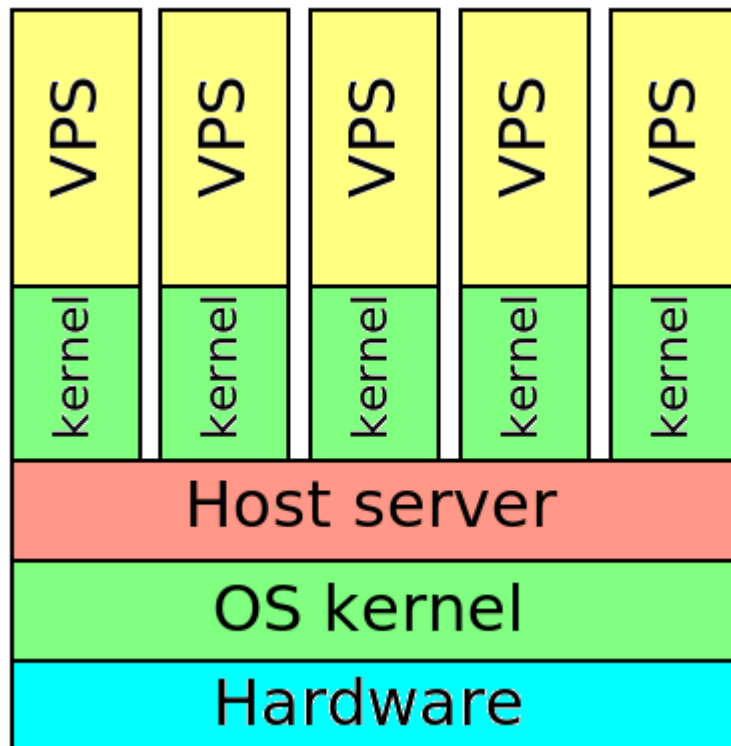
4.6.3.1 Úplná virtualizácia

Softvér, zabezpečujúci úplnú virtualizáciu, vytvára všetok virtuálny hardvér. Umožňuje spúšťanie neupravených operačných systémov rovnakej architektúry ako fyzický stroj vo virtuálnych strojoch. Virtuálne stroje nekomunikujú priamo s hardvérom, ich požiadavky sú spracované a následne odovzdané fyzickým zariadeniam.

4.6.3.2 Paravirtualizácia

Virtualizačný softvér pre paravirtualizáciu nevytvára virtuálny hardvér, umožňuje komunikáciu upraveného jadra virtualizovaného operačného systému s hardvérom pomocou špeciálnych API upraveného jadra hostiteľského systému. Vzhľadom na modifikáciu jadra si je hosťovaný operačný systém vedomý toho, že je virtualizovaný. Paravirtualizácia nespomaľuje virtualizovaný stroj tak ako pri plnej virtualizácii, ale jej použitie je obmedzené na operačné systémy, u ktorých je možný

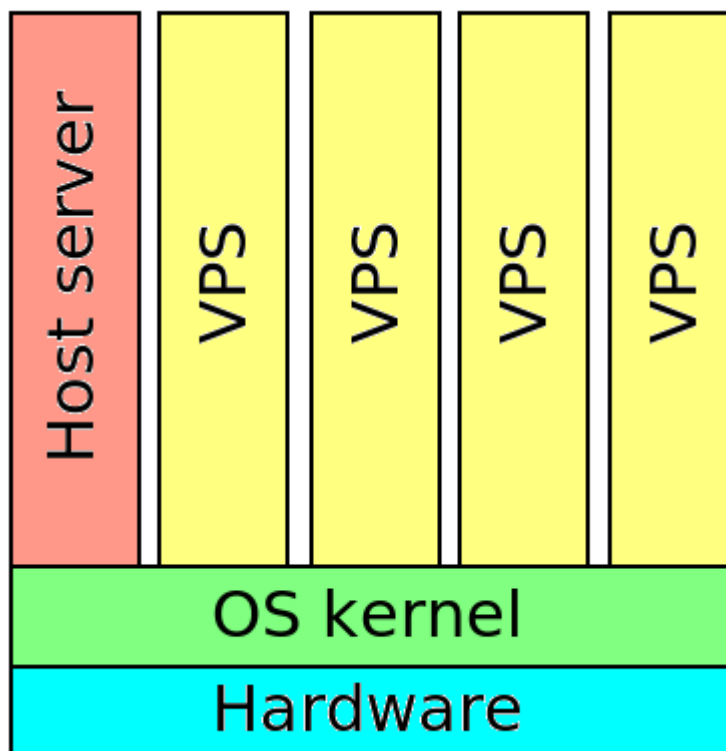
zásah do jadra systému (open source OS). Obr. 1 ilustruje princíp úplnej virtualizácie a paravirtualizácie. (Tomeček, 2007)



Obr. 1 Úplna virtualizácia a paravirtualizácia (zdroj: www.ablinuxu.cz)

4.6.3.3 Virtualizácia na úrovni jadra operačného systému

Pri tejto metóde virtualizácie zdieľajú všetky virtuálne stroje jadro operačného systému. To znamená, že na všetkých virtuálnych strojoch musí byť nainštalovaný operačný systém využívajúci rovnaké jadro ako ostatné virtuálne stroje umiestnené na fyzickom stroji. Táto metóda kombinuje podmienku izolácie virtuálnych strojov a zdieľania, vďaka čomu nedochádza k duplicitám a zabezpečuje sa vysoká efektívnosť. Nevytvára sa žiaden virtuálny hardvér, ani špeciálne prístupové API. Tento prístup je považovaný za najefektívnejší. Nevýhoda spočíva v tom, že na rovnakom fyzickom stroji nie je možné inštalovať operačné systémy využívajúce rozdielne jadrá. Obr. 2 ilustruje princíp virtualizácie na úrovni jadra operačného systému. (Tomeček, 2007)



Obr. 2 Virtualizácia na úrovni jadra systému (zdroj: www.abclinuxu.cz)

4.6.4 Výhody implementácie technológie virtualizácie

V nasledovnej podkapitole budú objasnené konkrétne výhody, ktoré prináša využívanie technológie virtualizácie. Tieto výhody popísali mnohí autori, napríklad Anil Desai (2009), Greg Shields (2009), alebo Petr Šváb (2007).

4.6.4.1 Zvýšenie využitia existujúceho hardvérového vybavenia

Ako uviedli Danielle Ruest a Nelson Ruest (2009), moderný hardvér v súčasnosti ponúka takú výpočtovú kapacitu, ktorú väčšina aplikácií nedokáže naplno využiť. Preto v praxi často dochádza k veľmi nízkemu využitiu týchto kapacít serverov. Riešením je priradenie viacerých aplikácií jednému serveru, pričom každej aplikácii bude prislúchať osobitný virtuálny stroj. Týmto sa zabezpečí vysoké využitie súčasného vybavenia a zároveň možnosť osobitných nastavení pre každú aplikáciu vzhľadom na potreby jej bezproblémového chodu.

4.6.4.2 Zjednodušenie spravovania serverov

Vo veľkých podnikoch a dátových centrách je problémom spravovanie veľkého množstva serverov. Súvisí s výmenou komponentov, so zapojením a konfiguráciou serverov, ako aj s ich fyzickým umiestnením. Ďalšie práce súvisia s identifikáciou takzvaných „horúcich miest“ a zabezpečením chladenia. Implementácia technológie virtualizácie umožňuje redukovať počet serverov, tým aj objem prác súvisiacich s ich údržbou a v konečnom dôsledku počet pracovníkov, systémových administrátorov. (Shields, 2009)

4.6.4.3 Nezávislosť aplikácie od hardvéru

Jednou z najväčších výhod technológie virtualizácie je nezávislosť virtuálnych strojov, a teda i aplikácií, ktoré ponúkajú, od reálneho fyzického hardvéru, na ktorom je nainštalovaný hositeľský systém a virtualizačný softvér. Operačný systém a aplikácie na ňom inštalované sú viazané na konkrétny hardvér, ktorý sa na danom reálnom stroji nachádza. Hostované operačné systémy sú viazané len na hardvérovú konfiguráciu virtuálneho stroja, nie reálneho stroja, preto sú prenositeľné na iný server či počítač, ktorý môže byť hardvérovo odlišný. Toto vedie k výrazne nižšej časovej náročnosti spomínanej úlohy v dôsledku zjednodušenia a redukcie počtu čiastkových úkonov potrebných na jej vykonanie. (Desai, 2009)

4.6.4.4 Zvýšenie prispôsobivosti zmenám

Keďže jednotlivé virtuálne stroje môžu byť ľahko prenesené z jedného servera na druhý, na ktorom sa nachádza rovnaký virtualizačný softvér, dochádza k zvýšeniu flexibility.

4.6.4.5 Podpora starších aplikácií

Anil Desai (2009) uviedol, že v podnikoch sa často využívajú staršie aplikácie, vyžadujúce staršie operačné systémy. Tieto aplikácie alebo operačné systémy môžu mať špeciálne požiadavky na hardvér, pričom najčastejšie dochádza k nasledujúcim problémom:

- potrebný hardvér sa už nevyrába,

-
- hardvér je z hľadiska nákladov nevýhodné prevádzkovať,
 - hardvér nie je možné prevádzkovať z technických príčin.

Vďaka virtualizácii možno tieto aplikácie prevádzkovať na aplikáciu požadovanom operačnom systéme inštalovanom na virtuálnom stroji a s požadovanou hardvérovou konfiguráciou napriek tomu, že v skutočnosti funguje na modernom hardvéri (Desai, 2009). Ak teda aplikácia vyžaduje pripojenie určitého zariadenia cez starší typ konektoru, ktorý nie je na fyzickom počítači prítomný, je možné použiť virtuálne konektory. Požadované zariadenie je fyzicky pripojené na počítač prostredníctvom iného konektoru, ale vo virtuálnom stroji sa toto reálne zariadenie priradí k virtuálnemu konektoru požadovaného typu vďaka vrstve, ktorú medzi hosťujúcim systémom a fyzickým hardvérom vytvára virtualizačný softvér (Ward, 2004).

4.6.4.6 Zvýšenie bezpečnosti

Každý virtuálny stroj možno konfigurovať tak, aby bola zvýšená jeho bezpečnosť. To je umožnené obmedzením operácií, ktoré môžu byť v danom hosťovanom systéme vykonávané, a špecifikáciou možnosti pripojenia k sieti. Napríklad je možné obmedziť prístup virtuálneho stroja len k niekoľkým ďalším virtuálnym strojom, s ktorými musí komunikovať, a zamedziť prístup k hosťujúcemu systému či fyzickej sieti. (Desai, 2009)

Ďalším prínosom k bezpečnosti a stabilite je možnosť uložiť aktuálny stav virtuálneho stroja so všetkými údajmi a nastaveniami do jedného obrazového súboru, ktorý možno uložiť na zálohovacie úložné miesto. Ak potom dôjde k poškodeniu operačného systému virtuálneho stroja, napríklad v dôsledku infikovania škodlivým programom či chybnou aplikáciou, možno tento jeho súčasný systém nahradiť posledným funkčným.

4.6.4.7 Zabezpečenie funkčnosti pri výpadku primárneho servera

V súčasnosti sa kladie dôraz na to, aby pri výpadku serveru, ktorý poskytuje určitú službu, bol k dispozícii záložný server poskytujúci rovnakú službu. V súvislosti s tým

značne vzrastajú náklady na hardvér identický s hardvérom primárneho servera. Pri virtualizácii je možné v prípade poruchy primárneho servera preniesť obraz virtuálneho stroja zo zálohovacieho úložného miesta na záložný server, ktorý môže byť hardvérovo odlišný. (Shields, 2009)

4.6.4.8 Spotreba energie

Keďže s použitím technológie virtualizácie sa značne redukuje počet potrebných serverov a osobných počítačov, znižujú sa náklady i na spotrebovanú elektrickú energiu, chladenie a úložné kapacity.

4.6.5 Obmedzenia využitia technológie virtualizácie

Virtualizáciu nie je vhodné aplikovať, ak:

- Aplikácia plne vyťažuje súčasný hardvér. Pri týchto aplikáciách je lepšie technológiu virtualizácie nepoužívať a inštalovať aplikácie priamo do základného operačného systému. V tomto prípade by využitie tejto technológie mohlo prispieť k zníženiu výkonu. (Desai, 2009)
- Aplikácia má požiadavky na hardvér, ktorý nie je podporovaný virtualizačným softvérom. Virtualizačné softvéry podporujú najčastejšie využívané komponenty serverov a osobných počítačov. Niektoré aplikácie však môžu mať špeciálne požiadavky na hardvér, ktorý nie je podporovaný z hľadiska virtualizácie. (Desai, 2009)

4.6.6 Využitie technológie virtualizácie

Vzhľadom na výhody uvedené v kapitole 4.6.4 poskytuje technológia virtualizácie okrem týchto všeobecných aj špeciálne uplatnenie v podnikoch, ktoré sa zaoberajú aj vývojom a testovaním aplikácií a operačných systémov. Spomínajú ich aj autori, ako Anil Desai (2009) a Ward Brian (2004).

4.6.6.1 Testovanie aplikácií

Pri vývoji aplikácií je nutné ich následné testovanie pod rôznymi operačnými systémami a s rozličnou konfiguráciou. Testovanie sa teda musí realizovať na niekoľkých počítačoch. Použitím virtualizačného softvéru možno otestovať aplikáciu na tom istom počítači v prostredí rozličných operačných systémov a to aj vo viacerých zároveň, čo umožňuje vývojovému tímu porovnávať správanie sa testovanej aplikácie medzi systémami. Zároveň je zabezpečená stabilita systému, pretože ak by aplikácia poškodila daný operačný systém virtuálneho stroja, možno tieto škody vrátiť do pôvodného stavu takmer ihneď, zatiaľ čo pri testovaní bez použitia virtualizácie by bolo nutné operačný systém na počítači preinštalovať, čo by malo za následok zvýšenie časovej náročnosti a s tým súvisiace náklady. (Desai, 2009)

Iným riešením je možnosť nainštalovať viaceré operačné systémy na jeden počítač bez použitia virtualizácie. Následne si pri štartovaní systému môžeme prostredníctvom boot manažera zvoliť operačný systém, v ktorom je potrebné aplikáciu otestovať. Táto možnosť neposkytuje výhodu testovania aplikácie v rôznych operačných systémoch v tom istom čase bez použitia ďalších počítačov a neponúka ani zabezpečenie proti poškodeniu systému.

4.6.6.2 Programovanie a testovanie sieťových aplikácií

Výhodou virtualizácie je možnosť testovania sieťových aplikácií bez nutnosti pripojenia na fyzickú sieť. Jednotlivé virtuálne stroje môžu komunikovať medzi sebou a s hostiteľským systémom tak, ako by komunikovali v reálnej fyzickej sieti. Zamedzí sa tak riziku ohrozenia funkčnosti fyzickej siete v dôsledku chybného správania sa testovanej aplikácie. Zároveň možno sledovať na jednom počítači vzájomnú interakciu medzi virtuálnymi strojmi s rôznymi operačnými systémami. (Ward, 2004)

4.6.6.3 Vývoj operačných systémov

Pri vývoji operačných systémov je nutné ich časté testovanie a následné zmeny v jadre systému. Pri testovaní je potrebné využívať jeden počítač na testovanie a ďalší na jeho tvorbu a úpravy. Z časového a praktického hľadiska použitie technológie virtualizácie tento proces zjednodušuje. S každým testovacím jadrom je možné pracovať ako s virtuálnym diskom, ktorý môžeme priradiť k virtuálnemu stroju.

To umožňuje vykonávať zásahy do vyvíjaného systému a jeho následné testovanie na rovnakom stroji a zároveň sa odstráni nutnosť prenosu zmenených dát jadra z počítaču na počítač. (Desai, 2009)

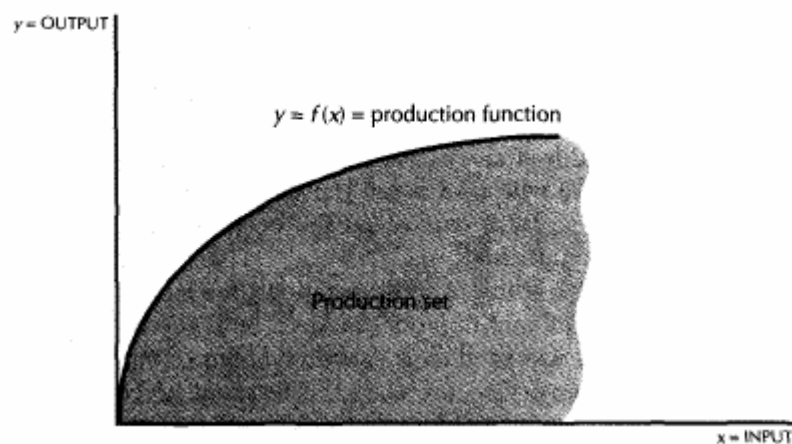
Tak je možné vykonávať zásahy do vyvíjaného systému a jeho následné testovanie na rovnakom stroji a zároveň sa odstráni nutnosť prenosu zmenených dát jadra z počítaču na počítač. (Desai, 2009)

4.7 Ekonomické prínosy virtualizácie v podnikovom prostredí

Jednotlivé výhody, ktoré virtualizácia prináša a ktoré boli uvedené v kapitole 4.6.4 majú následne vplyv na ekonomickú stránku podniku a jej ukazovatele ktoré sú uvedené v tejto kapitole. Treba však upozorniť, že meranie priamych dopadov zmien v infraštruktúre IT na celý podnik je problematické.

4.7.1 Produkčná funkcia

Produkčná funkcia vyjadruje vzťah medzi vstupmi a výstupmi (Obr. 3). Udáva najväčší možný výstup pri danej úrovni vstupu za využitia konkrétnej technológie (Varian, 2002). V našom prípade sú vstupmi hardvér, elektrická energia, náklady na uskladnenie hardvéru a potrební pracovníci starajúci sa o montáž, inštaláciu a údržbu. Výstupmi sú služby, ktoré daný stroj ponúka.

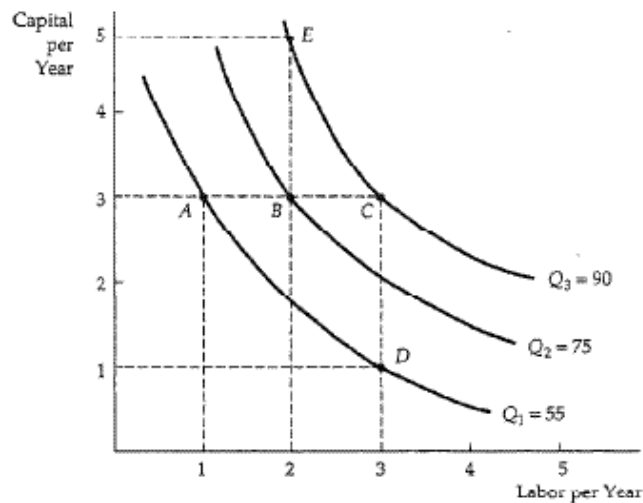


Obr. 3 Produkčná funkcia (zdroj: Varian, 2002)

Využitie technológie virtualizácie posúva hranicu množiny produkčných možností, pretože minimalizuje objem vstupu potrebného na dosiahnutie konkrétneho výstupu, respektíve maximalizuje objem výstupu pre daný objem vstupov.

4.7.2 Produkčné izokvanty

Produkčná izokvanta vyjadruje rôzne kombinácie dvoch vstupov, pričom výstup zostáva konštantný (Pindyck-Rubinfeld, 2000). Obr. 4 ilustruje izokvanty, ktoré vyjadrujú rôzne kombinácie práce a kapitálu, pri ktorých je výstup konštantný.



Obr. 4 Produkčné izokvanty (zdroj: Pindyck-Rubinfeld, 2000)

Ak uvažujeme, že by mal podnik len dva vstupy, x a y , pričom x by predstavovali servery, potom vplyvom zavedenia technológie virtualizácie by sa izokvanty zmenili tak, že pri rovnakom výstupe a množstve vstupu y by bolo potrebné menšie množstvo vstupu x .

4.7.3 Vplyv na tvorbu zisku

$$TP = TR - TC \quad (1)$$

Celkový zisk (TP) možno vo všeobecnosti chápať ako rozdiel medzi celkovým príjmom firmy (TR), ktorý získa z realizácie produkcie, a celkovými nákladmi (TC), ktoré sú s výrobou daného objemu produkcie spojené (Rovnica (1)). (Lisý, 2007)

Celkové náklady sa dajú znížiť zavedením technológie virtualizácie. Tá vplyva na náklady na elektrickú energiu, obsluhujúcich pracovníkov, náklady súvisiace s chladením, náklady na prenájom miesta na umiestnenie strojov. Ďalej medzi celkové

náklady, ktoré sú znížené prostredníctvom virtualizácie môžeme zaradiť aj jednorazové náklady na nákup strojov, výstavba dostatočne veľkej miestnosti pre umiestnenie strojov a inštalačné náklady.

4.7.4 Ukazovateľ využitia dlhodobého majetku

Koeficient intenzívneho využitia (K_i) v rovnici (2) je ukazovateľom využitia dlhodobého majetku a je daný objemom produkcie počas jeho skutočnej činnosti (Bielik, 2002). V tejto súvislosti možno chápať skutočné využitie hardvéru ako objem produkcie (Q_s) a jeho kapacitu ako produkčnú schopnosť (Q_z).

$$K_i = \frac{Q_s}{Q_z} \quad (2)$$

Využitím technológie virtualizácie možno zvýšiť využitie hardvéru, čo sa odrazí i na koeficiente intenzívneho využitia.

4.7.5 Obrat celkového majetku

Obrat celkového majetku (3) je ukazovateľ, ktorý slúži na ohodnotenie bonity podniku a meria využitie celkového majetku. Ak má klesajúcu tendenciu, podnik by sa mal snažiť zvýšiť tržby, alebo znížiť stav majetku. Počíta sa ako podiel tržieb a celkového majetku.

$$Ocm = \frac{T}{CM} \quad (3)$$

Prostredníctvom virtualizácie možno znížiť počet potrebného cenovo náročného hardvéru, a tým aj znížiť potrebný celkový majetok podniku a zvýšiť hodnotu tohto ukazovateľa.

4.7.6 Ďalšie ukazovatele efektívnosti a účinnosti majetku

- Produkčná účinnosť dlhodobého majetku - je vyjadrená ako podiel vyprodukovaného množstva výstupu a dlhodobého majetku. (Bielik, 2002)

$$Pú = \frac{Q}{DM} \quad (4)$$

-
- Efektívnosť dlhodobého majetku cez celkové výnosy - Je vyjadrená ako podiel celkových výnosov a dlhodobého majetku. (Bielik, 2002)

$$Em = \frac{V}{DM} \quad (5)$$

- Investičná náročnosť produkcie - daná ako podiel dlhodobého majetku a celkového vyprodukovaného množstva výstupu. (Bielik, 2002)

$$In = \frac{DM}{Q} \quad (6)$$

- Doba návratnosti dlhodobého majetku - daná ako podiel dlhodobého majetku a súčtu čistého zisku a odpisov. (Bielik, 2002)

$$Dn = \frac{DM}{(\check{C}Z + OD)} \quad (7)$$

Vo všetkých prípadoch prispieva využitie virtualizácie a jej výhod k zlepšeniu hodnoty ukazovateľov v prospech podniku prostredníctvom zníženia potreby dlhodobého majetku.

4.7.7 Flexibilitnosť

Flexibilitnosť ponuky ovplyvňuje viacero faktorov, medzi ktorými sú i použité technológie, do ktorých spadá aj technológia virtualizácie. Prispieva k pružnejšej reakcii na možné požiadavky dopytu a podniku, najmä prostredníctvom skrátenia doby potrebnej k zmene a minimalizácie nákladov potrebných k tejto zmene. Zvýšenie flexibilitnosti prispieva k vyššej konkurencieschopnosti podniku.

4.7.8 Vplyv na zadlženosť a investície

Na nákup finančne nákladných strojov (najmä serverov), ktoré predstavujú dlhodobý neobežný majetok, by mal podnik použiť finančné zdroje, ktoré sú dlhodobo k dispozícii (vlastný kapitál a dlhodobý cudzí kapitál). Keďže s využitím technológie virtualizácie klesá počet potrebných strojov a objem úložného priestoru, podnik môže zvyšný kapitál investovať do ďalších prostriedkov, ktoré prispievajú k zlepšeniu postavenia podniku na trhu, respektíve si nemusí požičať taký objem peňažných prostriedkov, aký by si musel požičať, keby sa rozhodol túto technológiu nevyužiť.

4.8 Príklad využitia plnej virtualizácie desktopu v praxi

Nasledujúci test bol vykonaný na osobnom počítači architektúry x86 s nainštalovaným hostujúcim operačným systémom Linux, distribúcia Kubuntu 9.09. Cieľom testu bolo zistiť časovú úsporu pri nainštalovaní jedného virtuálneho stroja s operačným systémom Windows XP, antivírovým programom AVG 9 Free a kancelárskym balíkom Microsoft Office zahŕňajúcim Microsoft Word, Excel, Powerpoint a Outlook.

Ako nástroj virtualizácie bol použitý softvér VirtualBox, od firmy Oracle. Základná konfigurácia parametrov virtuálneho stroja boal nasledovná: operačná pamäť 512 megabytov, diskový priestor s kapacitou 5 gigabytov.

Tab. 3 uvádza prehľad jednotlivých činností a dĺžky ich výkonu.

Tab. 3 Prehľad činností pri inštalácii a dĺžky ich výkonu

(Zdroj: vlastné výpočty)

Činnosť	Čas v min.
Konfigurácia nového virtuálneho stroja	4
Začiatok inštalácie systému Windows XP	21
Inštalácia antivírového programu AVG 9 Free	3
Aktualizácia antivírového programu AVG 9 Free	9
Inštalácia prehliadača Mozilla Firefox 3.6	1
Inštalácia kancelárskeho balíku MS Office	6
Inštalácia slovenskej lokalizácie pre MS Office	3
Inštalácia aktualizácii pre Windows XP	74
Celkový čas s konfiguráciou virtuálneho stroja	121
Celkový čas bez konfigurácie virtuálneho stroja	117

Z výsledkov vyplýva, že ak by mal zamestnanec firmy nainštalovať 10 počítačov, trvalo by mu to približne 1170 minút, čo je 19 hodín a 30 minút. Avšak s použitím technológie virtualizácie je možné nainštalovať takýto virtuálny stroj raz a potom jeho obrazový súbor skopírovať na ďalšie počítače s nainštalovaným virtualizačným programom. V týchto počítačoch už potom stačí vykonať len fázu konfigurácie nového

virtuálneho stroja a pripojiť k nemu predinštalovaný obrazový súbor. V takomto prípade by zamestnancovi trvala inštalácia 10 počítačov približne 157 minút, čo je 2 hodiny a 37 minút (pokial' nezarátame čas potrebný na prekopírovanie obrazového súboru, ktorý závisí od spôsobu kopírovania). Časová úspora v tomto príkladovom riešení predstavuje približne 1013 minút, čo predstavuje 16 hodín a 53 minút. Inštalácia virtuálnych strojov by prebehla 7,4 krát rýchlejšie než inštalácia operačného systému na každý počítač zvlášť. Tento rozdiel by sa ešte viac zväčšil so zvyšujúcim sa počtom potrebných aplikácií v základnej inštalácii a tiež so zvyšujúcim sa počtom počítačov určených k inštalácii.

V tomto príklade sme predpokladali, že na všetkých počítačoch, ktoré vyžadovali operačný systém Windows XP spolu s uvedenými aplikáciami, je už nainštalovaný hosťujúci operačný systém a virtualizačný softvér. V reálnom prípade by ich najprv bolo treba nainštalovať, čo by zvýšilo časovú náročnosť riešenia pri použití virtualizácie z krátkodobého hľadiska. Avšak po prechode na virtualizované riešenie by sa jeho časová náročnosť v porovnaní s prvým riešením z dlhodobého hľadiska znižovala, ako sme to preukázali testom.

Nevýhodou takéhoto riešenia je nutnosť hosťujúceho systému, ktorý predstavuje ďalšie nároky na výpočtovú kapacitu, miesto na disku a operačnú pamäť. Výhodou je možnosť inštalácie viacerých operačných systémov na jedno fyzické zariadenie a ich súbežné fungovanie. Ďalšou výhodou je jednoduchá záloha súčasného stavu celého systému a možnosť neskoršej obnovy zálohy a jednoduché a rýchle vytváranie ďalších virtuálnych strojov podľa potreby, ku ktorým je možné pripojiť predinštalovaný systém aj s aplikáciami pomocou obrazového súboru.

4.9 Praktický príklad virtualizácie serveru

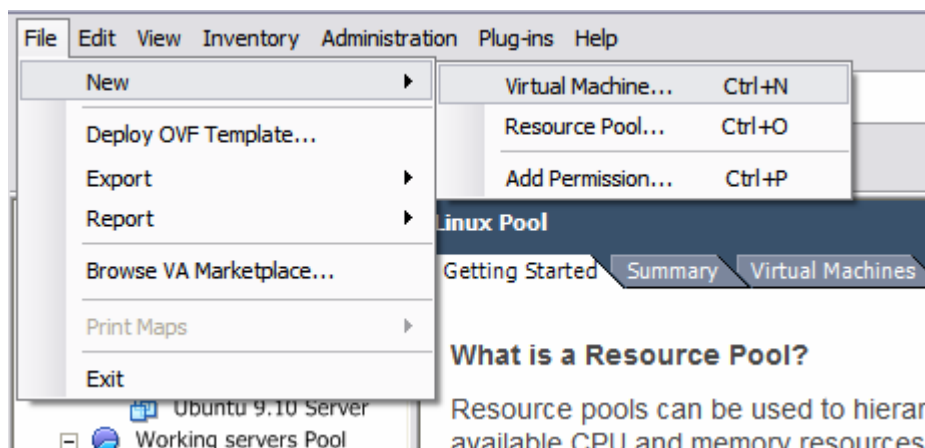
V tomto praktickom príklade bol použitý jeden fyzický server, konkrétne server SunFire X4150, ktorý je využívaný na účely virtualizácie v Centre informačných a komunikačných technológií FEM SPU v Nitre. Na danom serveri je nainštalovaný virtualizačný softvér VMware ESXi 4 a pre vzdialený prístup k serveru je používaný klientsky softvér vSphere Client. Oba programové prostriedky sú dostupné zdarma.

4.9.1 Stručný prehľad virtualizácie servera

Vytvorenie nového virtuálneho stroja pomocou virtualizačného softvéru je možné vykonať do niekoľkých minút a tak pružne reagovať na vznikajúce potreby.

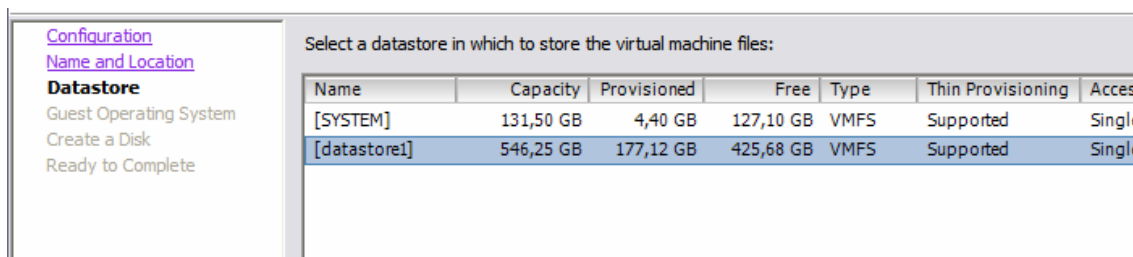
Postup bol nasledovný:

1. zadanie požiadavky na vytvorenie nového virtuálneho stroja prostredníctvom grafického menu (Obr. 5),



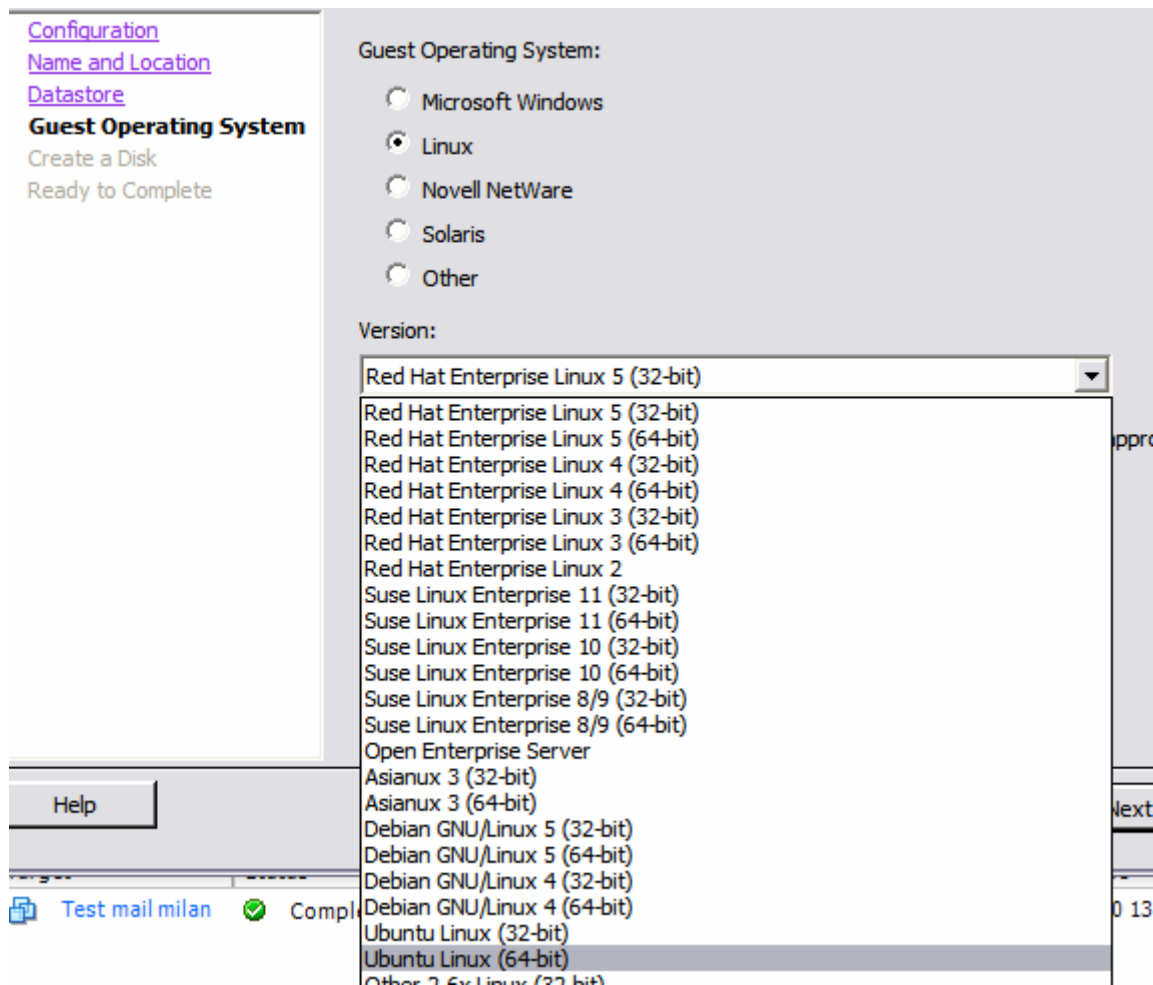
Obr. 5 Voľba k vytvoreniu nového virtuálneho stroja

2. voľba mena virtuálneho stroja,
3. voľba fyzického uloženia dát virtuálneho stroja (Obr. 6),



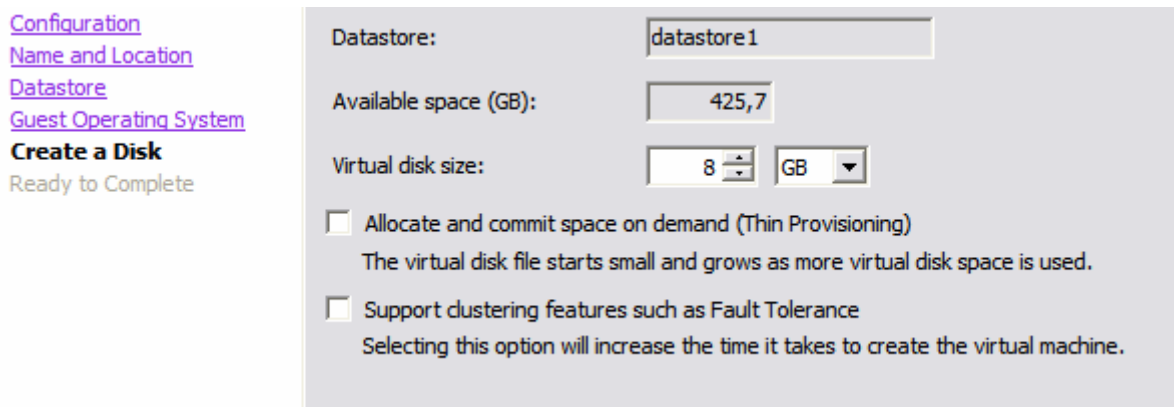
Obr. 6 Voľba fyzického uloženia dát

4. voľba operačného systému, ktorý bude inštalovaný na virtuálny stroj (Obr. 7),



Obr. 7 Voľba operačného systému

5. voľba virtuálneho disku (Obr. 8),

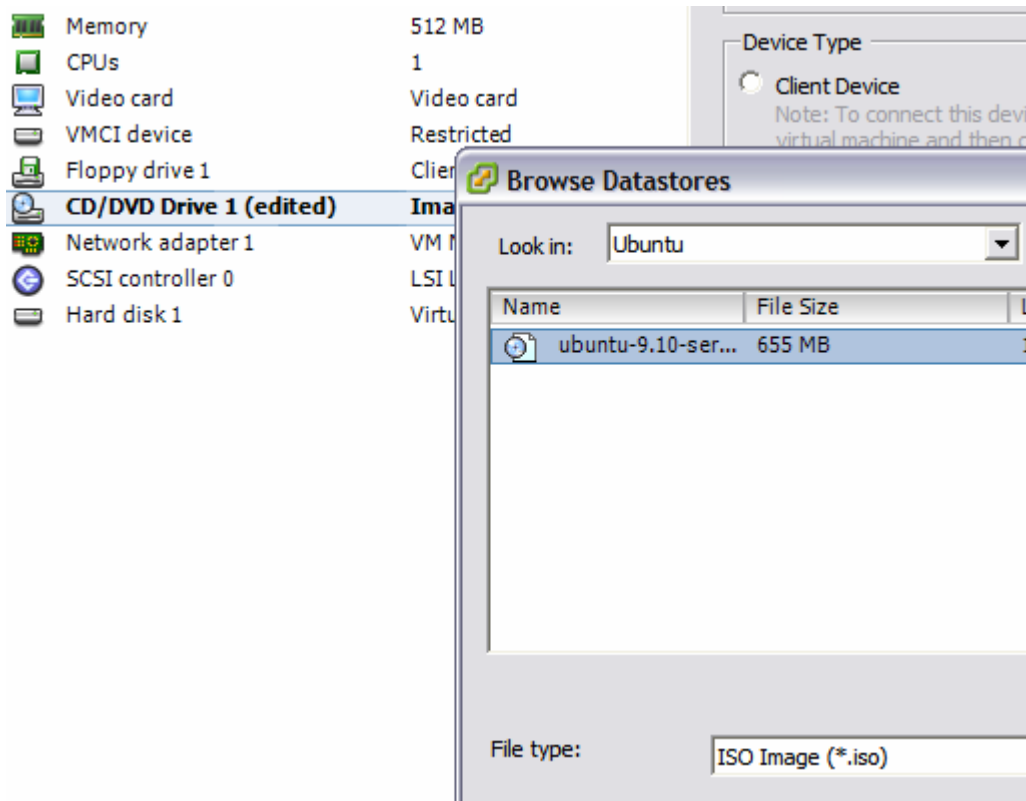


Obr. 8 Voľba virtuálneho disku

6. záverečný sumár a kompletizácia.

Inštalácia sa dá realizovať vzdialeným prístupom prostredníctvom pripojenia obrazového súboru inštalačného disku k mechanike virtuálneho serveru (Obr. 9). Po

našartovanie virtuálneho servera je možno pomocou konzoly vzdialenej správy realizovať inštaláciu operačného systému tak, ako by tomu bolo na fyzickom serveri.

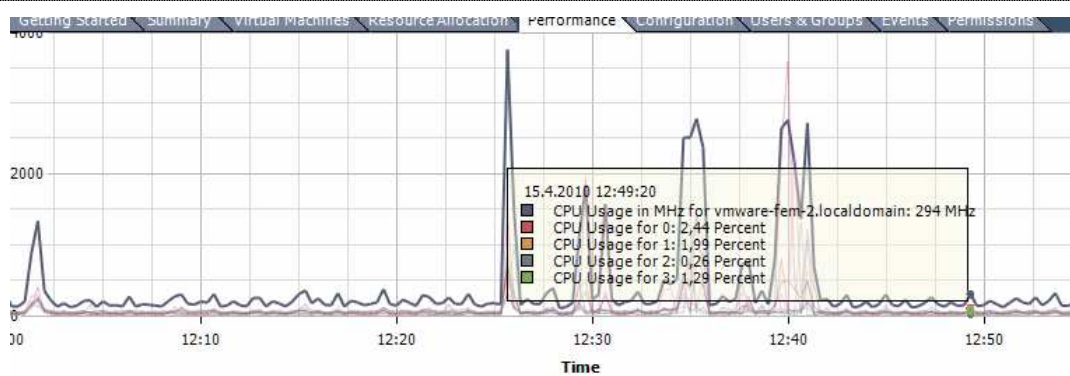


Obr. 9 Pripojenie obrazového súboru k CD/DVD mechanike

Po inštalácii je možno ďalej upraviť napríklad pridelené zdroje fyzického stroja. Zaujímavá je možnosť organizácie virtuálnych strojov do skupín a vytváranie nastavenia pre celú skupinu. Ďalej program poskytuje grafický náhľad vytáženia jednotlivých zdrojov (procesor, operačná pamäť, pevný disk, sieť) v reálnom čase (Obr. 10).

Z oblasti siete program umožňuje vytvárať virtuálne switche a priradiť jednotlivé virtuálne stroje k týmto switchom. Možno napríklad priradiť jeden virtuálny stroj k reálnej vnútro podnikovej sieti a druhému povoliť len komunikáciu vo vnútri virtuálnej siete a podobne, čo prispieva k bezpečnosti.

Medzi samozrejmosťami patria funkcie ako pozastaviť server za chodu a kedykoľvek jeho chod obnoviť bez nutnosti reštartovania. K bezpečnosti z hľadiska zálohovania prispieva voľba uloženia obrazového súboru, ktorý zachytí momentálny stav systému spolu s dátami. Ten potom môže slúžiť k obnove virtuálneho stroja v prípade poškodenia hostovaného systému.



Performance Chart Legend

Object	Measurement	Rollup	Units	Latest	Maximum	Minimum	Average
vmware-fem-2.l...	CPU Usage in MHz	Average	MHz	129	3764	94	373,733
0	CPU Usage	Average	Percent	0,96	19,65	0,53	1,725
1	CPU Usage	Average	Percent	0,14	89,83	0,07	2,446
2	CPU Usage	Average	Percent	0,07	34,92	0,05	1,226
3	CPU Usage	Average	Percent	1,32	21,85	0,45	1,576
4	CPU Usage	Average	Percent	1	22,72	0,55	1,487

Obr. 10 Využitie zdrojov

4.9.2 Zhodnotenie

Kombinácia programov VMware ESXi 4 a vSphere sa ukázala ako účinná pomoc administrátorovi, ktorý nemusí chodiť ku každému serveru fyzicky, ale môže sa pripojiť vzdialeným prístupom a vykonávať potrebné zmeny a nastavenia prostredníctvom svojho osobného počítača či notebooku. K flexibilitě prispieva možnosť rýchleho vytvorenia a sprevádzkovania nového virtuálneho stroja podľa potrieb podniku. Významným prínosom v oblasti ochrany dát je možnosť zálohovať súčasný stav virtuálneho stroja. K prehľadu o vyťažení zdrojov prispievajú grafy a údaje o minimálnom, maximálnom či priemernom vyťažení zdroja za každý virtuálny stroj. Prehľadnosť a ďalšie možnosti konfigurácie zaisťuje funkcia zoskupovania virtuálnych serverov.

Záver

V záverečnej práci boli objasnené základné pojmy z oblasti virtualizácie, ako aj princípy fungovania tejto technológie. Boli popísané jednotlivé metódy, využívané pri virtualizácii: metóda reprezentácie jedného fyzického zdroja ako viac logických, metóda reprezentácie viacerých zdrojov ako jeden logický, metóda reprezentácie jedného logického zdroja cez viacero fyzických zdrojov, metóda reprezentácie jedného fyzického zdroja ako jeden logický a kompozitná alebo vrstevná metóda.

Vzhľadom na rozsiahly charakter danej problematiky, bolo potrebné realizovať viacero parciálnych cieľov, ktorých naplnenie malo napomôcť k splneniu hlavného zámeru práce. Diplomová práca je členená na niekoľko na seba kontinuálne nadväzujúcich častí.

Druhá kapitola bola venovaná technickým a programovým prostriedkom virtualizácie, kde boli vymenované najvýznamnejšie firmy pôsobiace na trhu v oblasti virtualizácie, ako aj niektoré najpoužívanejšie virtualizačné prostriedky. Ako ďalší prostriedok virtualizácie bola uvedená hardvérovo asistovaná virtualizácia. Vysvetlili sme jej princípy a uviedli praktické porovnanie niektorých procesorov využívajúcich túto technológiu prostredníctvom testu vApus Mark I. Výsledky tohto testu boli porovnané s výsledkami testu VMmark a vysvetlené možné príčiny niektorých rozdielov.

V kapitole venovanej otázkam licencovania operačných systémov a aplikácií vo virtuálnom prostredí bol uvedený príklad licenčných podmienok spoločnosti Microsoft.

V kapitole výsledkov práce boli vymenované možné bezpečnostné riziká, súvisiace s implementáciou a využívaním virtualizácie. Jednotlivé riziká boli popísané a boli ponúknuté riešenia, ako sa im vyhnúť, alebo ich zmierniť.

Samostatnú kapitolu sme venovali procesu zavedenia a správy virtualizácie v podnikovom prostredí v piatich po sebe idúcich krokoch. Po úspešnej realizácii všetkých krokov sa proces začína odznova prvým vymenovaným krokom.

V kapitole o možnostiach virtualizácie v podnikovom prostredí, bolo poskytnutých niekoľko druhov delení virtualizácie, a to: podľa úrovne, podľa druhu virtualizovaného zdroja a rozdelenie podľa typu virtualizácie. V každom delení boli popísané prípadné

výhody či nevýhody daného druhu virtualizácie. Hlavná pozornosť bola venovaná virtualizácii desktopov a serverov. Medzi výhody týchto riešení patria: zvýšenie využiteľnosti existujúceho a nového hardvérového vybavenia, zjednodušenie spravovania serverov, nezávislosť aplikácie od hardvéru, zvýšenie prispôbivosti zmenám, podpora starších aplikácií, zvýšenie bezpečnosti, zaistenie funkčnosti pri výpadku serveru, a spotreba energie. Špecifikovali sme i obmedzenia využitia virtualizácie, keď túto metódu nie je vhodné použiť, a to: ak ide o aplikáciu, ktorá vyťažuje naplno súčasný hardvér, alebo ak má požiadavky na hardvér, ktorý nie je virtualizačným softvérom podporovaný. V závere kapitoly boli zhodnotené ďalšie možnosti využitia tejto technológie v podnikoch, zaoberajúcich sa vývojom a testovaním aplikácií a operačných systémov.

V kapitole číslo sedem sme zhodnotili prínosy technológie virtualizácie z hľadiska mikroekonomickej teórie a ekonomiky podniku. Bol popísaný vplyv zmeny použitej technológie na produkciu podniku a jeho výrobné možnosti prostredníctvom produkčnej funkcie podniku a produkčných izokvánt. Poukázali sme na vplyv zavedenia technológie znižujúcej náklady a zvyšujúcej flexibilitu prostredníctvom rovnice tvorby zisku a rôznych ukazovateľov ako: ukazovateľ využitia dlhodobého majetku, obrat celkového majetku, produkčná účinnosť dlhodobého majetku, efektívnosť dlhodobého majetku cez celkové výnosy, investičná náročnosť produkcie, doba návratnosti dlhodobého majetku. V závere sme zhodnotili vplyv virtualizácie na zvýšenie flexibility podniku a vplyv technológie na zadĺženosť a investície podniku.

V ôsmej kapitole sme overovali prínos virtualizácie z hľadiska úspory času. Experimentálne bol overený predpoklad úspory času pri použití technológie plnej virtualizácie na úrovni operačného systému z dlhodobého hľadiska. Medzi nevýhodami boli uvedené: vyššia náročnosť na výpočtovú kapacitu osobného počítača a nutnosť inštalácie hostujúceho systému s virtualizačným softvérom. Ako výhoda sa ukázala preukazná úspora časovej náročnosti, jednoduché zálohovanie stavu celého systému a rýchla distribúcia predinštalovaných virtuálnych strojov prostredníctvom obrazových súborov. Výhodnosť virtualizácie oproti tradičnému prístupu stúpala s objemom základnej inštalácie a s množstvom počítačov vyžadujúcich konkrétny balík aplikácií.

V poslednej kapitole výsledkov práce bol prezentovaný postup tvorby a možnosti spravovania virtuálneho servera pomocou virtualizačného softvéru VMware ESXi 4 a softvéru vSphere od firmy VMware. Potvrdilo sa, že virtualizačný softvér

zjednodušuje správu a zvyšuje flexibilitu. Rôzne nástroje a možnosti tohto virtualizačného softvéru ďalej prispievajú k ochrane dát a zvýšeniu prehľadnosti.

Berúc do úvahy všetky teoretické a praktické poznatky, môžeme záverom konštatovať, že virtualizácia sa preukázala ako technológia, ktorá sa v posledných rokoch právom dostala do popredia najviac implementovaných technológií vďaka svojim výhodám a prínosom.

Zoznam použitej literatúry

1. *Aký bude rok 2010 v IT.* 2010 [online]. SITA. [cit. 2010-03-30]. Dostupné na: <<http://www.itnews.sk/spravy/prieskumy/2010-01-25/c131470-aky-bude-rok-2010-v-it>>.
2. BABOLČAI, Andrej. 2010 [online]. *IW: Využitie hardvérových úložísk šifrovacích kľúčov vo virtuálnych prostrediach.* Itnews, aktualizované 2010. [cit. 2010-03-13]. Dostupné na: <<http://www.itnews.sk/tituly/infoware/free-clanky/2010-03-11/c132427-iw-vyuzitie-hardverovych-ulozisk-sifrovacich-klucov-vo-virtualnych-prostrediach>>.
3. BIELIK, Peter a i. 2002. *Ekonomika podnikov.* Nitra: SPU, 2002. 184s. ISBN 80-8069-069-3.
4. CRENSHAW, Scott. 2007. *Integrated virtualization: Transforming IT infrastructures to deliver more value.* In *CIO*, 2007, č. 6, s. 22.
5. DE GELAS, Johan. 2009 [online]. *Real-world virtualization benchmarking: the best server CPUs compared.* Anandtech. [cit. 2010-04-04]. Dostupné na: <<http://www.anandtech.com/show/2770/8>>.
6. DESAI, Anil. 2009. *Virtual Platform Management* [online]. B.m.: Realtime Publishers, (ca 2009) [cit. 2010-02-19]. 238 s. Dostupné na: <<http://nexus.realtimepublishers.com/dgvpmp.php>>.
7. ERBEN, Lukáš. 2008. *Virtualizace.* In *Virtualizace: Příloha časopisu Business world*, 2008, s. 1.
8. FERGUSON, Rik. 2008. *Bezpečná virtuální budoucnost.* In *CIO Business world*, 2008, č. 11, s. 10.
9. HALCIN, Jakub. 2009 [online]. *Klíčem k výkonu je virtualizace.* Idnes. [cit. 2010-04-04]. Dostupné na: <http://bonusweb.idnes.cz/hardware/hw-news-klicem-k-vykonu-je-virtualizace-fcr-/clanek.A090623_221730_bw-hardware_jha.idn>.
10. HANKER, Filip. 2010 a [online]. *Na technike možno ušetriť. Virtualizáciou.* Hnonline. [cit. 2010-04-04]. Dostupné na: <<http://hnonline.sk/ekonomika/c1-41369010-na-technike-mozno-usetrit-virtualizaciou>>.

-
11. HANKER, Filip. 2010 b [online]. *Na štart netreba veľa investícií*. Hnonline. [cit. 2010-04-04]. Dostupné na: <<http://hnonline.sk/ekonomika/c1-41369020-na-start-netreba-vela-investicii>>.
 12. *Hardware-assisted virtualization*. 2007 [online]. Wikipedia, aktualizované 2009. [cit. 2010-02-12]. Dostupné na: <http://en.wikipedia.org/wiki/Hardware-assisted_virtualization>.
 13. IMRECZE, František. 2010 [online]. *Čo čaká IT*. Hnoline. [cit. 2010-04-04]. Dostupné na: <<http://hnonline.sk/ekonomika/c1-40677520-co-caka-it>>.
 14. JENÍK, Lukáš. 2008. *Nečekejte na víteze*. In *CIO Business world*, 2008, č. 11, s. 8-9.
 15. *Justifying the cost of uptime*. 2007 [online]. Aberdeen group. [cit. 2010-04-04]. Dostupné na: <http://www.dlt.com/sr/resource_files/justifying_the_cost_of_uptime.pdf>.
 16. KMEŤO, Peter. 2010 [online]. *Virtualizácia v praxi*. Itnews. [cit. 2010-30-03]. Dostupné na: <<http://www.itnews.sk/tituly/pc-revue/free-clanky/2010-02-12/c131901-pcr-virtualizacia-v-praxi>>.
 17. KOŠČO, Ladislav. 2007. *Ako funguje virtualizácia*. In *Infoware*, roč. 3, 2007, č. 7-8, s. 38-39.
 18. KROŠLÁK, Peter. 2009. *Virtualizácia serverov a desktopov*. In *Infoware*, roč. 5, 2009, č. 5, s. 42-45.
 19. LACKO, Ľuboslav. 2009. „*Virtualizácia IT=virtualizácia²*“. In *Infoware*, roč. 5, 2009, č. 5, s. 46.
 20. LACKO, Ľuboslav. 2010. *Ako prakticky vyskúšať serverovú virtualizáciu*. In *Infoware*, roč. 6, 2010, č. 2, s. 46.
 21. LISÝ, Ján. a i. 2005. *Ekonomía v novej ekonomike*. 2. vyd. Bratislava: Iura Edition, 2005. 634 s. ISBN 978-80-8078-164-4.
 22. MAREK, Ondřej. 2010. *Konsolidácia podnikovej infraštruktúry*. In *Infoware*, roč. 6, 2010, č. 2, s. 40-41.
 23. MCALLISTER, Neil. 2007. *Server virtualization*. In *Infoworld*, 2007, č. 12, s. 20-22.

-
24. MCLAUGHLIN, Laurianne – KHUDHUR, Patrik. 2008. *Deset největších virtuálních rizik*. In *Virtualizace: Příloha časopisu Business world*, 2008, s. 24-45.
 25. MITTELBACH, Jan. 2007 [online]. *Virtualizace serverů představuje novou možnost webhostingu*. iHNed, aktualizované 2007. [cit. 2010-03-20]. Dostupné na: <[http://digiweb.ihned.cz/?m=d&article\[id\]=21340090](http://digiweb.ihned.cz/?m=d&article[id]=21340090)>.
 26. *NetApp Survey: Virtualization top priority IT investment for 70% of IT pros*. 2010 [online]. Virtualization, aktualizované 2010. [cit. 2010-03-01]. Dostupné na: <<http://virtualization.com/news/2010/02/25/netapp-survey-virtualization-top-priority-it-investment-for-70-of-it-pros/>>.
 27. *Nižšie celkové náklady na vlastníctvo, vyššia návratnosť investícií*. 2010 [online]. Microsoft. [cit. 2010-04-04]. Dostupné na: <<http://www.microsoft.com/slovakia/virtualizacia/tco-roi.mspx>>.
 28. NORALL, Steve. 2007. *Storage Virtualization*. In *Infoworld*, 2007, č. 12, s. 24-27.
 29. PINDYCK, Robert – RUBINFIELD, Daniel. 2000. *Microeconomics*. 5. vyd. B.m.: Prentice Hall, 2000. 699 s. ISBN 978-0130165831.
 30. *Prieskum Citrix: Vysokoškolské vzdelávanie smeruje k virtualizácii desktopu, aby zvládlo najväčšie výzvy*. 2010 [online]. Citrix, aktualizované 2010. [cit. 2010-03-30]. Dostupné na: <<http://www.citrixnews.sk/citrixsk/citrix.nsf/0/0D8F1451AA028CE9C12576BF0046E423>>.
 31. *Prvý globálny prieskum CCIE predpovedá rast v oblastiach virtualizácie, bezpečnosti a spolupráce*. 2010 [online]. Itnews. [cit. 2010-04-01]. Dostupné na: <<http://www.itnews.sk/spravy/prieskumy/2010-04-01/c132889-ts-prvy-globalny-prieskum-ccie-predpoveda-rast-v-oblastiach-virtualizacie-bezpecnosti-a-spoluprace>>.
 32. RUEST, Danielle – RUEST Nelson. 2009. *Virtualization: A beginner's guide*. B.m.: McGraw-Hill Osborne Media, 2009. 464 s. ISBN 978-0-07-161401-6.
 33. SHIELDS, Greg. 2009. *The Shortcut guide to selecting the right virtualization solution* [online]. B.m.: Realtime Publishers, 2009 [cit. 2010-02-20]. 80 s. Dostupné na: <<http://nexus.realtimepublishers.com/sgrsvs.php>>.
-

-
34. STONAWSKI, Igor. 2008. Na bezpečnost virtualizačních řešení pohlížejme komplexně. In *Computerworld*, roč. 19, 2008, č. 17, s. 4.
 35. ŠVÁB, Petr. 2007. *Čas pro virtualizaci dozrál*. In *CIO Business world*, 2007, č. 7-8, s. 56.
 36. TOMEČEK, Jaroslav. 2007 [online]. *Virtualizace na úrovni jádra systému*. Abclinuxu, aktualizované 2007. [cit. 2010-03-29]. Dostupné na: <<http://www.abclinuxu.cz/clanky/system/virtualizace-na-urovni-jadra-operacniho-systemu>>.
 37. VARIAN, Hal. 2002. *Intermediate Microeconomics: A modern approach*. 6. vyd. B.m.: W. W. Norton & Company, 2002. 728 s. ISBN 978-0393978308.
 38. *VirtualBox vs. VMware vs. Parallels*. 2010 [online]. VirtualBox. [cit. 2010-03-20]. Dostupné na: <http://www.virtualbox.org/wiki/VBox_vs_Others>.
 39. *Virtualizace je hlavní prioritou CIO pro tento rok*. 2010 [online] iHNed, aktualizované 2010. [cit. 2010-03-20]. Dostupné na: <<http://bankovnictvi.ihned.cz/c1-40614120-virtualizace-je-hlavni-prioritou-cio-pro-tento-rok>>.
 40. *Virtualizace, cloud computing a změny internetu rozšíří možnosti kyberkriminality*. 2010 [online]. iHNed. [cit. 2010-03-30]. Dostupné na: <<http://technik.ihned.cz/c1-40462580-virtualizace-cloud-computing-a-zmeny-internetu-rozsiri-moznosti-kyberkriminality>>.
 41. WAILGUN, Thomas – KHUDHUR Patrik. 2008. *Virtuální servery dosahují vyšší úrovně*. In *Virtualizace: Příloha časopisu Business world*, 2008, s. 32-35.
 42. WALSH, Katherine. 2007. *Thinking inside the boxes*. In *CIO*, 2007, č. 6, s. 23-28.
 43. WARD, Brian. 2004. *VMWARE Provozujeme více operačních systémů na jednom počítači*. Brno: Computer Press, 2004. 268 s. ISBN 80-251-0129-0.
 44. WOLF, Chris – HALTER, Erick. 2005. *Virtualization: From the Desktop to the Enterprise*. B.m.: Apress, 2005. 600 s. ISBN 1-59059-495-9.
 45. ŽEMBER, Patrik. 2007. *Virtualizácia: 40-ročná koncepcia sa dočkala uznania*. In *Infoware*, roč. 3, 2007, č. 7-8, s. 33-34.
-

Iné zdroje:

- 46. <http://www.abclinuxu.cz>
- 47. <http://www.anandtech.com>
- 48. <http://www.virtualbox.org>
- 49. <http://www.vmware.com>
- 50. <http://www.wikipedia.org>

Prílohy

CD médium – diplomová práca v elektronickej podobe.