

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

DIPLOMSKO DELO

POSLOVNA VREDNOST STREŽNIŠKE VIRTUALIZACIJE

Ljubljana, december 2006

JAKA POVŠIČ

IZJAVA

Študent **Jaka Povšič** izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom **dr. Aleša Groznika** in dovolim objavo diplomskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, dne _____

Podpis _____

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	PROBLEMATIKA IN PODROČJE PROUČEVANJA	1
1.2	NAMEN IN CILJ	1
2	TEŽAVE INFORMACIJSKIH CENTROV IN INFORMATIKE NA SPLOŠNO	2
2.1	STROŠKI INFORMACIJSKIH CENTROV	3
2.2	PRINCIPI ZMANJŠEVANJA STROŠKOV - KONSOLIDACIJA	4
2.3	OBČUTLJIVOST INFORMACIJ IN NJIHOVO VAROVANJE	4
2.4	VIRTUALIZACIJA – GOSPODARNA ODLOČITEV	6
2.5	ZMANJŠEVANJE CELOTNIH STROŠKOV LASTNIŠTVA (TCO) S POMOČJO VIRTUALIZACIJE	8
2.5.1	<i>Celotni stroški lastništva (TCO) in donosnost investicij (ROI)</i>	8
2.5.2	<i>Primeri implementacije in TCO analiza</i>	12
3	VIRTUALIZACIJA	15
3.1	RAZVOJ NAVIDEZNIH POSTAJ	16
3.2	DEFINICIJE »NAVIDEZNEGA«	17
3.3	STROJNA VIRTUALIZACIJA	18
3.4	RAZLIČNI MODELI VIRTUALIZACIJE	19
3.5	RAZVRSTITEV GLEDE NA POZICIJO VMESNEGA NIVOJA	20
3.5.1	<i>Virtualizacija na nivoju strojne opreme</i>	20
3.5.2	<i>Virtualizacija na nivoju operacijskega sistema</i>	20
3.5.3	<i>Virtualizacija na nivoju aplikacije</i>	21
3.6	RAZVRSTITEV GLEDE NA NAČIN VIRTUALIZACIJE VIROV	21
3.6.1	<i>Popolna (transparentna) virtualizacija</i>	22
3.6.2	<i>Paravirtualizacija</i>	22
3.6.3	<i>Simulacija</i>	23
3.7	SAMOSTOJEČI VMM SISTEM IN GOSTUJOČI VMM SISTEM	23
4	PRIMERJAVA TEHNOLOGIJE VIRTUALIZACIJE NA PRIMERU ESX SERVER (VMWARE) IN XENSOURCE	24
4.1	VIRTUALIZACIJA PROCESORJA	25
4.2	UPRAVLJANJE S SPOMINOM	26
4.3	VIRTUALIZACIJA VHODNO/IZHODNIH ENOT	27
5	ZDRUŽEVANJE Z NAMENOM ZMANJŠEVANJA STROŠKOV	27
5.1	KONSOLIDACIJA STREŽNIKOV	28
5.1.1	<i>Logična konsolidacija</i>	28

5.1.2	<i>Fizična konsolidacija</i>	29
5.1.3	<i>Konsolidacija strežniškega delovanja</i>	29
5.2	IMPLEMENTACIJA STREŽNIŠKE KONSOLIDACIJE S POMOČJO VIRTUALNE TEHNOLOGIJE	30
6	OKREVANJE PO KATASTROFI, NEPREKINJENO POSLOVANJE IN VIRTUALIZACIJA	32
6.1	OCENJEVANJE VPLIVA NEDELOVANJA SISTEMA	32
6.2	STRATEGIJE NEPREKINJENEGA POSLOVANJA	33
6.3	DOPRINOS VIRTUALIZACIJE K IMPLEMENTACIJI NEPREKINJENEGA POSLOVANJA (VMWARE)	35
6.3.1	<i>Težave ob implementaciji neprekinjenega poslovanja</i>	35
6.3.2	<i>Vgrajena podpora za neprekinjeno poslovanje</i>	37
6.3.3	<i>Neodvisnost strojne opreme</i>	37
6.3.4	<i>Strežniška konsolidacija</i>	38
6.3.5	<i>Primeri možnih tehničnih rešitev</i>	38
7	PRAKTIČNI PRIMER: IZDELAVA TESTNEGA OKOLJA S POMOČJO VIRTUALIZACIJE	42
7.1	TESTNO OKOLJE	42
8	SKLEP	44
	LITERATURA	45
	VIRI	45

KAZALO SLIK

SLIKA 1:	PRIKAZ NIVOJEV DELOVANJA DEJANSKE DELOVNE POSTAJE IN VEČOPRAVILNOST	19
SLIKA 2:	SAMOSTOJEČI SISTEM ZA NAVIDEZNE POSTAJE	23
SLIKA 3:	GOSTUJOČI SISTEM ZA NAVIDEZNE POSTAJE	24
SLIKA 4:	KONSOLIDACIJA STREŽNIKOV S POMOČJO VIRTUALIZACIJE	31
SLIKA 5:	UPRAVLJANJE Z NEVARNOSTMI	33
SLIKA 6:	MOŽNOSTI POVEZOVANJA STREŽNIKOV V GRUČE	38
SLIKA 7:	ARHITEKTURA, KI POVEZUJE VIRTUALIZACIJO IN UPORABO OMREŽJA POMNILNIŠKIH NAPRAV	39
SLIKA 8:	REPLICIRANJE NA REZERVNO LOKACIJO	40
SLIKA 9:	NAČRTOVANJE TESTNEGA OKOLJA IN IZVAJANJE TESTOV	43

1 UVOD

1.1 Problematika in področje proučevanja

V današnjem svetu imajo informacije vse večji pomen. To lahko jasno vidimo pri poslovanju podjetij, saj marsikatero podjetje uporablja informacije kot tisti dejavnik, ki podjetju prinaša in pomaga ustvariti konkurenčno prednost.

Podjetje brez informatike dandanes ne more več konkurirati na nobenem trgu. Vlaganja v informatiko predstavljajo za podjetje nujen strošek, če želijo uspešno poslovati in ohranjati konkurenčno prednost. Vendar pa stroški za ohranjanje te prednosti s pomočjo informatike neusmiljeno naraščajo. Veliko podjetij je pričelo razmišljati o konsolidaciji svoje informacijske infrastrukture in o zmanjševanju stroškov za vzdrževanje programske opreme. Prav tako se podjetja trudijo zmanjšati nevarnosti pri poslovanju in uvajajo načrte okrevanja po katastrofi ter poskušajo vpeljati neprekinjeno dosegljivost podatkov in storitev v svoje poslovanje. Vse to je dokaj drago in zahteva veliko znanja in časa za vzdrževanje.

V veliko primerih je strojna oprema močno neizkoriščena, ker programska oprema na aplikacijskem nivoju ne dovoljuje združevanja na področju enega operacijskega sistema in na enem kosu strojne opreme. To se velikokrat dogaja zaradi varnostnih razlogov, saj bi ob dokaj resni napaki v določeni aplikaciji lahko prišlo do ohromitve celotnega strežnika in tako do izpada ne samo ene, ampak vseh aplikacij (v primeru, da bi se na strežniku izvajalo več aplikacij na enkrat). Zato v praksi večinoma določen strežnik skrbi za majhno število aplikacij.

Virtualizacija je nov pojem na tem področju, koncept pa je že star. V preteklosti so virtualizacijo izvajali s pomočjo tako imenovanih »mainframe« strežnikov, vendar je bila ta rešitev neznansko draga in so si jo lahko privoščile le velike organizacije z močnim proračunom za informatiko. V zadnjem času pa je ta tehnologija postala dostopnejša. Deluje tako, da s pomočjo programske opreme izrablja strojno opremo in jo virtualizira. To nam omogoča, da na enem kosu strojne opreme navidezno ustvarimo dva ali več ločenih strežnikov.

1.2 Namen in cilj

Namen te diplomske naloge je predstaviti problematiko neizkoriščenosti strojnih virov na področju informatike in opisati, kako bi lahko s pomočjo virtualizacije stanje na tem področju izboljšali. Skozi delo bo teoretično razložen osnovni vidik delovanja

virtualizacije, na kratko bodo predstavljeni glavni ponudniki teh produktov in drugi možni načini uporabe te tehnologije v svetu poslovne informatike.

V drugem delu naloge bom poskušal na praktičnem primeru prikazati uporabo te tehnologije. Opisal bom postavitev dveh različnih operacijskih sistemov na en kos strojne opreme. Na ta način bom lahko prikazal, kako lahko koristneje izrabimo strojno opremo, na kateri deluje več navideznih sistemov, in kako lahko s to tehnologijo zagotovimo hitrejšo obnovitev sistema v primeru katastrofe. Ker bo vse postavljeno v testne namene, bo to tudi dokaz, kako lahko s to tehnologijo zagotovimo zelo dobro testno okolje z majhnimi stroški.

2 TEŽAVE INFORMACIJSKIH CENTROV IN INFORMATIKE NA SPLOŠNO

Poslovanje brez tehnološko podprtega dostopa do informacij in obdelave podatkov si v sodobnem poslovnem okolju težko zamislimo. Današnje telekomunikacijske povezave so odprle nove poti, po katerih lahko podjetja komunicirajo z obstoječimi in potencialnimi strankami. S pomočjo teh poti lahko nudijo svoje storitve in ustvarjajo poslovni promet. Lep primer takih storitev je npr. elektronsko bančništvo ali internetna trgovina. Zaradi tega pojava so se pospešeno pričeli preoblikovati tudi obstoječi trgi. Podjetja, ki so do sedaj brez sodobnih internetnih storitev normalno poslovala, so se prisiljena prilagajati novim razmeram. V primeru, da podjetja ne bi pričela z uvajanjem novih poti, bi se lahko soočila z upadanjem števila strank, ali z zmanjševanjem količine prometa, ki ga ustvarijo. Obstajajo tudi podjetja, ki so svojo prodajno dejavnost podprla le s temi, sodobnimi potmi.

Primer takega podjetja je Gambit trade d.o.o., ki proizvode prodaja izključno preko internetne trgovine. Na tak način se je podjetje znebilo stroškov, povezanih s prodajnim mestom in prodajnim osebjem. Stranka lahko, med brskanjem po ponudbi v njihovi internetni trgovini, pridobi osnovne informacije o artiklu, obširen opis delovanja artikla in njegove uporabe, ter izkušnje drugih uporabnikov s tem artiklom. S prihodki, ki jih ustvarijo z internetno trgovino, morajo pokriti stroške tehnologije in razvoja trgovine, prav tako pa morajo zagotavljati tudi varovanje podatkov in neprekinjeno dosegljivost svoje aplikacije. V ceno so vključeni tudi strokovnjaki, ki skrbijo za to, da vse deluje brezhibno.

V zgoraj opisanem primeru lahko vidimo, da se poslovni procesi selijo tudi v informacijske centre. Poleg funkcije oskrbovanja podjetja s potrebnimi informacijami za poslovanje sedaj center skrbi tudi za ustvarjanje novih poslovnih poti in njihovo oskrbovanje ter ustvarja tudi dobiček. Dandanes vsa podjetja na ta račun veliko vlagajo v tehnološko infrastrukturo, kot so strežniki in komunikacijska oprema. Ta tehnološka osnova zagotavlja delovanje aplikacij, ki delujejo znotraj informacijskega centra, vendar pa se zaradi varnosti delovanja velikokrat dogaja, da določena aplikacija deluje na strežniku, ki je namenjen le tej

aplikaciji. Veliko se tudi vlaga v tehnologijo, ki zagotavlja varno delovanje sistema, poleg tega pa se poskuša doseči neprekinjeno poslovanje oz. zagotavljati postopke za čim hitrejše odpravljanje napak in skrajševanje časa, ko je sistem nedosegljiv. Takšna tehnologija je draga in v večini primerov sloni na podvajanju strojne opreme in programske opreme. Posledično stroški za informacijski center naraščajo. Tehnologija, ki je bila zgoraj omenjena, potrebuje tudi vzdrževanje. Za to potrebujemo izurjenega strokovnjaka, ki ga moramo najprej izšolati, potem pa tudi dobro plačati.

2.1 Stroški informacijskih centrov

Glavni problem pri vodstvu, ki se odloča za uvajanje novih poslovnih poti, so ravno visoki stroški, ki so povezani z zagotavljanjem kvalitetnih storitev in varnega delovanja. Če si zamislimo multinacionalno podjetje, ki ima izpostave v nekaj državah širom po svetu, ugotovimo, da mora podjetje skrbeti za kar nekaj informacijskih centrov. Stroški delovanja posameznega informacijskega centra hitro dosežejo milijonske številke, če govorimo v valuti evropske unije. Običajni stroški, ki se pojavljajo v informacijskem centru, so:

- nakup strojne opreme
- plačevanje licenčnin za uporabo programske opreme
- vzdrževanje strojne in programske opreme
- stroški osebja in njihovo izobraževanje
- zagotavljanje varnosti
- zmanjševanje tveganj ob izpadu sistema in drugih napakah
- testiranje novih aplikacij
- drugo

V podjetjih informacijski centri skrbijo za informacije, ki jih potrebujejo zaposleni za nemoteno opravljanje dela. V tem primeru je v centru veliko strežnikov, ki skrbijo za normalno delovanje. Najbolj okrnjena oblika centra vsebuje domenski kontroler, aplikacijski strežnik, strežnik za izmenjavo datotek, poštni strežnik, tiskalniški strežnik in spletni strežnik. Nekaj teh funkcij se da združiti v en dejanski strežnik, vendar so priporočila izdelovalcev programske opreme taka, da naj bi se vsaka od zgoraj naštetih funkcionalnosti izvajala na svojem fizičnem strežniku. Sklepamo lahko, da je to delno prodajna poteza, saj bi na tak način lahko prodali več svojih produktov. Razumljivo pa je, da bi sočasno delovanje vseh teh funkcionalnosti na enem kosu strojne opreme lahko privedlo tudi do neljubih posledic, saj bi to pomenilo, da bi ob izpadu enega - edinega strežnika izgubili tudi vse te funkcionalnosti (situacija je sicer dokaj podobna primeru

izpada domenskega kontrolerja, zaradi česar se delovanje le-tega v praksi podvaja). V nasprotnem primeru (torej povezavi en strežnik – ena funkcionalnost) pa izgubimo samo tisto funkcionalnost, ki jo je zagotavljal nedelujoči strežnik.

Vse pa ni odvisno samo od strojne opreme. Ker so aplikacije napisali ljudje, je logično, da so v njih tudi napake. Zato lahko pride tudi do napake na strežniku na nivoju aplikacij, kar lahko prav tako povzroči izpad določene funkcionalnosti.

Če povzamem zgoraj napisano, potem lahko rečem, da potrebuje informacijski center n strežnikov za n funkcionalnosti, ki jih želi uporabljati. Plačati mora n licenc za operacijske sisteme (razen, če uporablja odprtokodne sisteme, za katere se ponavadi plačuje vzdrževanje) in licenčnine za dostop do aplikacij. Prav tako potrebuje osebje, ki skrbi za pravilno delovanje, vzdrževanje, nadziranje in odpravljanje napak, ki se pojavijo pri delovanju sistema.

2.2 Principi zmanjševanja stroškov - konsolidacija

Trend pri vodenju informacijskih centrov v podjetjih je šel zadnjih nekaj let v smeri zmanjševanja stroškov obratovanja samega centra. Razvilo se je kar nekaj metod, kako doseči tak cilj, vendar se je v praksi izkazal predvsem princip konsolidacije (združevanja). To je princip, po katerem podjetje zmanjšuje število informacijskih centrov, upravljalških konzol in združuje funkcionalnosti znotraj enega operacijskega sistema ter na manjšem številu fizičnih strežnikov. Zaradi zmanjševanja števila informacijskih centrov se zmanjšuje tudi število zaposlenih, ki oskrbujejo okolje. V tej obširni temi so se izoblikovali trije različni pristopi. Logična konsolidacija govori o enotnem upravljanju, fizična konsolidacija o zmanjševanju števila informacijskih centrov in njihovi lokaciji, konsolidacija strežniškega delovanja pa govori o zmanjševanju števila manjših strežnikov in selitev aplikacij na en strežnik ali nekaj zmogljivejših (Mercado, 2000). Z uporabo katerega koli od zgoraj naštetih pristopov lahko podjetje zmanjša operativne stroške svojih centrov. Vendar pa lahko ugotovimo, da je ta pristop nekoliko v nasprotju z zgoraj predstavljenimi priporočili proizvajalcev programske opreme - predvsem v primeru strežniške konsolidacije.

2.3 Občutljivost informacij in njihovo varovanje

Naslednji pomemben pogled na delovanje centrov je njegova lastna varnost in varnost podatkov. V tem delu se ne bom spuščal na raven vdorov v sistem, ker tema ni namenjena obravnavanju te problematike, ampak se bom osredotočil na fizične napake in napake, storjene na podlagi človeškega faktorja.

Na podlagi pojava globalnega terorizma in številnih naravnih nesreč v preteklem desetletju lahko rečemo, da podatki nikoli ne bodo popolnoma varni. V najbolj enostavnem primeru nam lahko odpove oprema, na kateri hranimo podatke. Iz takšnih in podobnih razlogov podjetja že dolgo časa periodično izdelujejo varnostne kopije podatkov in jih hranijo na varovanih lokacijah.

Izdelava varnostnih kopij že dolgo ne zadostuje pričakovani stopnji varovanja podatkov. Pojma *okrevalni načrt* in *neprekinjeno poslovanje* vedno bolj glasno odmevata v informacijskih krogih. Podjetja se borijo, da bi bila strankam dosegljiva 24 ur na dan in da bi jim lahko predala najnovejše informacije. V primeru izpada informacijskega sistema lahko podjetja beležijo škodo na ta račun, saj stranke ne morejo dostopati do aplikacij ali podatkov. Zato se razvijajo razni sistemi, ki skrbijo za zagotavljanje neprekinjene dosegljivosti in blažitev posledic pri izpadu.

Tehnologija, ki zagotavlja neprekinjeno delovanje, je v večini primerov zelo draga, saj zahteva podvajanje strojne opreme, aplikacij in dela za osebe. S tako tehnologijo lahko podjetje zagotovi delovanje svojega sistema tudi ob izpadu. Topologija takega sistema je sestavljena iz dveh lokacij, ki sta medsebojno povezani. Na dodatni lokaciji deluje sistem, ki je nekakšno zrcalo primarnega sistema. Med primarnim in sekundarnim sistemom nenehno poteka sinhronizacija podatkov. V primeru napake na primarnem sistemu, lahko osebe programsko ali ročno preklopi delovanje na rezervni sistem. Takšna rešitev je resnično zelo draga in si jo lahko privoščijo le velike organizacije, ki veliko vlagajo v informacijsko tehnologijo.

Enaka oblika podvajanja delovanja se pojavlja pri strežniških gručah (»Server Clusters«), kjer se zagotavlja neprekinjeno delovanje, vendar samo znotraj ene lokacije. To tehnologijo lahko uporabimo tudi za delitev delovne zasedenosti posameznega strežnika.

Zgoraj opisani rešitvi sta dragi in nedosegljivi vsem podjetjem. Za taka podjetja je bistvenega pomena, da imajo narejen dober načrt okrevanja po katastrofi. To je načrt, v katerem so opisani vsi postopki in vsa tehnologija, ki se uporablja za ponovno vzpostavitev delujočega sistema. Opisani so tudi postopki, po katerih deluje podjetje, v primeru, da se informacijskega sistema ne da vzpostaviti v doglednem času. V večini primerov postopek obnove sistema poteka v naslednjem vrstnem redu:

- nakup nove strojne opreme
- ponovna namestitev programske opreme
- obnova podatkov iz varnostnih kopij in vnos le-teh v sistem
- ponoven vnos podatkov, ki še niso bili shranjeni na zadnji varnostni kopiji

Zgoraj opisani vrstni red je zelo zamuden. Če želimo uspešno restavrirati izgubljene podatke je potrebno vzpostaviti skorajda identično aplikacijsko stanje. Postopki restavracije se lahko zelo razlikujejo od aplikacije do aplikacije. Za to nalogo mora imeti podjetje izurjene kadre ali pa najeti zunanje izvajalce, ki jim svetujejo ali delno opravijo obnovo sistema. V obeh primerih je to dodaten strošek, ki ga mora dodati celotnemu strošku lastništva. Podatek, da je zelo malo testov obnove sistema opravljenih pozitivno, nam lahko pove, kako zahtevna je ta naloga.

Pojavlja se še en dejavnik, ki ima vpliv na uspešnost obnove. V primeru obnove operacijskih sistemov iz arhivskega stanja je pomembno, da se nameščeni gonilniki ujema z gonilniki, s katerimi je bila izdelana varnostna kopija stanja. Če se stanje ne ujema, se lahko zgodi, da ne bomo mogli uspešno obnoviti sistema. Iz zgornjega stavka sledi, da mora podjetje na varovani lokaciji hraniti podobno strojno opremo, ki jo bo uporabilo v primeru katastrofe.

2.4 Virtualizacija – gospodarna odločitev

Kot vidimo, se pojavlja kar nekaj vprašanj v informacijskih centrih, ki so povezana z visokimi stroški. Vzdrževanje, poraba energije, nakupi novih naprav, načini obnove – vsi zahtevajo svoj delež v proračunu, namenjenem za informacijsko podporo podjetja. Omenjeno je bilo, da želijo podjetja znižati stroške delovanja centrov, zato se odločajo za različne kombinacije varnosti, kakovosti storitve in stopnjo dosegljivosti, ki jo lahko nudijo svojim strankam, uporabnikom in ostalim deležnikom.

Zakaj torej virtualizacija? Virtualizacija rešuje marsikatero vprašanje, ki je bilo odprto v tem poglavju, saj močno olajša upravljanje informacijskega centra v vseh pogledih. Z njeno uporabo lahko zmanjšamo število fizičnih strežnikov, ki se uporabljajo, in jih nadomestimo z nekaj močnejšimi strežniki. Začetna investicija je sicer nekoliko večja, vendar je doba povračila kratka. Manj strežnikov porabi manj električne energije in oddaja manj toplote. Posledično je potrebno manj hladiti strežniški prostor, kar vodi v nižje stroške. Stroški se znižajo tudi in naslednjih naslovov:

- potrebno je vzdrževati manj strojne opreme,
- za nadziranje delovanja potrebujemo manj ljudi,
- prihranimo pri površini, ki je potrebna za informacijski center,
- in drugo.

Z arhitekturo, ki jo ustvarimo v navideznem okolju, je organizacija veliko bolj fleksibilna in lažje sledi trendom, ki se pojavljajo na trgu. Z izolacijo navideznih strežnikov si lahko le-ti delijo fizično strojno opremo, kar pripelje do njene veliko boljše izrabe. Kot bo

opisano, lahko dvignemo uporabljenost strežnika arhitekture x86 iz povprečnih 10 – 15% veliko više. S tem dosežemo novo obliko konsolidacije, pri kateri ne združujemo funkcionalnosti znotraj enega strežnika, ampak navidezne strežnike znotraj enega kosa strojne opreme. Na en kos strojne opreme lahko namestimo večje število funkcionalno ločenih navideznih strežnikov. Ker vsak od navideznih strežnikov deluje v izoliranem okolju in ločeno od ostalih, lahko mirno združujemo funkcionalnosti, saj napaka na določenem navideznem strežniku ne vpliva na delovanje ostalih.

Struktura navideznih postaj in njihovo delovanje je zapisano v datotekah. Takšna arhitektura ima veliko pozitivnih lastnosti, ki jih lahko izrabimo v različne namene. Nudi nam boljšo podlago za testno okolje, pomaga pri reševanju kriznih situacij in nudi fleksibilnost. Ker vemo, da so datoteke prenosljive in se jih da zapisati na katerikoli medij, lahko enostavno ustvarimo varnostno kopijo celega sistema. Podatki, ki jih sistem potrebuje za delovanje, se nahajajo znotraj datotek. Za uspešno obnovo sistema potrebujemo le programsko opremo, ki zna razbrati, kaj je zapisano v njih. S tem smo se izognili problemom, ki so povezani s strojno opremo. Močno se tudi skrajša čas, potreben za obnovo sistema, saj je potrebno le obnoviti datoteke in jih ponovno registrirati v »nadzornika navideznih postaj«.

Navidezni strežnik v resnici ni skorajda popolnoma nič navidezen. Njegovo delovanje je izvedeno tako, da se obnaša kot fizični strežnik. To nam omogoča uporabo vseh orodij, ki jih uporabljamo na fizičnih strežnikih. Tako lahko izvedemo navadno izdelavo varnostnih kopij iz določenega navideznega strežnika z agentom, ki je prirejen za točno določeno aplikacijo.

Bistvo vseh zgoraj naštetih stvari je, da lahko dosežemo enako funkcionalnost z nižjimi stroški. Zagotovimo lahko enako kakovost storitev ter dosežemo večjo varnost informacij. Čas, potreben za obnovo sistema po katastrofi se močno zmanjša.

Znana analitična hiša Gartner group je že leta 2003 napovedovala vzpon navidezne tehnologije. V napovedi za leto 2004 so napisali naslednje podatke za prihodnost (Gartner, 2003, str. 1-3):



- do konca leta 2005 bo 25% najuspešnejših 1000 podjetij (Fortune 1000) uporabljalo virtualizacijsko tehnologijo za namestitev Windows strežniškega okolja;
- do konca leta 2007 naj bi se odstotek povečal na 40%;
- leta 2008 bodo podjetja, ki ne bodo izrabljala virtualizacijske tehnologije, plačevala do 25% več za nakup strojne opreme, vzdrževanje in izrabo prostora od podjetij, ki bodo uporabljala to tehnologijo.

2.5 Zmanjševanje celotnih stroškov lastništva (TCO) s pomočjo virtualizacije

Za opredeljevanje stroškov investiranja v tehnološke razširitve v informacijskem centru je značilno, da najlažje opredelimo stroške nakupa strojne in programske opreme. Vendar pa raziskave kažejo, da je nakup le del stroškov, ki se pojavljajo ob tehnoloških posegih. Analize celotnih stroškov lastništva zajemajo obširen pregled nad direktnimi in indirektnimi stroški, povezanimi z nakupom. V analizo so vključeni tudi stroški, povezani z vzdrževanjem in zagotavljanjem tehnične podpore za čas delovanja.

Znotraj tega dela naloge bom predstavil pozitivni vpliv, ki ga ima uvajanje navidezne tehnologije na delovanje informacijskih centrov. To bom prikazal s pomočjo podatkov, ki sem jih našel na uradni strani ponudnika virtualizacijskih storitev VMware. V analizi bosta predstavljeni dve podjetji, ki nastopata na različnih trgih in sta zabeležili pozitivne vplive, ob uvedbi virtualizacije.

Tabela 1: Pozitivni učinki virtualizacije

	Virtualizacija
	Brez virtualizacije

	Zdravstvo		Zavarovalništvo	
Št. fizičnih strežnikov	62	6	92	8
Čas potreben za razvoj strežnika (v urah)	960	120	450	300
Čas okrevanja	12	1	/	/
Konsolidacijsko razmerje	10	1	12	1
Povprečna izraba procesorja	5%	80%	<10%	60-70%

Vir: Reducing Server Total Costs of Ownership with VMware Virtualization Software, 2006.

2.5.1 Celotni stroški lastništva (TCO) in donosnost investicij (ROI)

Veliko organizacij izvaja TCO analizo za presojo stroškov in optimizacijo investicij v svojih informacijskih centrih. Strošek nakupa strojne opreme (strežnika) je dokaj lahko kvantificirati. Podatek, da strojna oprema kot taka zavzema v povprečju le 15% celotnih stroškov investicije, pove veliko o drugih stroških, ki se pojavljajo pri uvajanju tehnoloških rešitev (Reducing Server Total Costs of Ownership with VMware Virtualization Software, 2006). Natančna TCO analiza mora zajemati tudi podatke o stroških, ki so povezani z implementacijo, nastavitvami in upravljanjem.

Metodologija, ki je bila uporabljena v tej analizi, bazira na priznanih predpostavkah o analizi celotnih stroškov lastništva. Metoda obravnava štiri glavne kategorije stroškov, ki so povezani s celotnimi stroški lastništva. Te kategorije so:

- **Strojna in programska oprema:** Ta sklop zajema stroške, povezane s strojno in programsko opremo, ter z njimi povezanimi storitvami. Znotraj tega sklopa so nakupi nove opreme, vzdrževanje in vzdrževalne pogodbe, šolanje, servisiranje opreme, dograjevanje in ostala programska oprema (protivirusna zaščita, oprema za izdelovanje varnostnih kopij).
- **Delovanje:** V sklop delovanja se uvrščajo stroški, ki so povezani z delovanjem strežnikov. To so stroški uvajanja novega strežnika v okolje organizacije, njegovih nastavitvev, omrežne infrastrukture in načina shranjevanja podatkov. V to skupino se uvrščajo tudi stroški za porabo električne energije, hlajenja strežniških prostorov in ostale administratorske naloge.
- **Čas neodzivanja:** V tej skupini se nahajajo stroški, ki nastanejo zaradi planiranega ali neplaniranega nedelovanja strežnika. Vključuje stroške obnovitve delovanja sistema ali podatkov, izgubo, ki nastane zaradi zmanjšane produktivnosti zaposlenih, in izgubljen dohodek.
- **Poslovna administracija:** Stroški, povezani s samim poslovnim procesom vodenja informacijskega centra, se nahajajo v tej skupini. Sem uvrščamo stroške, ki nastanejo ob zbiranju informacij od ponudnikov, primerjavi različnih ponudb, zbiranju dovoljenj za nakup, pogajanjih in spremljanju postopka uvajanja novih zmogljivosti.

S pomočjo teh kategorij zajamemo podatke o direktnih stroških, ki nastanejo z nakupom, in indirektnih stroških, ki so povezani z administrativnimi posli in delom. Slednje je težje ovrednotiti.

Donosnost investicije je razmerje med merljivimi stroški investicije in merljivim doprinosom investicije. Izračunamo ga po naslednji formuli:

$$ROI = \frac{\text{doprinos investicije}}{\text{stroški investicije}}$$

Ocenjevanje projekta povečini zajema obe dimenziji doprinosa investicije. Zanima nas, kakšna je velikost doprinosa in kdaj doprinos povrne vložene stroške. Za to, da lahko opredelimo doprinos projekta, ki uvaja navidezno tehnologijo, moramo najprej določiti celotne stroške lastništva. Brez TCO analize ne moremo določiti doprinosa. ROI se za projekt virtualizacije izračuna kot primerjava stroškov projekta in stroškov, ki smo se jim izognili ob uvedbi navidezne infrastrukture.

Navidezna infrastruktura drastično zmanjša vrednost celotnih stroškov lastništva na osnovi x86 strežniške arhitekture. To povzroči hitro povrnitev investicije. Zmanjšanje celotnih stroškov v tej analizi je v povprečju 60% in je povezano z vsemi štirimi kategorijami stroškov TCO analize, ki so opisani zgoraj.

2.5.1.1 Zmanjšanje stroškov za investiranje v strojno opremo

Organizaciji, ki sta opisani v tej analizi sta zmanjšali stroške za nakup strojne opreme tudi do 81%. Navidezna infrastruktura zagotavlja zmanjšanje stroškov na podlagi particioniranja strežniških resursov. Več navideznih delovnih postaj, ki imajo vsaka svoj operacijski sistem, aplikacije in nastavitve, deluje sočasno na isti strojni opremi. Ta izoliranost navideznih naprav omogoča organizacijam, beleženje nižjih stroškov na račun:

- Zmanjšanja števila dejanskih strežnikov, ki so potrebni za obvladovanje potreb organizacije (tukaj ne govorimo o navideznih strežnikih, ampak o fizični infrastrukturi).
 - Uporaba strežnikov, namenjenih le eni storitvi, vodi do 10% izrabe procesorja v povprečju.
 - Strežniki namenjeni testiranju in razvoju
- Zmanjšanja stroškov za vzdrževanje strežnikov
 - Manjše število dejanskih strežnikov vodi do nižjih vzdrževalnih pogodb in stroškov vzdrževanja
- Zmanjšanja stroškov za strojno opremo v primeru katastrofe.
 - Navidezni strežniki so strojno neodvisni in jih lahko združujemo znotraj navideznega okolja. Organizacije ne potrebujejo dvojnika sistema na rezervni lokaciji za uspešno okrevanje po katastrofi, saj lahko skorajda enak učinek doseže z veliko manjšim številom strežnikov.

2.5.1.2 Zmanjšanje stroškov, povezanih z delovanjem sistema

Navidezna infrastruktura omogoča, da se na tem področju stroški zmanjšajo za podobno mero kot stroški za strojno in programsko opremo. Z zmanjšanjem števila strežnikov se zmanjšajo tudi stroški, povezani z napajanjem strežnikov in ohlajevanjem strežniških prostorov. Zaradi manjšega števila dejanskih strežnikov se izognemo stiski s prostorom, ki se pogosto pojavlja v informacijskih centrih, saj se ob širjenju podjetja in ponudbe širi tudi podporna infrastruktura. Tako se lahko izognemo širitvi strežniških prostorov in hkrati tudi privarčujemo pri hlajenju.

S konsolidacijo navideznih strežnikov na manjše število fizičnih strežnikov se zmanjša potreba po mrežni opremi. Arhitektura omogoča, da si navidezni strežniki delijo mrežne naprave, kar vodi do manjše potrebe po ožičenju, mrežnih stikalih in električni energiji. Virtualizacija olajša centralizacijo upravljanja s strežniki, ki jih imamo v določenem informacijskem centru. Prav tako omogoča avtomatizacijo določenih periodičnih nalog in olajša postavitev in lansiranje novega strežnika v uporabo. Čas, potreben za nabavo, namestitev programske opreme, konfiguriranje in dodajanje strežnika v produkcijsko okolje, se lahko zmanjša iz nekaj dni ali tednov na nekaj ur ali celo minut.

Velikokrat organizacije prilagajajo nakup strojne opreme tako, da strežnik normalno deluje tudi takrat, ko ga uporabniki najbolj obremenjujejo. Velikokrat so to periodični dogodki, za katere pa ni nujno, da so zelo pogosti. Virtualizacijska tehnologija nam omogoča selitev delujočega navideznega strežnika, ki ni obremenjen, na drugo osnovo in s tem omogočimo drugačno razporeditev resursov fizičnega strežnika. Strežniku, ki je zelo obremenjen, lahko dodelimo v uporabo dodatne vire in tako zagotovimo dobro raven storitve, ki jo potrebujejo uporabniki. Vse to lahko delamo s pomočjo centralizirane administratorske konzole, nekaj akcij pa lahko tudi avtomatiziramo. Poenostavljen nadzor in upravljanje omogoča vodenje informacijskega centra z manjšim številom zaposlenih.

2.5.1.3 Zmanjševanje stroškov nedosegljivosti

Nedelovanje strežnika, naj bo to planirano ali ne, in s tem storitev, ki jih strežnik nudi uporabnikom, predstavlja stroške za organizacijo. Ti stroški se lahko kažejo v obliki zmanjšane produktivnosti delavcev, ki so odvisni od informacijsko podprtih poslovnih procesov. Lahko je to izguba poslov (delovanje internetne trgovine), lahko so to stroški, povezani z obnovo podatkov ali ponovno vzpostavitvijo delovanja strežnika, in drugo. Kombinacija zgoraj naštetih dejavnikov ali vsakega posebej vodi do omembe vrednih zneskov, ki jih organizacija plačuje zaradi nedelovanja sistema. S pomočjo virtualizacije lahko te nezaželene vplive omejimo ali se jim izognemo.

Planirano nedelovanje strežnikov se giblje nekje v 70% vsega časa, ko storitve niso dosegljive. Kot je bilo že omenjeno v zgornjih odstavkih, nam tehnologija omogoča selitev delujočega navideznega strežnika na drugi strojno osnovo. Z vidika vzdrževanja fizičnih strežnikov in nadgrajevanja strežniških virov je to možnost, s katero se izognemo stroškom, ki nastanejo zaradi planirane nedosegljivosti. S pomočjo administratorske konzole preselimo delujoče strežnike na drugo osnovo. Nadgradimo fizični strežnik z dodatnimi viri in te vire, s pomočjo administratorske konzole enostavno razdelimo med navidezne strežnike, kar je opravljeno v nekaj minutah (Reducing Server Total Costs of Ownership with VMware Virtualization Software, 2006, str. 10).

Neplanirano nedelovanje je povezano z odpovedjo posameznih virov strežnika ali odpovedjo celotnega strežnika. Z uporabo zgoraj opisane tehnologije se lahko na enak način izognemo stroškom. Pomembno je poudariti, da delovanje navideznega strežnika ni odvisno od fizične strojne opreme, na kateri deluje. V primeru odpovedi celotnega strežnika lahko enostavno naročimo novega, za katerega ni potrebno, da ima enake komponente, in ponovno zaženemo navidezni strežnik. V tem procesu beležimo velike pozitivne učinke pri času, potrebnem za ponovno vzpostavitev delovanja.

2.5.1.4 Zniževanje poslovno – administrativnih stroškov

Arhitektura, ki jo uporablja virtualizacija, se osredotoča na majhno število fizičnih strežnikov. Zaradi tega je frekvenca naročanja novih strežnikov veliko manjša, s tem pa se zmanjša tudi število postopkov naročanja.

2.5.2 Primeri implementacije in TCO analiza

V nadaljevanju tega poglavja sta opisani dve implementaciji navideznih sistemov v organizacijah, ki nastopata na različnih trgih. S pomočjo modela TCO analize se je ocenjevalo učinek uporabe virtualne tehnologije v obdobju šestih mesecev. V primerjavi je predpostavljen nakup strežnikov, dovolj dobrih za servisiranje zahtev uporabnikov, in uporaba VMware produktov. To primerjamo s stroški, ki bi nastali ob osvežitvi sedanjih strežnikov in nadomestitvi le-teh z novimi. Če bi želeli primerjati vse stroške, ki bi nastali ob menjavi sistema, bi bila analiza preveč zahtevna. Zato je fokus v analizi usmerjen v razliko med zgoraj opisanima scenarijema. Seveda se virtualizacija v organizacijah lahko izvaja postopno, v predvidenem ciklu menjavanja opreme. Posledično stroški menjave sistema niso tako visoki, kar velja tudi za začetno investicijo. Pri menjavi se lahko uporabijo tudi obstoječi strežniki, ki so dovolj močni za servisiranje storitev.

Pri analizi je bilo pomembno opredeliti stroške, ki so bili za organizaciji pomembni in stroške, ki so jih je bilo možno ovrednotiti. V večini sta organizaciji lahko ovrednotili stroške povezane z strojno opremo, programsko opremo in stroške povezane z delovanjem sistema. Za opredelitev stroškov povezanih z nedelovanjem in poslovno administracijo nista imeli dovolj podatkov, zato te stroški niso zajeti v analizo.

Organizaciji se nahajata v različnih poslovnih okoljih in se ubadata z različnimi težavami. Prva je analizirana zdravstvena organizacija, ki želi zmanjšati stroške strojne opreme, s katero nudi podporo svojim uslužbencem. Ob tem se želi izogniti razširitvi strežniških prostorov s pomočjo konsolidacije in izboljšane izrabe strojne opreme. Druga organizacija deluje v zavarovalništvu. Tudi ta se ubada s problemi hitre rasti števila strežnikov, ki jo zahtevajo njene izpostave. Skrajšati želijo čas, potreben za pripravo in umestitev novega strežnika v produkcijsko okolje.

Zdravstvena organizacija

Oddelek informatike oskrbuje šest povezanih bolnišnic z 12.000 zaposlenimi (zdravniki in ostali zdravstveni delavci). Strežniki poganjajo skoraj vse instance MS Windows strežnikov in druge operacijske sisteme. Težave pred virtualizacijo so bile:

- Zmanjkovalo jim je prostora, zato je bilo potrebno razširiti obstoječe prostore.
- Veliko število strežnikov je imelo okrog 5% izrabo virov.
- Čas, potreben za pripravo in lansiranje novega strežnika, kot tudi za obnovo padlih sistemov, je bil predolg.

Tabela 2: TCO analiza – zdravstvena organizacija

TCO primerjava	Brez virtualizacije	Z virtualizacijo
Stroški strojne in programske opreme		
Št. fizičnih strežnikov	62	6
Celotni stroški strojne opreme	434.000 \$	38.757 \$
Vzdrževanje	43.500 \$	16.757 \$
VMware programska opreme	0 \$	21.000 \$
VMware podpora	0 \$	5.250 \$
Izobraževanje	0 \$	19.500 \$
Skupaj	477.500 \$	101.263 \$
Razlika		79%
Delovanje IT		
SAN vrata in napajanje	8.637 \$	31.526 \$
Stroški namestitve strežnikov	59.520 \$	7.440 \$
Čas namestitve strežnikov (človek / ur)	1488	186
Povprečna cena urne postavke	40 \$	40 \$
Podpora za strežnike	Ni podatka	Ni podatka
Skupaj	68.157 \$	38.966 \$
Razlika		43%
Celotni stroški	545.657 \$	140.230 \$
Celotno znižanje TCO		74%
ROI (šest mesecev)		289%
Ostali pozitivni učinki		
Čas obnove (ur)	12	1
Konsolidacija strežnikov - razmerje	10	1
Izraba procesorja	5%	80%

Vir: Reducing Server Total Costs of Ownership with VMware Virtualization Software, 2006.

Rezultati na kratko:

- ROI po prvih šestih mesecih: 289%,
- Prihranki zaradi razširitve prostorov, ki ni bila potrebna: 1 – 1,5 mio\$,
- Zmanjšanje stroškov strojne in programske opreme za 79%,
- Zmanjšanje stroškov delovanja: 43%,
- Čas, potreben za pripravo strežnika: 24 delovnih ur pred, 2-3 ure po implementaciji,
- Povprečna izraba procesorja: 5% pred, 80% po,
- Strežniška konsolidacija: 10:1.

Organizacija v zavarovalniškem sektorju

Zavarovalnica z nekaj deset tisoč zaposlenimi ima prav tako kot veriga bolnišnic centraliziran IT oddelek. Kot je bilo že opisano, se soočajo z neizkoriščenostjo virov in počasnimi odzivnimi časi. Imajo tudi visoke stroške z nabavo novih strežnikov, saj za vsako aplikacijo potrebujejo svoj strežnik. Želijo si združiti delovanje različnih strežnikov in konsolidirati strežnike. Z doseganjem manjših odzivnih časov in nižjimi stroški bi bilo podjetje bolj konkurenčno.

Projekt prehoda na virtualno okolje je presegel pričakovanja in cilje, ki so si jih zastavili. Investicija se je povrnila v roku šestih mesecev. Stroški obratovanja centra so se znižali, podjetje je postalo bolj prilagodljivo okolju in se lažje odziva potrebam, ki jih imajo hčerinska podjetja. Poleg zgoraj opisanih pozitivnih učinkov so se pojavili tudi drugi. V podjetju so izboljšali testno okolje in sposobnost okrevanja.

Rezultati na kratko:

- ROI v obdobju prvih šestih mesecev: 189%,
- Zmanjšanje stroškov za strojno in programsko opremo: 63%,
- Zmanjšanje operativnih stroškov: 70%,
- Povprečna izraba procesorja: 5 -10% pred, 60 – 70% po,
- Strežniška konsolidacija: 12:1.

Tabela 3: TCO analiza – zavarovalništvo

TCO primerjava	Brez virtualizacije	Z virtualizacijo
Stroški strojne in programske opreme		
Št. fizičnih strežnikov	92	8
Celotni stroški strojne opreme	690.000 \$	201.999 \$
Vzdrževanje	Ni podatka	Ni podatka
VMware programska opreme	0 \$	40.000 \$
VMware podpora	0 \$	13.006 \$
Izobraževanje	0 \$	3.000 \$
Skupaj	690.000 \$	258.005 \$
Razlika		79%
Delovanje IT		
SAN vrata in napajanje	8.637 \$	31.526 \$
Stroški namestitve strežnikov	59.520 \$	7.440 \$
Čas namestitve strežnikov (človek / ur)	1488	186
Povprečna cena urne postavke	40 \$	40 \$
Podpora za strežnike	Ni podatka	Ni podatka
Skupaj	68.157 \$	38.966 \$
Razlika		43%
Celotni stroški	545.657 \$	140.230 \$
Celotno znižanje TCO		74%
ROI (šest mesecev)		289%
Ostali pozitivni učinki		
Čas obnove (ur)	12	1
Konsolidacija strežnikov - razmerje	10	1
Izraba procesorja	5%	80%

Vir: Reducing Server Total Costs of Ownership with VMware Virtualization Software, 2006.

3 VIRTUALIZACIJA

Virtualizacija je, v zadnjih nekaj letih, zelo zanimiv pojem tudi za proizvajalce programskih rešitev. Na tem trgu seveda nastopa IBM, ki je bil pred davnimi leti prvi, ki je ponudil virtualizacijo kot rešitev za velike informacijske centre in sedaj obuja svojo tehnologijo. Z lastnim razvojem mu sledi tudi Hewlet Pacard. V začetku leta 2003 je Microsoft Corporation prevzel proizvajalca virtualizacijskih rešitev Connectix Corporation, ki je proizvajal rešitve za Windows in Macintosh platformi. Konec leta 2003 je EMC objavil namero, da želi odkupiti VMware za 635 milijonov ameriških dolarjev, VERITAS

je prevzel Ejascent za 59 milijonov dolarjev. Sun in HP se prav tako trudita izboljšati svojo ponudbo virtualizacijskih produktov in se približati konkurenci (Virtualization Overview).

Navidezna postaja («Virtual machine») je programsko okolje, ki zajema enega ali več operacijskih sistemov ali aplikacij, ki delujejo znotraj navidezne postaje. Gostujoči operacijski sistem ne more razločiti med tem, ali deluje na dejanski postaji ali znotraj navidezne postaje. Tako lahko popolnoma varno opravljamo skorajda vse, kar bi lahko delali na dejanski delovni postaji. Poleg tega se navidezne postaje nahajajo v datotekah, ki jih lahko po mili volji selimo med različnimi dejanskimi delovnimi postajami ali strežniki neodvisno od strojne opreme. Kot že omenjeno so navidezne postaje popolnoma samostojne entitete, tako da ostaja varnost gostitelja popolnoma neodvisna od operacij, ki se odvijajo na gostu. Prav tako navidezna postaja omogoča, da lahko postavite drug operacijski sistem na gostiteljevega (npr.: linux OS na WIN XP OS).

3.1 Razvoj navideznih postaj

Ideja ni nova. Dejansko sega v začetke računalništva samega. Sprva se je misel pojavila na začetku šestdesetih let prejšnjega stoletja, ko so pri IBM iskali način, kako bi na manj kompleksen način dosegli lažjo distribucijo procesorskega časa med uporabnike osrednjega računalnika (mainframe sistema). Delitev časa med uporabnike je razvila skupina programerjev leta 1961, ki so delali na slavni univerzi MIT, na opremi, ki jo je darovalo podjetje IBM. Princip so poimenovali «Compatible Time Share System» ali krajše CTSS, kar bi danes lahko primerjali z večopravilnostnim delovanjem sodobnih operacijskih sistemov. Opravila, namenjena procesorju, se dodeljujejo s pomočjo časovnih komponent. Sistem je nadziral nadzorni program, ki je kontroliral zasedenost resursov in dodeljeval in krmilil deljenje časa med posamezne uporabnike in naloge, ki so se odvijale v ospredju ali v ozadju. Ključ vsega je bilo zajemanje prekinitev, saj je nadzorni program s pomočjo le-teh lahko ločeval med posameznimi uporabniki ali procesi.

Z razvojem sistemov so se pojavile tudi nove možnosti. Pričele so se pojavljati podpore za relokacijo spomina, kar je bil ključ za zagotavljanje navideznega spominskega sistema. Brez zmožnosti relokacije spomina bi morali prenašati celotne programe iz in v aktivni spomin. S pomočjo virtualnega spomina tako dosežemo velikansko povečanje zmogljivosti sistema.

Navidezne postaje so v 60-ih letih postale zelo zanimiva tema za raziskave. Projekt, ki je resnično spremenil potek razvoja, je bil projekt, ki se je imenoval CP-40 in so ga prav tako razvili na univerzi MIT. Program je bil napisan za osrednje računalniške sisteme IBM system 360 model 40 in je nosil idejo, da bi vsak uporabnik, ki bi dostopal do osrednjega računalnika imel svojo navidezno delovno postajo. V izvorniku je bila imenovana «psevdo delovna postaja» (Varian, 1997, str. 54).

Sledila je predstavitev enouporabniškega navideznega okolja, ki je deloval na platformi CP-40 nadzornega programa. Kasneje so kljub negotovanju IBM-a razvili še nekaj popravkov tega sistema, ki pa je bil kljub temu kar uspešen in se prodaja celo še danes.

V 90-ih letih prejšnjega stoletja se je na univerzi Stanford veliko razvijalo na področju razširljivih večprocesorskih sistemih, ki bi jih bilo možno razširiti na 1000 ali več procesorjev. Mendel Rosenblum, sedanji vodja znanstvenega razvoja pri podjetju VMWare inc., se je takrat s skupino svojih študentov ukvarjal z enakim problemom - le s strani programske opreme. Skupaj so prišli do ideje, da bi zgradili nadzornika navidezne postaje, ki bi deloval na že postavljenem operacijskem sistemu in jim ne bi bilo potrebno zgraditi operacijskega sistema na strojni osnovi. Pogovarjali so se z različnimi ponudniki operacijskih sistemov in dobili pozitivna menja, vendar jim nihče ni želel nuditi podpore pri razvoju. Razvoj je že tekel na Windows platformi, zato so se odločili povezati se s podjetjem Microsoft. Vendar se niso odločili za razvoj z nadgradnjo operacijskega sistema, ki bi nudil virtualizacijo sam po sebi, ampak za aplikacijo, ki bo delovala na Windows osnovi. Prav tako so začeli razvijati možnosti, da bi lahko gostili različne operacijske sisteme znotraj gostiteljevega okolja. Kmalu se je iz te skupine rodilo podjetje VMWare inc., ki je danes vodilno na področju virtualizacije (*An Introduction to Virtualization*).

3.2 Definicije »navideznega«

»Navidezna postaja« je po Popek-u in Goldberg-u (Popek, 1974, str. 413) učinkovit in izoliran dvojnik resnične postaje. Dejanska postaja ima veliko sistemov, ki jih nudi v uporabo operacijskemu sistemu in aplikacijam. Matična plošča s procesorjem nudi skupek navodil za procesiranje podatkov, alokacijo spomina, pravilno delovanje vhodno/izhodnih enot, itd.. Na to osnovo so vezane različne strojne naprave, kot so: spomin, video naprave, avdio naprave, diskovje, različna vrata, itd. BIOS (»basic input - output system«) v dejanski postaji skrbi za povezovanje in izvajanje ukazov med operacijskim sistemom in strojnimi elementi.

Učinkovito nasprotje dejanske postaje je »emulator«. Emulator lahko preslika vse, od navodil, namenjenih procesorju, do navodil, ki so namenjeni vhodno/izhodnim enotam s strani programske opreme. Na tak način lahko emulator poganja aplikacijo, ki je napisna za Mac okolje v Windows okolju. S pomočjo emulacije emulator prevaja vse ukaze, kar je zelo kompleksna naloga, zato je programska emulacija performančno zelo zahtevna in počasna.

Funkcionalnost in abstrakcijski nivo pri konceptu navidezne postaje sta nekje vmes med dejansko postajo in emulacijo. Navidezna postaja je okolje, kreirano s pomočjo »Nadzornika navideznih postaj« (VMM – »Virtual Machine Monitor«). Nadzornik lahko postavi eno ali več popolnoma neodvisno delujočih navideznih okolij znotraj ene dejanske

postaje. Emulator postavi med operacijski sistem ali aplikacijo celotno izvrševalno plast (v kateri se prevajajo ukazi), medtem ko VMM upravlja z več navideznimi postajami in jim zagotavlja delovno okolje, v katerem navidezne postaje prepriča, da komunicirajo z dejansko strojno opremo. Ko gostujoči operacijski sistem zahteva operacijo, ki naj bi spremenila strojne nastavitve, te nastavitve prevzame navidezna postaja in jih posreduje nadzorniku (VMM). Nadzornik nato posreduje te zahteve naprej, če je to potrebno, in ob času, ki mu je dodeljen za dostop (Perpar, 2005, str. 17).

3.3 Strojna virtualizacija

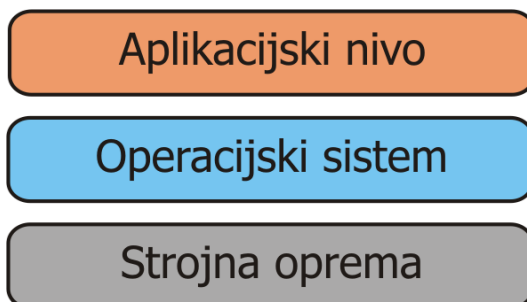
Z razvojem osrednje računalniške strojne in programske opreme se je razvijal tudi virtualizacijski koncept. Zaščiten procesor deluje v dveh stanjih: privilegirano stanje (sistemsko stanje) in nepriviligirano stanje (uporabniško stanje). Popek in Goldberg-ova pravila arhitekture virtualizacije procesorja govorijo o tem, da lahko ujamemo vsa navodila, ki spremenijo ali povprašujejo po njegovem stanju, pred izvršitvijo, ne glede na njihovo stanje. Izjema so le navodila, ki se nahajajo v najbolj privilegiranem stanju. V trenutku zajema navodila je navodilo poslano VMM-ju, namesto da pride do izjeme in zaustavitve sistema. Nadzornik VMM ima tako popolno kontrolo nad navidezno postajo in lahko posreduje navodilo naprej do strojne opreme, ali pa emulira njegov rezultat in ga posreduje nazaj navidezni postaji.

V tipični osrednje računalniški infrastrukturi nadzornik deluje direktno na strojni opremi v privilegiranem stanju, navidezne postaje pa v uporabniškem stanju. Ko navidezne postaje izdajo nepriviligirana navodila procesorju, jih nadzornik direktno posreduje procesorju v izvajanje, saj ne spreminjajo stanja strojne opreme. Večina ukazov spada v to kategorijo, zato lahko rečemo, da je delovanje večine aplikacij, ki tečejo znotraj navidezne postaje, boljše in hitrejše kot v primerjavi z emulacijo enakega primera.

Privilegirana navodila lahko izvaja le proces, ki deluje v sistemskem (privilegiranem) stanju, zato privilegirana navodila, ki jih izda navidezna postaja (ki deluje v uporabniškem stanju), povzročijo past. To je razlog, zakaj je potrebno navidezno postajo popolnoma osamiti od dejanske postaje. Procesorji obdelujejo navodila, ki spremenijo stanje postaje, kot so navodila za vhodno/izhodne enote, navodila za spreminjanje ali urejanje segmentnih registrov, registrov delovanja procesorja in različne zastavice. Te vrste navodil poznamo tudi pod imenom občutljiva navodila. Izvajanje teh navodil lahko negativno vpliva na delovanje nadzornika navideznih postaj, če se izvajajo neposredno, brez upoštevanja drugih procesov. Zato navidezne postaje ne smejo izvajati teh navodil neposredno na procesorju, ampak jih posredujejo nadzorniku, ki jih ujame in ureja ter posreduje naprej na strojno elemente dejanske postaje. Za zagotovitev popolne virtualizacije procesorja je potrebno zajeti vsa občutljiva navodila.

V dejanskih postajah, kjer številni procesi in aplikacije izdajajo navodila, namenjena strojni opremi, se le-te zanašajo na operacijski sistem, da s pomočjo večopravnosti poskrbi za urejanje teh ukazov in njihovo posredovanje. Kot omenjeno, večopravnost deluje tako, da operacijski sistem zajema navodila, jih razporeja v čakalno vrsto in enega za drugim pošilja strojni opremi znotraj določene časovne omejitve.

Slika 1: Prikaz nivojev delovanja dejanske delovne postaje in večopravnost



X86 arhitektura

Vir: Virtual Machines & VMware, 2006.

V okolju, kjer nastopa nadzornik navideznih postaj, želi več navideznih postaj, na katerih tečejo različni operacijski sistemi, izdajati občutljiva navodila, ki so namenjena procesorju. Zaradi te potrebe mora biti strojna oprema (procesor) virtualizirana. Le tako lahko nadzornik navideznih postaj posamezne navidezne postaje izolira. Na osrednje računalniških sistemih je strojna oprema virtualizacijsko prilagojena in tako tudi proizvedena.

3.4 Različni modeli virtualizacije

V svetu virtualizacije se pojavlja več načinov, kako ločiti programsko opremo od dejanske strojne opreme. Glavna ideja je vpeljava navideznega nivoja pod določenim izvajalskim okoljem. Ta nivo ustvari iluzijo resničnih virov, ki je potem predstavljena več navideznim delovnim postajam. Vmesni nivo je postavljen med strojno opremo in procese, ki to opremo uporabljajo. Ta nivo zgradi navidezne vire na osnovi dejanskih in jih prikaže procesom, ki te vire uporabljajo, kot da so resnični. Na tak način dobi virtualizacijski nivo večji nadzor nad dejanskimi viri, kar omogoči, da lahko več procesov uporablja isti vir in se sploh ne zaveda, da si ta vir deli z nekim drugim procesom. Proces seveda obravnava ta vir, kot da je samo njegov, zaradi česar se lahko na enem dejanskem računalniku izvaja več operacijskih sistemov ali aplikacij.

Glavne značilnosti vmesnega navideznega nivoja so možnost programiranja, transparentnost za programsko opremo nad njim in učinkovita uporaba fizične opreme pod

njim. Ker so se pojavljale različne potrebe po virtualizacijski tehnologiji so se razvili tudi različni modeli virtualizacije, ki imajo svoje prednosti in slabosti. Poznamo:

- Razvrstitev glede na pozicijo vmesnega nivoja
- Razvrstitev glede na način virtualizacije strojne opreme

3.5 Razvrstitev glede na pozicijo vmesnega nivoja

Računalnik lahko predstavimo kot sklad definiranih nivojev s svojo funkcijo in vlogo, kot je prikazano na Sliki 1 (na str.19). Najnižje je strojna oprema, ki predstavlja prvi nivo, drugi nivo je operacijski sistem, nad njim pa je aplikacijski nivo, kjer delujejo aplikacije. Pri virtualizacijski tehnologiji postavimo navidezni nivo na eno od pozicij med zgoraj naštetimi nivoji računalnika. Na tak način dobimo tri osnovne razvrstitve virtualizacije.

3.5.1 Virtualizacija na nivoju strojne opreme

Navidezni nivo se namesti direktno na strojno opremo. Njegova naloga je, da krmili strojno opremo v nivoju, ki se nahaja pod njim. Ustvarja podobo strojne opreme in jo predstavlja višjemu nivoju, kjer se izvajajo operacijski sistemi. Vmesnik, ki ga izpostavi vmesni navidezni nivo, se imenuje navidezna delovna postaja in je zelo podoben strojni opremi fizične postaje. Zaradi te podobnosti operacijski sistemi v navideznih delovnih postajah delujejo brez težav. Vmesni navidezni nivo lahko izpostavi več različnih vmesnikov, kar pomeni, da bo na takem računalniku delovalo več navideznih delovnih postaj. Ti se izvajajo hkrati, saj se ne zavedajo, da se izvajajo na isti strojni opremi (Šet, 2005, str. 41).

Delovanje operacijskega sistema znotraj navidezne delovne postaje je pogojeno s tem, da je podoba navideznega računalnika identična fizični podobi računalnika, na katerem se izvaja virtualizacijski proces. To pomeni, da mora vmesni navidezni nivo ustvarjati identično podobo fizičnega računalnika, kar je dejansko originalna definicija navidezne delovne postaje. Tako tehnologijo virtualizacije lahko uporablja največ različnih vrst programske opreme, saj je podoba enaka fizični opremi. Logično je, če bo programska oprema delovala na fizični postaji, potem bo delovala tudi na identični podobi.

Ta način virtualizacije je največkrat uporabljen, saj se vmesnik strojne opreme razvija in spreminja veliko počasneje kot pa vmesniki programske opreme.

3.5.2 Virtualizacija na nivoju operacijskega sistema

V primeru virtualizacije na nivoju operacijskega sistema se vmesni navidezni nivo namesti med nivojem operacijskega sistema in nivojem aplikacij. Nadzornik tukaj skrbi za

ustvarjanje podobe operacijskega sistema višjemu nivoju (aplikacije) in ustrezno krmiljenje dostopa do nižjega nivoja (operacijski sistem). Ustvarjena podoba je, za razliko od prejšnje inačice virtualizacije, podoba operacijskega sistema, ki je lahko izpostavljena večkrat. Tako lahko simuliramo okolje, v katerem se pojavlja več navideznih delovnih postaj na katerih delujejo različne aplikacije ali pa lahko tudi samo inačice iste aplikacije.

V tem načinu se ne ustvari podoba strojnih virov, ampak le podoba operacijskega sistema. Aplikacija v navideznem računalniku obdrži vse lastnosti virtualizacije na nivoju strojne opreme. Največkrat se izkorišča lastnost osamitve in neodvisnosti različic iste aplikacije. Na ta način lahko vsak uporabnik spremeni in priredi aplikacijo po svoji meri. Ta tip virtualizacije je priljubljen pri ponudnikih internetnih storitev, saj ga uspešno uporabljajo za izdelavo okolja za spletno gostovanje. Tako omogočajo svojim strankam, da glede na svoje potrebe priredijo nastavitve spletne aplikacije, kar pa ne vpliva na nastavitve drugih strank. Ker delujejo znotraj navideznega okolja se niti ne zavedajo, da svoje resurse delijo tudi z drugimi strankami. Virtualizacija nudi tudi varnost, saj v primeru vdora ali napake na eni inačici aplikacije ne pride do izpada vseh aplikacij.

3.5.3 Virtualizacija na nivoju aplikacije

Navidezne delovne postaje višje nivojskih jezikov imajo vmesni navidezni nivo postavljen kot aplikacijo ali proces. Nivo izpostavi vmesnik, ki ustvari podobo navideznega računalnika. Ta navidezna delovna postaja ne obstaja v fizični obliki, ima pa natančno določeno abstraktno definicijo računalnika. Njegova naloga je izvajanje programske kode, ki je zanj napisana in prevedena v jeziku višjega nivoja. Prednost take virtualizacije je predvsem prenosljivost kode med različnimi platformami. Primera take virtualizacije sta Java Virtual Machine in Microsoft Common Language Runtime.

3.6 Razvrstitev glede na način virtualizacije virov

Virtualizacijsko tehnologijo lahko razdelimo tudi po drugačnem ključu in sicer, če opazujemo, kako se dejanski viri prikažejo in implementirajo v navidezni delovni postaji. Viri so lahko zelo podobni ali funkcijsko celo enaki dejanskim. Lahko pa navidezni viri obstajajo samo v obliki programske kode in nimajo svoje dejanske osnove. Primer takega vira so lahko vhodno / izhodne enote ali procesor.

Tehnologijo lahko razvrstimo na:

- Popolno virtualizacijo
- Paravirtualizacijo
- Simulacijo

Pojavljajo se tudi tehnologije, ki uporabljajo mešanico zgoraj naštetih tehnologij, kot je na primer delna simulacija računalnika (Perpar, 2005, str. 13).

3.6.1 Popolna (transparentna) virtualizacija

Popolna virtualizacija se pojavlja najpogosteje. Nadzornik navidezne postaje je postavljen med strojno opremo in poljubnim operacijskim sistemom tako, da operacijski sistem, ki deluje znotraj navideznega računalnika, ne potrebuje nobenih sprememb ali popravkov. Vmesni navidezni nivo izpolni to zahtevo tako, da vsaki navidezni postaji ustvari podobo strojne opreme, ki obstaja tudi v fizični obliki. Glavna prednost tega je, da navidezna delovna postaja ne ve, ali se izvaja na podobi fizične opreme ali na dejanski opremi. Operacijski sistem znotraj gostujočega računalnika ne potrebuje nobenih sprememb ali prilagoditev.

Popolna virtualizacija ima tudi slabosti. V primerjavi s paravirtualizacijo je implementacija podobe bolj kompleksna, izvajanje navidezne delovne postaje pa je nekoliko počasnejše. Problem izvira iz definicije IA-32 (x86) arhitekture, ki ne podpira popolne virtualizacije. Zaradi tega je potrebno določene ukaze iz navideznih postaj ujeti in jih prevesti ter izvesti v vmesnem navideznem nivoju. Te operacije porabijo nekaj več časa kot direktni ukazi strojni opremi.

3.6.2 Paravirtualizacija

Ta tehnologija odpravi slabosti popolne virtualizacije, vendar se kljub temu ne more uporabljati brez težav. V primeru paravirtualizacije vmesni navidezni nivo ustvari podobo abstraktne strojne opreme, ki je zelo podobna dejanski strojni opremi fizične postaje, ni pa enaka. Razlikuje se predvsem na področjih, kjer se pojavljajo težave z virtualizacijo na x86 arhitekturi. Zaradi tega koraka je potrebno operacijske sisteme, ki jih želimo izvajati znotraj navideznih delovnih postaj, prirediti drugačni arhitekturi navideznega računalnika, ki jo ustvarimo s pomočjo paravirtualizacijskega procesa. Problem se pojavi pri operacijskih sistemih, ki niso odprtokodnega značaja in njihova koda ni javna, saj jih je zelo težko prilagoditi drugačni arhitekturi. Tak primer so produkti družine Windows podjetja Microsoft. Potrebno je poudariti, da poleg spreminjanja operacijskega sistema ne potrebujemo nobenih drugih sprememb. Aplikacije delujejo popolnoma normalno in se ne zavedajo da delujejo v navideznem okolju. S tem pristopom se odpravijo problemi popolne virtualizacije in se izboljša učinkovitost, pojavlja pa se dokaj velik problem s spreminjanjem operacijskega sistema in s tem je ta tehnologija postavljena v manj zaželeno pozicijo.

3.6.3 Simulacija

Simulacija uporablja čisto drugačen pristop z dokaj drugačnimi cilji. Popolna simulacija računalnika predstavlja pristop, pri katerem so vse komponente strojne opreme (kot so procesor, pomnilnik, vhodno/izhodne enote...) simulirane. Za simulacijo prav tako skrbi vmesni navidezni nivo. Namenjena je predvsem za načrtovanje in razvoj procesorjev ter ostale strojne in programske opreme, za lažje razhroščevanje, za testiranje zanesljivosti in ostale naloge v razvoju in testiranju. V primerjavi z navadno delovno postajo je glavna prednost večji nadzor nad sistemom in dejstvo, da je vsak trenutek na voljo ogromno informacij o delovanju in napakah v sistemu, kar pri navadnem sistemu ni na voljo.

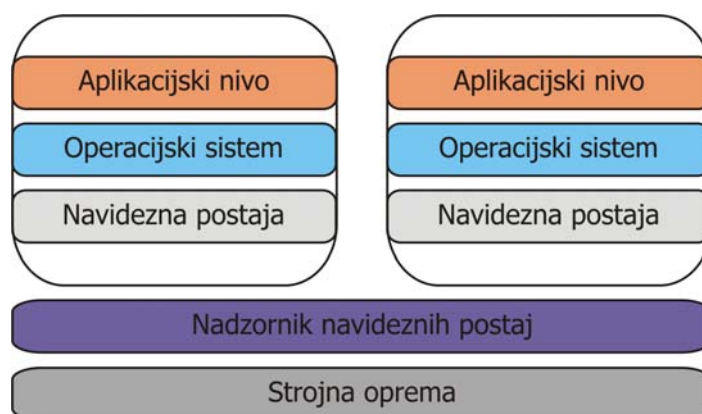
3.7 Samostoječi VMM sistem in gostujoči VMM sistem

Nadzornike navideznih postaj lahko delimo na dva tipa. Prvi tip je samostoječi VMM sistem, drugi pa gostujoči VMM sistem.

Samostoječi sistem (Slika 2, na str. 23) je dejansko operacijski sistem, ki deluje neposredno na strojni opremi in kreira navidezne postaje. Primer arhitekture takega sistema je klasični osrednje računalniški (mainframe) sistem. Danes tako deluje ESX strežnik podjetja VMware. Takšni sistemi so omejeni pri podpori za strojno opremo, saj kot samostojni operacijski sistem potrebujejo posamezne gonilnike za opremo.

Gostujoči sistemi (Slika 3, na str. 24) za razliko od samostoječih sistemov delujejo kot aplikacija na že delujočem operacijskem sistemu (npr. Windows OS ali Unix OS, itd.). Tak sistem lahko izkoristi delovanje gostitelja in uporablja gostiteljev nadzor nad spominom, delitev procesorskega časa, gonilnike za strojno opremo in nadzor nad resursi.

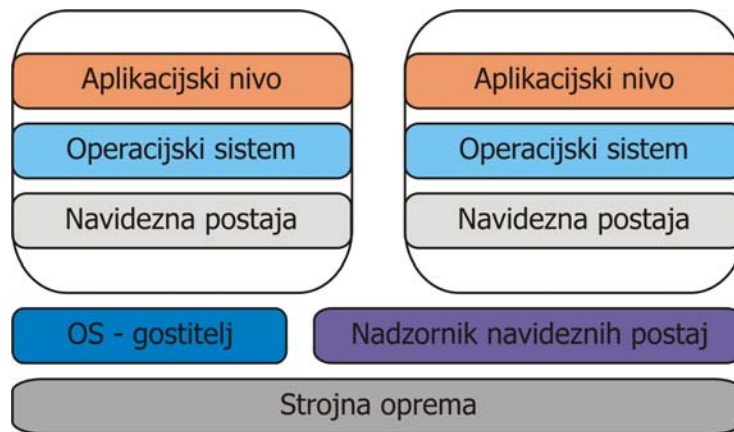
Slika 2: Samostoječi sistem za navidezne postaje



X86 arhitektura in VMM

Vir: Virtual Machines & VMware, 2006.

Slika 3: Gostujoči sistem za navidezne postaje



X86 arhitektura in VMM

Vir: Virtual Machines & VMware, 2006.

Težave se pojavijo pri procesorski arhitekturi tipa x86 in tudi večini drugih procesorjev, ki niso narejeni tako, da bi se jih dalo virtualizirati. Pri podjetju VMware so s pomočjo razvoja razvili nadzornika navidezni postaj, ki deluje na obstoječem operacijskem sistemu (gostujoči sistem) in tako premostili težave, ki se pojavljajo pri x86 arhitekturi. Kasneje so razvili tudi nove tehnologije, s pomočjo katerih lahko izvajajo nadzor nad strojno opremo že na prvem nivoju (takoj nad strojno opremo). Tehnologija je bila predstavljena v njihovem produktu ESX Server, ki je sedaj izdan že v tretji različici. Opis delovanja te tehnologije bo sledil v naslednjih poglavjih, kjer bo primerjan z tehnologijo podjetja XenSource, ki je prav tako ponudnik virtualizacijskih rešitev na x86 arhitekturi.

4 PRIMERJAVA TEHNOLOGIJE VIRTUALIZACIJE NA PRIMERU ESX SERVER (VMWARE) IN XENSOURCE

Virtualizacijski trg se razvija dokaj hitro. Podjetja predstavljajo različne rešitve, vendar se je do sedaj še najbolj uveljavil pristop z uporabo »hypervisor« arhitekture. To je arhitektura, ki deluje kot samostojni sistem, vendar na x86 arhitekturi.

Kot že omenjeno, x86 arhitektura ni bila oblikovana za virtualizacijo. Zaradi tega je virtualizacijo z visoko uporabno vrednostjo težko doseči. Proizvajalci se v večini poslužujejo naslednjih tehnologij, ki so bile predstavljene v prejšnjih poglavjih.

- **Transparentna (popolna) virtualizacija**, ki dopušča, da operacijski sistem ali le določene komponente delujejo znotraj navidezne postaje brez predhodnih sprememb.

- **Paravirtualizacija** zahteva spremembe znotraj operacijskega sistema za delovanje v navidezni postaji. Odvisno od tega, kateri del sistema je potrebno spremeniti, lahko pričakujemo od ponudnikov operacijskih sistemov, da bodo spremembe podprli in izvedli prilagoditve, ali pa tudi ne. Ponavadi so spremembe, kot so drugi gonilniki, podprte, spremembe v delovanju jedra operacijskega sistema pa ne.
- **Strojna oprema** lahko nudi podporo virtualizaciji. Do sedaj se proizvajalci opreme niso preveč obremenjevali z integracijo te podpore v svoje produkte, vendar pa virtualizacija postaja vse bolj uveljavljen princip organizacije informacijskih centrov. Zato so tudi proizvajalci strojne opreme pričeli z razvojem temu prilagojenih procesorjev, kar je vidno npr. pri AMD in Intel-u.

Zgoraj predstavljene metode se med seboj ne izključujejo. Dejansko lahko največji učinek, zanesljivost in kompatibilnost dosežemo tako, da kombinacijo vseh treh metod povežemo z osnovami hypervisor tehnologije – nadzor procesorja, kontrola spomina in vhodno/izhodnih enot.

4.1 Virtualizacija procesorja

VMware uporablja pri virtualizaciji procesorja metodi direktnega izvajanja in binarne translacije. Ti virtualizacijski tehniki zagotavljata, da se večina ukazov, ki so namenjeni procesorju, izvaja direktno, z nič ali pa zelo malo prekoračitev polne obremenitve procesorja. Poleg tega ta transparentna virtualizacija ne zahteva dodatnih sprememb, kar omogoča, da na taki platformi dela veliko različnih operacijskih sistemov.

Produkt, ki ga ponujajo pri podjetju XenSource, deluje na osnovi paravirtualizacije jedra operacijskega sistema s pomočjo spreminjanja notranjih operacij, kar omogoča zmanjšanje prekoračitev, ki so posledica virtualizacije določenih privilegiranih navodil, namenjenih procesorju. Trenutno na tržišču še ni produkta Linux distribucije, ki bi podpiral paravirtualizacijo. Ko se bo na tržišču pojavil produkt, bodo morali uporabniki svoje sisteme ponovno testirati in oceniti delovanje na novi distribuciji.

Ponudniki strojne opreme ponujajo produkte, ki nudijo podporo pri virtualizaciji procesorjev. Pri podjetju Intel se podpora nahaja v produktih, ki nosijo oznako VT (Virtualization Technology), pri podjetju AMD pa tehnologija nosi ime Pacifica. Vprašanje ostaja, ali bodo zgoraj omenjeni produkti zagotovili enako optimizirano delovanje, kot ga sedaj že zagotavlja programska oprema podjetja VMware. Produkti podjetja XenSource naj bi se zanašali na tehnologijo strojne podpore za zagotavljanje kompatibilnosti z ostalimi operacijskimi sistemi, ki nimajo spremenjenega jedra. Kot vemo, Windows operacijski sistem ni prilagojen paravirtualizaciji. Predvidevamo lahko, da učinkovitost virtualizacije na tak način ne bo imela tako dobrega učinka, kot s pomočjo programske virtualizacije.

4.2 Upravljanje s spominom

Enako vprašanje kot pri virtualizaciji procesorja se pojavlja tudi pri upravljanju s spominom. Potrebno je ugotoviti, koliko je potrebno spremeniti operacijski sistem in koliko podpore lahko nudi strojna oprema, da je virtualizacija spomina učinkovita.

Pristop, ki je uporabljen pri virtualizaciji spomina na ESX strežniku, se imenuje **senčena tabela strani**. Tabela strani je podatkovna struktura, ki jo uporablja sistem navideznega spomina v operacijskem sistemu. V to strukturo se zapisujejo zapisi o povezavi med navideznim naslovom, ki je unikum procesu dostopa, in fizičnim naslovom, ki je unikum strojne opreme (procesor ali delovni spomin).

Podobno kot navadna tabela strani tudi senčena tabela strani skrbi za povezovanje navideznega in fizičnega spomina. Razlika je le v tem, da sedaj povezava poteka med gostujočim operacijskim sistemom in strojno opremo. Za senčene tabele strani skrbi ESX server aplikacija in ustvarja učinkovito virtualizacijo delovnega spomina. Dobra stran takšne arhitekture je, da ne potrebuje spreminjanja jedra operacijskega sistema niti podpore strojne opreme. Pojavljajo se možnosti, da bi s pomočjo podpore strojne opreme lahko pridobili na izboljšanju delovanja virtualizacije delovnega spomina glede na odzivnost in hitrost delovanja. Z uporabo senčenih tabel strani je VMware-u uspelo tudi optimizirati predpomnenje navideznih translacij naslovov gostujočega operacijskega sistema. S tem so minimizirali možnosti za napake, ki nastanejo na strojni opremi (delovni spomin) zaradi napačnega dostopanja do spomina, kar lahko vodi do stroškov.

Senčene tabele strani imajo še eno pomembno prednost. Z njihovo pomočjo lahko osamimo gostujoči operacijski sistem, ki potem ni več odvisen od dejanske strojne opreme. Vlogo prevzame nadzornik navidezne postaje (pri podjetju VMware imenovan Hypervisor), ki veliko bolje optimizira uporabo dejanskega spomina, kot je to zmožen posamezni operacijski sistem. Preprečevanje prezasedenosti pomnilnika ni pomembno za statično particioniranje, je pa ključni dejavnik za katerokoli drugo rešitev s pomočjo virtualizacije.

XenSource je izbral drug pristop. Senčene tabele strani uporabljajo le začasno ob uporabi VMotion funkcionalnosti, ki se uporablja za selitev gostujočega sistema iz ene dejanske postaje na drugo brez zaustavitve sistema. Namesto uporabe senčenih tabel strani omogočajo delno direktno povezavo gostujočega operacijskega sistema s fizičnimi spominskimi tabelami strani, kar dosežejo s pomočjo predelave jedra operacijskega sistema (Building Virtual Infrastructure with VMware VirtualCenter, str. 5). Za obliko paravirtualizacije so se odločili zaradi domnevnega boljšega delovanja. Resnica pa je lahko malo drugačna, saj brez binarne translacije ali podpore strojne opreme ni možno uporabiti fizičnih senčenih tabel strani tako, da bi bile učinkovito uporabne za navidezne postaje.

4.3 Virtualizacija vhodno/izhodnih enot

Za virtualizacijo vhodno/izhodnih enot sta pomembni dve odločitvi. Prva je, kje se nahajajo gonilniki za dostop do omrežja (mrežne naprave) in do enot za shranjevanje podatkov, ter druga, kaj od navidezne strojne opreme je predstavljeno gostujočemu sistemu.

VMware uporablja direktno arhitekturo za virtualizacijo vhodno/izhodnih enot. Ta arhitektura postavlja gonilnike za naprave, od katerih je odvisno dobro delovanje navideznega sistema, direktno v hypervisor okolje. Za naprave, ki niso tako kritične, pa podjetje VMware uporablja privilegirano domeno, ki se imenuje »servisna konzola«. Ker v navideznem okolju lahko prihaja do napak pri uporabi gonilnikov, uporabljajo za zaščito nadzornika navideznih postaj različne mehanizme. Med njimi je tudi tako imenovan skupek privatnega spomina (privat memory heap), ki je dodeljen določenemu gonilniku in s tem ločen od drugih. Produkt ESX server uporablja za virtualizacijo pomnilniške strojne opreme transparentno virtualizacijo, za mrežno strojno opremo pa paravirtualizacijsko tehnologijo.

V nasprotju s prejšnjim odstavkom podjetje XenSource implementira nedirektno arhitekturo. Ta uporablja privilegirano navidezno postajo, ki se imenuje »domena 0« in skrbi za vse gonilnike. Model je narejen na principu delitve, kar pomeni, da se osnovni gonilniki nahajajo znotraj gostujočega operacijskega sistema, pomožni gonilniki pa v domeni 0. V tem modelu gonilnika za mrežno strojno opremo in pomnilniške enote uporabljata daljšo pot do dejanske strojne opreme, zato je delovanje celotnega gostujočega sistema počasnejše. Pri podjetju HP so opravili teste in ugotovili, da je delovanje v XenSource navideznem okolju za 30% počasnejše od delovanja v nevirtualiziranem (native) okolju.

5 ZDRUŽEVANJE Z NAMENOM ZMANJŠEVANJA STROŠKOV

Informacijska podprtost poslovnih procesov je v današnjem času nujno potrebna za uspešno delovanje podjetja. Kljub temu, da je razvoj strojne in programske opreme zelo hiter in da se s to dinamiko spuščajo tudi cene produktov na tem tržišču, so stroški informatike v podjetju še vedno visoki. Zaradi varnosti se aplikacije namešča na ločene strežnike, kar predstavlja večje stroške za nakup opreme. Strežniki ponavadi niso izkoriščeni do svojih zmogljivosti. Dejanska povprečna izraba strežnika, ki je namenjen določeni aplikaciji, se giblje med 5 in 15% strežnikove zmogljivosti. Višji so tudi stroški za porabo električne energije, delo strokovnjakov, ki vzdržujejo sistem, in vzdrževanje same strojne opreme. Čas, potreben za namestitev programske opreme na strojno, in konfiguracija, ki jo je potrebno izvesti, da se aplikacija prilagodi poslovanju podjetja, tudi predstavljata določen strošek. V primeru nesreče, kot je na primer požar ali poplava, ki

lahko uniči informacijski center, so stroški zelo veliki. Povečajo se tudi zaradi časa, ki ga osebje potrebuje za ponovno vzpostavitev prejšnjega stanja. Vzdrževanje strojne opreme zahteva izklop strežnika, kar predstavlja čas, ko aplikacija ni dostopna uporabnikom. Tudi to so stroški, ki bi jih lahko upoštevali pri izračunu posrednih stroškov, ki jih nosi informacijski oddelek.

5.1 Konsolidacija strežnikov

Definicija konsolidacije govori o procesu združevanja večih stvari v eno. Poznamo konsolidacije na različnih poslovnih področjih. Pojem lahko povežemo z združevanjem podjetij v eno, z združevanjem finančnih izkazov v skupini povezanih podjetij itd. Lahko jo apliciramo tudi na združevanje in izboljševanje v delovanju informacijskega sistema.

Konsolidacijo strežnikov ponavadi opredelimo kot zagotavljanje dosegljivosti različnih aplikacij, kot so elektronska pošta, finančne aplikacije, baze podatkov in druge, z enega samega ali nekaj zmogljivih strežnikov. Do sedaj se je koncept konsolidacije strežnikov razširil na veliko več kot le združevanje aplikacij na en strežnik. Za razumevanje zahtevnosti konsolidacije informacijskih sistemov moramo ta pojem obrazložiti s tremi različnimi pristopi. Prvi pristop se imenuje logična konsolidacija in govori o enotnem nadzoru in upravljanju s strežniki. Drugi pristop poznamo pod imenom fizična konsolidacija in govori o lokacijah informacijskih centrov ter o njihovem številu, tretji pristop pa obravnava izkoriščenost strežnikov in način, kako zmanjšati število manjših strežnikov in preseliti aplikacije na enega ali več zmogljivih strežnikov.

Virtualizacijska tehnologija nam nudi odlične rešitve in možnosti. Navidezni nivo nam lahko na enem kosu strojne opreme predstavi več podob le-te. Ker nadzornik deluje kot programska oprema, do katere lahko dostopamo, je to odlična osnova, ki nam nudi enoten nadzor in upravljanje nad izpostavljenimi podobami. Podobe se hranijo v datotekah, kar nam omogoča zelo hiter odziv in prenos posamezne podobe strežnika na drugo strojno enoto, itd.

5.1.1 Logična konsolidacija

To obliko konsolidacije je najlažje doseči, saj govori o enotnem nadzoru nad strežniki in njihovem upravljanju. S poenoteno platformo lahko zmanjšamo čas, ki je potreben za implementacijo novih strežnikov v sistem. Na tak način lahko tudi zmanjšamo število osebja, ki skrbi za administracijo teh sistemov in aplikacij. Poleg izboljšane upravljanja s strežniki lahko lažje vodimo evidenco virov, ki so trenutno v uporabi. To nudi podjetju takojšnjo sliko, ki kaže, koliko sredstev je zasedenih in kateri so v uporabi. Ko pride potreba po nakupu nove strojne opreme, je to veliko lažje razvidno, kot v ne-konsolidiranih sistemih.

Strežniki so konsolidirani na podlagi enotnega sistema orodij za vodenje in upravljanje strežnikov in procesov. S pomočjo teh orodij lahko do določene mere avtomatiziramo in priredimo namestitve strežnikov ali aplikacij ter jih prilagodimo določenim posebnostim okolja, kamor so ti viri namenjeni. Zaradi poenotene namestitve postaneta nadzor in upravljanje veliko lažja. Lažje je tudi dokumentirati odvijanje procesov in delovanje strežnikov.

5.1.2 Fizična konsolidacija

Fizična konsolidacija predstavlja princip, po katerem poskušamo zmanjšati število sistemskih lokacij na eno ali čimmanj lokacij. To je predvsem primerno za velika podjetja, ki imajo svoje izpostave na različnih koncih sveta. Z zmanjšanjem števila informacijskih centrov se znižajo stroški na podlagi izboljšane administracije, nižjih stroškov za nepremičnine in na podlagi hitrejša implementacije novih strežnikov. Administracija strežnikov je veliko lažja, saj so inženirji, ki skrbijo za strežnike, centralizirani na eni lokaciji. S tem se zmanjša odzivni čas za vzdrževanje in implementacijo novih strežnikov. Hkrati se na tak način omogoči tudi večji pretok znanja. Uporaba strežniških omar in strežniških rezin, omogoča boljšo izrabo prostora v strežniških prostorih, kar vodi do nižjih stroškov za nepremičnine (Improving Economics of Blades using VMware, 2006).

V primeru, da imamo strežnike locirane na eni lokaciji, lahko uporabljamo tehnologijo strežniških gruč, kar nam omogoča visoko dosegljivost z uporabniškega vidika. Ta tehnologija zagotavlja, da v primeru napake na enem strežniku drugi strežnik v gruči prevzame njegovo delovanje in aplikacija je še naprej dosegljiva uporabniku.

»Storage area networks« (SANs) ali diskovna polja nudijo prostor za shranjevanje podatkov večim strežnikom. Ker so to naprave, ki služijo le shranjevanju podatkov in so prilagojene le temu opravilu, nudijo visoko dosegljivost z boljšim delovanjem. Njihovo delovanje je bolj stabilno in varno kot delovanje diskov v vsakem posameznem strežniku. Diskovna polja je možno postaviti tako, da delujejo na ločenih lokacijah, vendar so stroški veliko nižji, če se diskovno polje nahaja nekje v bližini informacijskega centra. Ta tehnologija nam nudi nižje stroške na kupljeni Mb prostora za podatke in je veliko bolj prilagodljiva na potrebe strežnikov po prostoru.

SAN sistem je primer konsolidacije prostora za shranjevanje podatkov, je pa nekako logično nadaljevanje, če se lotimo konsolidacije strežnikov, da konsolidiramo tudi to.

5.1.3 Konsolidacija strežniškega delovanja

V tem primeru je poudarek na združevanju delovanja velikega števila manjših strežnikov na delovanje na enem ali večih zmogljivejših strežnikih. Pojavljata se dva pristopa, ki ju lahko uporabimo. Lažja pot je, da s pomočjo nove tehnologije še naprej uporabljamo

samostojne strežnike, ki so namenjeni le eni aplikaciji, a združeni na eni strojni opremi, ali pa združujemo delovanje aplikacij znotraj enega operacijskega sistema, ki deluje na enem strežniku.

Pri konsolidaciji strežniškega delovanja je potrebno dobro planiranje. V primeru logične ali fizične konsolidacije ne zmanjšujemo števila strežnikov (gledano z vidika strojne opreme), ampak skušamo prilagoditi delovanje sistema z odpravljanjem lokacijskih in upravljalških težav. Tveganje je v teh dveh primerih manjše, saj se nam ni potrebno ubadati s tem, kako bo določen strežnik servisiral zahteve uporabnikov.

Kljub temu, da je konsolidacija strežniškega delovanja najbolj tvegana, prinaša tudi največje pozitivne rezultate, če je uspešno izvedena. Z združevanjem aplikacij na en strežnik se nam zmanjšajo stroški, ki jih namenjamo za nakup licenc za uporabo programske opreme. Z združevanjem lahko dosežemo tudi veliko boljše izrabo strojne opreme, ki je ponavadi dokaj neizkoriščena. Izkoriščenost servisnih strežnikov se ponavadi giblje med 5% in 15% izkoriščenostjo procesorja in pomnilniške enote (Server consolidation Technologies – a practical guide, 2006).

5.2 Implementacija strežniške konsolidacije s pomočjo virtualne tehnologije

S pomočjo tehnologije navideznega delovanja lahko zapakiramo celotni strežnik, ki je deloval na platformi x86 (kar vključuje strojno opremo, operacijski sistem, aplikacije in nastavitve) ter ga prestavimo v navidezni računalnik, ki ga je mogoče seliti iz enega na drug kos strojne opreme. Znotraj enega fizičnega strežnika lahko istočasno deluje večje število neodvisnih navideznih delovnih postaj. Kot je bilo opisano v predhodnih poglavjih, je to mogoče zaradi vmesnega navideznega nivoja, ki upravlja in razdeljuje fizične resurse med navidezne strežnike. Na ta način lahko enostavno konsolidiramo strežnike in njihovo delovanje. Strežniki, ki so prej potrebovali svojo strojno opremo, jim sedaj dodelimo navidezno strojno opremo znotraj enega fizičnega strežnika zgrajenega na osnovi IA32. Implementacija ne potrebuje nobenih sprememb v delovanju aplikacij in njihovih nastavitvev. Nadzorujemo lahko uporabo virov, ki jih potrebuje posamezni navidezni strežnik, in mu dodelimo točno toliko virov, kot jih potrebuje za dobro delovanje. V primeru, da je fizični strežnik preveč zaseden in uporabniki ne morejo učinkovito uporabljati njegovih storitev, ga je mogoče preseliti na drug fizični strežnik. Tehnologija zagotavlja prenos na tak način, da je zagotovljeno nemoteno delovanje in uporabniki ne zaznajo dejanske selitve.

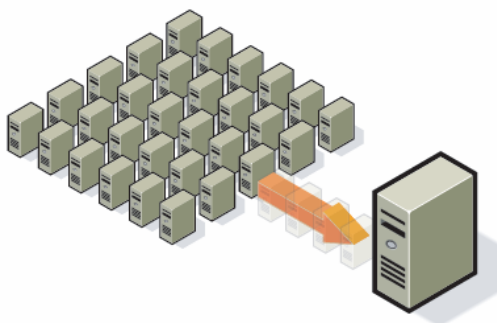
Nadzor nad uporabo virov omogoča planiranje nakupov nove strojne opreme, saj lahko jasno vidimo, kdaj se ta potreba pojavi. Ob potrebi po novem aplikacijskem strežniku lahko tega implementiramo kot navideznega na strojno opremo, ki ni dovolj izkoriščena.

Navidezno delovanje nam tako prihrani nakup nove strojne opreme, ki bi jo v nasprotnem primeru morali kupiti, če bi si želeli varno delovanje in implementacijo brez sprememb v delovanju aplikacij.

Koristi, ki jih je možno zaznati z uporabo virtualizacijske tehnologije so naslednje:

- **Veliko zmanjšanje stroškov.** Z implementacijo konsolidacije na osnovi navideznega delovanja se stroški lahko zmanjšajo od 30 – 70%. Poleg stroškov, ki se zmanjšajo zaradi manjše potrebe po nakupu strojne opreme, se zmanjšajo tudi stroški za upravljanje s strežniki, stroški za električno energijo, hlajenje strežniških prostorov, in ureditve le teh. Na podlagi zmanjšanja stroškov se skrajša tudi čas, potreben za povrnitev investicije v strojno infrastrukturo in tehnologijo navideznega delovanja.
- **Močno izboljšano upravljanje s strežniki.** Kompleksnost informacijskega centra se zmanjša, saj osebje skrbi za manjše število dejanskih strežnikov. S pomočjo različnih orodij, ki skrbijo za nadzor in upravljanje z navideznimi strežniki, lahko organizacija centralizira in poenostavi vodenje centra.
- **Izboljšana učinkovitost in večja odzivnost.** S pomočjo tehnologije lahko organizacija priredi osnovne nastavitve in odstrani običajne administrativne naloge, kot so priprava in konfiguracija strežnika. Povečevanje strežniškega okolja se lahko rešuje z obstoječimi viri, dokler ti zagotavljajo učinkovito delovanje navideznih strežnikov. Osebje se lahko hitreje odzove na potrebe po razširitvi storitev, novih strežnikih in novih nastavitvah.
- **Izboljšan nadzor nad bodočo rastjo.** Virtualizacija odstrani potrebo po strežnikih, ki so namenjeni le eni storitvi, in omogoča nadzor nad uporabo obstoječih virov. Na podlagi tega lahko organizacije spremljajo rast potreb po strojni opremi in bolj učinkovito planirajo prihodnje investicije. Sledenje informatike poslovnim potrebam podjetja je veliko lažje in učinkovitejše.

Slika 4: Konsolidacija strežnikov s pomočjo virtualizacije



Vir: VMware, 2006.

6 OKREVANJE PO KATASTROFI, NEPREKINJENO POSLOVANJE IN VIRTUALIZACIJA

Planiranje neprekinjenega poslovanja in okrevanja po katastrofi je ključnega pomena za upravljanje z nevarnostmi v uspešnem podjetju ali organizaciji. Med 60 – 90% organizacij, ki so preživele katastrofo, vendar nanjo niso bile pripravljene, je prenehalo s poslovanjem v roku 24 mesecev po katastrofi. Vpeljava zanesljivega okrevalnega načrta, ki predvideva kratek čas za ponovno vzpostavitev delovanja sistema, je dokaj draga. Stroški so visoki predvsem zaradi tega, ker se vzdržuje dvojni sistem na rezervni lokaciji. Pri taki rešitvi je potrebno skrbeti za oba sistema hkrati, medtem ko je aktiven dejansko le eden. Pojavljajo se dvojni stroški za licenčno programske opreme, vzdrževanje strojne opreme in delo osebja, ki skrbi za sistem.

Veliko podjetij sprejema kompromise pri uvajanju okrevalnih načrtov in jih omejuje na nekaj kritičnih aplikacij in strežnikov. Uporabljajo ročno nastavljanje aplikacij na opremo, ki v večini primerov ni enaka opremi, na kateri je predhodno delovala aplikacija. Pojavljajo se tudi primeri, v katerih podjetja najemajo storitve okrevanja po katastrofi pri zunanjih ponudnikih z nižjo ceno in kakovostjo storitve, kar se kaže v nezadostni zaščiti v smislu podpore, sprejemljivega časa, ko določena aplikacija ni dosegljiva in nezanesljivem okrevanju.

6.1 Ocenjevanje vpliva nedelovanja sistema

Poslovanje, ki je močno odvisno od podpore informacijskega sistema, lahko utrpí hude posledice v primeru najmanjšega izpada sistema. Po ocenah hiše IDC so stroški za izgubo podatkov v povprečju 3 milijone dolarjev na katastrofalni dogodek in 380.000 dolarjev na uro.

Za izdelavo učinkovite strategije neprekinjenega delovanja je potrebno oceniti pomen posamezne aplikacije za poslovno delovanje podjetja (Rihar, 2003, str. 11). Ocena lahko vsebuje:

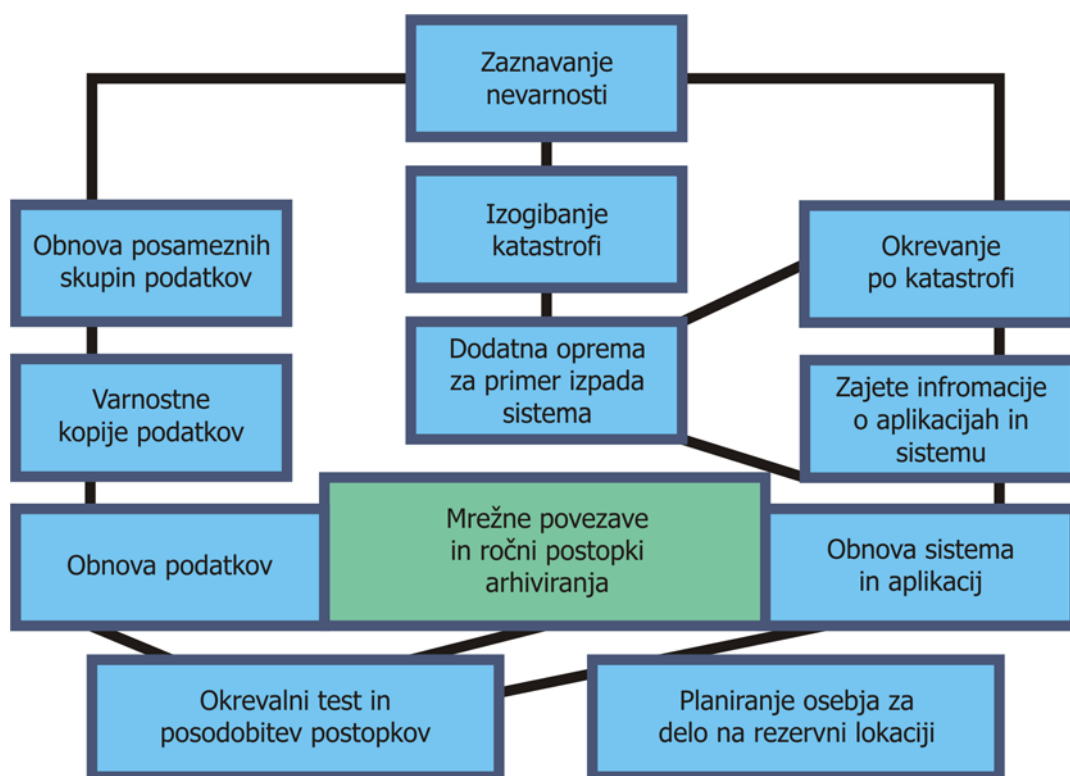
Ocene stroškov, ki se pojavijo v eni uri nedelovanja (učinek je viden predvsem v sistemih, ki sami ustvarjajo dobiček, kot so sistemi za e-poslovanje in CRM sistemi)

Zanesljivost okrevanja (ključnega pomena za organizacije, katerih informacije so povezane s poslovanjem drugih subjektov – finančne institucije)

Obstoj ročnih ali alternativnih oblik procesov, ki jih je moč uporabiti za opravljanje storitev, v primeru izpada informacijskega sistema.

Obširen načrt za zagotavljanje neprekinjenega delovanja zajema kombinacijo metod preprečevanja katastrof za posamezno aplikacijo. Prav tako je pomembno, da načrt zajema način restavriranja podatkov, navodila za upravljanje z osebjem v primeru katastrofe, načrt akcij, ki jih je potrebno izvesti in način spremljanja procesov in njihovo testiranje. Potrebno je analizirati stroške vključevanja specifične aplikacije v sistem varovanja pred katastrofo in jih primerjati s stroški, ki lahko nastanejo zaradi izpada te aplikacije. Investicija je poslovno upravičena le takrat, ko so stroški varovanja nižji od stroškov, ki lahko nastanejo zaradi nedelovanja aplikacije (Drnovšek, 2005, str. 36)

Slika 5: Upravljanje z nevarnostmi



Vir: Making the Business Disaster Ready with Virtual Infrastructure, 2006, str. 3.

6.2 Strategije neprekinjenega poslovanja

Obstaja več matrik, po katerih lahko planiramo ublažitev katastrof (Data Disaster Recovery for Small and Medium Businesses). Med najbolj uporabljanimi se pojavljata dva načina. Oba se merita v časovnih intervalih. To sta:

- **Točka okrevanja**, ki govori o tem, koliko časa so restavrirani podatki neusklajeni s podatki v produkciji in
- **Čas okrevanja**, pri katerem je pomemben podatek to, v kolikem času smo sposobni vzpostaviti delovanje.

V sklopu tega je potrebno analizirati možnost, ali delna obnovitev sistema, kot je na primer obnovitev sistema z omejenim delovanjem, zmanjšano zmožnostjo preprečevanja napak, ali nepopolna obnovitev podatkov, zadoščajo za ponoven zagon poslovanja podjetja po katastrofi. Kot lahko vidimo, je metodologij za reševanje težav vsaj toliko, kot je problemov, ki se pojavijo. Poznamo kar nekaj tehnoloških rešitev, ki nam pri tem pomagajo. V nadaljevanju je opisanih nekaj principov, kako lahko rešujemo problem neprekinjenega delovanja.

- **Neprekinjena dosegljivost**

Ta arhitektura deli delovanje sistema med več platform, ki so ponavadi geografsko ločene. Geografska ločitev zagotavlja varnost v primeru katastrofe, saj je malo verjetnosti, da bi se katastrofa zgodila na dveh ločenih lokacijah hkrati. Vsaka od platform je zasnovana tako, da ima rezervne vire v primeru, da katera od drugih platform preneha delovati. V takem primeru ostale platforme prevzamejo delo tiste, ki ne deluje več. Posli potekajo naprej brez prekinitve. Ta rešitev je draga in si jo lahko privoščijo le velika podjetja, ki imajo hčerinska podjetja na različnih lokacijah, ali si lahko privoščijo dodatno lokacijo le v namene reševanja katastrofalnih situacij. Delovanje takega sistema je odvisno tudi od telekomunikacijskih povezav, saj morajo zagotavljati učinkovit prenos podatkov med lokacijami.

- **Rezervna lokacija**

Ta strategija predvideva dosegljivost rezervne lokacije, ki je opremljena z vsemi potrebnimi stvarmi za delovanje, kot so elektrika, dostop do internetnega omrežja, fizično varovanje in ostale osnovne potrebščine. Zagotovljeno je dovolj opreme, da poslovanje deluje naprej v nekem določenem obsegu v primeru, da se na primarni lokaciji razglasi stanje katastrofe. Lokacija je lahko v lasti podjetja, ali pa podjetje rezervno lokacijo jemlje v najem od podjetij, ki nudijo take storitve. Podatki, aplikacije in informacije o sistemu se replicirajo na rezervno lokacijo s pomočjo metod za replikacijo ali pa s pomočjo medijev za izdelavo varnostnih kopij.

Ta strategija je zanimiva za podjetja zato, ker ne potrebuje popolne preslikave sistema, aplikacij ter podatkov in ker ne zahteva tako močne komunikacijske povezave kot prejšnja. Kljub temu, da ta oblika ni tako detajlna kot prejšnja, še vedno zagotavlja zaščito pred geografskimi katastrofami, kot so potres ali poplava.

- **Varnostne kopije na magnetne trakove**

Izdelava varnostnih kopij je zelo razširjena oblika reševanja težav v primeru izpada ali katastrofe. Varnostne kopije izdelujemo s pomočjo programskih paketov, ki so temu namenjeni. Poznamo tri načine izdelave varnostnih kopij. Izdelamo lahko popolno varnostno kopijo, kjer so zajete vse datoteke, lahko pa so vključena tudi

sistemska stanja. Druga oblika je inkrementalna, pri kateri se na magnetni trak zapišejo le datoteke, ki so se spremenile od izdelave zadnje kopije. Tretja oblika je oblika, kjer se na trak zapišejo vse datoteke, ki so bile spremenjene od izdelave zadnje popolne varnostne kopije. Trakovi se hranijo na varovani oddaljeni lokaciji in z njihovo pomočjo se rešuje težave v primeru katastrofe.

Zgoraj opisana metoda je finančno najbolj ugodna in zagotavlja sprotno odpravljanje manjših napak, kot so ponesreči pobrisane datoteke, itd. Kot opisano, lahko s pomočjo trakov rešujemo tudi katastrofalne situacije. Vendar pa urnik izdelave varnostnih kopij ne zajema celotne strategije neprekinjenega delovanja. Prav tako ne zajema načrta, kako obnoviti sistem in podatke v primeru izgube podatkov, zato je težko določiti časovni okvir, znotraj katerega bi lahko podjetje ponovno pričelo z opravljanjem poslov po katastrofi.

Poslovno izvedljive strategije neprekinjenega delovanja predstavljajo uravnoteženo odločitev med stroški, ki jih je podjetje pripravljeno nositi za zagotavljanje varnosti, in posledicami, ki jih lahko prinese nedelovanje sistema. V izračune je potrebno vgraditi tudi verjetnost, da do neke katastrofe dejansko pride. Stroškovno učinkovite metode omogočajo strokovnjakom informatike izdelavo načrtov, ki zajemajo širši spekter aplikacij in lažje dosegajo skorajda neprekinjeno delovanje.

6.3 Doprinos virtualizacije k implementaciji neprekinjenega poslovanja (VMware)

6.3.1 Težave ob implementaciji neprekinjenega poslovanja

Tržišče ponuja veliko različnih orodij za implementacijo neprekinjenega poslovanja. V primeru Windows okolja zaradi specifične oblikovanosti operacijskega sistema dosežemo popolno obnovo sistema le v razmerah, kjer imamo popolnoma identični platformi strojne opreme. Strojna oprema strežnika, ki je zaradi različnih razlogov odpovedal, se mora popolnoma ujemati z opremo, na katero želimo obnoviti sistem. Vzdrževanje identičnih fizičnih osnov na rezervni lokaciji in primarni lokaciji pomeni istočasno vzdrževanje, saj sistema nadzirata en drugega. Proces je drag in oskrbovalnemu osebju vzame veliko časa. V primeru, da rezervne lokacije ni, se pojavi problem z nakupom identične strojne opreme. Kljub temu, da lahko kupimo identični model opreme, obstaja velika verjetnost, da oprema ne bo imela enakih nastavitev, kot oprema kupljena nekaj časa nazaj. Spremenjene so lahko BIOS nastavitve, različice programov, ki so naložene direktno v strojno opremo (firmware), itd. Obnova sistema na različno strojno osnovo je velikokrat nezanesljiva in vsebuje veliko zapletenih ročnih nastavitev in prilagoditev novemu sistemu. Ročne prilagoditve in iskanje rešitev za probleme, ki nastanejo zaradi drugačne platforme, so vzrok za daljše čase, ki so potrebni za obnovo sistema. Pojavi se tudi težava zaradi tega,

ker operacij ni možno ponavljati, saj so odvisne od specifične strojne osnove (Making the Business Disaster Ready with Virtual Infrastructure, 2006, str. 9).

Ponudniki operacijskih sistemov, aplikacij in orodij za izdelavo in urejanje varnostnih kopij so v pomoč pri planiranju okrevalnih načrtov organizacijam in podjetjem izdelali prilagojena orodja, aplikacije in metode najboljše uporabe. Kot pravilo velja, da je potrebno ločeno shranjevati varnostne kopije informacij o operacijskem sistemu, sistemu samem, aplikacijah in podatkih. Določene aplikacije vsebujejo module (npr. MS Exchange), ki se obnašajo drugače od ostalega dela aplikacije. Zato je potrebno za vsak tak modul pripraviti različen načrt okrevanja. Ker so aplikacije za shranjevanje varnostnih kopij prilagojene posamezni aplikaciji, to pomeni, da ima vsaka poslovno kritična aplikacija svoj način izdelave varnostne kopije in obnove iz nje, še posebno, če mora biti aplikacija dosegljiva med izdelavo kopije. Ta raznolikost aplikacij pomeni, da morajo IT strokovnjaki obvladati veliko različnih orodij in izdelati različne strategije obnove za aplikacije, ki so zajete znotraj okrevalnega načrta. Za dodatne zaplete poskrbijo tudi med seboj različni načini obnove iste aplikacije v primeru novejših verzij le-te.

Rezultat zgoraj opisane situacije je velika razčlenjenost načrta za okrevanje. Vsako variacijo načrta, ki je specifična za določen strežnik in aplikacijo, je potrebno testirati. V primeru, da rezervne lokacije ni v načrtu, se pojavi problem, kako testirati, če nimamo na razpolago identične strojne opreme.

Tabela 1: Primerjava različnih metod zagotavljanja neprekinjenega delovanja

Metoda	Ciljni čas obnove	Težave
Obnova s pomočjo varnostnih kopij – neprilagojene aplikacije	24 ur in več	Strojna oprema ni na voljo za testiranje; ni primerno za poslovno kritične aplikacije.
Orodja posebej prirejena za določeno aplikacijo, z uporabo senčenih kapacitet za shranjevanje podatkov	4 – 24 ur	Kompleksnost zaradi specifičnih aplikacij; ročne nastavitve so potratne s časom in nezanesljive; ločeni postopki za obnovo sistema, aplikacij in podatkov.
Programska oprema, ki zagotavlja neprekinjeno dosegljivost, v povezavi z zrcaljenjem strežnikov in hranjenja podatkov	Pod 4 ure	Podvojeni stroški za nakup in vzdrževanje strojne opreme; visoki stroški upravljanja, implementacije in vzdrževanja sistema.

Vir: Making the Business Disaster Ready with Virtual Infrastructure, 2006, str. 7.

6.3.2 Vgrajena podpora za neprekinjeno poslovanje

Virtualna infrastruktura spreminja načine, kako se načrtuje izgradnjo informacijskih centrov. V primeru izpada je velikokrat potreben le ponoven zagon navideznega strežnika. S pomočjo različnih orodij in podpor lahko zagotovimo skorajda vse potrebne osnove za učinkovito implementacijo neprekinjenega poslovanja. Ta orodja so npr:

- možnost selitve navideznih strežnikov med različnimi virtualizacijskimi platformami,
- možnost kreiranja posnetkov stanja,
- uporaba Vmotion tehnologije (tehnologija, s katero lahko selimo navidezni strežnik z ene fizične osnove na drugo brez prekinitve delovanja).

Za doseganje neprekinjene dosegljivosti, moramo imeti neprestan pregled nad delovanjem strojne opreme in delovanjem aplikacij. S pomočjo produkta VirtualCenter lahko administratorji spremljajo delovanja obojega z enega samega mesta. Centralizirani nadzor omogoča hitrejšo zaznavanje težav. Alarmiranje, ki ga lahko nastavimo za različne parametre, nas opozarja na doseganje mejnih vrednosti. Tako lahko selimo navidezne strežnike in aplikacije s strojne opreme z okvaro na drugo osnovo pred katastrofalnimi posledicami. Če želimo implementirati robustnejšo zaščito pred izpadom, lahko implementiramo arhitekturo, v kateri povežemo dva navidezna strežnika, ki se nahajata na dveh fizičnih osnovah, v gručo. Arhitektura gruč je v okoljih, ki niso navidezna, draga stvar, saj zahteva podvojeno strojno opremo. V virtualnem okolju lahko s pomočjo konsolidacije dosežemo boljšo izkoriščenost dejanskih strežnikov in to izkoristimo za združevanje v gruče večih strežniških parov ali že obstoječih gruč. Povezljivost med različnimi lokacijami dosežemo s tehnologijo centralizirane pomnilniške enote in pomočjo replikacijske tehnologije. Ob padcu primarne lokacije enostavno zaženemo aplikacije na rezervni lokaciji in poslovanje podjetja se nadaljuje.

6.3.3 Neodvisnost strojne opreme

Ena od glavnih prednosti, ki jih nudi virtualizacijska tehnologija podjetja VMware, je neodvisnost strojne opreme, na kateri izvajamo obnovo, od procesa obnove. Ker navidezne delovne postaje zajemajo celotno okolje (podatkovni del, aplikacijski del, operacijski sistem, BIOS in virtualizirano strojno opremo), lahko aplikacije in strežnike obnovimo na katero koli virtualizirano osnovo. Skrb, da bi zaradi razlik v dejanski strojni opremi aplikacija ne delovala, je odveč, saj v navideznem svetu nismo več odvisni od identičnosti strojne opreme. S tem se odpravi potreba po ročnem nastavljanju gonilnikov za strojno opremo in verzije BIOS sistema, prav tako se izognemo težavam, ki se lahko pojavijo z uporabo registrov v Windows okolju.

6.3.4 Strežniška konsolidacija

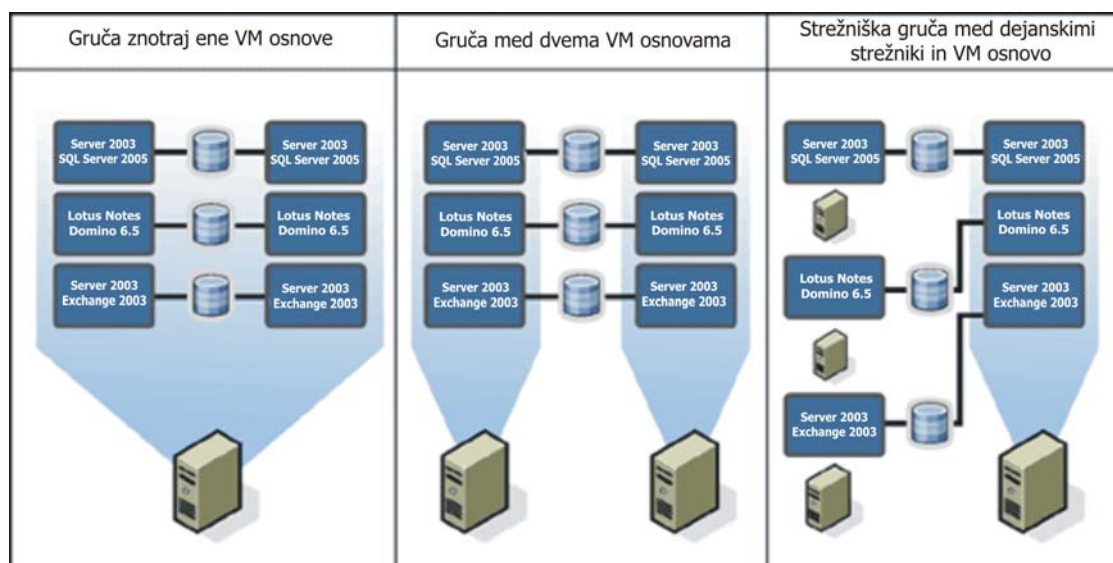
S konsolidacijo strežnikov lahko prihranimo veliko denarja. Virtualizacija lahko tudi na področju izvajanja okrevalnega načrta podjetju koristi. Ker je v večini primerov sistem na rezervni lokaciji postavljen za situacije, na katere podjetje nima vpliva, je opremljenost teh lokacij slabša, kot opremljenost primarne lokacije. Velikokrat se dogaja tudi to, da sistem na primarni lokaciji ne odpove v celoti. Takrat na rezervni lokaciji poganjamo samo določene aplikacije. V primeru uporabe navideznih strežnikov, lahko strojno opremo predimenzioniramo. Tako lahko stopnja konsolidacije strežnikov na rezervni lokaciji doseže tudi do dvakrat višjo vrednost, kot na primarni lokaciji. S pomočjo takšnih tehnoloških rešitev je okrevalni načrt marsikateremu podjetju veliko dostopnejši in bolj zanimiv, kot v primeru navadne postavitve sistema.

6.3.5 Primeri možnih tehničnih rešitev

6.3.5.1 Povezovanje strežnikov v gruče – dejansko → virtualizirano

Povezovanje strežnikov v gruče je sicer učinkovito, a drago. Od podjetja zahteva nakup dvojne strojne opreme, plačevanje dvojnih licenčnih (2N) in nakup programske opreme, ki skrbi za visoko dosegljivost. Ker se navidezni strežnik tudi navzven prikazuje kot dejanski, nas pri povezovanju dejanskega in navideznega strežnika v gručo nič ne omejuje. Navidezni strežnik, ki je v pripravljenosti, ne uporablja resursov dejanskega strežnika, zato lahko na strežniku, ki je namenjen virtualizaciji, konsolidiramo več enot, saj je verjetnost, da bodo vse poslovno kritične aplikacije odpovedale v istem trenutku, manj verjetna, razen v primeru katastrofe.

Slika 6: Možnosti povezovanja strežnikov v gruče



Vir: VMware, 2006.

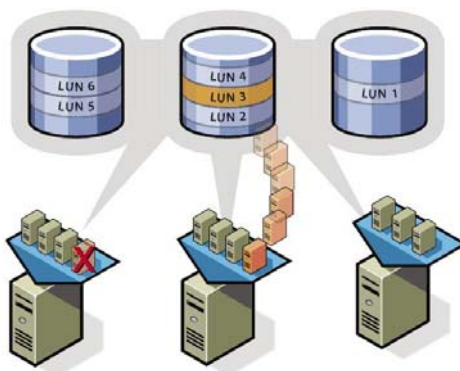
Nakup strojne opreme se v tem primeru zmanjša iz 2N na N+1. Tako lahko podjetje namení več sredstev za programsko opremo, ki omogoča visoko dosegljivost in poveča obseg varovanja informacijske podpore poslovanju.

6.3.5.2 *Neprekinjenost s pomočjo navideznih postaj, ki se nahajajo na diskovnih poljih*

Navidezna arhitektura, ki jo povežemo s tehnologijo diskovnih polj in omrežjem za shranjevanje podatkov, doda dodatno robustnost našemu sistemu, ki je tako bolj varno pred prenehanjem delovanja. Če se navidezni strežnik nahaja na diskovnem polju, potem lahko navidezni strežnik v primeru odpovedi strojne opreme, na katerem gostuje navidezni strežnik, enostavno ponovno zaženemo na drugem fizičnem strežniku, ki je nastavljen tako, da lahko gosti navidezne postaje in je povezan z diskovnim poljem. S pomočjo tehnologije VMotion, lahko prestavimo delujoč strežnik iz enega fizičnega kosa strojne opreme na drug kos, ne da bi uporabniki morali prekiniti z delom. S pomočjo spremljanja delovanja strojne opreme lahko zaznamo določene napake in preselimo strežnik pred izpadom. Tehnologija je uporabna tudi pri vzdrževanju opreme. Na tak način lahko selimo strežnik tudi ob visokem povpraševanju po storitvah določenega navideznega strežnika in ga prestavimo na drug fizični strežnik, ki bo lažje servisiral povpraševanje uporabnikov po storitvah.

Glede na to, da je tehnologija omrežij pomnilniških naprav draga, se s pomočjo virtualizacije izboljša ekonomski vidik investicije. Za izkoriščanje tehnologije, ki nam nudi varnejše hranjene podatkov in dostopa do njih, je potrebno vgraditi v strežnik optične povezovalnike (sedaj delujejo SAN sistemi tudi že z ethernet tehnologijo). Posledično se ti stroški delijo med več navideznih strežnikov, ki delujejo na strojni opremi, zato so stroški nižji. Uporaba večih povezovalnikov služi temu, da se izognemo osamljeni točki, na kateri lahko sistem pade («single point of failure»). Primer take arhitekture lahko vidimo na Sliki 7 (na str. 39).

Slika 7: Arhitektura, ki povezuje virtualizacijo in uporabo omrežja pomnilniških naprav



Vir: Server Consolidation and Containment with VM Virtual Infrastructure, 2006, str. 2.

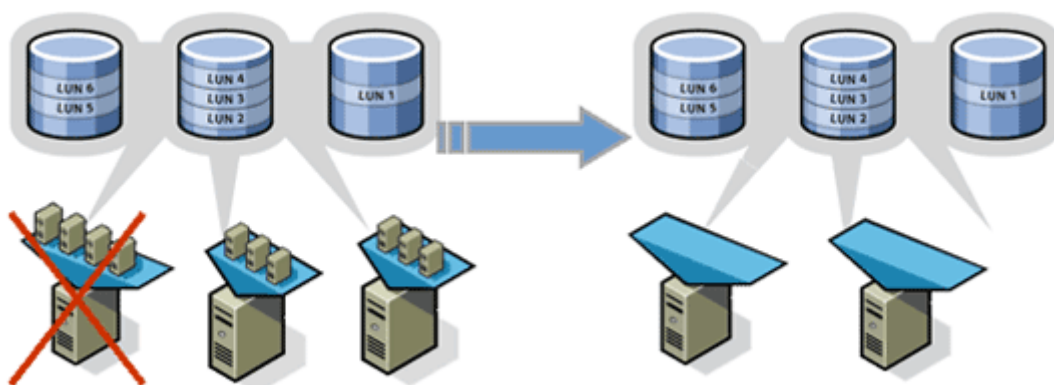
6.3.5.3 Nprekinjeno delovanje na podlagi replikacije

Podjetja, ki imajo na voljo rezervno lokacijo, se velikokrat odločajo za repliciranje podatkov na to lokacijo. S takim pristopom imamo na rezervni lokaciji podatke, ki so v najmanjšem razkoraku s podatki na primarni lokaciji. Uporaba podvajanja podatkov je zelo zaželena pri poslovno kritičnih aplikacijah, saj se na ta način zavarujemo pred katastrofami, ki so regijsko omejene in pred odpovedjo strojne opreme.

Vprašanje, na katerega do sedaj še nismo odgovorili, je, v kolikšnem času je podjetje sposobno obnoviti poslovanje v primeru katastrofe. Zgolj vzdrževanje podvojenih podatkov na rezervni lokaciji nam še ne omogoča hitrega okrevanja, saj je potrebno zagotoviti tudi strežnike. Čas, potreben za obnovo, se lahko giblje med nekaj dnevi in nekaj tedni. Stroški, ki nastanejo v tem času so lahko tako visoki, da podjetje preneha s poslovanjem. Obnova na neenako strojno opremo je poleg tega zelo tvegana, potrebno jo je izvesti ročno in v nekaterih primerih sploh ni možna.

Če želimo obnoviti sistem v nekaj urah, je potrebno vzdrževati identično strojno opremo tudi na rezervni lokaciji. Pod identičnost moramo šteti tudi enake popravke na programski opremi, enake programe za nadziranje strojne opreme (firmware), itd. Velikokrat ta oprema ne sodeluje v poslovnem procesu, ampak le stoji v pripravljenosti, kar za podjetje predstavlja stroške. Prav tako je potrebno imeti usposobljeno osebje, ki mora skrbeti za zgoraj omenjeno opremo. Stroški se podjetju na ta način kar kopičijo.

Slika 8: Repliciranje na rezervno lokacijo



Vir: Making the Business Disaster Ready with Virtual Infrastructure, 2006, str. 10.

S povezavo navidezne tehnologije in replikacijske tehnologije lahko dosežemo veliko večji učinek kot v zgoraj omenjenih primerih obnove. Ker so podatki o navideznih strežnikih zapisani v datotekah, jih lahko s pomočjo replikacije ves čas prenašamo na rezervno lokacijo. S tem dosežemo ažurnost podatkov, na rezervni lokaciji pa imamo ves čas navidezne strežnike, ki jih lahko kadarkoli zaženemo. V primeru katastrofe lahko to

izvedemo s pomočjo programskih ukazov, za kar na lokaciji ne potrebujemo nobenega osebja. Pomembno je le, da imamo na rezervni lokaciji arhitekturo pripravljeno za navidezne strežnike. Za to lahko poskrbi ESX strežnik podjetja VMware, ki pa je popolnoma samostojen operacijski sistem in ga lahko namestimo na katerokoli strežniško strojno opremo. Tako se rešimo težav, ki nastopijo zaradi različne strojne opreme. Prav tako lahko s takšno postavitvijo na rezervni lokaciji konsolidiramo strežniško delovanje še do večje mere kot na primarni lokaciji, saj je takšno delovanje začasno.

Zgoraj opisana arhitektura nam prinaša naslednje prednosti:

- zmanjšamo stroške,
- povečamo fleksibilnost sistema,
- potrebujemo manj osebja za vzdrževanje in nadzor nad sistemom,
- čas, potreben za obnovo sistema je neprimerljivo krajši,
- ker nam delovanje na rezervni lokaciji nudi začasno rešitev, lahko strežnike konsolidiramo in s tem prihranimo na stroških.

6.3.5.4 Testiranje okrevanja

Planiranje obnove sistema je ena stvar, ko pa pride do nepopravljive napake na strežniku ali do katastrofe, je potrebno podatke, ki so ponavadi hranjeni na kasetnih medijih, obnoviti na nove strežnike. Pri tem postopku je veliko stvari, ki lahko otežijo ali onemogočijo obnovo. Potrebno je preveriti, ali agent za izdelavo kopij deluje pravilno in ali se podatke da obnoviti. Za to potrebujemo identično stanje strežnika na drugi strojni opremi. Taka nastavitve nam vzame veliko časa in zahteva veliko ročnega nastavljanja. Problem se pojavi tudi z nabavo strojne opreme. Strojna oprema povzroči nepotrebne stroške, saj bo uporabljena le v testne namene. Drug problem pa je tudi strojna oprema sama, saj mora biti zelo podobna osnovni.

Z uporabo tehnologije, ki jo nudi VMware, se ta postopek zelo skrajša. Aplikacije nam nudijo možnost, da postavimo določeno konfiguracijo strežnika z vsemi nastavitvami v registru, pripravimo agenta za shranjevanje varnostnih kopij in shranimo to konfiguracijo v predlogo. Ko želimo testirati delovanje našega sistema, moramo le postaviti nov virtualni strežnik iz prej pripravljene predloge. Testiranje lahko izvedemo na že uporabljeni strojni opremi in si s tem ne dvigujemo stroškov.

Koraki, ki bi bili potrebni za vzpostavitev testnega sistema:

1. Nakup strojne opreme
2. Namestitev ESX server programske opreme
3. Prenos prednastavljene predloge strežnika
4. Prilagoditi mrežne nastavitve in registrirati strežnik v ESX strežniku
5. Zagnati strežnik
6. Testirati delovanje agenta

7 PRAKTIČNI PRIMER: IZDELAVA TESTNEGA OKOLJA S POMOČJO VIRTUALIZACIJE

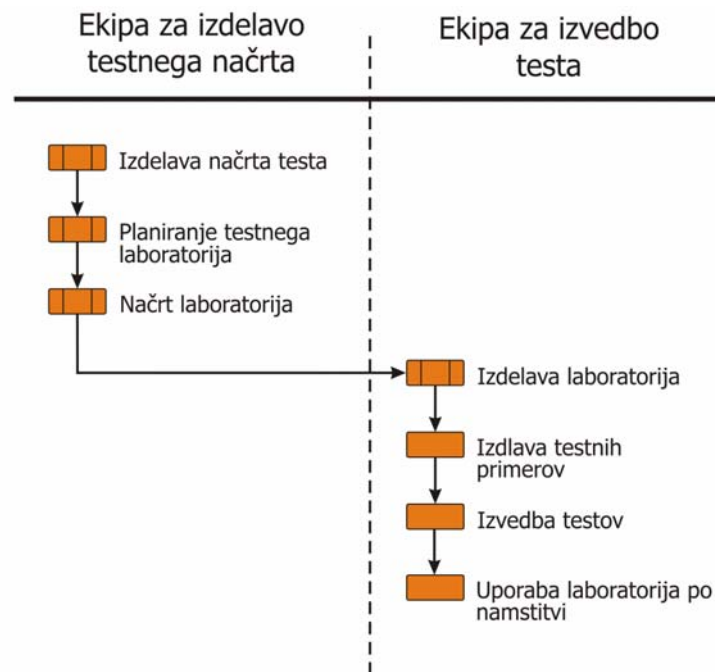
V tem poglavju bi rad predstavil prednosti, ki nam jih nudi navidezna tehnologija v postopku testiranja novih aplikacij in tehnologij. Kot vemo, je to potrebno opravilo, vendar zahteva veliko stroškov. Za testno okolje potrebujemo strojno opremo in razmere, ki so najbolj podobne dejanskemu stanju. Virtualizacija nam ponuja na tem področju veliko pomoči. Že sama arhitektura zapisa strežnikov v datoteke nam nudi možnost, da prestavimo delovno okolje v neko izolirano okolje in na njem izvajamo teste, ne da bi ogrožali delovanje produkcijskega okolja. Prav tako nam nudi izrabo strojne opreme, ki je neprimerljivo manj potratna kot klasična arhitektura testnega okolja.

7.1 Testno okolje

Uvajanje novih tehnologij in novih aplikacij v razvitem informacijskem okolju je zanimiva in zahtevna naloga. Za varno implementacijo novosti v delovno okolje je potrebno preveriti delovanje te novosti in njeno ujemanje z že delujočim okoljem. Ti postopki se izvajajo v testnem okolju, ki je ločeno od delovnega sistema. Tukaj lahko testiramo delovanje strojne opreme, operacijskega sistema in aplikacij, preden jih implementiramo v delovno okolje podjetja. Testno okolje je sestavljeno iz testnega laboratorija, vsebuje načrte testiranja, v katerih so opisani postopki testiranja, in aplikacije ali novosti, katere bomo testirali.

Testni laboratorij je organiziran tako, da omogoča testiranje brez kakršne koli grožnje delovnemu sistemu. Z delom v laboratoriju si strokovnjaki pridobijo dobro podlago za dejansko implementacijo. S pomočjo uvedbe novosti v testnem okolju lahko vidimo, kje se pojavljajo težave in na kaj moramo biti pozorni ob implementaciji v produkcijsko okolje. Vse to je ključnega pomena za učinkovito realizacijo projekta v prihodnosti. Postopek izdelave in implementacije testnega okolja je prikazan na naslednji Sliki 9 (na str. 43):

Slika 9: Načrtovanje testnega okolja in izvajanje testov



Vir: Test Environment Design and Testing Process, 2006.

V namen testa sem pripravil tesni strežnik Windows server 2003, ki deluje kot domenski kontroler (DC).

Domena v Windows strežniškem okolju predstavlja logično skupino računalnikov, ki so povezani v zaključeno celoto s pomočjo centralnega imenika, imenovanega »aktivni imenik«. Aktivni imenik je baza vseh uporabnikov in njihovih pravic, ki jih imajo za dostop do resursov znotraj domene, resursov in storitev. Vsaka oseba, ki se želi prijaviti v domeno, potrebuje uporabniško ime, ki je edinstveno. S pomočjo tega uporabniškega imena se v nadaljnjem postopku posameznim uporabnikom lahko določa različne pravice za dostop. V domeni se ta centralna baza uporabnikov nahaja na računalniku, ki je konfiguriran kot domenski kontroler. To je strežnik, ki skrbi za centralizirano urejanje uporabniških profilov in njihovih pravic in skrbi za vse aspekte znotraj domene, ki so povezane z omejevanjem pravic uporabnikom.

Drugi del testnega laboratorija bo navadna delovna postaja, na kateri deluje Windows XP operacijski sistem in se povezuje na DC.

Takšno okolje nam sedaj nudi možnosti, da testiramo različne konfiguracije delovanja domene, testiramo lahko delovanje skupinskih politik in vse kar se dogaja znotraj domene.

8 SKLEP

V diplomskem delu sem predstavil del težav, ki se pojavljajo v sodobnih informacijskih centrih. Rdeča nit celotnega dela je varovanje informacij podjetja in stroški povezani z delovanjem centrov. V dobi razvite informacijske družbe, podjetje brez informacij ne more poslovati. Glede na to, da se večina informacij nahaja v digitalni obliki, so s hranjenem teh informacij povezani tudi stroški, ki pa se večajo tudi z načinom dostopa do le-teh. Virtualizacija s svojo tehnologijo in novim načinom organizacije informacijskih centrov nudi veliko pozitivnih učinkov za podjetje.

Predstavljena je bila navidezna tehnologija in njeni osnovni principi delovanja. Spoznali smo, da lahko izvajamo navideznost na različnih nivojih v strukturi računalnika. Uporabljamo lahko različne pristope. Razvoju tega trga se prilagajajo tudi ponudniki strojne opreme in nudijo podporo že na nivoju strojne opreme.

Osredotočil sem se predvsem na enega od ponudnikov storitev virtualizacije, ki je trenutno najuspešnejši pri realizaciji in implementaciji te tehnologije. VMware je podjetje, ki je prisotno na tem trgu že od samega začetka razvoja tega načina delovanja in dosega tudi največje napredke na tem področju. Na kratko so opisani tehnični postopki, kako lahko dosežemo uspešno realokacijo resursov določene strojne enote in jo nudimo na razpolago večim navideznim enotam.

V drugem delu sem želel predstaviti, kako lahko ta sodobna tehnologija pripomore k učinkovitejšemu delovanju informacijskih centrov. S pomočjo funkcionalnosti kot so VMotion in dodatkov za neprekinjeno dosegljivost, lahko podjetje močno izboljša kvaliteto svojih storitev. Virtualizacija nudi tudi možnost strežniške konsolidacije, s pomočjo katere lahko dosežemo boljše izkoriščenost resursov in nižje stroške (to je bilo predstavljeno v drugem poglavju, kjer je bila izvedena analiza dveh podjetij, ki sta prešli na virtualizacijo). Okolje je bolj prilagodljivo potrebam podjetja in oddelek informatike lažje prilagaja storitve novim usmeritvam podjetja.

Virtualizacija zaenkrat vzbuja nekoliko strahu in nezaupanja v vodstvenih nivojih podjetij, vendar verjamem, da se bo to kmalu spremenilo. Kot lahko opazamo, vodilni informacijski integratorji v Sloveniji, kot sta S&T in SRC.SI, vlagajo veliko energije v približevanje te tehnologije svojim strankam. Izvedenih je bilo tudi že nekaj uspešnih projektov na tem področju. Pozitivne vplive virtualizacije so analizirali tudi pri analitični hiši Gartner, ki so napovedali, da bodo podjetja plačevala do 25% več na leto za stroške informatike, če ne bodo uporabljala navidezne tehnologije po letu 2007 (Gartner, 2003, str. 3).

LITERATURA

1. Drnovšek Samo: Neprekinjeno poslovanje z vidika poslovne informatike. Diplomsko delo. Ljubljana : Ekonomska fakulteta, 2005. 61 str.
2. Kern R.F.: IBM Storage Infrastructure for Business Continuity. Arizona : IBM Systems Group, 2003. 37 str.
3. Perpar Matjaž: Virtualizacija operacijskih sistemov na platformi intel IA-32. Diplomsko delo. Ljubljana : Fakulteta za računalništvo in informatiko, 2005. 52 str.
4. Popek G. J., Goldberg R. P.: Formal Requirements for Virtualizable Third – Generation Architectures. Communications of the ACM. New York, ACM Press, 1974. str. 412 – 421
5. Rihar Boštjan: Uvajanje pogojev za zagotavljanje delovanja poslovnega informacijskega sistema. Magistrsko delo. Ljubljana : Ekonomska fakulteta Univerze v Ljubljani, 2003. 84 str.
6. Swanson Marianne, Wohl Amy: Contingency Planning Guide for Information Technology systems. Washington : National Institute of Standard and Technology (NIST), 2002. 92 str.
7. Šet Andreja: Virtualizacija računalniških strežnikov. Diplomsko delo. Maribor : Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, 2005. 69 str.
8. Varian Melinda: VM and the VM Community: Past, Present, and Future. Princeton : Princeton University, 1997. 70 str.

VIRI

1. AMD – Opteron Processor Family. [URL: http://www.amd.com/us-en/Processors/ProductInformation/0,,30_118_8825,00.html], 12.6.2006.
2. Beyond disaster recovery: Becoming a resilient business. An object-oriented framework and methodology. IBM Corporation. [URL: <http://www.ibm.com>], 24.5.2006.
3. Building Virtual Infrastructure with VMware VirtualCenter. White Paper. VMware inc. [URL: <http://www.vmware.com>], 3.2.2006.
4. Business Resilience: Proactive measure for forward looking enterprises. IBM Corporation. [URL: <http://www.ibm.com>], 24.5.2006.

5. Data Disaster Recovery for Small and Medium Businesses. White Paper. Iron Mountain Digital. [URL: <http://www.ironmountain.com/digital/livevault>], 24.5.2006.
6. ESX Server 2. White Paper. VMware inc. [URL: <http://whitepapers.zdnet.com/whitepaper.aspx?&kw=vmware&cat=230&promo=120000&docid=88054>], 3.2.2006.
7. Predicts 2004: Server Virtualization Evolves Rapidly. Gartner group. 2003, 3 str.
8. Improving Economics of Blades using VMware. White Paper. VMware inc. [URL: <http://www.vmware.com/solutions/whitepapers.html>], 3.2.2006.
9. Intel – Itanium Processor Family. [URL: <http://www.intel.com/cd/ids/developer/asmo-na/eng/dc/itanium/index.htm>], 24.5.2006.
10. Learn the Financial Benefits of HP-UX 11i versus Alternate Platforms. White Paper. Hewlett-Packard Development Company. [URL: <http://www.knowledgestorm.com>], 24.5.2006.
11. Making the Business Disaster Ready with Virtual Infrastructure. White Paper. VMware inc. [URL: <http://www.knowledgestorm.com>], 24.5.2006.
12. Mercado Rommel: Server Consolidation: An IT Perspective. OS Environment: Power Solutions. Dell Press. [URL: <http://www.dell.com>], 24.5.2006.
13. Reducing Server Total Costs of Ownership with VMware Virtualization Software. White Paper. VMware inc. [URL: <http://www.vmware.com/solutions/whitepapers.html>], 23.5.2006.
14. Server Consolidation and Containment with VMware Virtual Infrastructure. Solution Technical Datasheet. VMware inc. [URL: <http://www.vmware.com/vmtn/resources/>], 23.5.2006.
15. Server consolidation Technologies – a practical guide. White paper. Leostream inc. [URL: <http://www.leostream.com>], 24.5.2006.
16. Server Consolidation Yields More Than Just Savings For Growing Australian City. Intel business center case study. Intel Corporation. [URL: <http://www.intel.com/business>], 23.5.2006.
17. Singh Amit: An Introduction to Virtualization. [URL: <http://www.kernelthread.com/publications/virtualization/>], 3.2.2006.
18. Solaris Containers: Server Virtualization and Manageability. Technical White Paper. Sun Microsystems inc. [URL: <http://www.sun.com>], 3.2.2006.

19. Successful server consolidation: it's all in the preparation. White Paper. Hewlett-Packard Development Company. [URL: <http://h18000.www1.hp.com/products/servers/consolidation>], 24.5.2006.
20. Test Environment Design and Testing Process. [URL: <http://technet2.microsoft.com/WindowsServer/en/library/6afc7321-886e-4479-9c07-e8773fb330891033.mspx?mfr=true>], 24.5.2006.
21. Virtual Machines & VMware. [URL: <http://www.extremetech.com/article2/0,1697,10403,00.asp>], 3.2.2006.
22. Virtualization Overview. White Paper. VMware inc. [URL: <http://www.vmware.com/solutions/whitepapers.html>], 3.2.2006.
23. Virtualization: Architectural Considerations and Other Evaluation Criteria. White Paper. VMware inc. [URL: <http://www.vmware.com/solutions/whitepapers.html>], 3.2.2006.

SLOVAR TUJIH IZRAZOV IN KRATIC:

Server cluster	strežniška gruča	Dva ali več povezanih strežnikov, ki se lahko uporabniku predstavljajo kot en sam vir za dostop do storitev. Večinoma se gručenje uporablja za zagotavljanje boljše dosegljivosti in preprečevanje izpada storitve
Emulacija		Proces, s pomočjo katerega prevajamo ukazi iz enega okolja v ukaze, ki delujejo znotraj drugega računalniškega okolja.
Virtual Machine Monitor (VMM)	nadzornik navideznih postaj	Programska oprema, ki ustvarja navidezno okolje med različnimi nivoji znotraj računalnika.
Multitasking	večopravilnost	Sistem, v katerem v kratkih časovnih intervalih izmenično teče zdaj en, zdaj drug proces, kar ustvarja vtis hkratnega delovanja.
Firmware	strojna programska oprema	Programje, ki deluje kot flash modul in je trajno vgrajeno v pomnilnike.
BIOS	osnovni vhodno – izhodni sistem	Nabor osnovnih podprogramov, ki so potrebni za zagon računalnika.
LUN	številka logične enote	Naslov posameznega diska. V omrežju pomnilniških naprav se ta izraz uporablja za identifikacijo particij v diskovnem polju.
Main frame	osrednji računalnik	Velik, zmogljiv računalnik, ki omogoča sočasno delo več uporabnikov in na katerega se lahko priključi več zunanjih naprav, terminalov, računalnikov.
Domain controller (DC)	domenski kontroler	Strežnik, ki znotraj Windows Server okolja skrbi za avtentikacijske zahteve in dodeljuje dostope.
SAN	omrežje pomnilniških naprav	Omrežje prilagojeno za povezovanje shranjevalnih medijev. Ponavadi se v to omrežje preklapljajo diskovna polja in kasetne knjižnice.