



DEPARTMAN ZA INFORMATIKU I RAČUNARSTVO

Vladimir Topalović

**ANALIZA UTICAJA HYPER-V
VIRTUALIZACIJE NA PERFORMANSE
MS WINDOWS 2008 i 2003 OPERATIVNIH
SISTEMA**

- Diplomski rad -



DEPARTMAN ZA INFORMATIKU I RAČUNARSTVO

**ANALIZA UTICAJA HYPER-V
VIRTUALIZACIJE NA PERFORMANSE
MS WINDOWS 2008 i 2003 OPERATIVNIH
SISTEMA**

- Diplomski rad -

Mentor:
Prof. dr Mladen Veinović

Student:
Vladimir Topalović

Br. indeksa:
153/2005



DEPARTMAN ZA INFORMATIKU I RAČUNARSTVO

UNIVERZITET SINGIDUNUM
DEPARTMAN ZA INFORMATIKU I RAČUNARSTVO
Beograd, Bulevar Zorana Đinđića 44

Broj: _____/2005

Kandidat: Vladimir Topalović

Broj indeksa: 153/2005

Smer: Projektovanje i programiranje

Tema: Analiza uticaja Hyper – V virtualizacije na performanse MS windows 2008 i 2003 operativnih sistema

MENTOR

Prof. dr Mladen Veinović

Datum odobrenja teme:
9.3.2010.
Beograd

DEKAN

Prof. dr Mladen Veinović

Tema: Analiza uticaja Hyper – V virtualizacije na performanse MS windows 2008 i 2003 operativnih sistema

Apstrakt: Predmet ovog rada je analiza uticaja Hyper-V virtualizacione tehnologije na performanse operativnih sistema Microsoft Windows Server 2008 i Server 2003. Rad objašnjava osnove virtualizacije, detaljnije objašnjava Hyper-V virtualizaciju i prikazuje njene prednosti i mane u odnosu na druga rešenja. Detaljno testira performanse operativnih sistema i dobijene rezultate poredi međusobno, dokazujući da će virtualizacija predstavljati najbolje rešenje u svim strukturama informacionih sistema u budućnosti.

Ključne reči: Virtualizacija, Hyper-V.

Subjects: The analysis of Hyper - V virtualization's influence on performance of MS Windows 2008 and 2003 operating systems

Abstract: The subject of this study was to analyze the impact of Hyper-V technology on performance of Microsoft Windows Server 2008 and Server 2003 operating systems. This study explains the basics of virtualization and Hyper-V virtualization, with it's advantages and disadvantages compared to other solutions. It thoroughly tests the performance of operating system and compares given results, proving that virtualization will present the best solution in the future for all structures of information systems.

Keywords: Virtualization, Hyper-V.

Sadržaj

1	UVOD.....	- 1 -
2	VIRTUALIZACIJA.....	- 2 -
2.1	POJAM VIRTUALIZACIJE	- 2 -
2.2	ISTORIJA VIRTUALIZACIJE	- 2 -
2.3	VRSTE VIRTUALIZACIJE	- 3 -
2.4	ZNAČAJ VIRTUALIZACIJE	- 6 -
2.5	BUDUĆNOST VIRTUALIZACIJE	- 6 -
3	HYPER – V virtualizaciona platforma	- 8 -
3.1	TEHNOLOGIJA	- 8 -
3.2	PREDNOSTI	- 9 -
3.3	ALTERNATIVE	- 12 -
4	ANALIZIRANJE	- 16 -
4.1	USLOVI U KOJIMA JE IZVRŠENA ANALIZA	- 16 -
4.2	INSTALACIJE	- 16 -
4.3	SCENARIJI TESTOVA.....	- 26 -
5	REZULTATI.....	- 27 -
5.1	<i>Processor</i>	- 28 -
5.2	<i>Memory Controller</i>	- 35 -
5.3	<i>Virtual Machine</i>	- 38 -
5.4	<i>Eksterna memorija</i>	- 42 -
5.5	<i>Network</i>	- 44 -
6	ZAKLJUČAK	- 45 -
7	LITERATURA.....	- 46 -

1 UVOD

Virtualizacija računara je koncept čiji je razvoj započet još sredinom prošlog veka. Podrazumeva apstrakciju i enkapsulaciju računarskih komponenata tako da se one mogu koristiti na način koji odgovara određenoj primeni. Virtualizuju se računarske mreže, programi i operativni sistemi. Virtualizacijom se postiže bolja iskorišćenost računarske infrastrukture jer se omogućuje njeno istovremeno korišćenje u različitim sistemima.

Moguće je postići i druge korisne efekte kao što su bezbednost i pouzdanost. Na primer, kod virtualizacije računarskih sistema, cilj je postići izolovano izvršavanje nekoliko različitih operativnih sistema na jednom fizičkom računaru. Izolacija i ograničenja na dostupnu memoriju, procesorsko vreme i slično, automatski doprinose bezbednosti tako što izoluju sistem od neovlašćenih korisnika, onemogućuju napade uskraćivanja usluge na celom sistemu, a kompromitovanost jednog virtualnog sistema neće uticati na ostale.

Načini na koje se ostvaruje virtualizacija operativnih sistema mogu uključivati emulaciju (oponašanje) celokupnog potrebnog hardvera, ili nepotpunu virtualizaciju koja uključuje delimičnu virtualizaciju i paravirtualizaciju. Poboljšanje performansi virtualnog sistema može se postići i korišćenjem posebno proizvedenog hardvera koji potpomaže virtualizaciju. Zbog rasprostranjenosti x86 arhitekture, čiji su radni kapaciteti znatno veći od potreba jednog operativnog sistema, virtualizacija u poslednje vreme postaje sve češće rešenje. Njome se poboljšava iskorišćenost sistema i ostvaruju se uštede na hardveru.

2 VIRTUALIZACIJA

2.1 POJAM VIRTUALIZACIJE

Virtualizacija je tehnologija koja predstavlja kombinaciju hardvera i softvera, i koja omogućava da se na istom računaru (obično serveru sa više procesora) pokreće više različitih operativnih sistema koji dele zajedničke resurse. Na taj način sistem se deli na više posebnih virtualnih celina koje se ponašaju kao nezavisni računarski sistemi. Jednostavno rečeno, virtualizacija je mogućnost pokretanja više međusobno nezavisnih operativnih sistema na jednom fizičkom računaru. Najčešći primer je pokretanje Linux operativnog sistema pod već pokrenutim Windows-om, gde bi Linux bio u određenom pogledu nezavisan od nosećeg operativnog sistema (engl. *host OS*), odnosno, od operativnog sistema koji je pokrenut na fizičkom računaru, u ovom slučaju Windows-a.

Jedan od razloga za virtualizaciju je mogućnost boljeg iskorišćenja hardvera serverskih računara pošto statistike pokazuju da je stepen iskorišćenosti današnjih servera svega oko 10 do 15 procenata. Korišćenjem virtualizacije, stepen iskorišćenosti raste i preko 70%. Kako cifre pokazuju, softver koji pokreće jednu ili više virtualnih mašina troši i do 35% procesorske snage, pa se pojedine funkcije koje olakšavaju rad softvera za virtualizaciju već sada ugrađuju u procesore. Nezavisnost se ogleda u tome da aplikacije ili programi pokrenuti na jednom sistemu ne mogu uticati na rad drugog sistema, pa pri padu jednog virtualnog operativnog sistema, posledice po druge virtualne ili noseći operativni sistem ne bi postojale. Dakle, stvar je ista kao kada se na pet odvojenih fizičkih računara izvršava pet nezavisnih operativnih sistema. Situacija, naravno, nije potpuno ista, jer u slučaju virtualizacije računar deli resurse (procesorska jezgra, internu i eksternu memoriju, komunikacione kanale...) između virtualnih računara.

2.2 ISTORIJA VIRTUALIZACIJE

Razvoj tehnologija za virtualizaciju započinje 1960-tih godina u IBM-u. Reč je bila o projektu M44/44X kojem je cilj bio logički podeliti fizički sistem na različite virtualne mašine kako bi se poboljšala iskorišćenost hardvera. Takav centralni sistem podržavao je istovremeno izvršavanje većeg broja programa (procesa). Zbog skupog hardvera, odnosno njegovog efikasnijeg iskorišćavanja, to je značilo značajne finansijske uštede. IBM je uz to dao i najznačajnije doprinose na području razvoja virtualizacionih tehnologija. Na IBM računarima razvijen je i prvi CTSS (engl. *Compatible Time Sharing System*) sistem na MIT-u (*Massachusetts Institute of Technology*). Reč je o sistemu koji omogućuje deljenje hardvera računarskog sistema između različitih korisnika (ljudi ili programa). Na taj način omogućuje se naizgled istovremeno obavljanje više različitih zadataka.

IBM je u 60-tim i 70-tim godinama prošlog veka takođe razvio čitav niz računara čiji je hardver podržavao virtualne sisteme i odgovarajuće virtualne platforme: CP-40 sistem za IBM 360/40 računare, CP-67 sistem za IBM 360/67 računare, VM/370 sistem i druge. IBM-ove virtualne mašine simulirale su IBM-ov hardver, identičan onom na kakvom su se

pokretale, a VMM (engl. *Virtual Machine Monitor*) interfejs izvršavao se direktno na hardveru.

Daljim razvojem računara, uvođenjem 32-bitnih arhitektura te porastom složenosti i zahtevnosti programa, raste iskorišćenost računara, tako da virtualizacija gubi na popularnosti u 80-tim i 90-tim godinama. U to vreme razvija se model klijent/server programa i distribuiranog programiranja na više umreženih računara.

Otkako poslednjih desetak godina x86 arhitekture postaju dominantne u poslovnim serverima, javlja se sličan problem neiskorišćenosti servera kao i u 1960-tima. Tu se opet kao rešenje nameće virtualizacija. Kao hardverske realizacije javljaju se AMD-V (*AMD Virtualization*) i Intel VT (*Virtualization Technology*) tehnologije koje centralne procesore serverskih računara čine pogodnima za virtualizaciju.

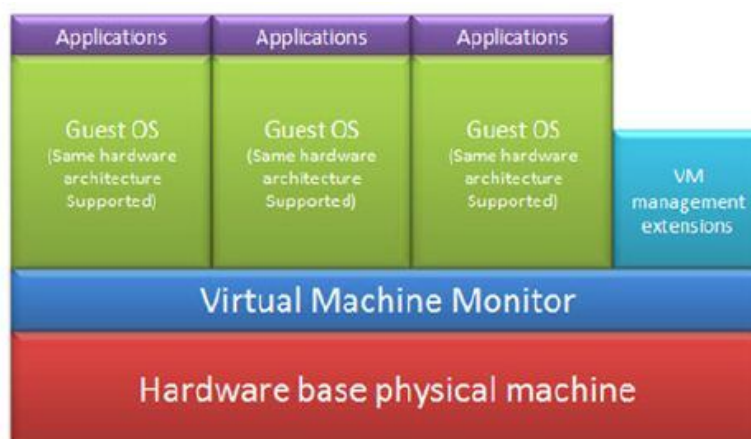
2.3 VRSTE VIRTUALIZACIJE

U praksi performanse virtualizovanih računarskih sistema direktno zavise od količine resursa (memorije, brzine hard diska, prostora, broja procesora i sl.), kao i od vrste virtualizacije. Postoje pet vrsta virtualizacije:

- Puna virtualizacija,
- Delimična virtualizacija,
- Para-virtualizacija,
- Hardverski potpomognuta virtualizacija,
- Virtualizacija na nivou operativnog sistema.

2.3.1 Puna virtualizacija

Puna virtualizacija podrazumeva simulaciju kompletnog hardvera, pa se gostujući operativni sistem (koji pokrećemo na virtualnoj mašini) može instalirati i izvršavati bez izakvih izmena. Hipervizor (ili virtualni menadžer) simulira kompletan hardver koji je potreban gostujućem operativnom sistemu da bi radio od grafičke kartice do hard diskova, USB portova i drugih periferija. Ovakvo rešenje je najelegantnije i najlakše za korišćenje ali je njegova negativna strana brzina izvršavanja virtualizovanih operativnih sistema i programa. Dakle, performanse ovakve konfiguracije sporije su zbog toga što centralni procesor mora da simulira i dodatan hardver.



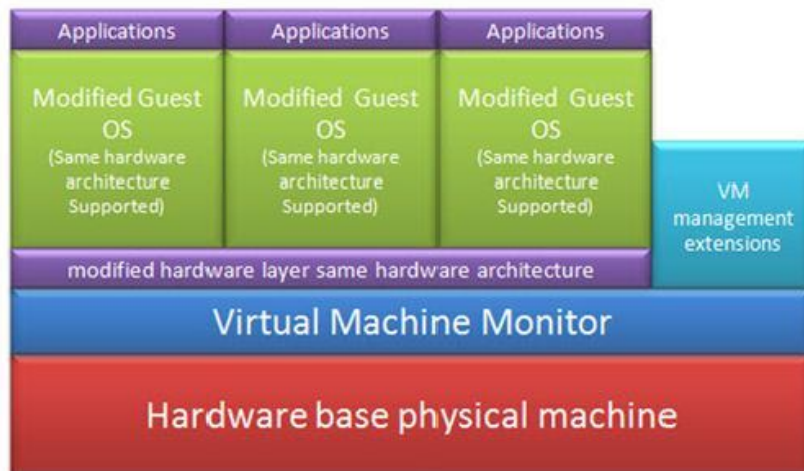
Slika 1: Puna virtualizacija

2.3.2 Delimična virtualizacija

Za razliku od pune virtualizacije delimična virtualizacija ne podrazumeva simulaciju celog hardvera, već samo određenog dela. To najčešće znači da se na virtualnoj mašini ne može da pokreće ceo operativni sistem, ali se može pokretati veliki broj programa. Karakteristika delimične virtualizacije je odvajanje adresnih prostora, odnosno dodeljivanje zasebnog virtualnog adresnog prostora svakoj virtualnoj mašini. Ovaj tip virtualizacije koristan je kod deljenja memorijskih resursa među različitim korisnicima. Opšti značaj ove metode više je istorijski nego praktičan, a odnosi se na približavanje ostvarenju pune virtualizacije.

2.3.3 Para-virtualizacija

Za razliku od pune virtualizacije para-virtualizacija podrazumeva sistem gde gostujući operativni sistem komunicira sa matičnim operativnim sistemom preko hipervizora (menadžera virtualizacije). Na taj način gostujući operativni sistem podatke o hardveru dobija direktno od matičnog operativnog sistema, i samim tim simulacija kompletnog hardvera nije potrebna, pa su performanse drastično veće. U slučaju para-virtualizacije brzina gostujućeg sistema ne bi trebalo da bude sporija od 3-10% u odnosu na matični operativni sistem. Međutim, ove performanse dolaze po ceni toga da gostujući operativni sistem mora biti izmenjen (tako da može da komunicira sa matičnim operativnim sistemom) pa je fleksibilnost takvog rešenja znatno manja.



Slika 2: Para virtualizacija

2.3.4 Hardverski potpomognuta virtualizacija

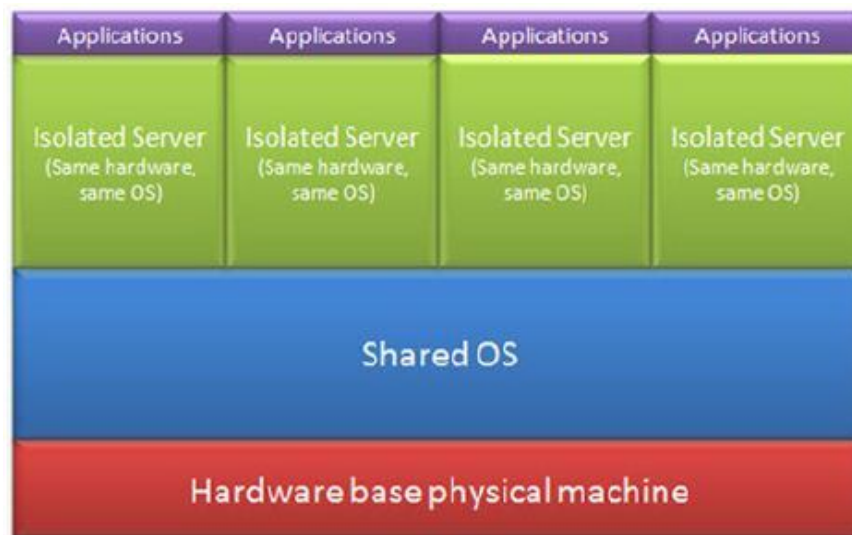
Ova vrsta virtualizacije odnosi se zapravo na potpunu virtualizaciju koja koristi posebno prilagođene procesore fizičkog servera. Reč je o podešavanjima koje omogućavaju uočavanje osetljivih instrukcija i njihovu zamenu i oponašanje skupom odgovarajućih sigurnih instrukcija u hardveru. Naspram programskog (softverskog) ostvarenja, hardverska virtualizacija mašinskih instrukcija nudi veću efikasnost. Primeri ovih tehnologija za x86 arhitekture procesora su Intel VT (engl. *Virtualization Technology*) i AMD-V (engl. *AMD Virtualization*). Virtualna okruženja koja koriste hardversku potporu su VMware Workstation, Xen 3.x, Linux KVM i Microsoft Hyper-V. Problem kod ove

vrste virtualizacije je zahtev za posebnim hardverom koje povećava efikasnost rada u virtualnim okruženjima, ali smanjuje efikasnost kod drugih primena.

2.3.5 Virtualizacija na nivou operativnog sistema

Kod ove vrste virtualizacije jezgro ili operativni sistem omogućuju odvajanje korisničkih prostora tako da oni, sa strane korisnika izgledaju kao potpuni serveri. Pritom su često uključeni alati za upravljanje računarskim resursima (memorijom, diskom i sl.). Problem kod ove vrste virtualizacije je taj što se ne mogu koristiti virtualni serveri s različitim operativnim sistemima. Prednosti su što nema narušavanja efiksnosti rada virtualnih mašina jer se direktno koristi stvarni operativni sistem, bez hardverskog ili programskog prevođenja virtualnih u stvarne komande.

Na donjoj slici vidljivo je kako u ovom slučaju nema VMM (engl. *Virtual Machine Manager*) sloja, već se virtualni sistemi pokreću iznad operativnog sistema domaćina. Pritom su svi sistemi isti kao i sistem domaćina, jedino su podeljeni u odvojene servere.



Slika 3: Virtualizacija na nivou operativnog sistema

2.3.6 Poređenje svih tehnika virtualizacije

	Prednosti	Nedostaci
Puna	Omogućuje instalaciju originalnog operativnog sistema na virtualnu mašinu	Nije moguća na svim sistemima
Delimična	Omogućava deljenje memorije između korisnika	Samo deo programa može da se virtualno pokreće
Para-virtualizacija	Omogućuje instalaciju operativnog sistema na virtualnu mašinu	Zahteva izmene u operativnim sistemima koji se instaliraju
Hardverski potpomognuta	Brži i efikasniji rad za virtualne sisteme	Moguća smanjena efikasnost kod drugih primena
Virtualizacija na nivou OS-a	Efikasno korišćenje hardvera operativnog sistema domaćina	Svi operativni sistemi moraju biti isti

Tabela 1: Poređenje svih tehnika virtualizacije

2.4 ZNAČAJ VIRTUALIZACIJE

Postoji više razloga zbog kojih je virtualizacija značajna. Prosečnom korisniku računara ona donosi pre svega fleksibilnost u korišćenju više operativnih sistema, bez restartovanja ili složene instalacione procedure. Mogućnost da testira bilo koji operativni sistem bez rizika da onespособi fizički računar, svakako je bitna. Međutim, pravi smisao virtualizacije se ogleda tek u uslovima poslovne primene, pre svega u velikim mrežnim okruženjima internet provajdera i drugih firmi koje pružaju neku vrstu mrežnih IT usluga. Naime, do sada je u većini slučajeva ceo računar bio rezervisan za jednog korisnika ili za samo jedan servis. Virtualizacija nam u ovom slučaju omogućava da na jednom fizičkom računaru omogućimo, u zavisnosti od jačine istog, nezavisan pristup i održavanje više virtualnih računara, kod kojih bi svaki klijenat imao takođe nezavisan pristup svom virtualnom računaru. Osim organizacijskih ušteda u vremenu i održavanju jednog umesto više fizičkih računara, takođe nisu zanemarljivi ni troškovi hlađenja i električne energije. Na primer, umesto 100 fizičkih računara može biti smešteno u svega desetak fizičkih na kojima se izvršava 100 nezavisnih virtualizovanih operativnih sistema. Dakle, primene u ISP (*Internet service provider*) sektoru su višestruke i donose smanjenje troškova, veću fleksibilnost i lakše održavanje. Osnovni koncept omogućava sloj apstrakcije hardvera računara domaćina. Na ovaj način virtualni računar je nezavistan od stvarnog hardvera koji se nalazi kod domaćina, što omogućava prenosivost između različitih nosećih računara. Virtualni računar preko sloja apstrakcije pristupa računaru domaćinu i njegovom hardveru.

Najznačajniji efekti koje donosi virtualizacija su sledeći:

- konsolidacija i efikasno korišćenje postojećih IT resursa,
- smanjenje broja fizičkih servera od 8 do 30 puta,
- smanjenje kompleksnosti IT infrastrukture,
- jednostavnija i jeftinija administracija,
- povećanje pouzdanosti IT infrastrukture,
- visoka otpornost na otkaze fizičke infrastrukture,
- smanjenje troškova električne energije za napajanje i hlađenje data centra od 50% do 80%,
- smanjenje potrebnog prostora u data centru od 50% do 77%,
- smanjenje cene održavanja ili iznajmljivanja, kao i potreba za hlađenjem,
- omogućavanje pouzdanog i jeftinog sistema za oporavak od katastrofe (engl. *disaster recovery*).

2.5 BUDUĆNOST VIRTUALIZACIJE

Prema Gartnerovom istraživanju¹ iz 2008. godine virtualizacija će do 2012. godine imati najznačajniji uticaj na promenu načina na koje se upravlja računarima. Utiće na

¹ Gartner Says Virtualization Will Be the Highest-Impact Trend in Infrastructure and Operations Market Through 2012, <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=638207>, decembar 2009.

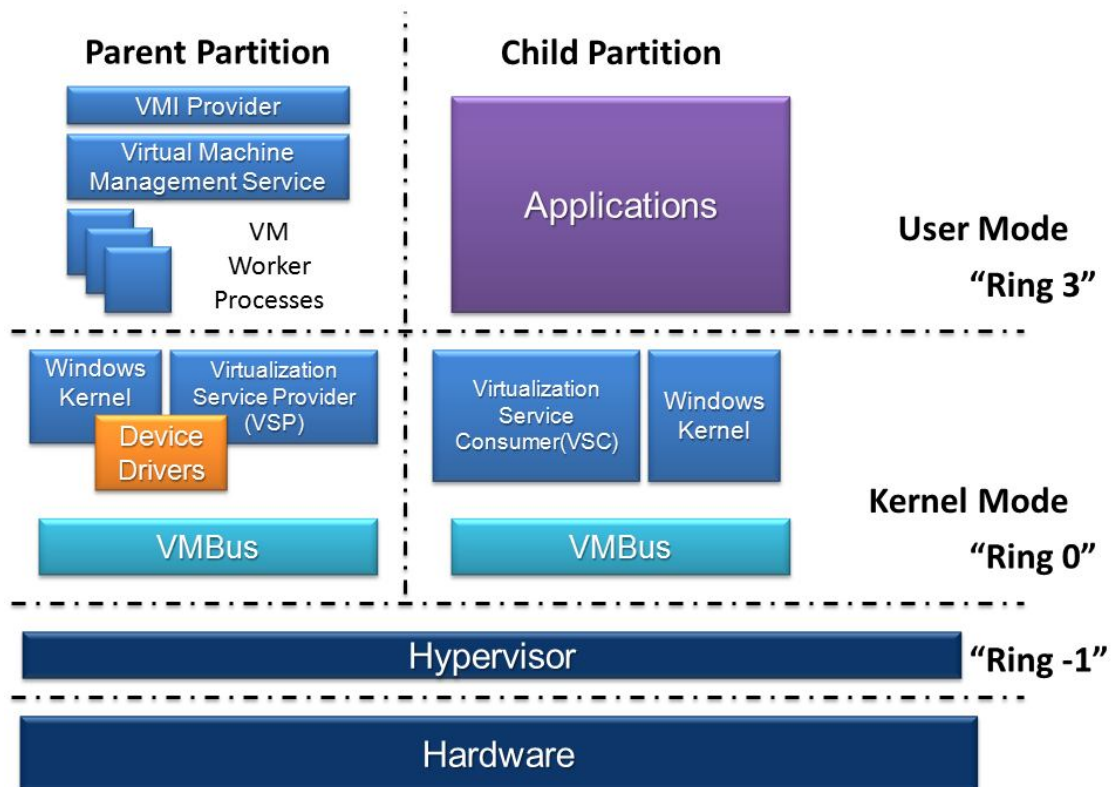
količinu hardverske podrške koja se kupuje, način na koji se koristi, te stvoriti novo područje takmičenja među proizvođačima. Takav trend je prisutan već danas. Virtualizuju se mreže, personalni računari, poslovni serveri i sl. Prema istom istraživanju procenjuje se da je tržište x86 servera u 2006. godini smanjeno za 4% upravo zbog virtualizacije. Predviđa se i da će zbog konkurencije padati troškovi virtualnih mašina i njihovog održavanja, što će dodatno povećati broj virtualnih mašina sa 5 milona, koliko ih je procenjeno u 2008. godini do 660 miliona, koliko ih se predviđa do 2011. godine. U istom istraživanju kao veći dugoročni uticaj predviđa se virtualizaciji servera umesto virtualizacije programa. Predviđa se i kako će proces virtualizacije i automatizacije servera izroditi nekoliko dominantnih arhitektura za upravljanje IT infrastrukturama.

3 HYPER – V virtualizaciona platforma

3.1 TEHNOLOGIJA

Microsoft Windows Server 2008 Hyper-V je na hipervizoru zasnovana mogućnost virtualizacije. On se instalira u okviru Windows Servera kao uloga (engl. *role*), baš kao i bilo koji drugi servis (DHCP, deljenje fajlova i štampača, itd.). Hipervizor je tanak sloj softvera koji omogućava da se istovremeno izvršava više operativnih sistema na jednom fizičkom računaru. Hipervizor se izvršava direktno na hardveru ispod bilo kojeg operativnog sistema koji se nalazi na toj mašini. U mnogome, hipervizor je sličan kernelu. On upravlja memorijom, virtualnim (engl. *thread*) procesima i osnovnim performansama sistema.

Neke od mogućnosti hipervizora su podrška za operativne sisteme x86 i x64, zatim izvršavanje gostujuće mašine u višeprocorskom okruženju, alociranje velike količine memorije za virtualne mašine, integracija virtualnih komutatora koji podržavaju VLAN označavanje i mogućnost migracije virtualnih mašina na druge noseće računare uz minimalano vreme nedostupnosti (engl. *downtime*). Windows Server Hyper-V sadrži sinteničke drajvere uređaja koji dramatično poboljšavaju performanse sistema tako što smanjuju broj prebacivanja CPU-a iz sistemskog režima rada u korisnički režim (engl. *user mod*) jer je samo prebacivanje centralnog procesora iz sistemskog u korisnički režim rada vremenski zahtevno.



Slika 4: Hyper-V

3.1.1 Arhitektura

Hyper-V podržava izolaciju koristeći particiju u kojoj se operativni sistem izvršava. Postoji osnovna (korena, engl. *root*) particija na kojoj se izvršava puna instalacija Windows Servera 2008 ili *Server Core* instalacija koja nudi ograničeni set funkcija i uloga. Virtualizacioni stek (engl. *stack*) je kolekcija softverskih komponenti koje rade zajedno da bi podržale virtualne mašine. Pokreće se u osnovnoj particiji i ima direktan pristup hardveru i uređajima. Iz osnovne particije mogu se praviti izvedene (engl. *child*) particije. Ove particije su predviđene za izvršavanje raznih operativnih sistema uključujući i *hypervisor-aware* operativne sisteme. Izvedene particije nemaju direktan pristup hardverskim resursima. Njihovi zahtevi se preusmeravaju ka osnovnoj particiji preko VM Bus (*Virtual Machine Bus*) podsistema za razmenu zahteva i podataka.

3.2 PREDNOSTI

3.2.1 Brza migracija

Sa brzom migracijom moguće je seliti virtualne mašine sa jednog fizičkog nosećeg sistema na drugi sa minimalnim vremenom nedostupnosti koristeći poznate prednosti Windows Servera i menadžment alata *Microsoft System Center*. Koristeći Windows Server Hyper-V i mogućnosti brze migracije, lako se konsoliduju fizički serveri i u isto vreme održava raspoloživost i fleksibilnost kritičnih poslovnih servisa.

Prethodne verzije Windows-a videle su fajlove kao virtualne mašine (VHD fajlovi) na LUN-u (*Logical Unit Numbers*). Windows *Cluster administrator* video je samo LUN, odnosno nije video fizičke fajlove sve dok oni nisu bili registrovani i pridruženi pomoću skripti. Windows Server 2008 prepoznaje virtualne mašine i samim tim ne zahteva skripte za gašenje, migraciju i restartovanje virtualnih mašina prilikom prebacivanja sa jednog na drugi noseći računar. Samim tim, migracija virtualnih mašina znatno je ubrzana i olakšana.

Na Windows Serveru 2008 moguće je pokrenuti više servera, i to kao gostujuće virtualne mašine na jednom fizičkom serveru, i konfigurisati fizički server kao jedan čvor u pomoćnom klasteru. Nakon toga virtualni hard disk (VHD) gostujuće mašine možete staviti na raspolaganje ostalim čvorovima u klasteru. Ovakvom konfiguracijom ostali fizički serveri u klasteru spremni su da podrže gostujuću virtualnu mašinu u svakom trenutku putem opcije „brza migracija“ (engl. *Quick migration*).

U slučaju planirane selidbe, brza migracija čuva stanje gostujuće virtualne mašine, premešta vezu sa eksternom memorijom sa jednog fizičkog na drugi fizički server i onda vrši restauriranje gostujuće virtualne mašine na drugom fizičkom serveru. Brzina migracije zavisi od toga koliko je podataka potrebno zapisati na disk, kao i od brzine konekcije sa eksternom memorijom. Generalno, migracija se vrši za svega nekoliko sekundi, pa je i vreme nedostupnosti sistema izuzetno malo, u nekim situacijama čak i neprimetno. Da bi se iskoristile sve mogućnosti i pogodnosti brze migracije, potrebno je napraviti klaster sa Windows Serverom Hyper-V i nakon toga koristiti neki od Windows Servera 2008.

3.2.2 Pouzdanost

Hyper-V obezbeđuje bolju pouzdanost i veću skalabilnost. Sadrži mikro-kernelizovanu hipervizor arhitekturu sa minimalnom površinom izloženoj napadima. Ovaj hipervizor ne sadrži nikakve drajvere za uređaje drugih proizvođača. On kombinuje većinu drajvera uređaja koji su već izrađeni za Windows. Hyper-V se može koristiti i kao *Server Core role*.

3.2.3 Jaka izolovanost

Virtualizacija servera omogućava da aplikacije sa intenzivnim korišćenjem resursa i kontrole funkcionišu paralelno na istom serveru. Virtualni serveri moraju biti u stanju da vrše svoj posao sa što više fleksibilnosti, koristeći hardverske kapacitete prema potrebi, i tako da ne dođe do konflikta sa ostalim virtualnim serverima.

Hyper-V sarađuje sa hardverom osposobljenim za virtualizaciju na efikasnoj kontroli resursa raspoloživih za svaku virtualnu mašinu. Na primer, virtualne mašine se izoluju tako da imaju vrlo ograničenu izloženost drugim virtualnim mašinama na mreži ili na istom računaru.

3.2.4 Bezbednost

Bezbednost je centralni izazov u svakom serverskom rešenju. Virtualni serveri su bar u jednakoj meri izloženi koliko i samostalni, a na mnogo načina još i više. Na primer, više serverskih funkcija na istom računaru može značiti da tom računaru pristupa više administratora. Softver i drajveri drugih dobavljača takođe mogu da predstavljaju bezbednosni rizik, pa je važno obezbediti da u slučaju problema na jednoj virtualnoj mašini, to što manje utiče na ostale virtualne mašine koje se nalaze na istom fizičkom serveru.

Virtualizacija predstavlja priliku da se poveća bezbednost svih serverskih platformi. Svojstva koja Hyper-V koristi za unapređenje bezbednosti, između ostalih su:

- Omogućava virtualnim mašinama da iskoriste svojstva bezbednosti na nivou hardvera, kao što je bit za onemogućavanje izvršenja (čime se sprečava izvršavanje najčešćih virusa i crva), koji postoji na novijem serverskom hardveru.
- Pruža čvrstu bezbednost zasnovanu na ulogama da bi se sprečila izloženost bezbednih virtualnih mašina u deljenim serverima.
- Integriše svojstva mrežne bezbednosti koja omogućavaju automatski NAT (*Network Address Translation*), mrežnu barijeru i zaštitu politikom mrežnog pristupa (*Network Access Policy*) – karantin.
- Smanjuje površinu izloženu napadima pomoću jednostavne arhitekture.

3.2.5 Performanse

Napredak i integrisanje performansi pomoću hardvera projektovanog za virtualizaciju omogućavaju da Hyper-V virtualizuje mnogo zahtevnije poslove od ranijih rešenja virtualizacije i pruži im više resursa za veću skalabilnost.

Napredak performansi uključuje:

- Povećanje brzine zahvaljujući jednostavnoj hipervizor - baziranoj arhitekturi sa malo dodatnih opterećenja.
- Podršku za više jezgara, pa svaka virtualna mašina može da koristi čak četiri logička procesora.

- Ojačana 64-bitna podrška, čime se omogućava da virtualna mašina izvršava 64-bitne operativne sisteme i pristupa veoma velikim količinama memorije (čak do 64 GB po virtualnoj mašini), čime se omogućavaju poslovi koji zahtevaju više resursa i smanjuju uska grla zbog straničenja².
- *Mikrokernel hypervisor* - bazirana arhitektura omogućava virtualnim mašinama da izbacе slojeve emulacije i drajvera, bliže sarađujući sa hardverom koji je projektovan za virtualizaciju.
- Arhitektura visokih performansi za deljenje hardvera koja optimizuje transfer podataka između fizičkog hardvera i virtualnih mašina.

3.2.6 Nova mikrokernel arhitektura

Hyper-V koristi 64-bitnu hipervizor tehnologiju, da bi Windows Server 2003, Windows Server 2008, određene Linux distribucije i distribucije prilagođene Xeon procesorima mogle kvalitetno da koriste procesore i memoriju u deljenom okruženju, značajno poboljšavajući performanse. Hipervizor - bazirana virtualizacija je poslednja faza u evoluciji tehnologije virtualizacije, koja je počela emulatorima pre 30-ak godina, da bi danas stigla do hardverski podržane, skoro fizičke virtualizacije.

Osnovna virtualizacija (virtualna mašina **Type 2** - *hosted VM*)³ stvara deblji, sporiji nivo apstrakcije između hardvera i gostujućeg operativnog sistema. Ovaj pristup se naziva *hosted virtualization*. Postoji softver koji upravlja virtualnim mašinama – *Virtual machine monitor* (VMM) i sve virtualne mašine rade u okviru VMM.

Uprošćeni primer suviše upotrebe resursa kod ovog tipa virtualizacije vidi se kroz zahtev hardveru od strane drajvera gostujućeg operativnog sistema:

1. Zahtev ide emuliranom virtualnom hardveru kojim upravlja VMM,
2. VMM prosleđuje zahtev operativnom sistemu (domaćinu),
3. Operativni sistem prosleđuje zahtev drajveru hardvera,
4. Drajver upućuje zahtev hardveru.

Obraćanje se vrši na isti način i u suprotnom smeru.

Novi, hibridni sistemi virtualizacije, uključujući onaj primenjen u *Virtual Serveru*, radi ruku po ruku sa operativnim sistemom.

Kod **Type 1**⁴ VMM-a, hipervizor je mnogo bliži hardveru, pa se nekad naziva i mašinskim nivoom.

Postoje dve vrste hipervizor arhitekture:

- Monolitna i
- mikrokernel.

Monolitni hipervizor model i dalje sadrži veliki programski kod između hardvera i virtualnih mašina, jer softver za virtualizaciju emulira hardver gostujućim operativnim sistemima.

2 Straničenje predstavlja mapiranje linearnog adresnog prostora (reda GB) na fizički adresni prostor (reda MB). <http://www.link-elearning.com/linkdl/elearning/jedinica.php?IDJedinice=404>

3 Gostujući operativni sistemi rade na drugom nivou, iznad hardvera domaćeg operativnog sistema. <http://en.wikipedia.org/wiki/Hypervisor>

4 Tip 1 (type 1 ili native – goli metal) hipervizori su softverski sistemi, koji rade direktno na hardveru nosećeg operativnog sistema, za kontrolu hardvera i praćenje gostujućeg operativnog sistema. Gostujući operativni sistem radi tako na drugom nivou, iznad hipervizora. <http://en.wikipedia.org/wiki/Hypervisor>

Kada gostujući operativni sistem uputi zahtev hardveru kroz drajver odvija se sledeće:

1. Emulirani hardver VMM-a presretne zahtev,
2. VMM direktno prosleđuje zahtev drajveru, preskačući suvišne korake,
3. Drajver prosleđuje zahtev hardveru.

Ovakav pristup, nazvan monolitni hipervizor, uključuje drajvere hardvera u hipervizoru. Primer za ovo je Vmware ESX Server.

Windows 2008 Server Hyper-V koristi **mikrokernel** model hipervizora. Kod ovakvog pristupa, jedini nivo razdvajanja između gostujućeg operativnog sistema i hardvera je unapređen hipervizor sa mogućnošću jednostavnog particionisanja. Hipervizor koristi samo sopstvene drajvere. Pored poboljšanih performansi, povećana je sigurnost kroz minimizovanje izloženosti sistema napadima. Drajveri potrebni za deljenje hardvera su deo operativnog sistema domaćina, što omogućava pristup širokom spektru drajvera već napisanih za Windows operativni sistem.

Monolitni hipervizor sadrži drajvere kao deo aplikacije. Mikrokernel hipervizor u osnovi sadrži samo neophodne komponente VMM-a iskorišćavajući hardversku virtualizaciju i istovremeno smanjujući izloženost napadima sigurnijom arhitekturom.

3.2.7 Iskorišćavanja hardvera prilagođenog virtualizaciji

Nova generacija 64-bitnog serverskog hardvera uključuje procesore prilagođene virtualizaciji. *Intel Virtualization Technology* i *AMD Virtualization* (AMD-V) omogućavaju mehanizme upravljanja memorijom i hardverom koje bi inače implementirao VMM softver.

Hyper-V zahteva procesor sa hardverski podržanom virtualizacijom, omogućavajući efektivniju virtualizaciju i bolje performanse. Sa mogućnostima novih procesora i novom hipervizor - baziranom arhitekturom softvera za virtualizaciju, Hyper-V približava virtualizovane aplikacije hardveru koliko je god moguće. To im omogućava da koriste napredne funkcije procesora sa više jezgara koje su na raspolaganju fizičkim serverima, ali do sada ih virtualne mašine nisu mogle koristiti.

Prednosti novog pristupa imaće za posledicu potiskivanje ranijih rešenja za jednoprocesorske/jednojezgarne sisteme omogućavajući korišćenje i do 4 jezgra po virtualnoj mašini.

3.3 ALTERNATIVE

Danas na tržištu za sve glavne operativne sisteme postoji veliki broj softvera čija je namena virtualizacija, pa je u principu moguće napraviti bilo koju kombinaciju virtualizacije. Linux kao noseći operativni sistem gde se u virtualnim mašinama izvršavaju razne verzije Windows-a, DOS-a ili BSD operativnih sistema, ili kombinacije gde se na Windowsu kao matičnom sistemu izvršavaju razne distribucije Linuxa. Ono što je takođe popularno je i pokretanje istog operativnog sistema. Na primer pokretanje još jedne ili dve kopije Windows-a na matičnom Windowsu, što ima mnogo primena. Jedna je ta da se komunikacija sa internetom odvija isključivo u virtualnoj mašini pa stoga svi virusi i špijunski softver ostaju na virtualnoj mašini, dok je matična mašina zaštićena od njih. Čak i u slučaju da se virtualna mašina potpuno zarazi, matični hard disk je potpuno siguran od zaraze, jer je kompletan hard disk virtualne mašine najčešće samo jedan fajl na matičnom hardu. Dovoljno je da se obriše taj fajl, ili da se iskopira čist operativni sistem, i da sistem

nastavi sa radom. Dakle najpoznatiji programi za virtualizaciju su sledeći: Vmware, Citrix Systems Xen, Sun Microsystems Virtualbox itd.

3.3.1 Vmware

VMWare je vodeći proizvođač softvera za virtualizaciju. Osnovan je 1998. godine. VMware proizvodi mogu se pokretati na operativnim sistemima Windows, Linux i Mac OS X. Takođe, dostupan je i korporativni VMware ESX server koji se izvršava direktno na hardveru čime se značajno poboljšavaju performanse.

Virtualizacija emulira celokupni hardver, tj. mrežne uređaje, video kartice, USB priključke itd.. VMware Workstation, Server i ESX proizvodi ne prevode mašinske naredbe, odnosno koriste isti skup mašinskih instrukcija koji koristi stvarni hardver. To značajno poboljšava performanse sistema, ali može stvarati probleme kod prenošenja virtualnih mašina na druge fizičke arhitekture. Npr, virtualna mašina se mora zaustaviti pre nego se prebaci na drugi procesor. Neki od VMware proizvoda su:

- *VMware Workstation* – omogućuje emulaciju više različitih x64-x86 sistema na jednom računaru.
- *VMware Fusion* – ima istu funkcionalnost kao prethodni alat, ali namenjen je Intel Mac sistemima.
- *VMware Player* – reč je o besplatnoj verziji VMware virtualne mašine koja je dostupna za ličnu upotrebu.
- *VMware ESX* – već spomenuti komercijalni sistem koji se izvodi direktno na hardveru čime se bitno poboljšavaju njegove performanse. Podržava širok spektar standardnog hardvera, od Intel i AMD procesora, do SAN, iSCSI i NAS podsistema diskova (fajlova), 10 Gb/s Ethernet sa balansom opterećenja.
- *VMware Server* – je program koji se izvodi iznad operativnog sistema i omogućuje stvaranje više virtualnih sistema, a dostupan je besplatno kao i *VMware Player*.
- *VMotion* - tehnologija koja omogućava migraciju servisa (virtualnih mašina) u radnom stanju i bez prekida u radu sa jednog na drugi fizički *host*.

Drugi VMware alati omogućuju virtualizaciju programa (*VMware ThinApp*), upravljanje ESX/ESXi okolinom (*VMware Infrastructure*), virtualizaciju složenih hardverskih i programskih infrastruktura (*VMware vSphere*) i druge primene.

3.3.2 Citrix Systems Xen

Xen je potpuno besplatni VMM (engl. *Virtual Machine Monitor*) program koji omogućuje virtualizaciju na x86, x86-x64, Itanium i PowerPC 970 arhitekturama. Prvobitno je razvijen na Kembridž univerzitetu i javno je objavljen 2003. godine. 2007. godine dolazi u vlasništvo kompanije Citrix System, a od 2009. godine dostupan je kao besplatan alat.

Xen radi kao hipervizor iznad hardvera, a omogućuje virtualizaciju više različitih operativnih sistema istovremeno. Prvi operativni sistem (tzv. *domain 0*) koji se direktno pokreće kod podizanja sistema, ima prava pristupa hardveru i preko njega se može upravljati svim drugim virtualnim operativnim sistemima (u tzv. *domain U* domenu). Kao *domain 0* sistem mogu se pokretati prilagođene verzije Solaris, Linux i NetBSD sistema. Prilagođene verzije nekih UNIX sistema takođe se mogu izvoditi i u *domain U* domenu,

kao posluživani operativni sistemi. Novije verzije Xena omogućuju virtualno pokretanje izvornih Windows sistema ako hardver podržava x86 virtualizaciju. Takav hardver uključuje Intel VT i AMD-V arhitekture. Xen se dakle kod različitih hardverskih arhitektura oslanja na para virtualizaciju, a u pojedinim slučajevima omogućuje potpunu virtualizaciju.

Dostupan je veći broj alata za upravljanje Xen sistemom preko korisničkog interfejsa. Među njima su:

- *XenExpress* je najjednostavnija varijanta, koja podržava pokretanje do četiri virtualne mašine, potpuno je besplatna.
- Nešto naprednija je verzija *XenServer*. Na njoj je moguće pokrenuti do osam virtualnih mašina.
- Najnaprednije rešenje je *XenEnterprise*, robustan softver namenjen najzahtevnijim korisnicima. Uz godišnju pretplatu za dva snažnija rešenja, *XenSource* obezbeđuje i tehničku podršku za rešavanje svih zahteva korisnika Xen virtualizacije. *XenEnterprise* omogućava kreiranje neograničenog broja virtualnih mašina – jedino realno ograničenje su hardverski kapaciteti računara na kojem se ovaj sistem pokreće. I proizvođačima procesora, koji stalno dodaju jezgra i nove kapacitete, jasno je da sve to nije lako iskoristiti u potpunosti, pa razvijaju i sopstvene tehnologije vezane za virtualizaciju, kakve su Intel VT i *AMD Virtualization* (AMD-V).
- Xen Tools – perl alati za Debian GNU/Linux,
- Ganeti – orijentisani na upravljanje grozdovima računara i paralelizaciju,
- web orijentisani HyperVM – polu-komercijalni (engl. *proprietary*) alat namenjen Linux sistemima.

3.3.3 Sun Microsystems Virtualbox

VirtualBox je alat za virtualizaciju koji je razvila kompanija Innotek, a danas ga razvija Sun Microsystems. Prvo besplatno izdanje alata pojavilo se 2007. godine. *VirtualBox* omogućava virtualizaciju x86 hardvera na operativnim sistemima:

- Windows,
- Solaris,
- Linux,
- Mac OS X i
- FreeBSD.

Virtualni operativni sistemi koji se mogu pokrenuti na ovom alatu su:

- FreeBSD,
- Windows,
- Linux,
- Solaris,
- OpenBSD, DragonflyBSD, SkyOS i drugi.

Pre nego što je postao potpuno besplatan alat, VirtualBox bio je licenciran kao tzv. „*proprietary*“ (polu-komercijalni) alat. To znači da se njegova upotreba naplaćivala. Takođe, postojala je zaštita autorskih prava i izvornog koda te ograničenja na način na koji ih korisnici mogu koristiti (kopirati, distribuirati). Danas je dostupan kao besplatan alat slobodan za neograničenu upotrebu.

Na VirtualBox-u može istovremeno nezavisno raditi nekoliko operativnih sistema. Svi međusobno, uključujući i operativni sistem domaćina mogu komunicirati preko zajedničkog bafera ili koristeći mrežne veze. Virtualizacije hardvera čuvaju se u VDI (engl. *Virtual Disk Images*) formatu. Moguće je čitati i pisati VMware-ove VMDF (engl. *Virtual Machine Disk Format*) i Microsoftove VHD (engl. *Virtual Hard Disk*) datoteke. Virtualno okruženje uključuje emulaciju mrežnih, grafičkih i zvučnih kartica pa se veliki deo sistema može pokretati i bez instalacije upravljačkih programa (drajvera).

4 ANALIZIRANJE

4.1 USLOVI U KOJIMA JE IZVRŠENA ANALIZA

Testiranje je vršeno na relativno novom računaru zadovoljavajućih performansi:

- 32-bitni Intel Celeron CoreDuo E3200 na 2.4GHz 1MB,
- 2 x 2GB ddr2 800MHz RAM-a,
- integrisana grafika,
- 2 x 160 GB SATA150 hdd,
- DVD rezač,
- 22-inčni monitor sa podrazumevanom rezolucijom 1680 x 1050 piksela.

4.2 INSTALACIJE

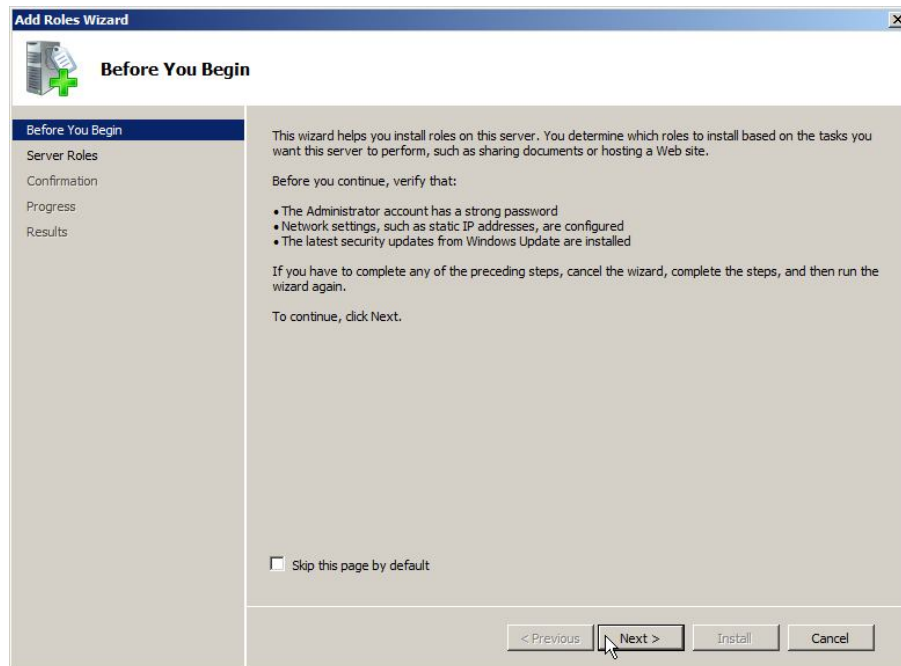
4.2.1 Instalacija Hyper V

Nakon instalacije Windows Sever 2008 operativnog sistema, potrebno je konfigurisati osnovna podešavanja Servera preko **Server Manager** prozora.

Potrebno je uraditi sledeće:

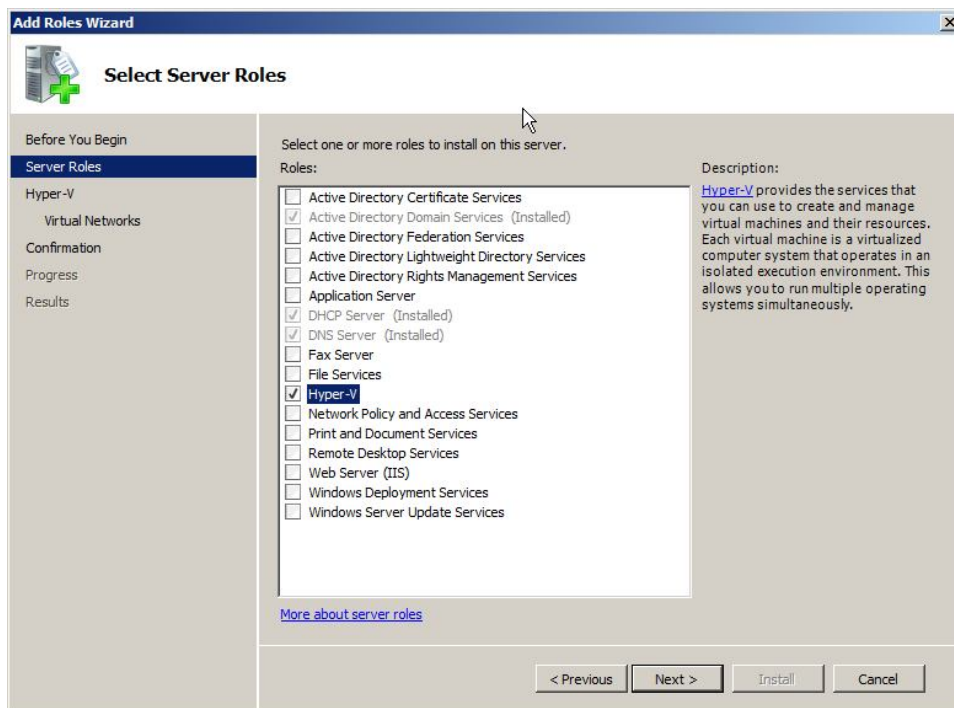
- proveriti da li je ime servera podešeno da bude kao željeno ime virtualnog severa,
- konfigurisati server da ima statičku IP adresu,
- opciono, učlanjenje servera u domen aktivnog direktorijuma,
- pokrenuti alatku *Windows update*, da bi utvrdili da su sve zakrpe i ispravke instalirane i primenjene na serveru.

Nakon ovih osnovnih podešavanja, sledeći korak je instalacija softvera za virtualizaciju servera pokretanjem *Add Roles Wizard*-a (slika 5).



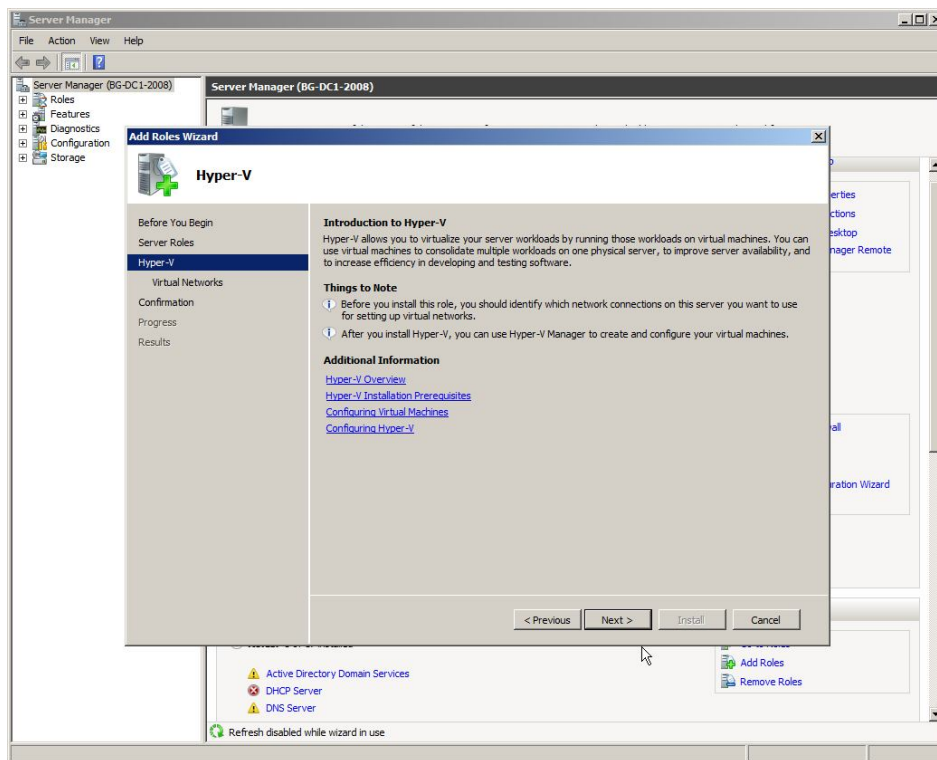
Slika 5: Add Roles Wizard

U sledećem koraku vrši se izbor uloge (*Select Server Roles*) koja se instalira (slika 6), tj. selektuje se *Hyper-V Server Role*, i odabere opcija *Next*.



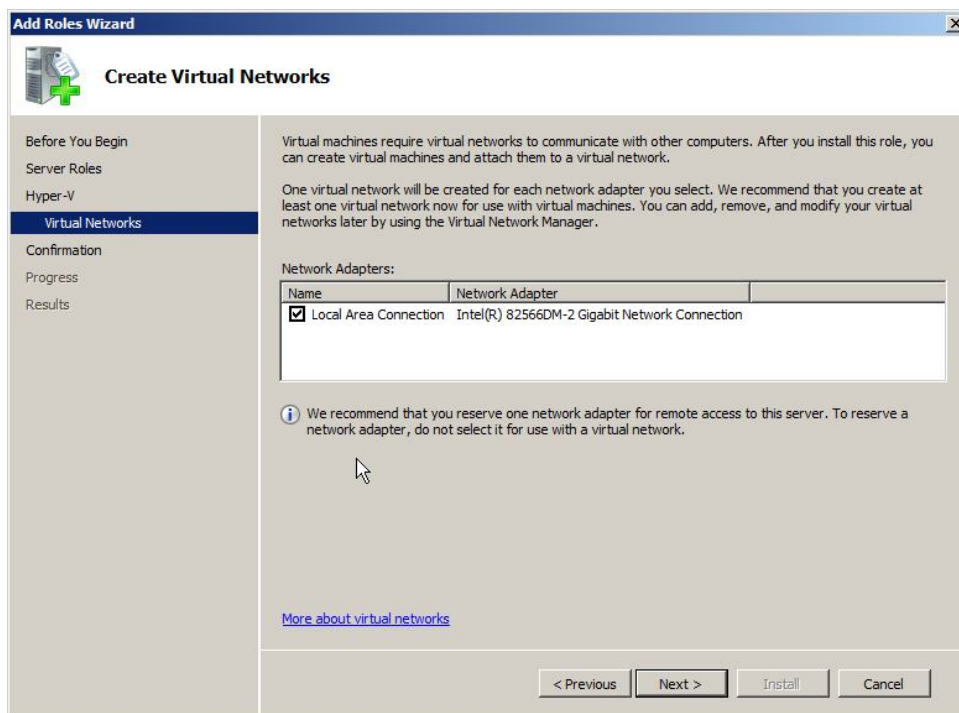
Slika 6: Select Server Roles

Slede osnovne informacije o samom Hyper-V-u (slika 7).



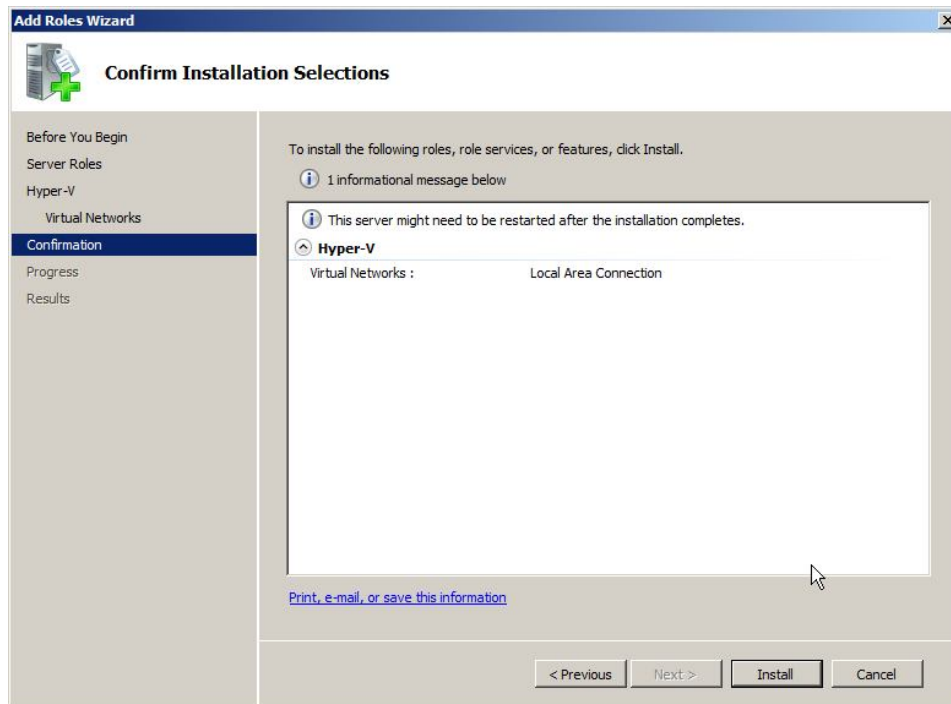
Slika 7:Hyper-V

Na sledećoj strani, *Create Virtual Networks*, selektuje se LAN adapter (mrežna kartica), koja će služiti za komunikaciju virtualnih mašina sa drugim računarima (slika 8).

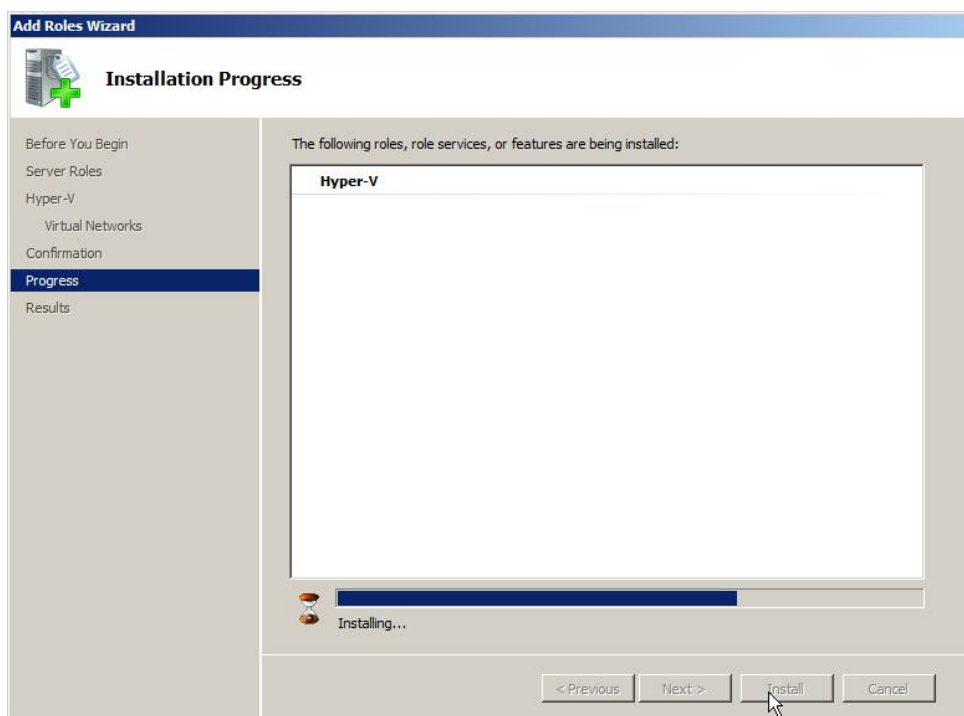


Slika 8: Create Virtual Networks

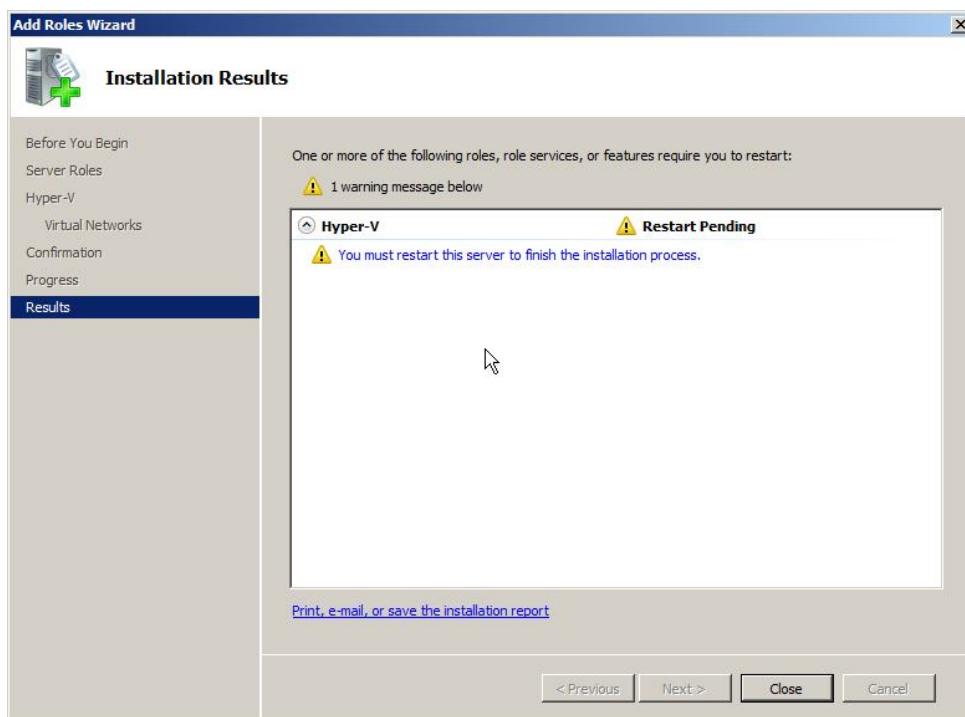
Sledi prikaz odabranih uloga – (engl. *Roles*), slika 9, za instalaciju, kao i prikaz toka instalacije (slika 10), i na kraju potvrda da je instalacija protekla bez problema (slika 11).



Slika 9: Confirm Installation Selections

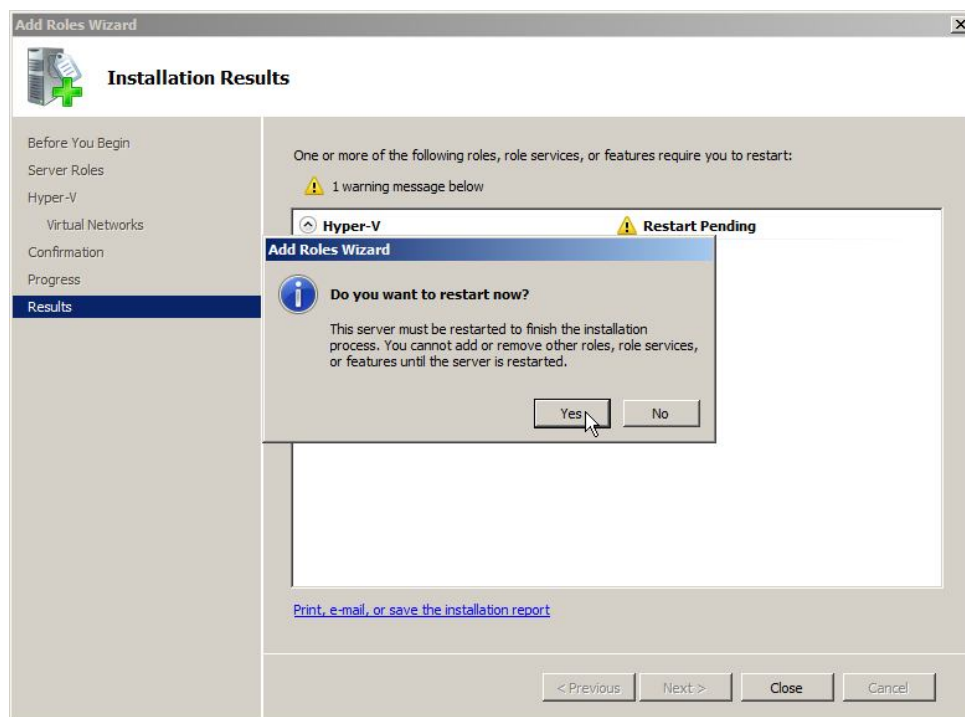


Slika 10: Installation Progress

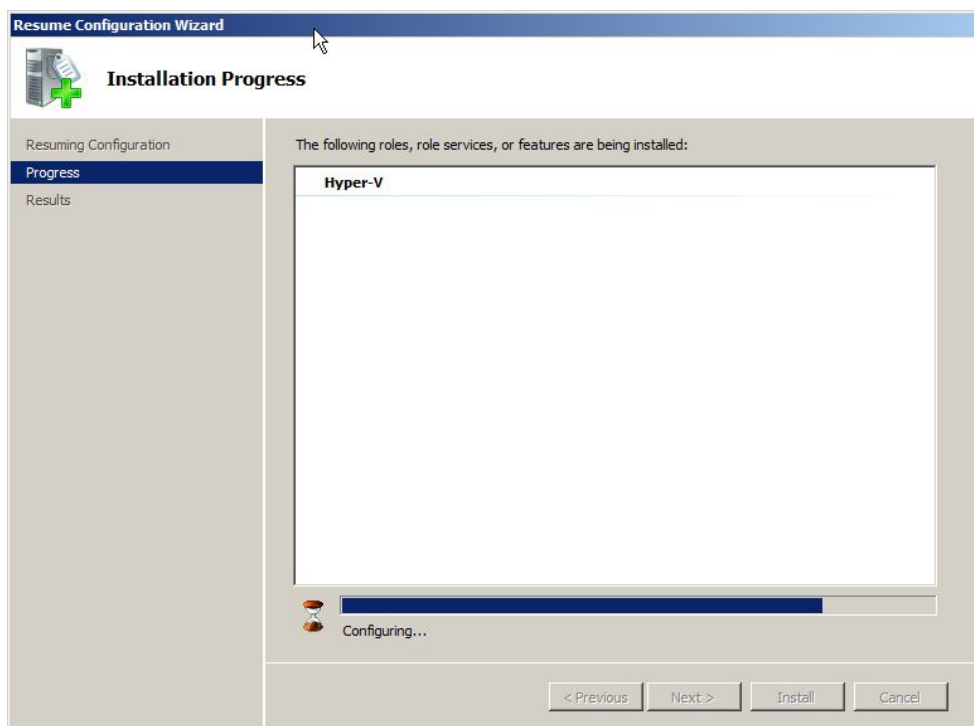


Slika 11: Installation Results

Nakon restarta sistema, potrebno je ulogovati se kao administrator, ili kao korisnik sa administratorskim pravima, i nakon toga instalacija i konfiguracija Hyper-V-a se za kratko nastavlja.

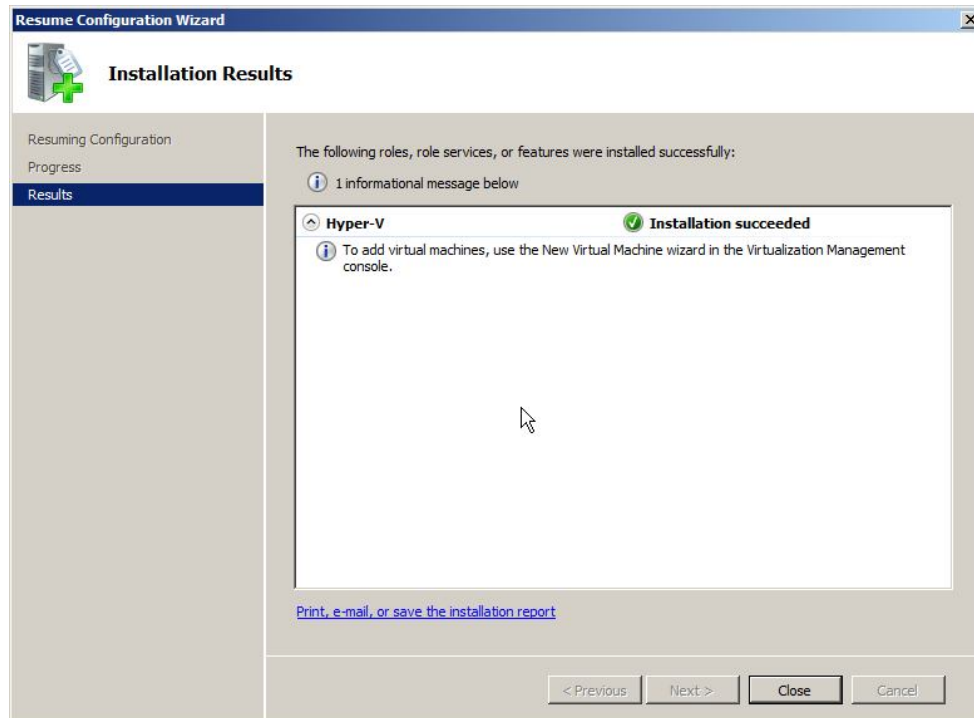


Slika 12: Restart window



Slika 13: Installation Progress

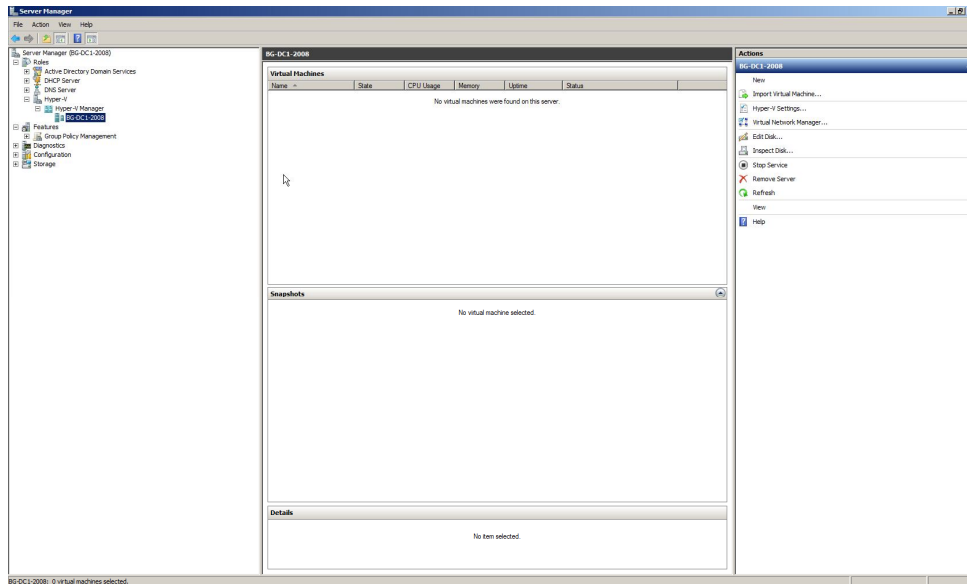
Kada se završi, stranica *Installation Results* će potvrditi da je Hyper-V instaliran na operativni sistem (slika 14).



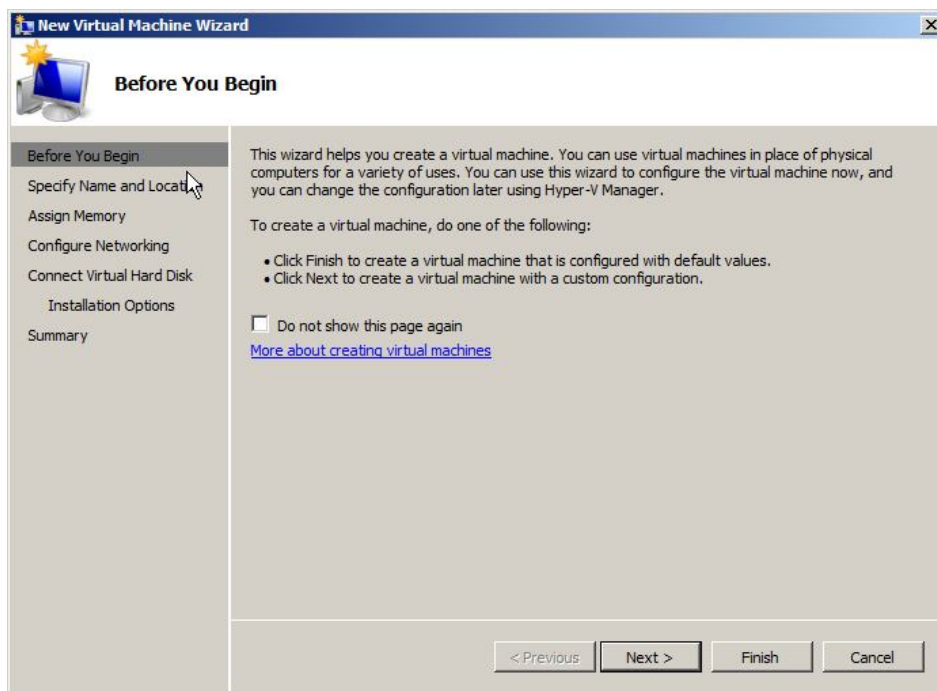
Slika 14: End Installation

4.2.2 Kreiranje virtualne mašine

Da bi dodali novu guest virtualnu mašinu, treba pokrenuti *Hyper-V Manager* iz *Administrative Tools* (slika 15). Iz menija *Actions* odabrati *New-Virtual Machine*, posle čega se dobija uvodni prozor (slika 16) u kome se dobijaju osnovna uputstva o ovom Wizard-u.

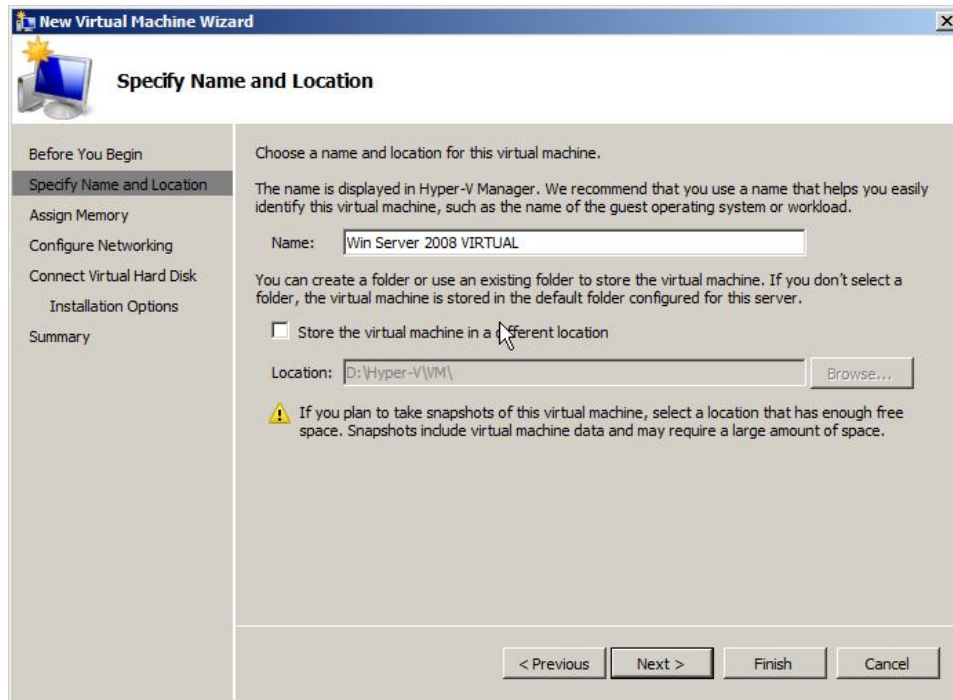


Slika 15: Hyper-V Manager



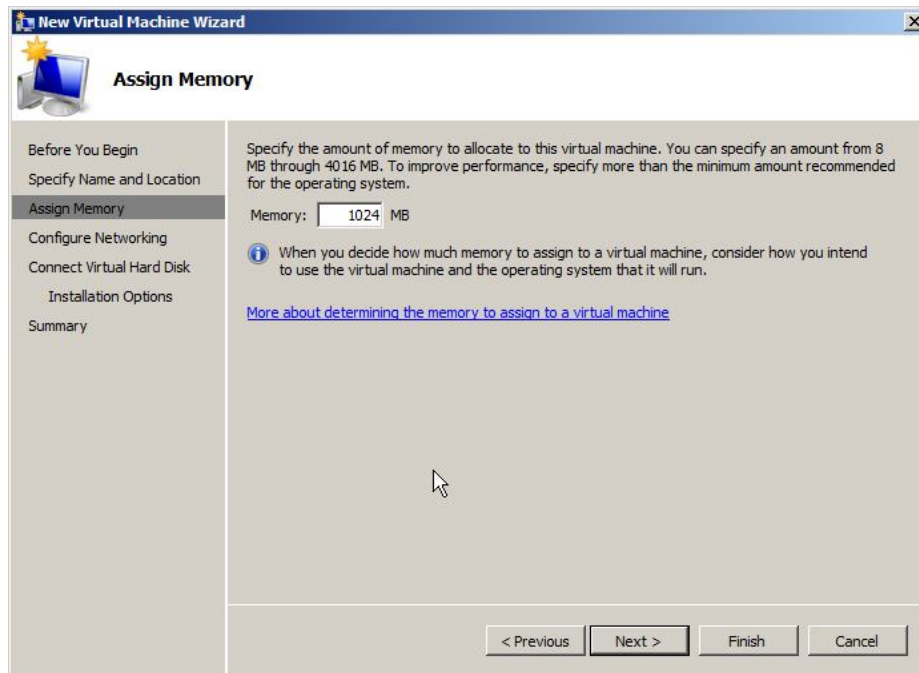
Slika 16: New Virtual Machine Wizard window

Sledeći prozor (slika 17) kao što mu i sam naziv govori omogućava da virtualnoj mašini dodelite ime i odredite lokaciju gde će biti sačuvana. Ako ne želimo da se virtualna mašina čuva na podrazumevanoj lokaciji, treba štiklirati opciju *Store the virtual machine in a different location* i odrediti novu lokaciju.



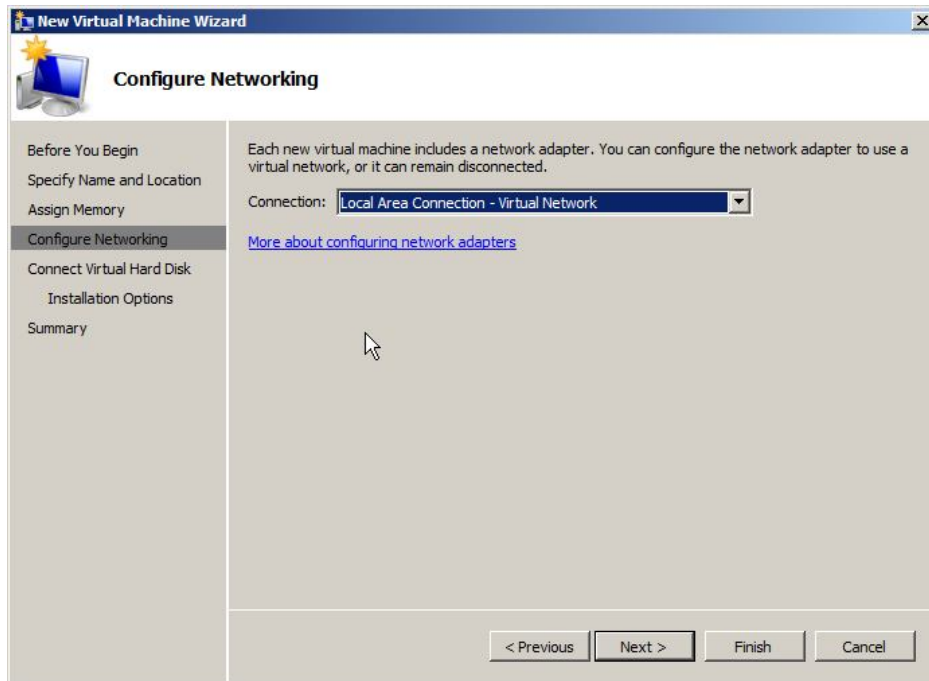
Slika 17: Specify Name and Location

U *Assign Memory* prozoru biramo količinu memorije koja se dodeljuje gostujućem operativnom sistemu (slika 18). Podrazumevana vrednost je 512MB, a za potrebe ove analize dodeljeno je 1GB.



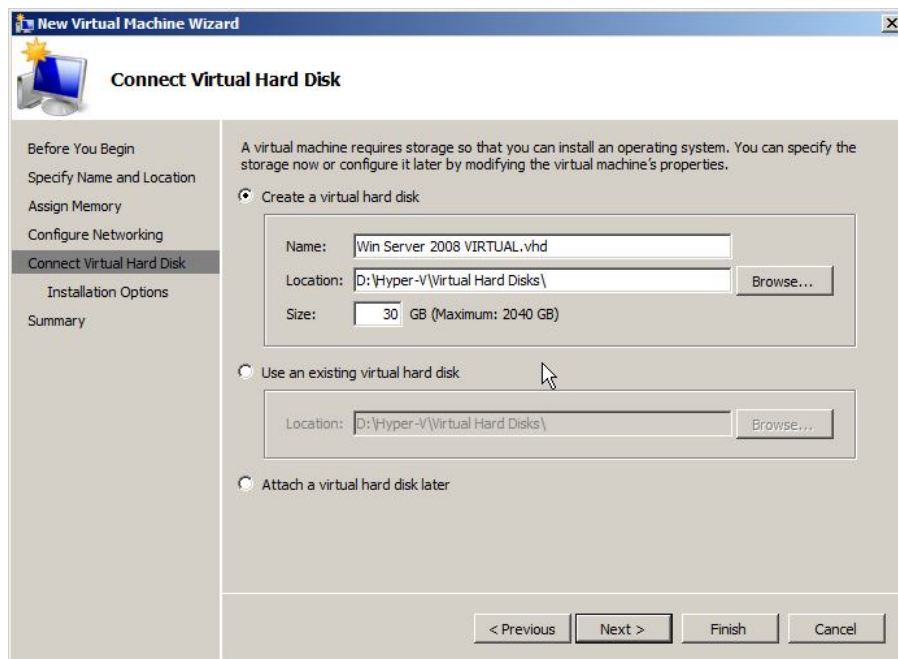
Slika 18: Assign Memory

U prozoru konfigurisanje mreže (slika 19), treba izabrati virtualnu mrežu koja je nastala u trenutku instaliranja Hyper-V uloge. Odabir mreže kao i dodavanje virtualne mreže je moguće uraditi i kasnije.



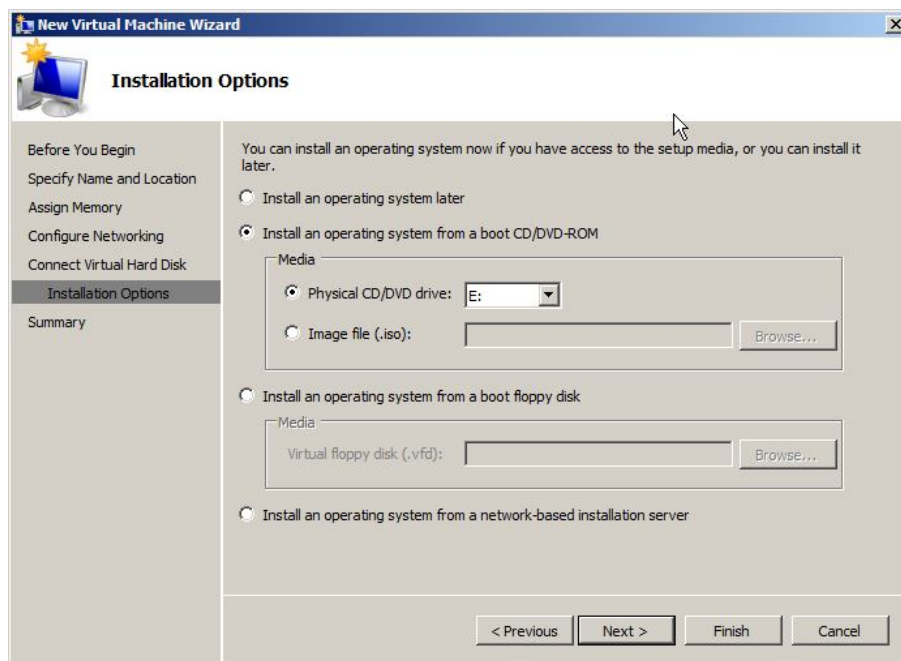
Slika 19: Configure Networking

Prozor *Connect Virtual Hard Disk* (slika 20), omogućuje kreiranje novog virtualnog hard diska i podešavanje njegove veličine. Podrazumevana veličina je 127GB. Ovde takođe, može da se odrediti i lokacija čuvanja VHD-a. Moguće je iskoristiti i već postojeći virtualni hadr disk ili dodeliti ga kasnije. Kada je VHD kreiran, kliknite na dugme *Next*.



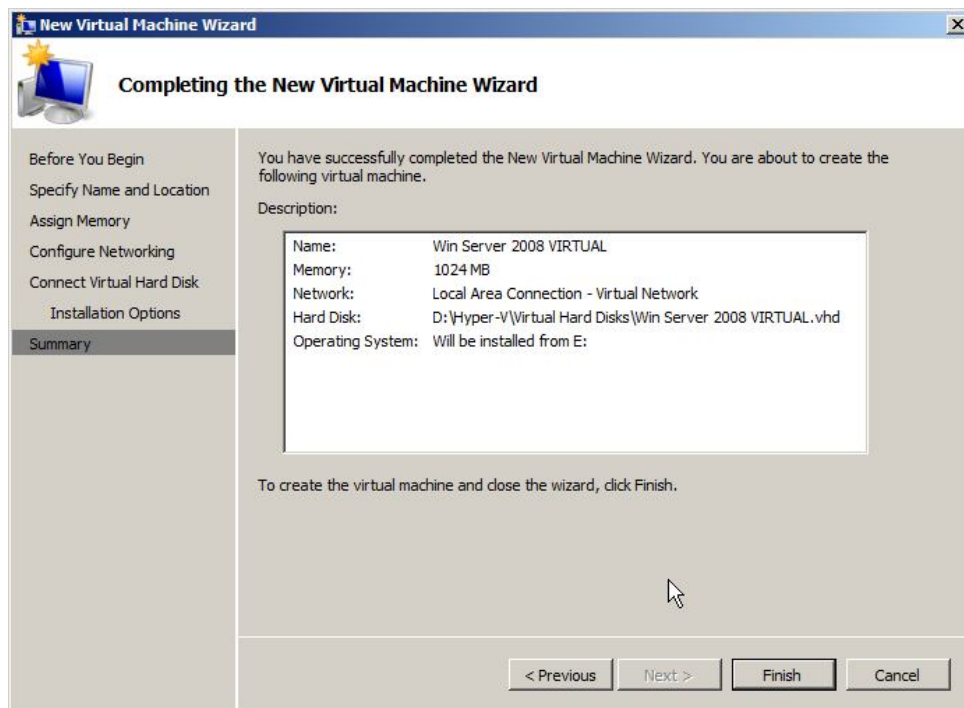
Slika 20: Connect Virtual Hadr Disk

U sledećem prozoru *Installation Options* (slika 21) bira se medij sa koga će se instalirati gostujući operativni sistem. To može biti CD/DVD uređaj ili ISO slika sačuvana na hard disku ili na hard disku drugog računara. Posle izabranog načina instalacije, ona se nastavlja izborom dugmeta *Next*.



Slika 21: Installation Options

Na kraju imamo sumarni prikaz svih odabranih opcija (slika 22), nakon čega izborom dugmeta *Finish* otpočinje proces instalacije.



Slika 22: Completing the New Virtual Machine Wizard

4.3 SCENARIJI TESTOVA

Analiza je vršena na dva operativna sistema: Windows Server 2003 i Windows Server 2008R2 Enterprise x64. Prvo je rađen test servera 2003, i to tako što je operativni sistem instaliran direktno na hard disk računara (*bare metal*). Testiranje je vršeno a da nije instalirana nijedana uloga (eng. *Role*). Potom je istim metodom instaliran i Server 2008R2, s tim što je ipak ovde instalirana jedna uloga – Hyper V. Na oba operativna sistema su pre testiranja instalirane najnovije zakrpe i dopune putem Microsoft-ove alatke *Windows update*.

Softver koji je korišćen za testiranje performansi ovog računara je softver namenjen za testiranje performansi računara **SiSoftware Sandra Lite 2010**.

Prilikom izrade ove analize ukupno je testirano šest operativnih sistema. Pored već dva pomenuta, koji su instalirani direktno na hard disk računara (*bare metal*), testirana su još i četiri operativna sistema koji su instalirani kao virtualne mašine, i to dve Server 2003 i dve Server 2008. Postavlja se pitanje zašto po dve iste VM? Razlika je u tome što je jednoj VM dodeljeno jedno jezgro CPU-a, kako bi se približno stekao utisak da su podignute dve virtualne mašine u isto vreme, a onda istoj dodeljeno dva jezgra. Rezultati ovakvog konfigurisanja VM jesu uglavnom prednost u performansama VM sa dva jezgra.

Testirane su brzine procesora pri aritmetičkim i multimedijalnim operacijama, brzine memorija i hard diskova u fizičkom i virtualnom okruženju, protok podataka u LAN-u itd.. Testiranje je vršeno tako što je svaki test rađen po tri puta, a u tabelu rezultata upisana je srednja vrednost ta tri testa. Svi dobijeni rezultati predstavljeni su grafikonima.

5 REZULTATI

Legenda:

-  Server 2003 instaliran direktno na hardver
-  Virtualna mašina Server 2003 kojoj je dodeljeno jedno jezgro CPU.
-  Virtualna mašina Server 2003 kojoj je dodeljeno dva jezgra CPU.
-  Server 2008 instaliran direktno na hardver
-  Virtualna mašina Server 2008 kojoj je dodeljeno jedno jezgro CPU.
-  Virtualna mašina Server 2008 kojoj je dodeljeno dva jezgra CPU.

Korišćene jedinice:

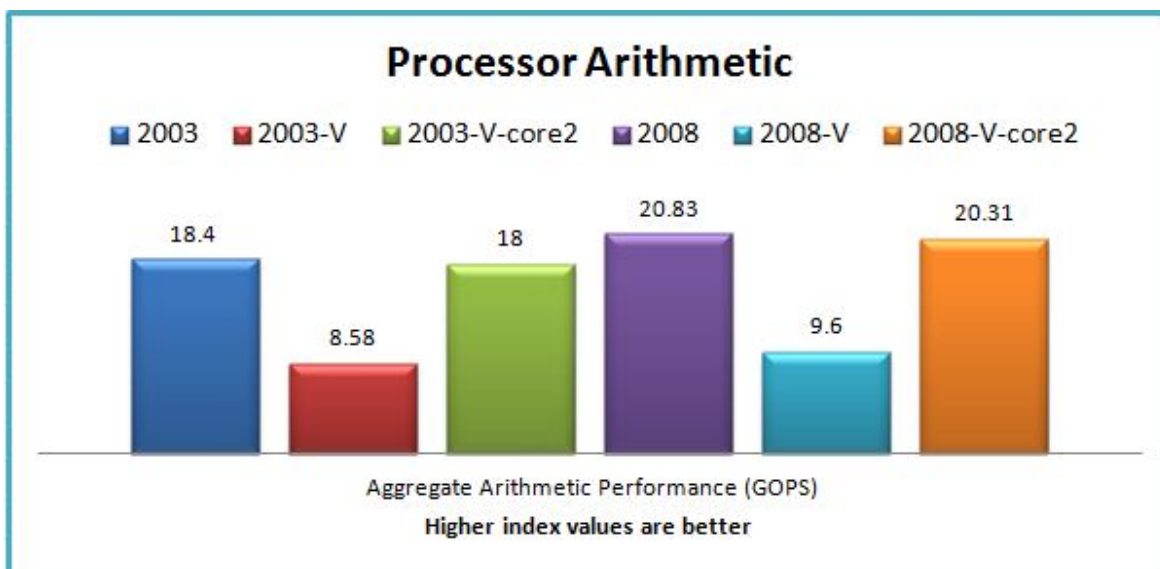
GFLOPS	Giga Floating Point Operations Per Second
GIPS	Giga Instructions Per Second
GOPS	Giga Operations Per Second
ms	Milisecond
ns	Nanosecond
Mpixel/s	Mpixel/second
GB/s	Gigabyte per second
MB/s	Megabyte per second
Mbps	Megabit per second

Tabela 2: Korišćene jedinice

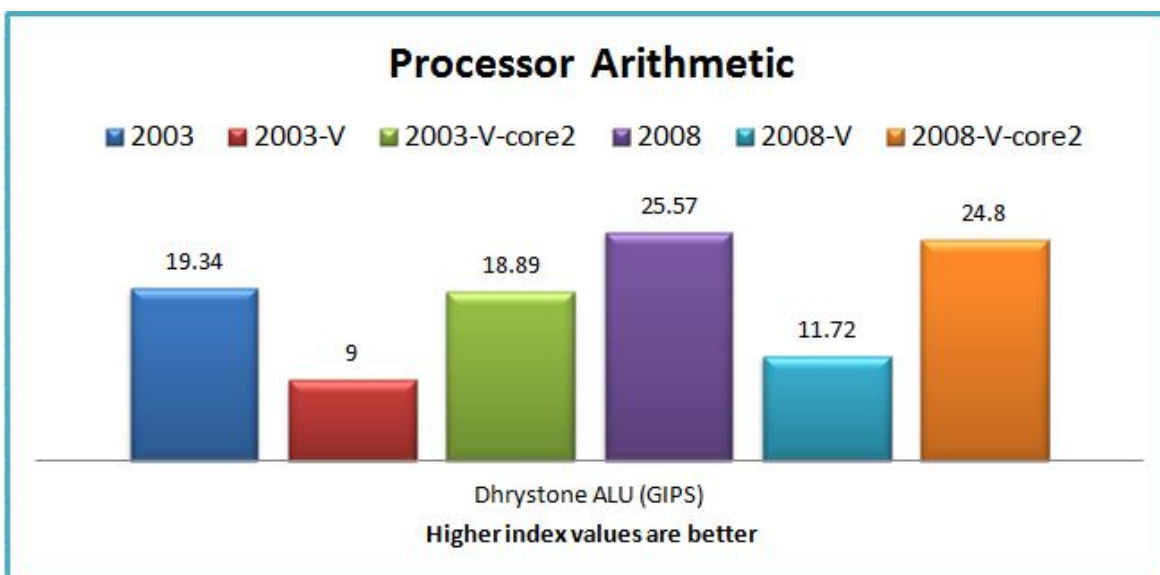
5.1 Processor

5.1.1 Processor Arithmetic - Procesorska aritmetika

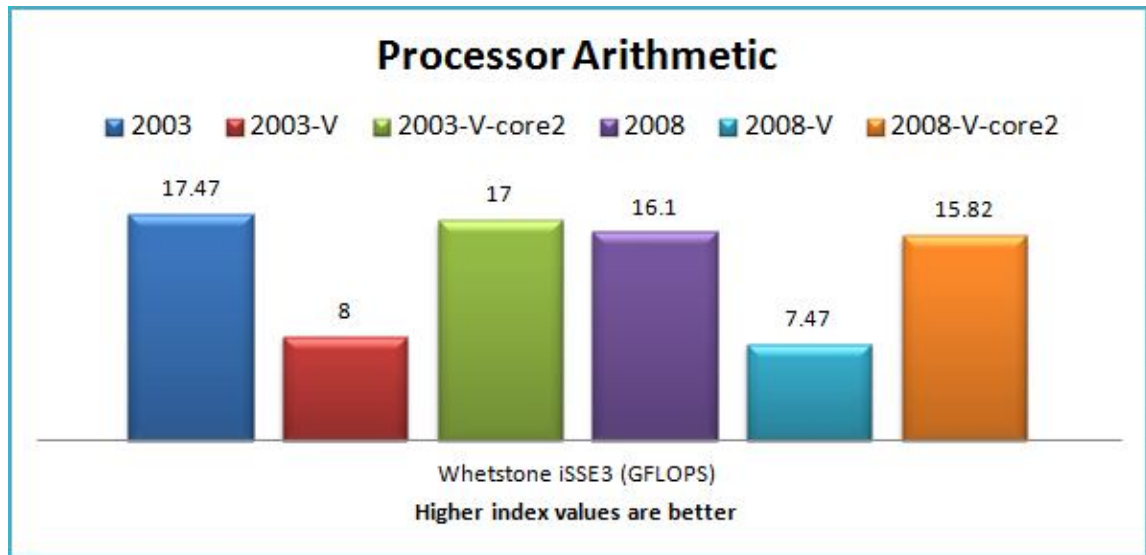
Test procesorske aritmetike testira ALU (aritmetičko logičku jedinicu) i FPU (jedinicu pokretnog zareza). Pokazuje kako procesori obrađuju aritmetičke operacije i instrukcije pokretnog zareza u poređenju sa drugim procesorima.



Grafikon 1: Aggregate Arithmetic Performance



Grafikon 2: Dhrystone ALU

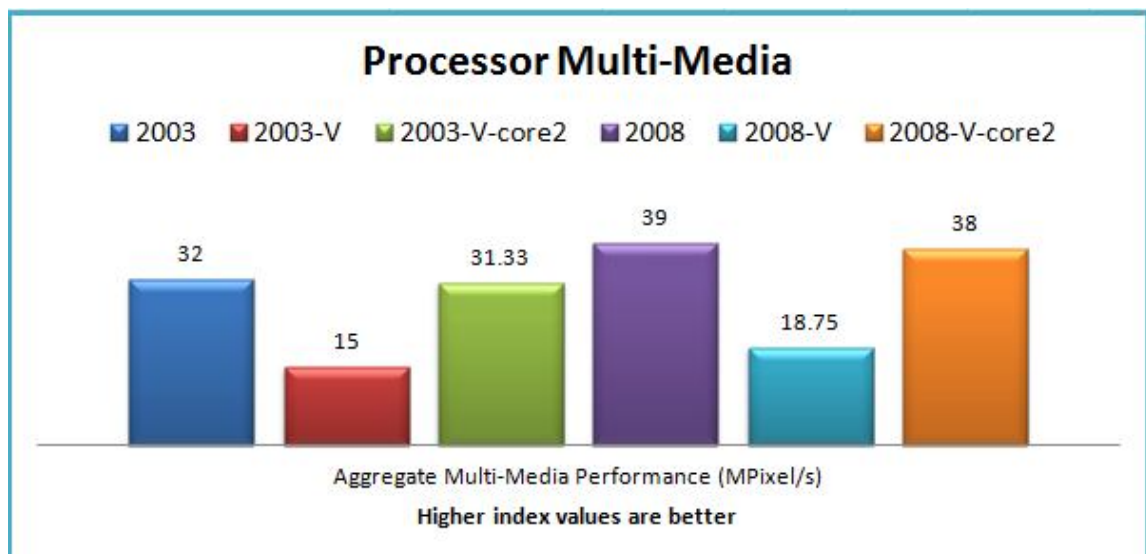


Grafikon 3: Whetstone iSSE3

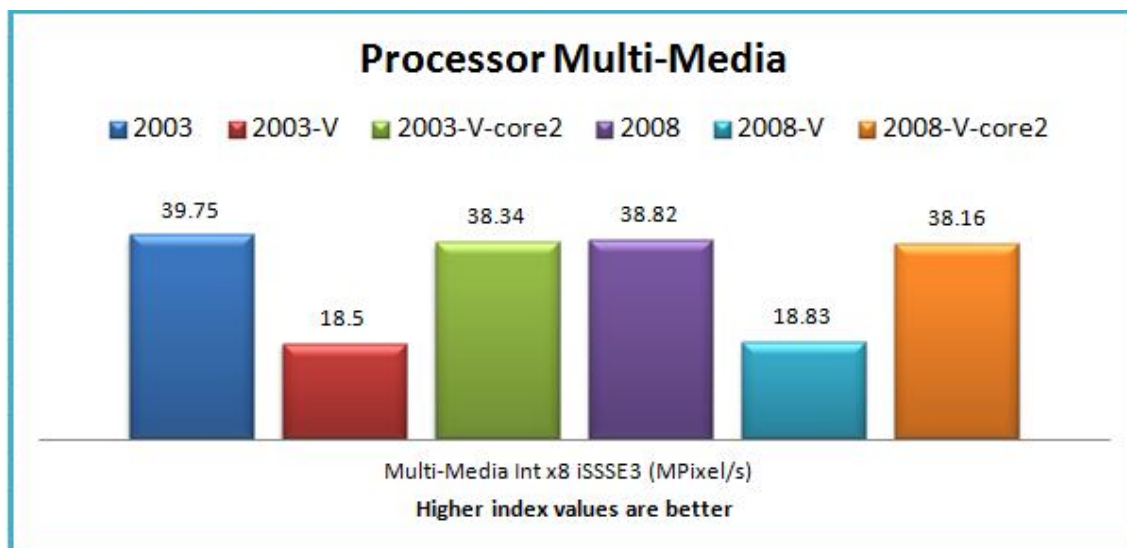
U ovom testu se vidi da su performanse gostujućih operativnih sistema kojima je dodeljeno dva jezgra procesora neznatno slabije od nosećeg operativnog sistema, što jeste realan rezultat, tj. virtualne mašine rade podjednako brzo kao i noseći operativni sistem. Virtualne mašine kojima je dodeljeno jedno jezgro CPU-a, imaju 50% slabije performanse, što je takođe realan rezultat, s obzirom da simuliraju dve VM jednakog prioriteta koje rade u istom trenutku.

5.1.2 Processor Multi-Media - Procesorska multimedija

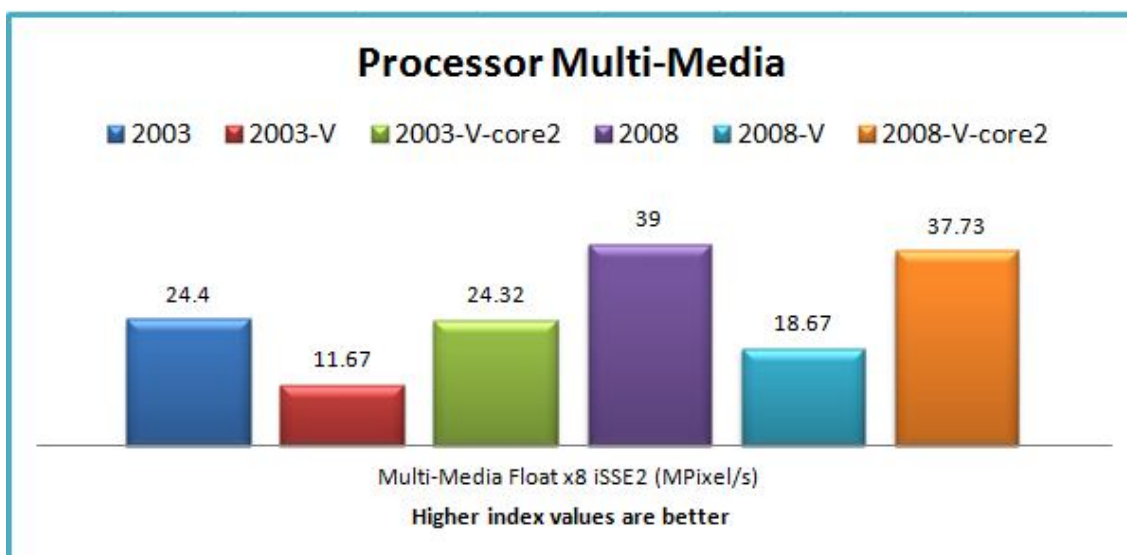
Test procesorska multimedija testira (W)MMX(2), SSE(2/3/4), AVX procesorske jedinice. Pokazuje kako procesori obrađuju multimedijalne instrukcije i podatke u poređenju sa drugim procesorima. Takve operacije se koriste u specijalizovanom softveru, tj. manipulacija slikama, video dekomerima / enkoderima, igrama.



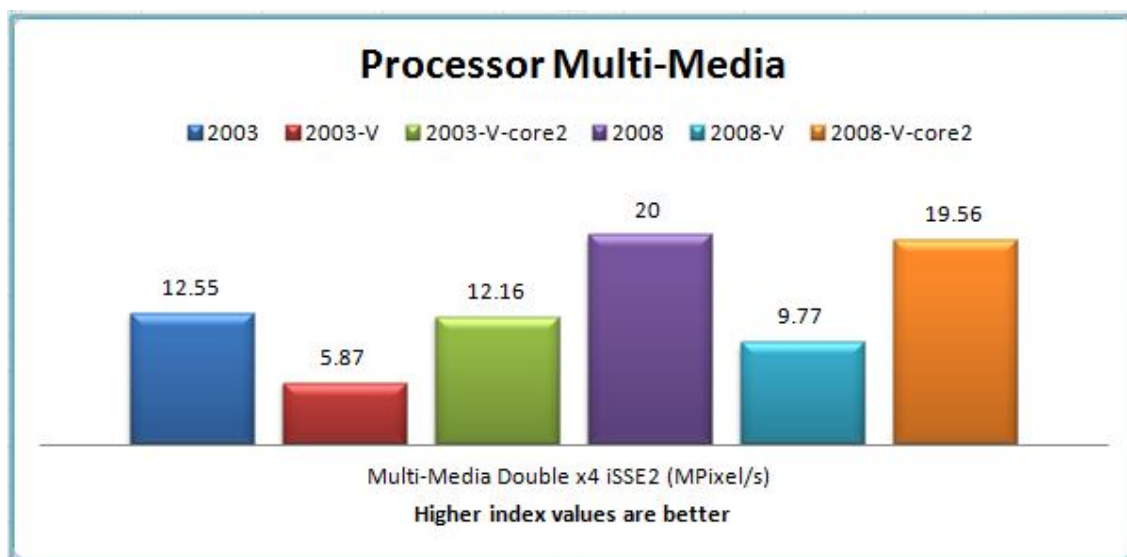
Grafikon 4: Aggregate Multi-Media Performance



Grafikon 5: Multi-Media Int x8 iSSSE3



Grafikon 6: Multi-Media Float x8 iSSE2



Grafikon 7: Multi-Media Double x4 iSSE2

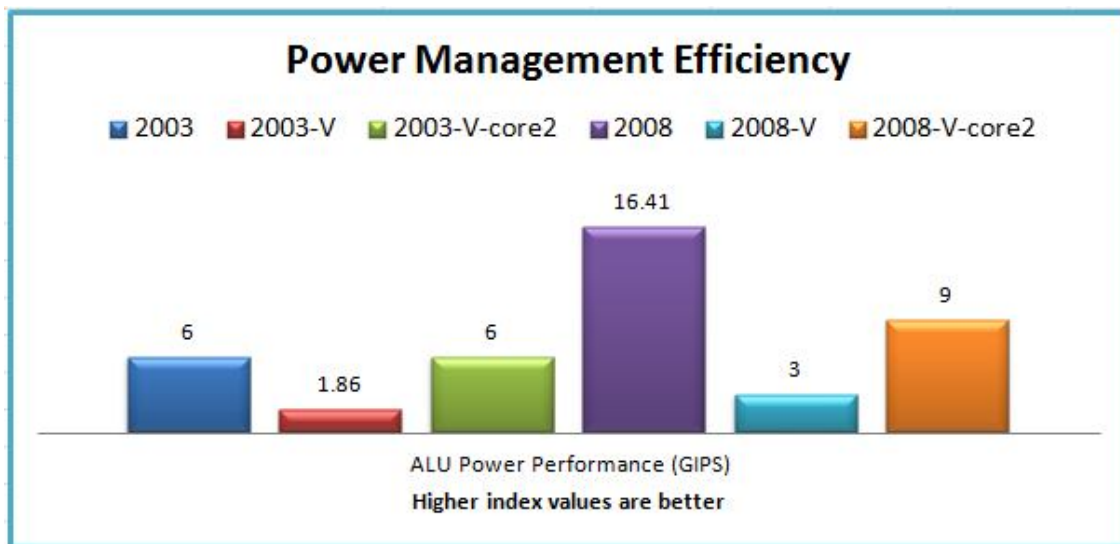
I ovaj test kao i prethodni pokazuje da su performanse virtualnih mašina koje koriste isti broj procesorskih jezgara kao i noseći operativni sistem, u ovom slučaju Windows Server 2003 i 2008, približne, odnosno da su razlike minimalne, svega 2.2%. Razlike u performansama sa VM sa jednim jezgrom iznose 49.94% kad je Windows 2008 u pitanju i 48.08% kad je Windows 2003 u pitanju.

5.1.3 Power Management Efficiency - Energetska efikasnost

Test energetske efikasnosti testira efikasnost u korišćenju energije procesora. Pokazuje koliko su efikasni u upravljanju potrošnjom energije procesori u poređenju sa drugim procesorima.

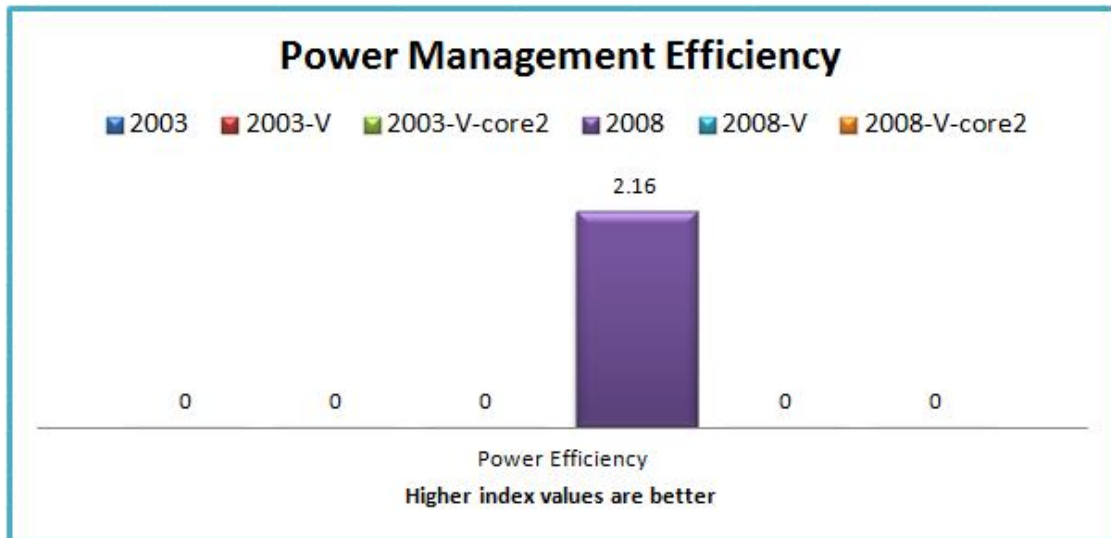
Meri se sposobnost procesora da smanji radnu frekvenciju i napon pri različitim opterećenjima (poslom). Što više procesor snizi frekvenciju i napon bolji je rezultat na specifičnom opterećenju poslom. Test se zaustavlja kada je opterećenje preveliko i procesor se nalazi na 100% iskorišćenja.

ALU/FPU rezultat je geometrijska sredina na osnovu kompletnog opsega opterećenja.



Grafikon 8: ALU Power Performance

U ovom testu dobijeni rezultati pokazuju da Windows 2008 ostvaruje bolje performanse od svog prethodnika. Takođe prisutne su osetne razlike kod VM sa jednim i sa dva jezgra CPU-a.



Grafikon 9: Power Efficiency

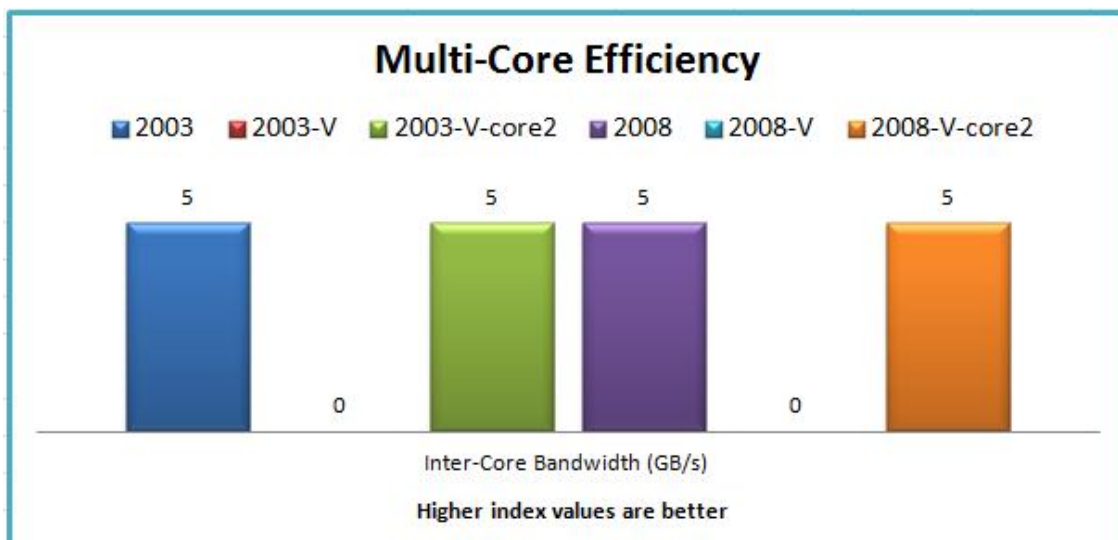
Rezultat energetske efikasnosti je geometrijska sredina na osnovu samo podržanih opterećenja. U ovom slučaju snaga procesora ne igra ulogu.

U ovom testu (grafikon 9) vidimo da energetska efikasnost zavisi od samog operativnog sistema. Dakle Windows 2003 ne podržava ovu mogućnost a 2008 podržava, ali hipervizor ne može da ovu mogućnost prosledi virtualnim mašinama.

5.1.4 Multi-Core Efficiency - Višejezgarna efikasnost

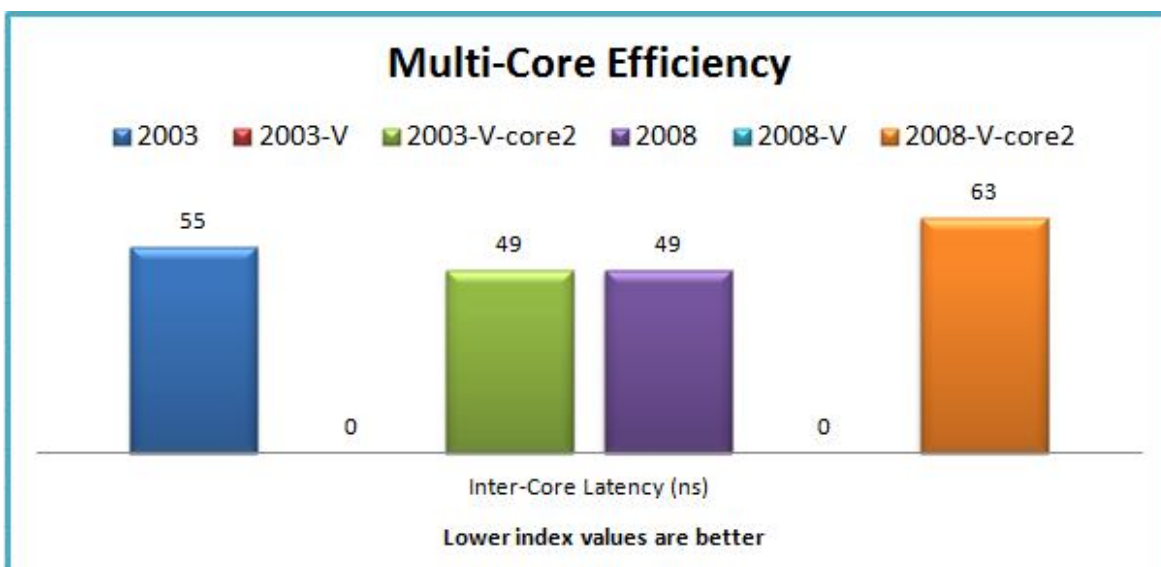
Test višejezgarne efikasnosti testira efikasnost upotrebe više jezgara procesora. Pokazuje koliko su efikasna procesorska jezgra i njihove veze u poređenju sa drugim tipičnim procesorima.

Meri se sposobnost procesorskih jezgara da obrađuju blokove podataka različitih veličina i različitih veličina lanaca i prosleđuju ih drugim jezgrima na obradu (paradigma proizvođač – potrošač). Time se meri efikasnost međusobne povezanosti jezgara. Ipak, broj jezgara (i procesora) takođe igra ulogu pošto više blokova podataka može biti obrađeno istovremeno. Pravi višejezgarni procesori koji imaju deljene L2/L3 keš memorije će time postići bolje rezultate nego jezgra koja imaju posebne keš memorije koje su povezane standardnom FSB (magistralom).



Grafikon 10: Inter-Core Bandwidth

U ovom testu brzina je jednaka za sve operativne sisteme, bilo *gostujuće*, bilo *noseće*. VM sa jednim jezgrom naravno ne mogu da imaju rezultate.

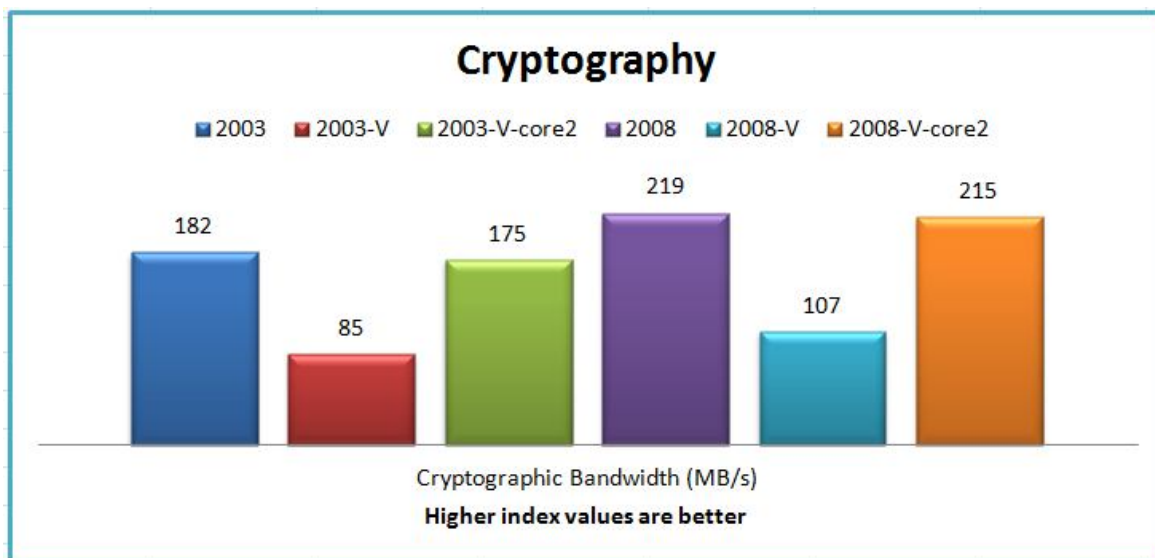


Grafikon 11: Inter-Core Latency

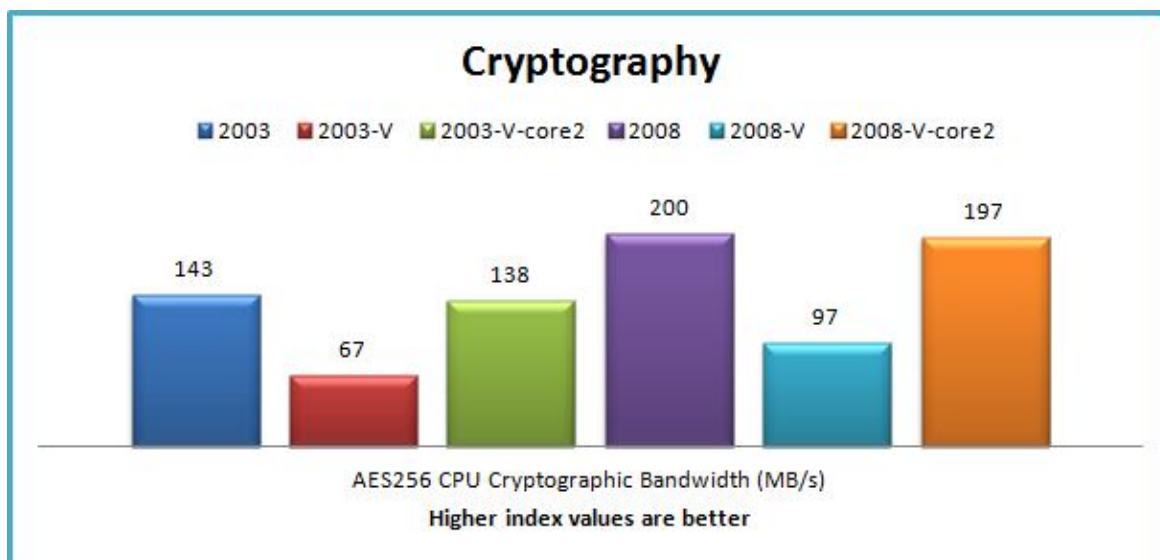
Rezultati u ovom testu mogu se tumačiti kao nerealni, u smislu da bolje performanse ima virtualna mašina od realne, ali razlike koje se javljaju su tako male da to praktično i nema značaja jer su izražene u nanosekundama. Razlike takođe postoje i zbog samih razlika u načinu rada ova dva operativna sistema.

5.1.5 Cryptography – Kriptografija

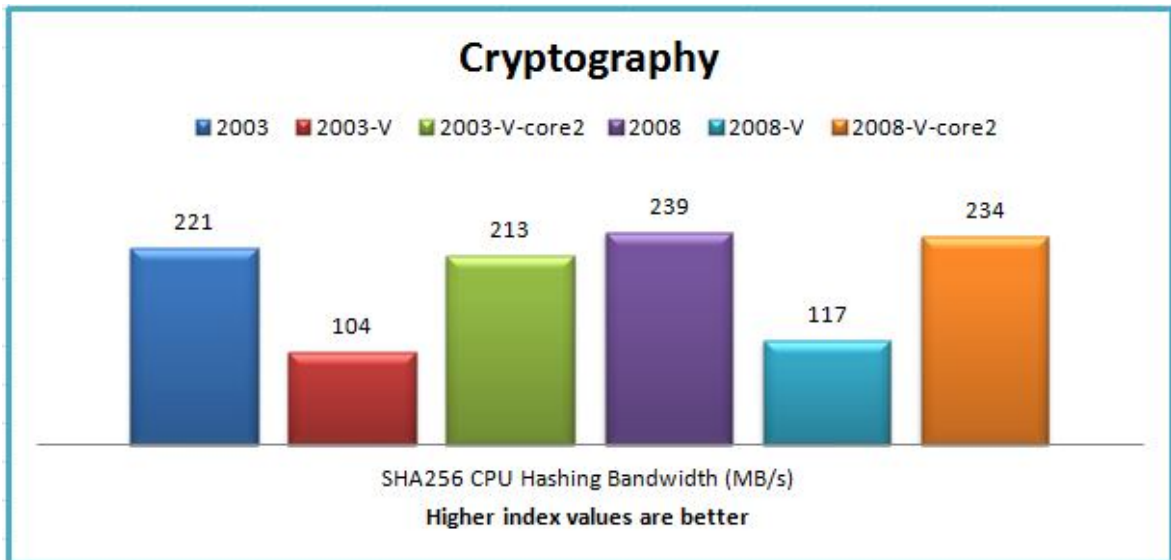
Test kriptografija meri kriptografsku efikasnost procesorskih jedinica: šifrovanje, dešifrovanje i hešovanje. Pokazuje kako procesor obrađuje kriptografske operacije u poređenju sa drugim tipičnim procesorima.



Grafikon 12: Cryptographic Bandwidth



Grafikon 13: AES256 CPU Cryptographic Bandwidth



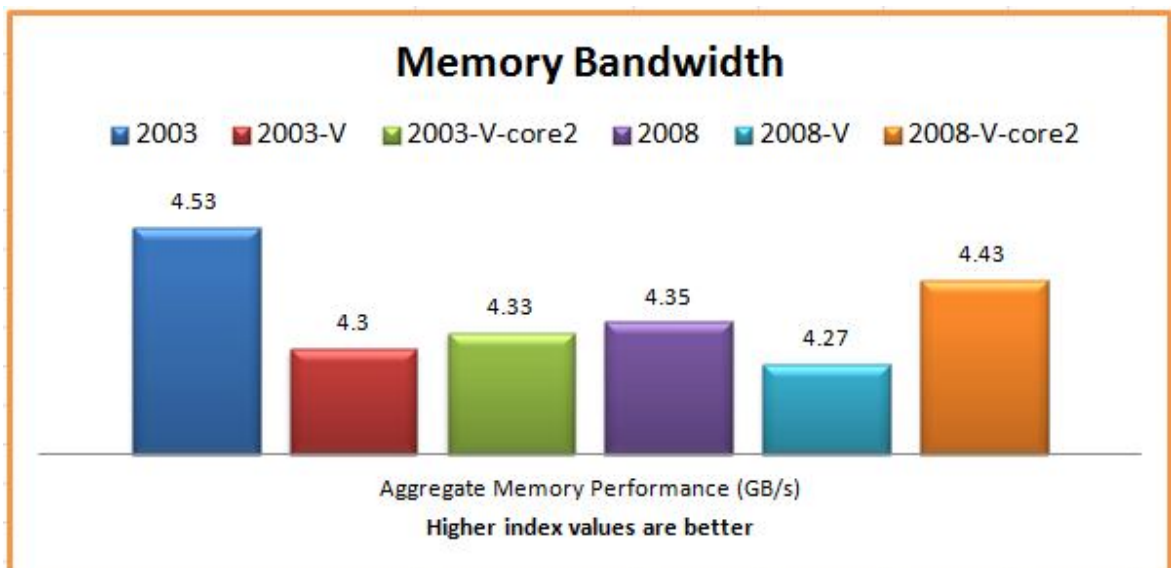
Grafikon 14: SHA256 CPU Hashing Bandwidth

Sasvim male razlike u rezultatima su prisutne i u ovom testu. VM-e ostvaruju gotove jednake rezultate kao i realne s tim što blagu prednost ima Windows 2008.

5.2 Memory Controller

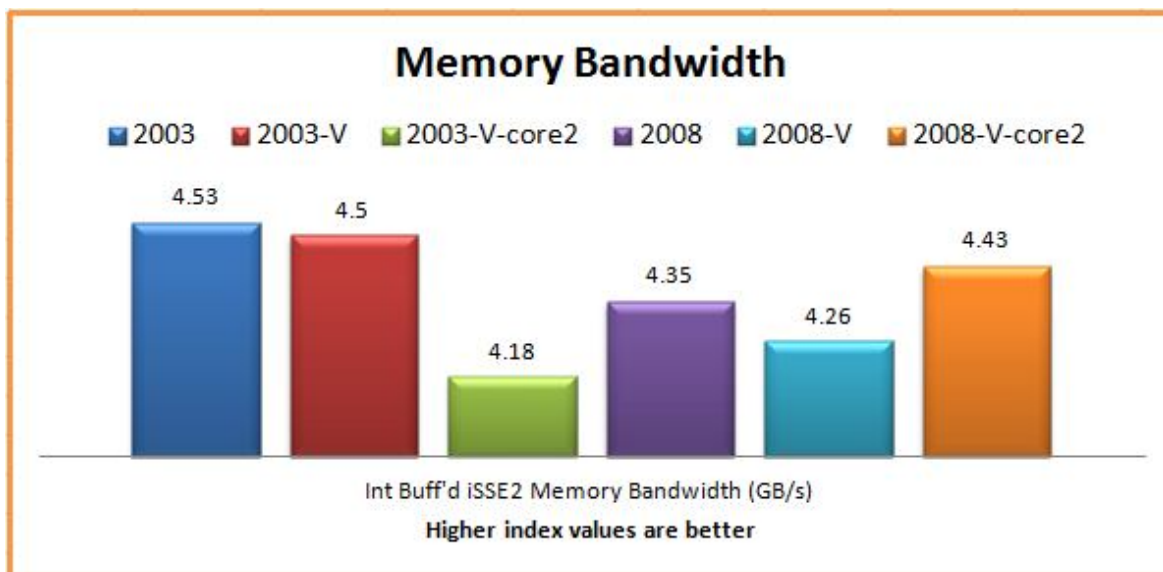
5.2.1 Memory Bandwidth - Propusni opseg memorije

Ovaj test testira propusni opseg memorije računara. Pokazuje kako se memorijski podsistem poredi u odnosu na druge računare u smislu propusnog opsega. Ovaj test je bazira na poznatom STREAM⁵ memorijskom testu.

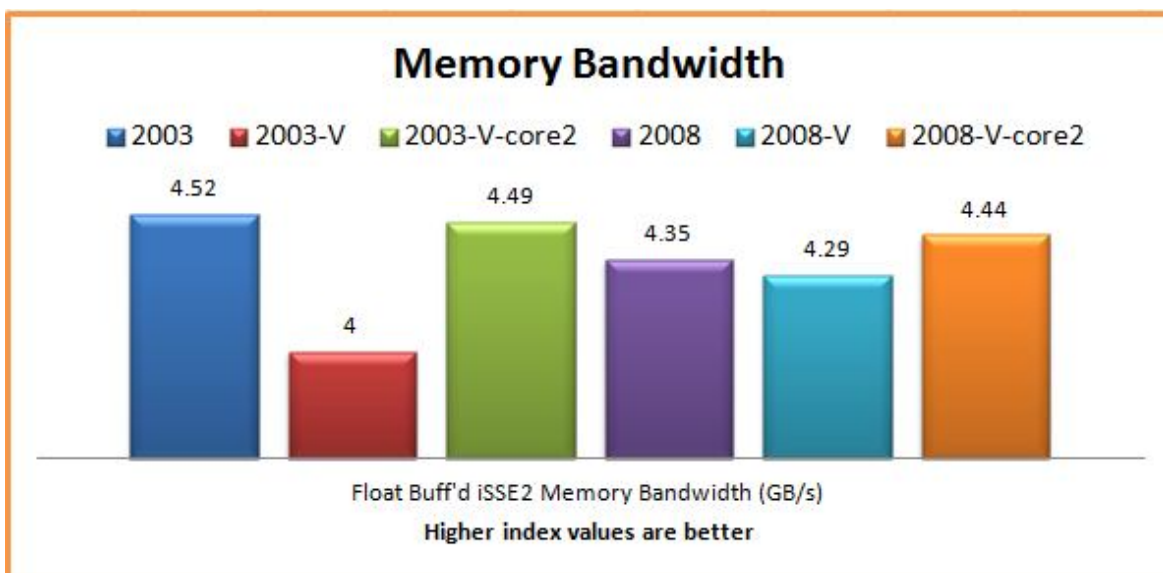


Grafikon 15: Aggregate Memory Performance

⁵ <http://www.streambench.org/>



Grafikon 16: Int Buff'd iSSE2 Memory Bandwidth



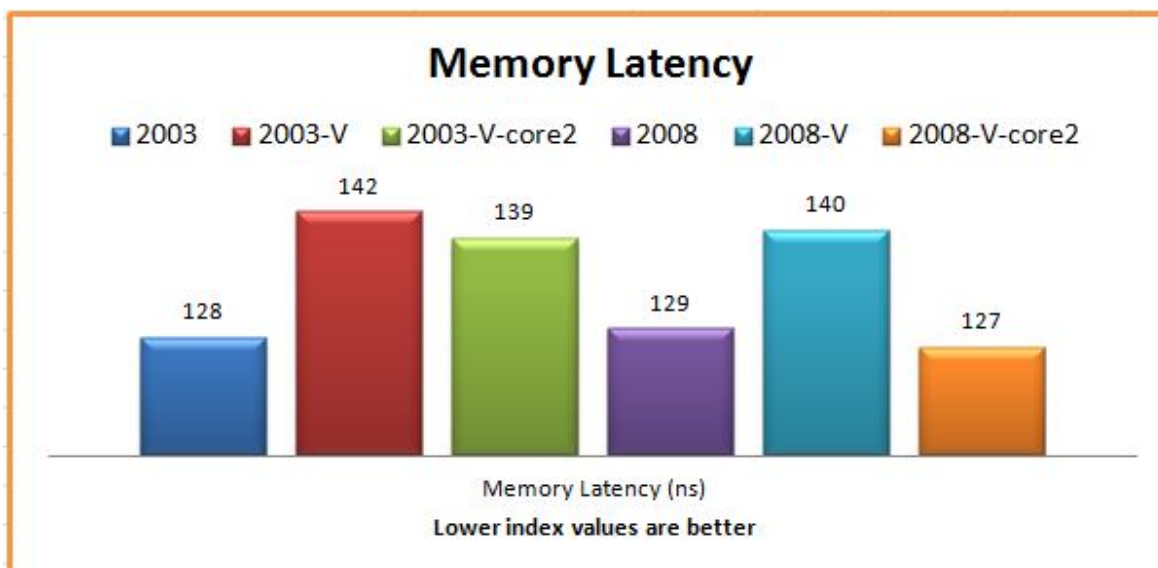
Grafikon 17: Float Buff'd iSSE2 Memory Bandwidth

Ovi sintetički testovi propusnog opsega memorije pokazuju da verzija operativnog sistema koji se koristi, kao i virtualizacija nemaju uticaja na performanse rada operativnog sistema. Razlike se kreću oko 3 - 4%.

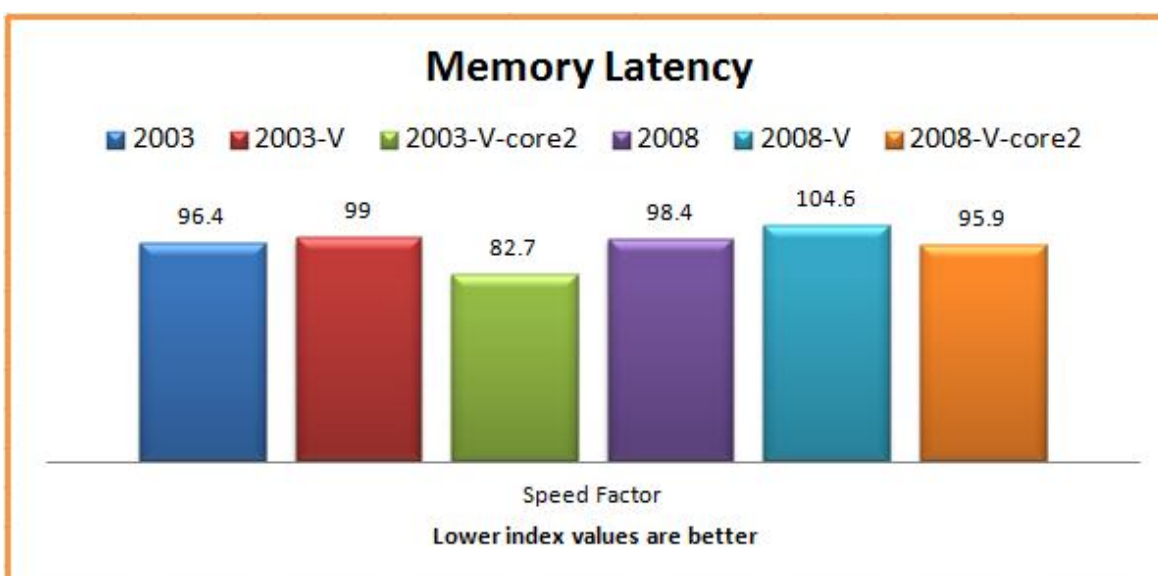
5.2.2 Memory Latency - Memorijska latencija

Test memorijska latencija testira latenciju (vreme odgovora) procesorskih keš memorija i glavne memorije. Pokazuje kako se procesorske keš memorije i memorijski podsistem porede u odnosu na druge računare u smislu latencije.

Latencija keš memorije se meri u procesorskim ciklusima (tj. koliko ciklusa je potrebno da bi podaci bili spremni) pošto je zavisna od brzine procesora. Latencija memorije se meri u nanosekundama pošto je obično nezavisna od procesorske brzine. (procesorska keš memorija se obično zove samo keš memorija ili keš).



Grafikon 18: Memory Latency

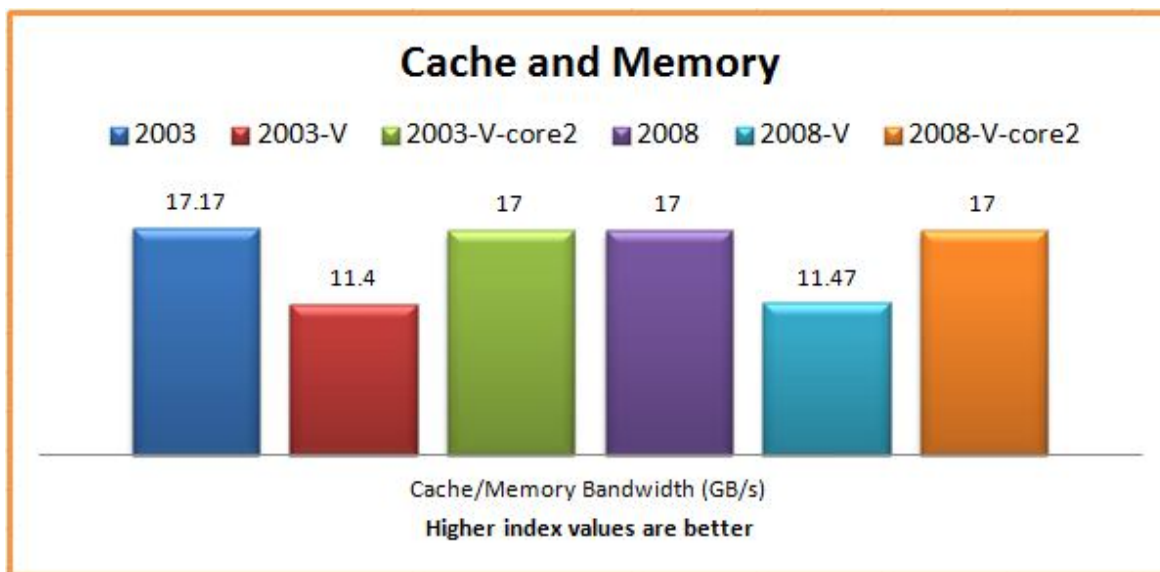


Grafikon 19: Speed Factor

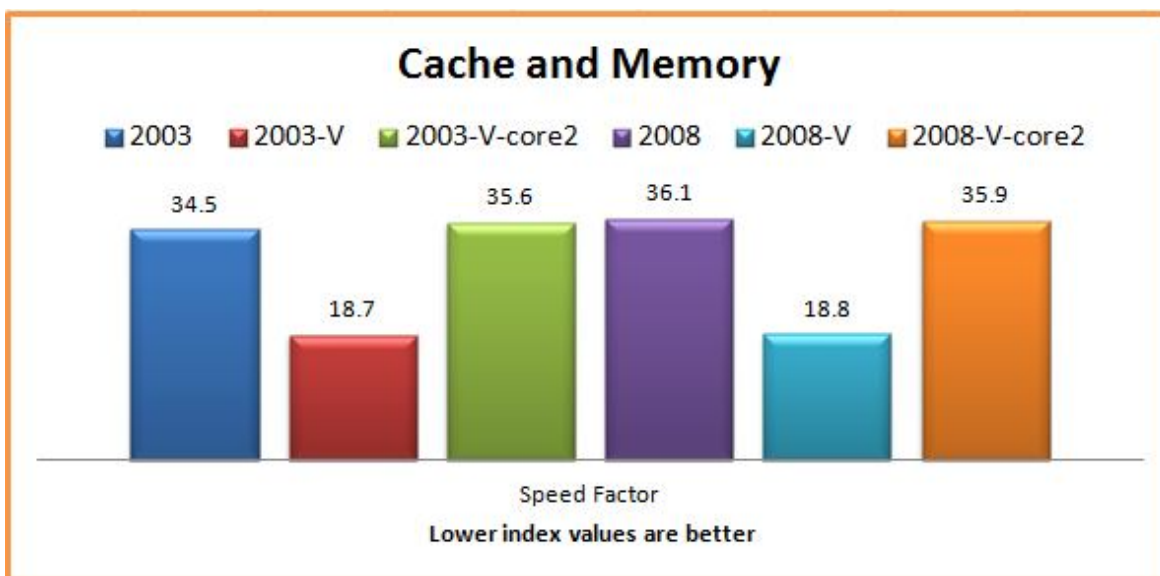
I kod ovih testova razlike između VM-a i realnih mašina su veoma male, s tim što je blaga prednost na strani realnih mašina.

5.2.3 Processor Cache and Memory - Procesorska keš memorija i memorija

Test procesorska keš memorija i memorija testira pristup procesorskoj keš memoriji i glavnoj memoriji (brzina transfera podataka). Pokazuje kako se keš memorija procesora i glavna memorija jednog računara porede sa drugim računarima u smislu pristupa memoriji.



Grafikon 20: Cache/Memory Bandwidth



Grafikon 21: Speed Factor

Kod ovih testova virtualizacija nema uticaja na performanse sistema, osim u slučaju kada je na serveru podignuto više VM ali ukupno, zbirno nema razlika.

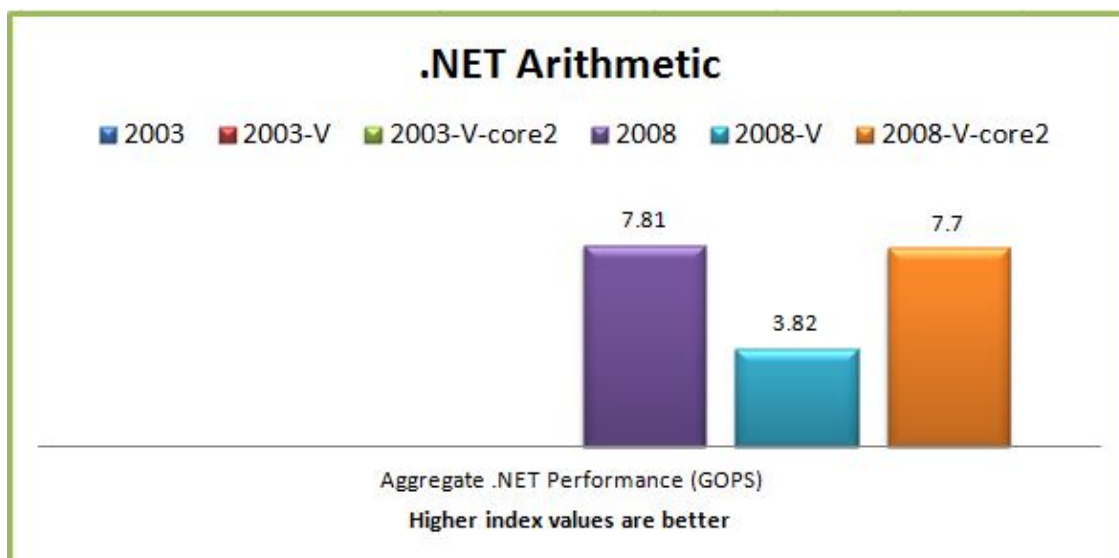
5.3 Virtual Machine

Još jedan set testova koji pokazuju da virtualne mašine koje rade pod Hyper-V-om rade podjednako dobro kao i realna mašina. Za server 2003 nema rezultata jer server 2003 ne podržava virtualizaciju.

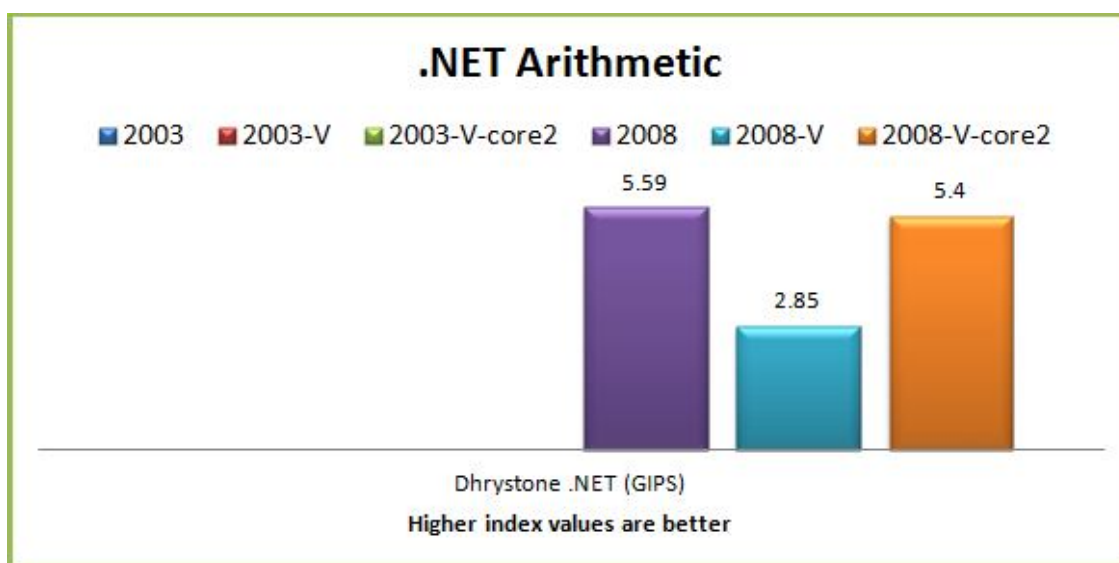
5.3.1 .NET Arithmetic - .NET aritmetika

Test .Net aritmetika testira brzinu aritmetike (celobrojnu i pokretnog zareza). Pokazuje kako procesori obrađuju .NET operacije u poređenju sa drugim tipičnim procesorima.

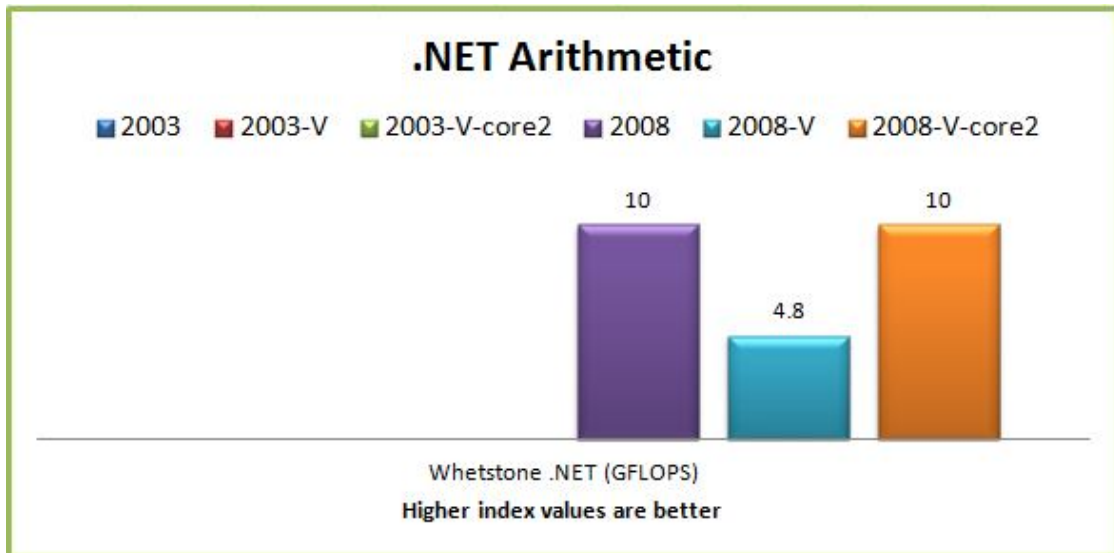
Takve operacije se koriste u programima za tipične poslove. Migracija softvera u .NET se povećava sa izlaskom Vista/Server 2008 operativnih sistema pa tako .NET brzina postaje sve više važna u odnosu na izvornu brzinu procesora.



Grafikon 22: Aggregate .NET Performance



Grafikon 23: Dhrystone .NET

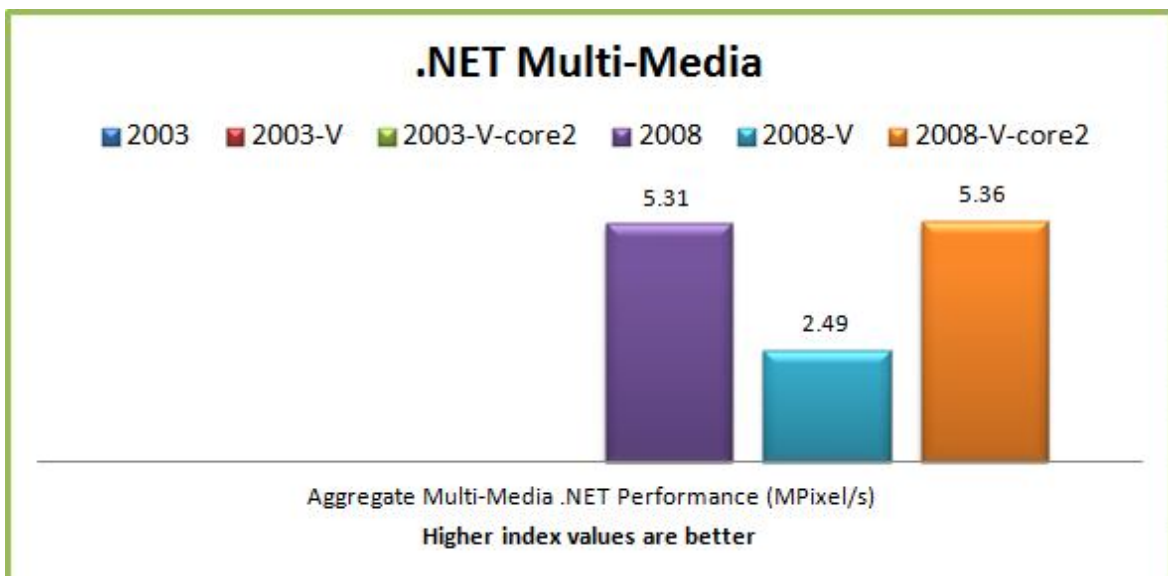


Grafikon 24: Whetstone .NET

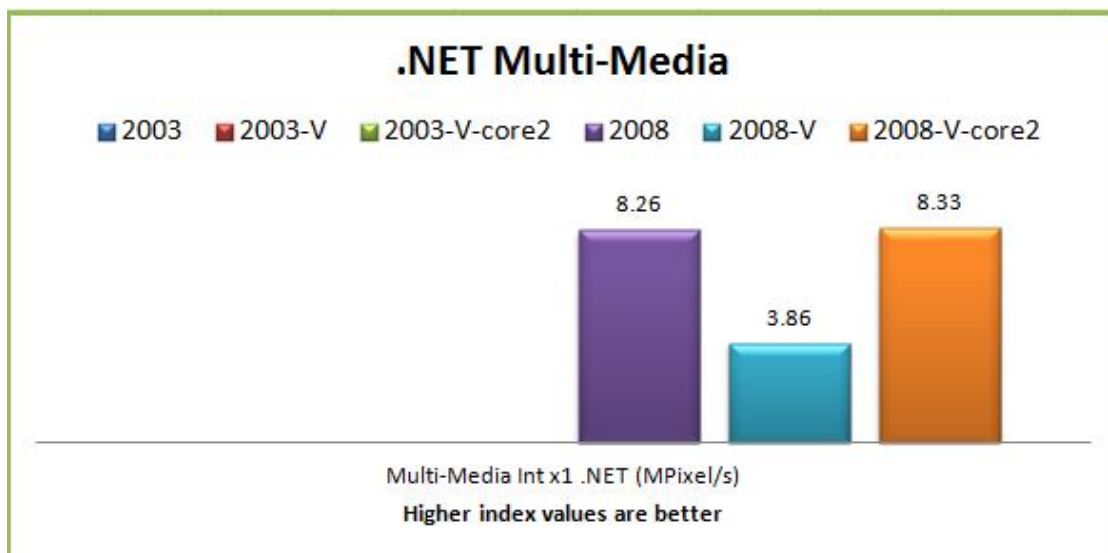
5.3.2 NET Multi-Media - .NET multimedija

Ovaj test testira brzinu multimedijalnih operacija .NET CLR. Pokazuje kako procesori obrađuju .NET multimedijalne instrukcije i podatke u poređenju sa drugim tipičnim procesorima.

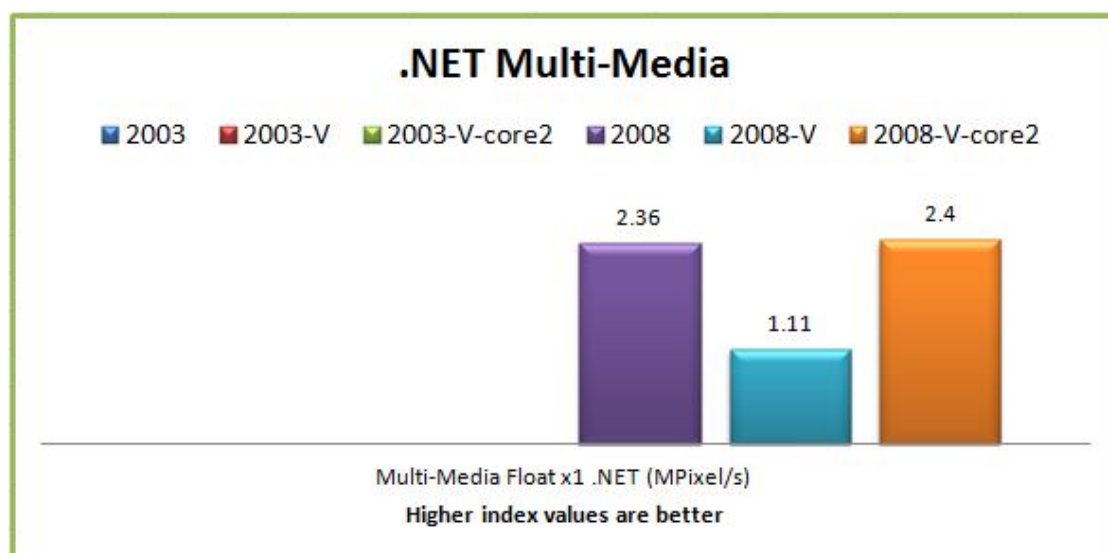
Takve operacije se koriste u specijalizovanom softveru, npr obradi slika, video dekomerima/enkomerima, igrima. Migracija softvera u .NET se povećava sa izlaskom Vista/Server 2008 operativnih sistema pa tako .NET brzina postaje sve više važna u odnosu na izvornu brzinu procesora.



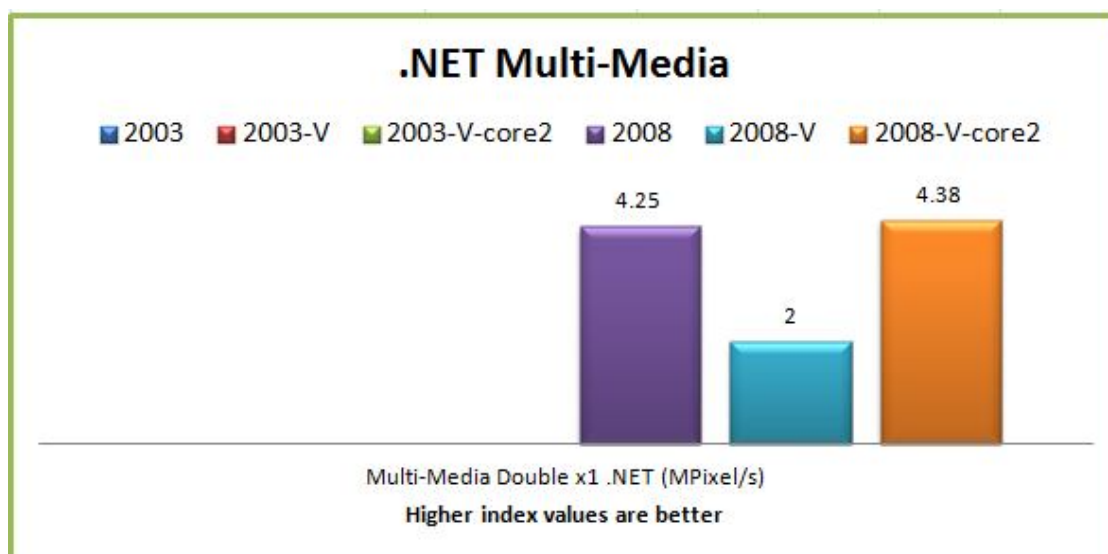
Grafikon 25: Aggregate Multi-Media .NET Performance



Grafikon 26: Multi-Media Int x1 .NET



Grafikon 27: Multi-Media Float x1 .NET

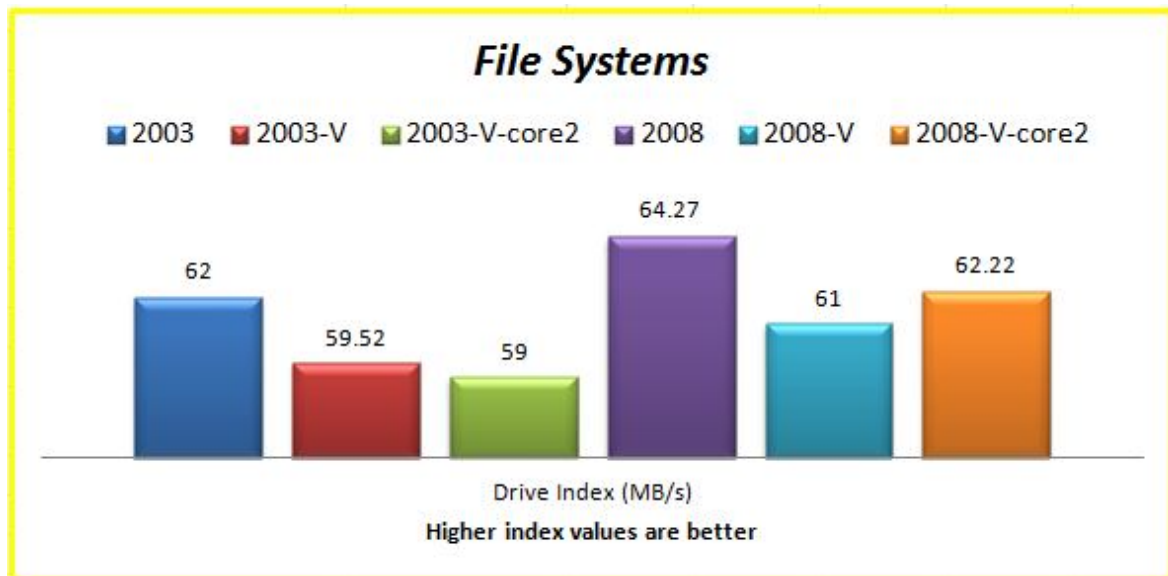


Grafikon 28: Multi-Media Double x1 .NET

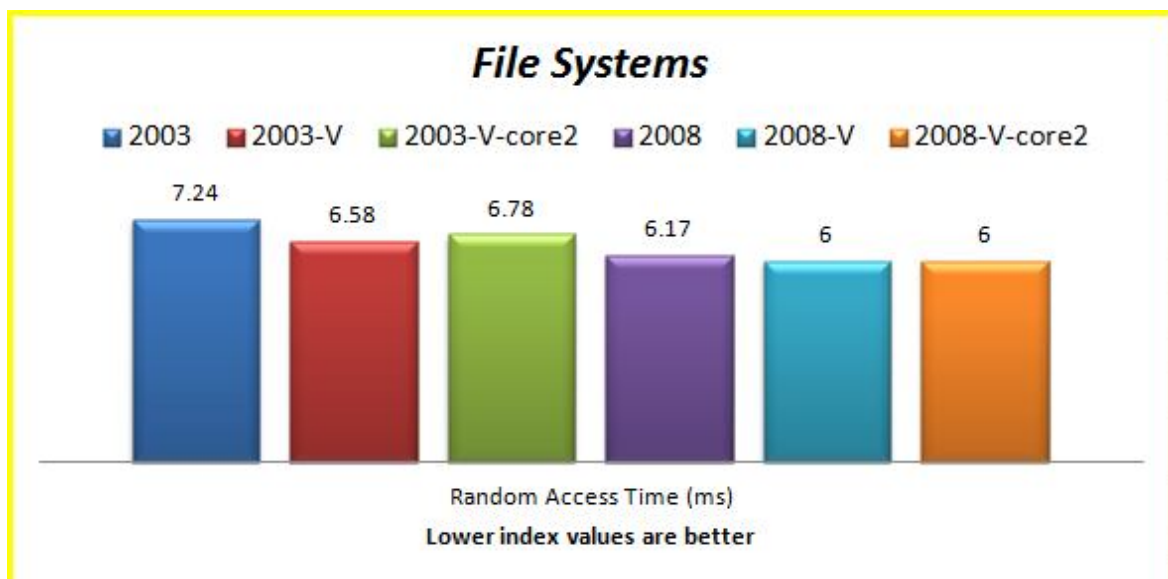
5.4 Eksterna memorija

5.4.1 File Systems - Fajl sistem

Test fajl sistem ne meri sirove fizičke performanse diska kao ostali testovi, već meri samu brzinu eksterne memorije, koja zavisi od više faktora (kao što su fajl sistem, keš operativnog sistema, mesto na disku itd.).



Grafikon 29: Drive Index



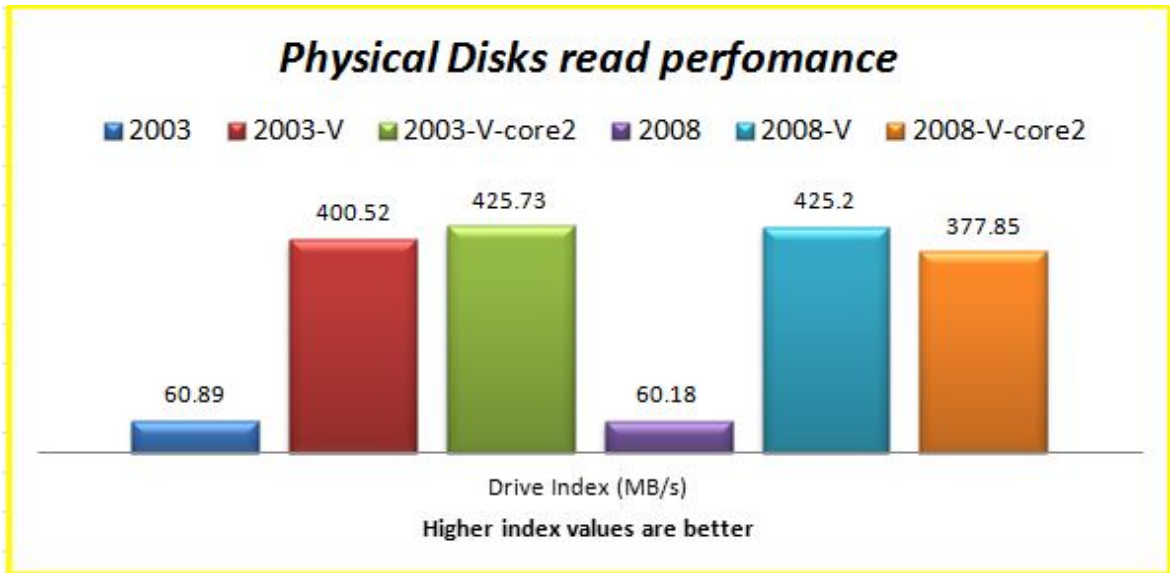
Grafikon 30: Random Access Time

Performanse koje su testirane u ovom testu približno su jednake, sa blagom prednosti u korist Server 2008 operativnog sistema.

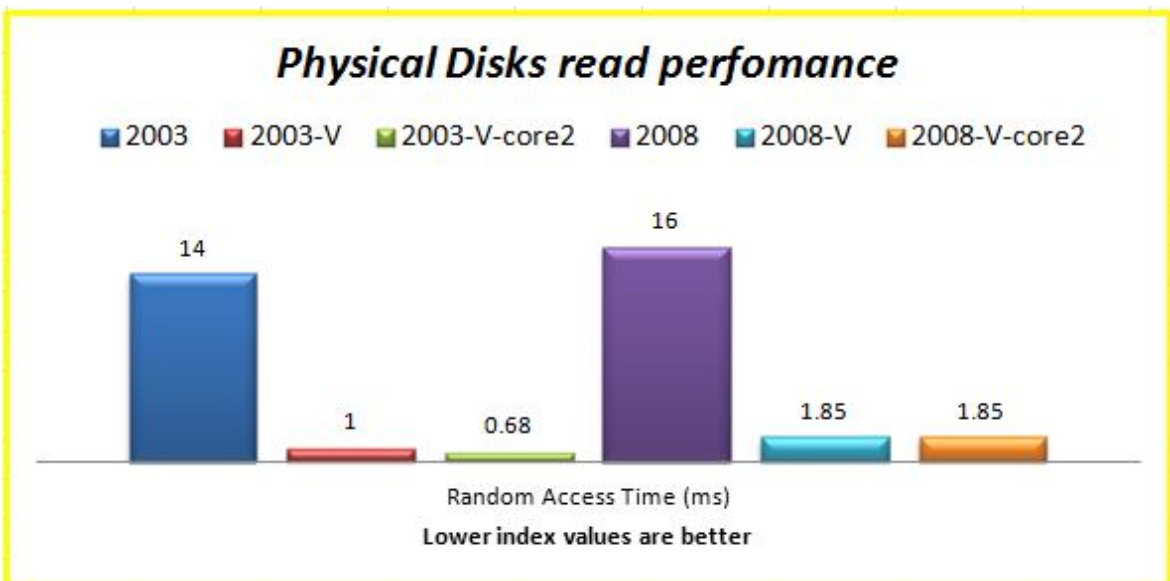
5.4.2 *Physical Disks* - Fizički diskovi

Ovaj test testira tvrde diskove (tj sam disk, ne fajl sistem). Pokazuje kako su fizički diskovi povezani sa adapterima skladišta podataka ili domaćinima skladišta podataka, porede sa drugim diskovima u tipičnom računaru.

Pošto test meri sirovu brzinu on je nezavisan od fajl sistema koji disk koristi.



Grafikon 31: Drive Index



Grafikon 32: Random Access Time

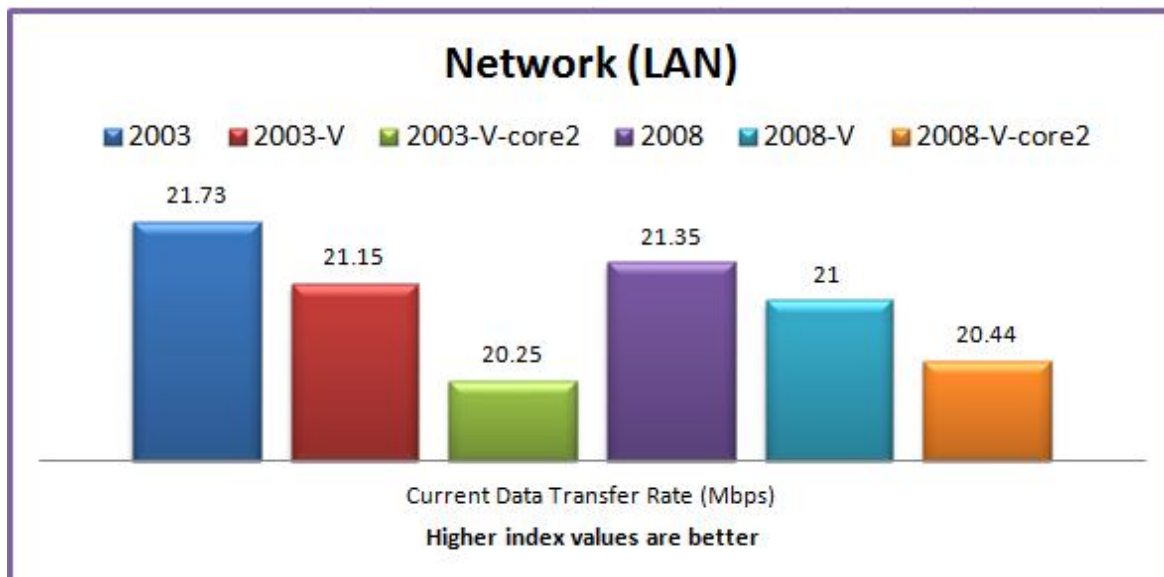
U ovom testu rezultati za realne servere su u okviru očekivanih vrednosti, a kod virtualnih mašina pokazuju više nego dobre rezultate. Uzrok ovako dobrih rezultata VM u odnosu na realne mašine su posledice keširanja, algoritama koje Hyper-V koristi u radu sa diskovima, gde hipervizor podatke privremeno smešta u memoriju pa tek onda upisuje na disk.

5.5 Network

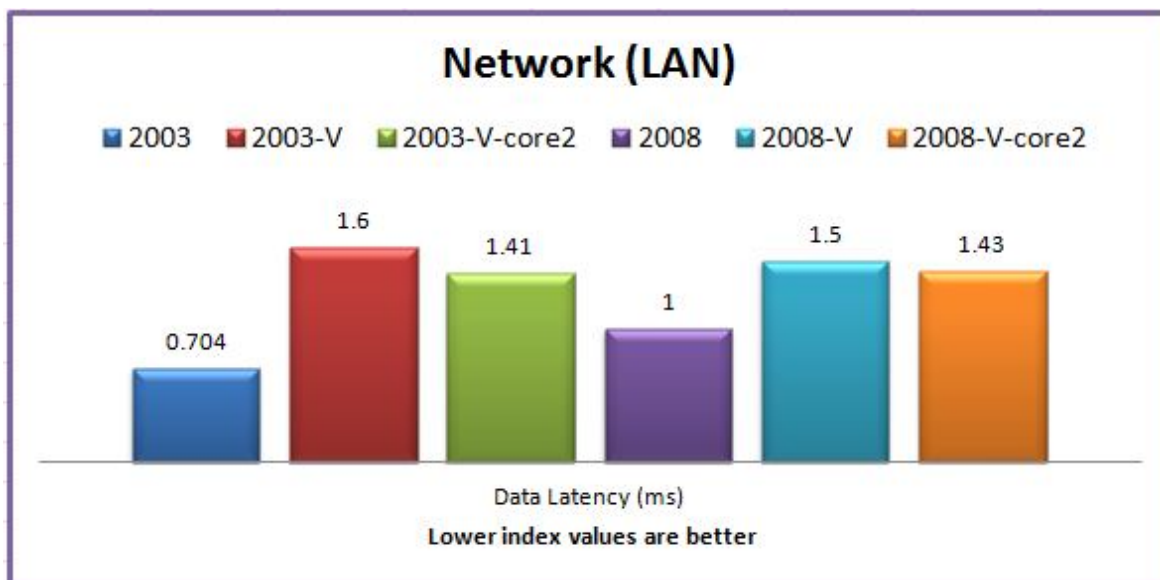
5.5.1 Network (LAN) - Mreža (LAN)

LAN test testira mrežni propusni opseg računara. Pokazuje kako se mreže/lokalne i domaćini/uređaji u mreži porede sa drugim mrežama, domaćinima ili uređajima.

Test koristi ICMP (*ping/echo*) interfejs da meri vreme odgovora i širinu propusnog opsega prema domaćinu.



Grafikon 33: Current Data Transfer Rate



Grafikon 34: Data Latency

Kod ovih testova Lan-a, dobijeni rezultati su očekivani i realni.

6 ZAKLJUČAK

U ovom radu testirana je virtualizacija pod Hyper-V platformom, na Windows Server 2008 operativnom sistemu. Urađeni su testovi zasnovani na aritmetičkim i multimedijalnim operacijama, kao i testovi rada memorije, hard diska i mrežne karte. Nakon svih sprovedenih instalacija i testova, zaključak je da je virtualizacija opravdana u svakom pogledu.

Fizička mašina najbolje (najbrže) pristupa hardverskim resursima jer ima direktan pristup hardveru. Međutim, razlike u performansama su zanemarljivo male i izražene su u jedinicama procenata, za razliku od ranije kada se izražavala u desetinama. Najviše zasluga za takve rezultate ima razvoj hardvera i softvera sa podrškom za virtualizaciju.

Razvojem novih tehnologija i ugrađenom podrškom u sam hardver, primenom virtualizacije dolazi se do ušteda na svim poljima jedne ozbiljne IT infrastrukture.

U pogledu samih performansi, ne može se nametnuti jasan stav. Primenom virtualizacije, u zavisnosti od njene svrhe u konkretnim određenim slučajevima, pokretanjem više virtualnih mašina na jednoj fizičkoj, dolazi do pada performansi na pojedinačnim VM-a u odnosu na fizičke mašine, ali je pad performansi zanemarljiv u odnosu na to koliko su uštede primenom virtualizacije.

Cena nabavke jednog “jakog” računara je manja nego cena četiri slabija računara koji bi obavljali funkcije ovog računara. Takođe nabavka i instalacija jednog računara traje vremenski mnogo kraće nego nabavka i instalacija četiri ili više nezavisnih računara. Potrebno je četiri puta manje izvora struje (UPS-eva) za servere nego u slučaju ne virtualizovanih računara, a takođe i četiri puta manje prostora nego u slučaju ne virtualizovanih računara.

7 LITERATURA

1. **Rand Morimoto, Jeff Guillet**, *Windows® Server 2008 Hyper-V UNLEASHED*
2. **Mark Minasi**, *Windows Server 2003*
3. **Jason Kappel, Toby J. Velte, Anthony T. Velte**, *Microsoft Virtualization with Hyper-V*
4. <http://en.wikipedia.org>
5. http://sr.wikipedia.org/wiki/Главна_страница
6. <http://www.trainsignal.com/Hyper-V-Training>
7. <http://www.microsoft.com/hyper-v-server/en/us/default.aspx>
8. <http://www.microsoft.com/virtualization/en/us/producc-desktop.aspx>
9. <http://www.coming.rs>
10. <http://www.ogledalo.rs/>
11. <http://www.cert.hr/>
12. <http://www.virtualbox.org/>
13. <http://xen.org>
14. <http://www.vmware.com>
15. <http://www.cet.rs/>
16. <http://www.windowsreference.com>