



UNIVERZITET SINGIDUNUM
FAKULTET ZA INFORMATIKU I RAČUNARSTVO

**Analiza performansi MySQL sistema za
upravljanje bazom podataka na
virtualizacionim platformama**

- Diplomski rad -

Mentor:

Prof. dr Mladen Veinović

Student:

Đorđe Petrović

Br. indeksa: 6/2007

Beograd, 2011.



FAKULTET ZA INFORMATIKU I RAČUNARSTVO

UNIVERZITET SINGIDUNUM

FAKULTET ZA INFORMATIKU I RAČUNARSTVO

Beograd, Zorana Đinđića 44

Kandidat: Đorđe Petrović

Broj indeksa: 6/2007

Smer: Projektovanje i programiranje

Tema: Analiza performansi MySQL sistema za upravljanjem bazom podataka na virtualizacionim platformama

Zadatak:. Analizirati komponente virtualizovanih okruženja i njihov uticaj na performanse Web aplikacija kao i MySQL sistema za upravljanje baze podataka. Prikazati rezultate testiranja i poređenja različitih tipova virtualizacionih platformi.

Datum odobrenja rada:
Beograd, _____._____._____.

MENTOR

Prof. dr Mladen Veinović

DEKAN

Prof. dr Mladen Veinović

Analiza performansi MySQL sistema za upravljanje bazom podataka na virtualizacionim platformama

Sažetak: U ovom radu su analizirane komponente virtualizovanih okruženja i njihov uticaj na performanse Web aplikacija. U analizirane komponente spadaju popularne platforme za virtualizaciju (Microsoft Hyper-V, VMWare Workstation i Oracle Virtual Box) i različite verzije MySQL sistema za upravljanje bazama podataka (5.1.56 i 5.5.13). Performanse su testirane korišćenjem različitih alata, na različitim kombinacijama navedenih komponenata i sa različitim simuliranim opterećenjima (ukupnim i paralelnim brojem zahteva). Dobijeni rezultati su predstavljeni tabelarno i grafički. Na osnovu dobijenih rezultata izvršeno je poređenje performansi različitih komponenata.

Ključne reči: Virtualizacija, MySQL, Web aplikacija, testiranje performansi, Microsoft Hyper-V, VMWare Workstation, Oracle Virtual Box

Analysis of the performance management system MySQL database data on the virtualization platform

Abstract: The components of virtualized environments and their impact on the performance of Web applications are analyzed in this paper. The components analyzed are popular platforms for virtualization (Microsoft Hyper-V, VMware Workstation and Oracle Virtual Box) and different versions of MySQL system database management (5.1.56 and 5.5.13). Performances were tested using different tools, on different combinations of these components and with different simulated loads (with total and parallel number of requests). The results are presented in tables and graphs. Based on the obtained results the comparison of the performances of different components is carried out.

Keywords: virtualization, virtual environment, MySQL, web application, performance testing, Microsoft Hyper-V, VMWare Workstation, Oracle Virtual Box

SADRŽAJ

1	Uvod	- 3 -
2	Arhitektura Web aplikacija i faktori performansi.....	- 4 -
2.1	Klijent-Server arhitektura.....	- 4 -
2.2	Iterativna i konkurentna obrada zahteva	- 5 -
2.3	Komunikacioni kanali	- 6 -
2.4	Anatomija troslojne arhitekture	- 9 -
3	Eksperimentalno okruženje	- 10 -
3.1	Hardverska platforma.....	- 10 -
3.2	Virtualizacione platforme.....	- 11 -
4	Softverski paketi.....	- 11 -
5	Scenario eksperimentalnog testiranja.....	- 14 -
5.1	Tipovi vršenih testova	- 16 -
6	Tabelarno i grafičko predstavljanje dobijenih rezultata	- 16 -
6.1	Tabelarno pojedinačno predstavljanje	- 16 -
6.2	Grafičko predstavljanje	- 19 -
7	Upoređivanje rezultata.....	- 28 -
7.1	Kombinovanje broja zahteva.....	- 28 -
7.2	Kombinovanje verzije softvera za upravljanje bazom podataka	- 30 -
7.3	Kombinovanje virtuelizacionih platformi	- 34 -
8	Zaključak.....	- 38 -
9	LITERATURA	- 39 -

1 Uvod

Sve veći broj poslovnih sistema migrira svoje informatičke servise u virtualizovana okruženja. Jedan od razloga za primenu virtualizacione tehnologije je mogućnost boljeg iskorišćavanja resursa hardvera serverskih računara, efikasna migracija softvera i povećana iskorišćenost skupo plaćenih servera. Pored virtualizacione tehnike koja pripada svetu informacionih tehnologija, znatnu ulogu imaju Web i internet koji postaju sve češći izbor infrastrukture i tehnološkog okruženja za razvoj aplikacija. Sama arhitektura Web aplikacija u većini slučajeva podrazumeva aktivnu komponentu na sloju logike, koja komunicira sa sistemom za upravljanje bazama podataka.

Performanse Web aplikacija predstavljaju njihov kritični atribut, a zavise od više faktora:

- Komunikacije između sloja logike i baze podataka
- Komunikacioni kanali, koji su kritični ali se na njih može uticati spolja
- Loše performanse baze i logike onemogućavaju potpuno iskorišćavanje komunikacionih kanala

U ovom radu biće predstavljene analize komponenta virtualizacionih okruženja i njihov uticaj na Web aplikacije. U analizirane komponente spadaju popularne virtualizacione platforme:

- Microsoft® Hyper-V™ pod operativnim sistemom Windows Server 2008 R2 Enterprise SP1 x64
- VMware® Workstation 7.1.3 pod operativnim sistemom Windows Server 2008 R2 Enterprise SP1 x64
- Oracle® Virtual Box 4.0 pod operativnim sistemom Windows Server 2008 R2 Enterprise SP1 x64

Takođe, korišćene su različite verzije MySQL sistema za upravljanje bazom podataka:

- MySQL Server 5.1.56
- MySQL Server 5.5.13

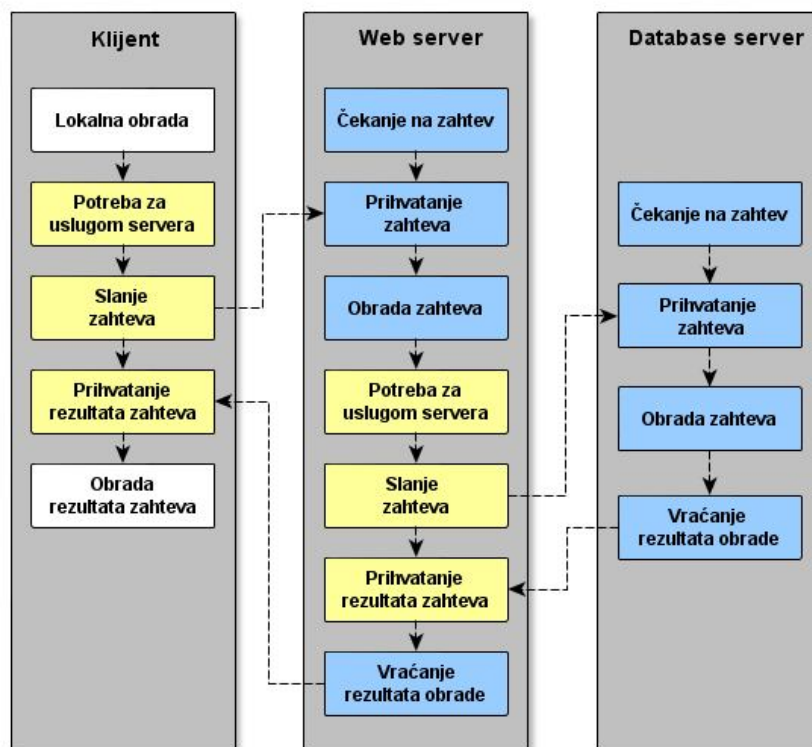
2 Arhitektura Web aplikacija i faktori performansi

U tekstu koji sledi ukazaćemo na neke od popularnih arhitektura Web aplikacija i faktore performansi koji predstavljaju njihov kritični atribut, kao što su:

1. Klijent-server arhitektura
2. Iterativna i konkurentna obrada zahteva
3. Komunikacioni kanali
4. Anatomija troslojne arhitekture

2.1 Klijent-Server arhitektura

Klijent-server arhitektura [3] javlja se početkom devedesetih godina XX veka, prihvatanje doživljava već polovinom iste decenije, a razvijen je kao rezultat nastojanja da se što bolje iskoristi resurs personalnih računara, kroz njihovu integraciju u jedinstven sistem za obradu podataka. Arhitektura je bazirana na distribuciji funkcija između dva tipa nezavisnih autonomnih procesa: klijenta (korisnik) i servera (slika 1.).



Slika 1: Slojevita klijent-server arhitektura

Najčešći primer se ogleda u pregledanju internet stranica gde klijent predstavlja aktivnog korisnika koji zahteva specifične usluge ili rezultate, šalje zahteve i čeka na odgovor, dok je server pasivan, čeka na zahteve korisnika, izvršava ih i šalje korisniku. Serveri su uglavnom jaki računari sa izuzetnim karakteristikama i performansama zbog toga što istovremeno moraju da obrade veliki broj zahteva sa tendencijom rasta. Za razliku

od korisničkih računara, servere uglavnom pokreću napredniji operativni sistemi koji pružaju mnogobrojne opcije sa već definisanim ulogama.

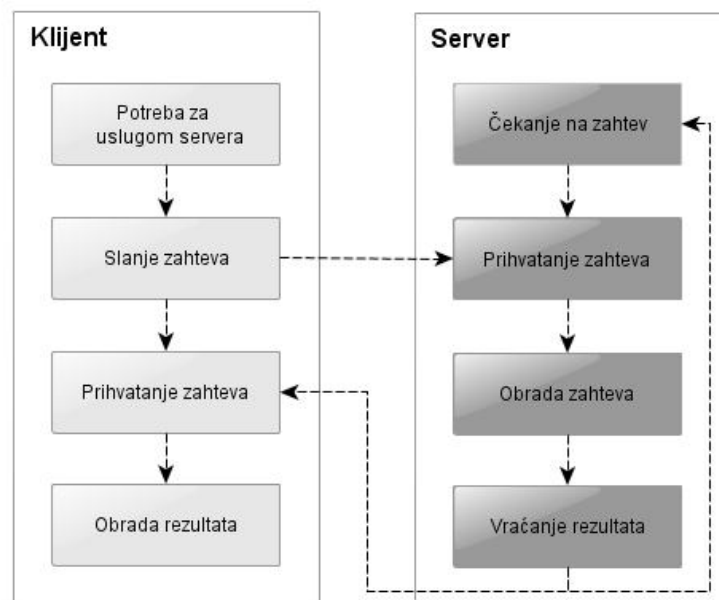
Dakle, serveri pružaju funkcije ili usluge jednom ili većem broju klijenata, koji zahtevaju takve usluge. Usluge koje server pruža klijentima se realizuju preko namenskih softverskih paketa (ili su zasnovane na mogućnostima operativnog sistema). Na jednom računaru je moguće instalirati više različitih softverskih paketa i na taj način dobiti multifunkcionalan server. Funkcije kao što su e-mail razmena, pristup internetu i bazama podataka su izgrađeni na ovakvoj klijent-server arhitekturi.

2.2 Iterativna i konkurentna obrada zahteva

Prema postupku obrade zahteva servere [2] možemo podeliti na:

- servere sa iterativnom obradom zahteva
- servere sa konkurentnom obradom zahteva.

Cilj servera sa iterativnom obradom zahteva je da osluškuju na dodeljenom portu čekajući na zahtev klijenta. Nakon prihvatanja zahteva klijenta zahtevi ostalih klijenata su na čekanju u ulaznom baferu ili se odbacuju sve dok se prihvaćeni zahtev ne obradi i rezultati te obrade pošalju natrag klijentu.

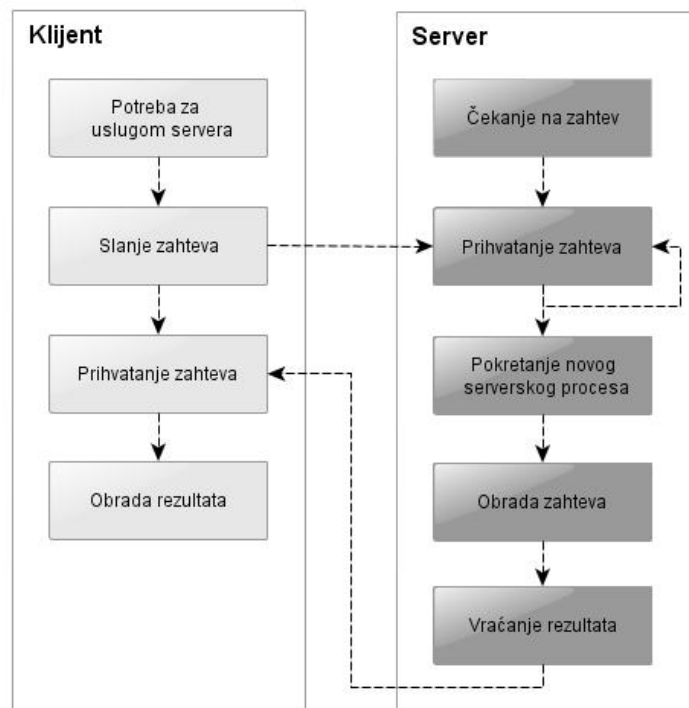


Slika 2: Iterativni pristup obrade zahteva

Glavni problem koji se javlja kod iterativne obrade zahteva se ogleda u tome što takav pristup može znatno da utiče na performanse u smislu broja obrađenih zahteva po jedinici vremena. Ako obrada jednog zahteva u toku svog izvršenja zauzme sve resurse servera onda se performanse mogu smatrati optimalnim. U slučaju, da obrada zahteva traži dodatno vreme usled čekanja na resurs koji nije potreban za obradu preostalih zahteva (koji su na čekanju u ulaznom baferu ili su odbačeni), iterativni pristup daje lošije performanse od konkurentnog. Najveća prednost iterativnog pristupa jeste eliminisanje problema

konkurentnog pristupa internim resursima servera tako što se u jednom trenutku obrađuje samo jedan zahtev kako ne bi došlo do višestrukih zahteva za istim resursom.

Prednost konkurentne obrade zahteva je pristup sa boljim performansama u situacijama u kojim server obrađuje veliki broj paralelnih zahteva od više klijenata u isto vreme. Paralelna obrada zahteva se postiže pokretanje novog procesa (ili niti procesa, u zavisnosti od operativnog sistema) za obradu zahteva kod svakog klijenta.



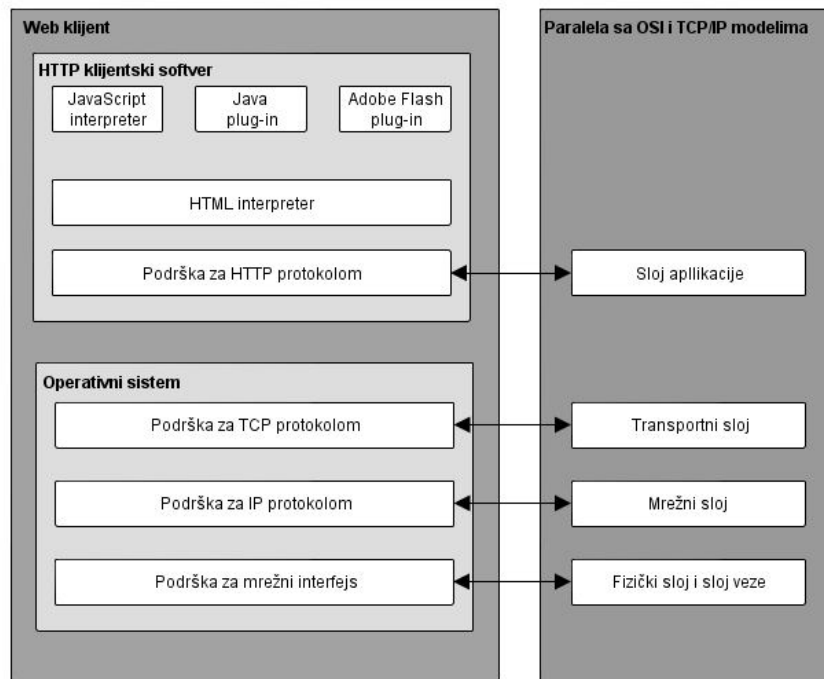
Slika 3: Konkurentni pristup obrade zahteva

Za ovakav način rada potreban je složeniji serverski softver koji se sastoji od dispečerkog dela (dela koji je zadužen za pokretanje procesa njihove obrade i prihvatanje zahteva) i dela koji je zadužen za konkretnu obradu zahteva. U određenim situacijama mogu se pokazati slabije performanse kod konkurentnog pristupa za obradu zahteva u odnosu na iterativni pristup usled trošenja procesorskog vremena na pokretanje novih procesa za obradu zahteva. Takođe, softver koji omogućava konkurentnu obradu je složeniji jer interno rešava konkurentni pristup sistemskim resursima. Softver za konkurentnu obradu najčešće unapred aktivira određen broj procesa za obradu zahteva a ukoliko je potrebno taj broj i povećava do konfiguracione vrednosti ili ograničenja sistemskim resursima.

2.3 Komunikacioni kanali

Današnje komunikacione mreže [2] su složeni sistemi koji obezbeđuju prenos informacije u formi video signala, govornih signala, elektronske pošte i računarskih fajlova. Korisnici su ti koji postavljaju zahtev za željenom komunikacionom uslugom (servisom) aktivirajući pri tome jednostavne procedure na svom stacionarnom ili

mobilnom telefonu, TV aparatu, ili aplikaciji koja se izvršava na host računaru, odnosno PC računar. Jedan od najčešćih primera se ogleda u korišćenju *interneta* gde korisnik putem *Web browsera* ili Web klijenta (Mozilla Firefox, Google Chrom, Opera, Safari, Internet Explorer itd) uspostavlja komunikaciju i na taj način dolazi do željenih usluga ili informacija.



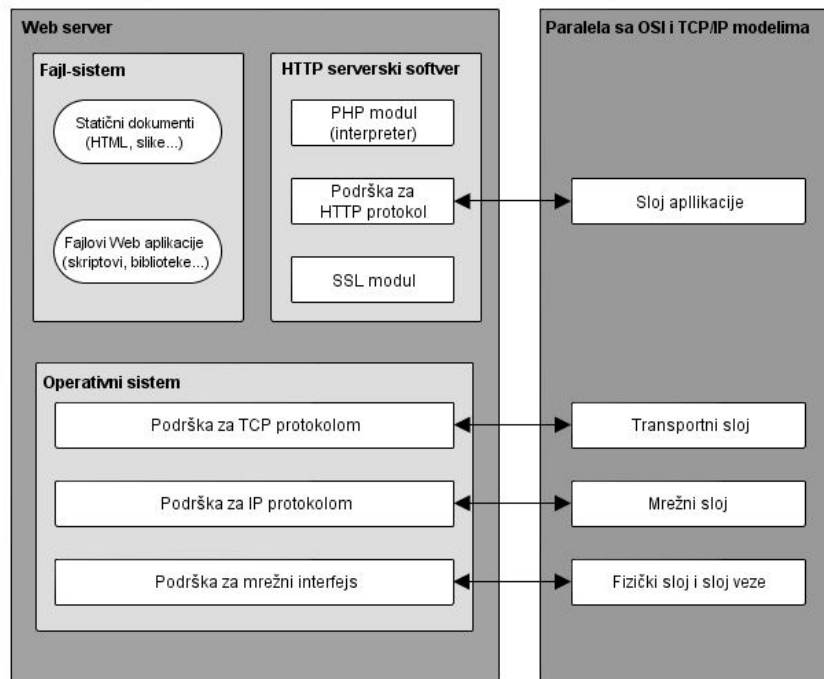
Slika 4: Web klijent arhitektura - komunikacija

Kao što je prikazano na slici 4, možemo primeti da se radi o takozvanoj Web klijent arhitekturi koja se sastoji od:

- **OSI i TCP/IP modela** - OSI model (*Open System interconnection Basic Reference Model*) je razvijen 1984. godine od strane ISO organizacije. I ako je ISO formalni standard danas se u praksi češće koriste jednostavniji *de facto* standard – Internet model (TCP/IP). OSI model definiše sedam slojeva gde se informacije prenose od jednog sloja na sledeći, sa početnom tačkom sloja aplikacije i hijerarhiski sve do fizičkog sloja gde se informacije obrnutim redosledom preko komunikacionih kanala završavaju do aplikacionog sloja.
 - **Sloj aplikacije** - predstavlja interfejs mreže ka korisniku. Osnovna uloga ovog sloja je omogućiti pristup mreži korisničkim programima.
 - **Transportni sloj** – kontroliše protok podataka između sistema, definiše strukturu podataka u porukama i proverava greške.
 - **Mrežni sloj** – zadatak mrežnog sloja jeste određivanje jedne ili više putanja kojima će poruka biti prosleđena od izvorišta do odredišta. Mrežni sloj je zadužen da u svakom čvoru mreže (stanici do odredišta) odredi koji je sledeći računar kome poruka treba biti prosleđena.

- **Fizički sloj i sloj veze** – Fizički sloj je zadužen za prenos bitova odnosno nula i jedinica putem komunikacionog kanala. Ovaj sloj definiše pravila po kojima se bitovi prenose, koji električni napon je potreban, koliko bitova se šalje po sekundi i fizički format korišćenih kablova i konektora. Sloj veze upravlja prenosom putem fizičkog sloja i omogućava prenos oslobođen grešaka na ovom i fizičkom sloju. Zadatak sloja veze jeste da zaštiti slojeve višeg nivoa od grešaka nastalih pri prenosu podataka.
- **HTTP klijentski software** – osnovna uloga *Web browsera* je da prikaže informacije korisniku. Informacije koje *Web browseri* (*Web čitači*) pružaju su slike, audio i video sadržaj, zatim *Flash* i *Java* programe kao i *XML* datoteke i sl. Takođe, imaju podršku i za *HTML* protokol koji komunicira na sloju aplikacije OSI modela.
- **operativnog sistema** – osnovni nivo mrežne podrške jeste podrška za hardver koji služi za fizički pristup mreži (modem, mrežna kartica i sl). Podrška za hardver računara se kod operativnog sistema realizuju u vidu modula koji se nazivaju drajverima (eng. *driver*). Većina operativnih sistema najčešće se isporučuje sa već sadržanim drajverima za popularni mrežni hardver. Osim podrške za mrežni hardver (fizički sloj) operativni sistem mora imati podršku za protokole sloja veze, mrežnog sloja i transportnog sloja koji se koriste u mreži na koji je računar priključen.

Ukoliko korisnik želi da dobije željene usluge ili informacije neophodno je da uspostavi komunikaciju sa *Web serverom*. Osnovna funkcija *Web servera* je da isporuči web stranice na zahtev korisnika. To znači da server treba korisniku da dostavi *HTML* dokumenta bilo kog sadržaja, a tu mogu biti obuhvaćeni dokumenti kao što su slike i skripte.



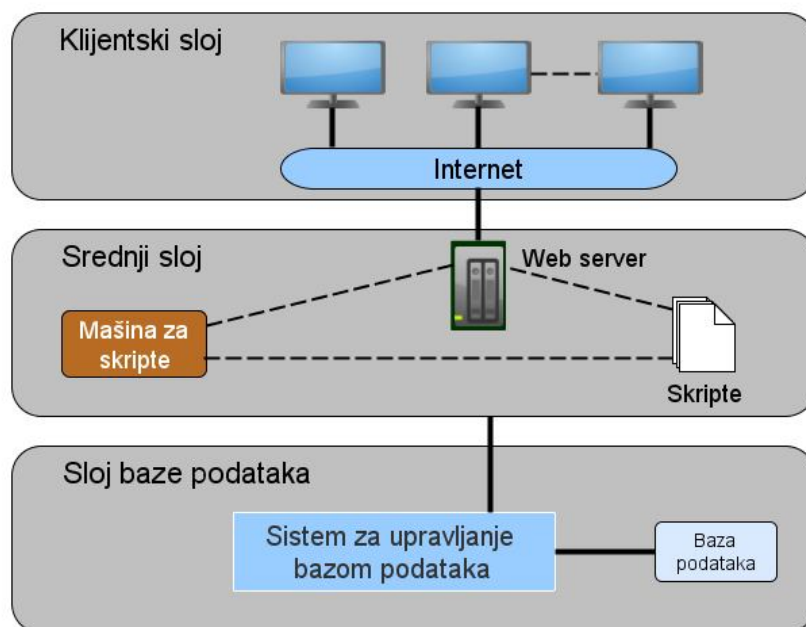
Slika 5: Web server arhitektura – komunikacija

Kao što je prikazano na slici 5. možemo primetiti da Web server ima podršku za TCP/IP protokol (standard za mrežnu komunikaciju), mrežni interfejs, zatim ima podršku za OSI i TCP/IP modele, podrška za PHP modul i HTTP protokol koji je namenjen za razmenu poruka između Web servera i Web klijenta. HTTP je aplikacijski protokol a ne sistemski kao TCP/IP. Korisnik putem Web browsera, uspostavlja komunikaciju sa serverom, šalje zahtev putem HTTP, server odgovara na zahtev korisnika ili ukazuje na grešku ako server nije u stanju da odgovori na taj zahtev. I ako je primarna funkcija Web servera da dostavi sadržaj korisniku (HTML dokumenta, slike i sl), puna implementacija HTTP takođe omogućava način prijema sadržaja od strane klijenta. Ova funkcija se koristi za dostavljanje Web obrazaca, uključujući i *upload* fajlova.

Treba naglasiti da Web server podržava dodatni sloj enkripcije SSL/TSL modul koji ima funkciju da zaštiti saobraćaj. SSL modul je naročito pogodan za HTTP jer može da obezbedi zaštitu čak i ako je samo jedna strana komunikacije potvrdila svoj identitet. To je slučaj koji se javlja kod HTTP transakcije podataka preko interneta gde je obično server overen distributer (od strane klijenta ispituje se sertifikat servera).

2.4 Anatomija troslojne arhitekture

Web aplikacije koje rade sa bazama podataka, funkcionišu samo po modelu troslojne aplikacione logike. Aplikacije razvijene posredstvom troslojne arhitekture funkcionišu primenom mrežnih tehnologija koje su postojale mnogo pre pojave interneta na koji smo danas navikli. Radilo se o takozvanim *point-of-service* sistemima koji su stvoreni kako bi omogućili neometan elektronski transfer novca sa računa što ih svrstava u prvobitne aplikacije koje rade sa bazama podataka. Svaki sledeći sistem ne predstavlja ništa drugo osim blagu modifikaciju i nadogradnju predhodno pomenutog *point-of-service* modela.



Slika 6: Anatomija troslojne arhitekture

Troslojna arhitektura [4] koja je prikazana na slici 4. se sastoji od tri sloja:

- **Klijentski sloj** - koji predstavlja situaciju gde korisnik putem *Web Browsera* (Web čitača) pokušava da uspostavi komunikaciju koja će se ostvariti sa datom aplikacijom.
- **Srednji sloj** – za koji se takođe može reći da je najkomplikovaniji i podrazumeva veći deo aplikacione logike i služi kao jedna vrsta mosta između sloja baze podataka i klijentskog sloja.
- **Sloj baze podataka** - koji predstavlja najniži nivo troslojne arhitekture, ovaj nivo se sastoji od sistema za upravljanje bazom podataka. Takav sistem omogućava unos, izmene, brisanja ili pretrage podataka od strane korisnika.

Troslojna arhitektura najčešće se primenjuje u razvijanju internet stranica gde klijent uz pomoć *Web browsera* vrši konekciju i pristupa datom sadržaju ili aplikaciji. Ovakav pristup se često naziva „*Front-end Web server*“, koji služi za prikazivanje statičnih („*static*“, gde je kompletan sadržaj i opis izgleda internet strane smešten u jednu zajedničku datoteku) i dinamičnih („*dynamic*“, gde su internet stranice ili prezentacije generisane od strane Web aplikacija) internet stranica. Zatim, srednji dinamičan sloj koji je generisan od strane aplikativnog servera, kao što su: *Java EE, ASP.NET, PHP, ColdFusion* platforme. I treći sloj koji se često naziva *back-end database*, odnosno sloj baze podataka koji se sastoji od skup podataka „*database*“ i sistema za upravljanje bazom podataka. Uglavnom, ovaj sloj omogućava korisniku da pristupi određenom sadržaju i bitnim informacijama koje nude internet stranice.

3 Eksperimentalno okruženje

Jedno eksperimentalno okruženje se sastoji od hardverske platforme, virtualizacione platforme i softverskih alata. U daljem tekstu biće objašnjene svaka od njih pojedinačno.

3.1 Hardverska platforma

Hardver koji je korišćen u ovakvom vidu eksperimentalnog testiranja je relativno nov računar zadovoljavajućih performansi:

- Intel® Core™ i7-950 Processor (8M Cache, 3.06 GHz, 4.80 GT/s Intel® QPI)
- Intel® X58/ICH10R Chipsets
- Kingston 6GB DDR3 1600MHz
- WD Caviar Blue 500GB SATAII 16MB Cache 3.5"

3.2 Virtualizacione platforme

Za analizu performansi MySQL sistema za upravljanje baze podataka kao i broj kombinovanih HTTP zahteva, korišćene su sledeće virtualizacione platforme:

- **Microsoft Hyper-V** – Virtualizacioni alat koji dolazi kao samostalan paket u sklopu operativnog sistema Microsoft Windows Server 2008 R2.
- **VMWare Workstation 7.1.3** – Alat koji se najčešće koristi od svih virtualizacionih platformi i nije besplatan (može se koristiti 30 dana dok traje *trail period*).
- **Oracle Virtual Box 4.0** – Virtualizacioni softverski paket koji je „*open source*“ (otvorenog koda) i razvijen od strane Oracle kompanije.

4 Softverski paketi

MySQL [1] (My Structured Query Language) sistem za upravljanje bazama podataka (SUBP) je jedan od najpopularnijih „*open source*“ (otvorenog koda) sistema na Linux platformi i čini jednu od osnovnih komponenti za razvoj Web aplikacija. Sistem omogućava da čuvate podatke, da im pristupate i da ih organizujete na najbolji mogući način. Pri tome, SUBP može da služi u organizaciji podataka i to od nivoa liste podataka, pa sve do velike kolekcije tabela sa milionskim brojem zapisa. Danas većina programskih jezika poseduju biblioteke za pristup bazi podataka MySQL. Dodatno, postoji *Open Database Connectivity* (ODBC) interfejs pod nazivu MyODBC koji dozvoljava pristup bazi podataka za one programske jezike koje imaju podršku ODBC interfejsa, kao što su: ASP i ColdFusion. Osim na Linux platformi ovaj sistem ima podršku i za AIX, BSD, Mac OS X, QNX, IRIX, Novell NetWare, OpenBSD, OS/2, Solaris, SunOS, SCO sisteme i Microsoft Windows operativne sisteme.



Slika 7: MySQL Sistem za upravljanje bazom podataka

Budući da je MySQL primarno relacioni sistem za upravljanje bazom podataka *Relational database management system* (RDBMS) uz njega ne dolazi grafički interfejs, odnosno alat koji omogućava korisniku lako administriranje i upravljanje bazom podataka. Uz ovaj softverski paket korisnici mogu da koriste *Command Line Interface* (CLI) alat ili da preuzmu druge alate razvijene za administraciju i upravljanje podataka među kojima se nalaze: MySQL Query Browser, MySQL Workbench, Navicat, dbForge itd. Ovi alati korisniku omogućavaju lakoću administriranja i upravljanje bazom podataka, vizualni uvid u rezultate izvršenih upita ili skripti.

Glavne karakteristike koje čine MySQL posebnim su:

- **open source** – Dostupan je na internetu a i pritom je besplatan. Ovo je veliki kontrast drugim komercijalnim sistemima za baze podataka kao što su: Oracle, MS SQL, Informix itd, kreiranih od strane velikih kompanija koji su pri tome i veoma skupi.
- **brzina** - Svaki od sistema za upravljanje bazom podataka poseduju područja u kojima se posebno ističe. Od strane tržišta, priznato je da su odgovori MySQL sistema brži nego kod drugih sistema. Upravo zbog brzine, MySQL je sistem izbora za Web aplikacije, gde se zbog velikog saobraćaja zahteva i velika brzina.
- **SQL orijentacija** – MySQL sistem podržava Structured Query Language (SQL), najkorišćeniji jezik za definisanje i korišćenje podataka.
- **lakoća upotrebe** – MySQL sistem je relativno mali softverski paket koji ne zauzima veliku količinu prostora kao drugi SUBP. Razvoj ovakvog sistema fokusirana je na široku i laku upotrebljivost, gde se u paket ubacuju samo neophodne funkcije. Ovim MySQL čini lakim za razumevanje, lakim za instaliranje, podešavanje i administriranje.
- **ubrzani razvoj** – Savremeni dodaci sistema za bazu podataka MySQL uključuju podršku za transakcije, replikaciju, tekstualno pretraživanje i RAID fajl sisteme.

Takođe, od verzije 5.1 MySQL sistem [5] podržava i:

- ograničenja na nivou kolone
- particionisanje baze
- XML funkcije
- load emulator (podrška za simulaciju upotreba baze sa izveštajima o performansama)
- zakazivanje akcija (eng. *event scheduling*)
- online backup
- replikaciju klastera i fail-safe replikaciju

MySQL sistem za upravljanje bazom podataka je primenjen u više različitih informacionih sistema od kojih su najpoznatiji:

- Facebook (on-line društvena mreža sa preko sedam stotina i pedeset miliona aktivnih korisničkih naloga mesečno)
- You Tube
- Wikipedija (on-line enciklopedija sa nekoliko stotina miliona pregleda i nekoliko miliona izmena u toku dana)
- CNET Networks
- i dr.

Glavni nedostaci MySQL sistema u toku razvoja su bili nedostatak relacionih funkcionalnosti, podrške za ACID i tretiranje NULL vrednosti. Međutim, počev od verzije 5 MySQL predstavlja funkcionalan i stabilan sistem za upravljanje baze podataka u kome su rešeni predhodno napomenuti nedostaci. Ovakav ozbiljan i besplatan sistem je dodatni razlog zašto je ovaj sistem odabran kao primarni softverski paket za eksperimentalno testiranje. Verzije MySQL sistema koje su korišćene za eksperimentalno testiranje su:

- *MySQL Server 5.1.56*
- *MySQL Server 5.5.13*

Zend Server CE (Zend Server Comunitie Edition) predstavlja jedan od popularnih aplikativnih servera „open source“ (otvorenog koda) koji je razvijen od istoimene kompanije „Zend“. Sistem omogućava korisniku jednostavno instaliranje i upotrebu, pruža osnovne performanse optimizacije i manipulisanje PHP aplikacija, zatim korišćenje Apache servisa, *Zend Framework* i PHP skripti u razvojne svrhe Web aplikacija. Ovakav sistem dostupan je na Macintosh platformi dok je na Windows i Linux platformi dostupan na: *Red Hat Enterprise, CentOS, Fedora Core, Oracle Enterprise, Debian i Ubuntu, zatim dostupan na: Microsoft Windows Server 2003/2008, Windows XP, Vista i Windows 7* operativnim sistemima.



Slika 8: Zend Server CE - aplikativni server

Osnovne karakteristike koje čine Zend Server CE posebnim su:

- **besplatan i sertifikovan** – Zend Server CE je sertifikovan od strane kompanije „Zend“ koji obuhvata najnovije ispravke grešaka za bezbednost i performanse softvera, a pritom je i besplatan.
- **lakoća instalacije i upotrebe** – Sistem omogućava automatizovan instaler koji brine o instaliranju i konfigurisanju komponenti (*PHP, Apache i Zend Framework*) za svoj sistem, bez potrebe da preuzimate i instalirate pakete odvojeno.
- **administratorska konzola** – Zend Server CE dolazi sa integrisanom administratorskom konzolom koja se može pristupiti preko Web pretraživača. Konzola omogućava preglednost i mogućnost konfigurisanja: *Apache, PHP servisa i operativni status servera i sl.*

Pri tome, sistem u sebi sadrži dodatne razvojne alate [6], kao što su:

- **Zend Optimizer+** – koji ubrzava izvršenje skripti preko operacionog koda keširanje.

- **Zend Data Cache** – skup funkcija koja ubrzava pristup podacima preko keširanja.
- **Zend Debugger** – funkcionalna skripta za otklanjanje grešaka.
- **Zend Java Bridge** – što omogućava korišćenje Java aplikacija iz PHP skripti.

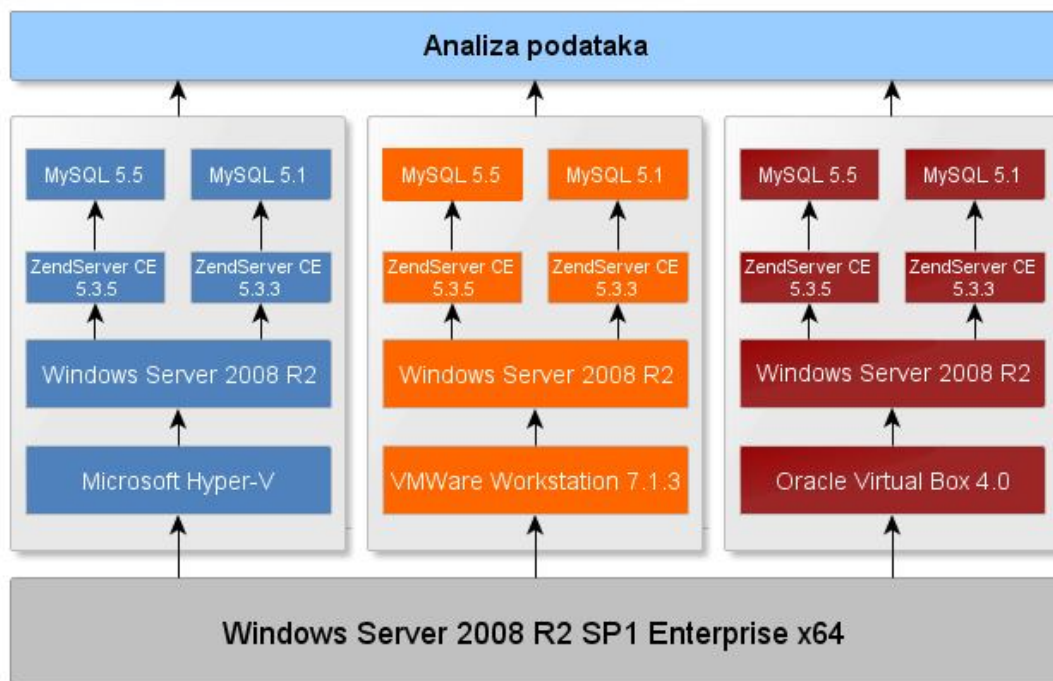
Od verzije 5 Zend Server CE pokazao se jako stabilnim i funkcionalnim sistemom za upotrebu u razvojne svrhe Web aplikacija.

5 Scenario eksperimentalnog testiranja

U ovom delu rada predstavljen je scenario eksperimentalnog testiranja koji se odnosi na ispitivanju potencijala MySQL baze podataka, simulacije kombinovanja HTTP zahteva i performansi virtualizacionih platformi.

Da bi scenario eksperimentalnog testiranja funkcionisao, neophodno je prisustvo tri tipa instaliranih softverskih komponenti:

- *MySQL Server* verzije (5.1.56 i 5.5.13),
- *Zend Server CE* – aplikativni server i
- *Microsoft Hyper-V*, *WMWare Workstation 7.1.3* ili *Oracle Virtual Box 4.0* platforme za virtualizaciju na serveru x64 arhitekturi.



Slika 9: Proces eksperimentalnog okruženja

Proces eksperimentalnog okruženja koja je prikazana na slici 9. je predstavljena kroz sledeća tri koraka:

1. Prvi korak je instalacija nosećeg operativni sistem Microsoft Windows Server 2008 R2 SP1 Enterprise x64 direktno na hard disk računara. Na ovom operativnom sistemu pre testiranja instalirane su najnovije zakrpe i dopune putem Microsoft-ove alatke *Windows Update*. Ovaj operativni sistem omogućava korisniku podršku za do 64 fizička procesora i 1TB radne memorije.
2. Drugi korak je instalacija proizvođača za virtualizaciju (Microsoft Hyper-V, VMWare Workstation 7.1.3 i Oracle Virtual Box 4.0) pojedinačno. Na ovim virtualizacionim platformama neophodno je kreirati virtualnu mašinu (VM) koja omogućava korisniku da na jednom računaru kreira više nezavisnih i izolovanih operativnih sistema sa različitim podešavanjima samog hardvera (CPU, memorija, hard disk, mrežne kartice i ostale komponente). U ovom slučaju, na svakoj virtualizacionoj platformi podignut je operativni sistem Microsoft Windows Server 2008 R2 SP1 Enterprise x64 kome je dodeljeno četiri virtualna procesora i 4GB radne memorije sa podjednakim opterećenjima. Ovde treba naglasiti, da je analiza performansi virtualizacionih platformi rađena pojedinačno.
3. Treći korak je instalacija softverskih alata na kojima je vršeno testiranje ukupnih i paralelnih broja zahteva i zapisa istovremeno. Softverski alati na kojima je vršeno testiranje su:
 - MySQL Server (5.1.56 i 5.5.13) - koji je namenjen na testiranju ukupnih broja zapisa
 - Zend Server CE (5.3.3 i 5.3.5) - koji je namenjen na testiranju ukupnih i paralelnih broja zahteva

Testiranje je vršeno tako što je svaki test rađen po tri puta, a u tabelu rezultata upisana je srednja vrednost ta tri testa. Dobijeni rezultati predstavljeni su tabelarno i grafički. Na osnovu dobijenih rezultata izvršeno je poređenje performansi različitih komponenta.

Prilikom izrade ove analize testirana su dva operativna sistema Microsoft Windows Server 2008 R2 SP1 Enterprise x64 od kojih je jedan instaliran direktno na hard disk računara, a drugi sistem instaliran kao virtualna mašina. Zatim, testirani su proizvođači virtualizacionih okruženja kao i softverski alati različitih verzija.

5.1 Tipovi vršenih testova

Testiranje je vršeno preko HTTP i PHP i to sa različitim brojem zahteva i zapisa na različitim softverskim i virtualizacionim platformama.

- HTTP zahtev sa 2000 zahteva istovremeno
- HTTP zahtev sa 2500 zahteva istovremeno
- HTTP zahtev sa 3000 zahteva istovremeno
- MySQL sa 200 zapisa
- MySQL sa 300 zapisa
- MySQL sa 400 zapisa

6 Tabelarno i grafičko predstavljanje dobijenih rezultata

Posle izvršenog eksperimentalnog testiranja rezultati su predstavljeni na dva načina:

- Tabelarno pojedinačno predstavljanje
- Grafičko predstavljanje

6.1 Tabelarno pojedinačno predstavljanje

Tabelarno je prikazano vreme koje je potrebno da se izvrši određen broj zahteva koristeći ZendServer CE (5.3.3 i 5.3.5) na Hyper-V virtualizacionoj platformi koja je prikazana na tabeli 1 i 2.

Tabela 1. Prosečno vreme za izvršavanje određenog broja zahteva

Hyper-V, ZendServer CE – 5.3.3	
Prosečno vreme	Zahtev
00:00.792	2000
00:01.000	2500
00:01.151	3000

Tabela 2. Prosečno vreme za izvršavanje određenog broja zahteva

Hyper-V, ZendServer CE – 5.3.5	
Prosečno vreme	Zahtev
00:00.990	2000
00:00.984	2500
00:01.156	3000

Tabelarno je predstavljeno vreme upisa i izmena određenog broja zapisa različitih verzija MySQL sistema za upravljanje bazom podataka (5.1.56 i 5.5.13) prikazana je na tabeli 3 i 4.

Tabela 3. Vreme potrebno za izvršenje određenog broja upisa i izmena

Hyper-V, MySQL Server -5.1.56		
Upis	Izmena	Zapis
00:00.440	00:25.541	400
00:00.270	00:05.646	300
00:00.169	00:01.492	200

Tabela 4. Vreme potrebno za izvršenje određenog broja upisa i izmena

Hyper-V, MySQL Server -5.5.13		
Upis	Izmena	Zapis
00:00.441	00:28.292	400
00:00.354	00:05.748	300
00:00.312	00:02.391	200

Tabelarno je prikazano vreme koje je potrebno da se izvrši određeni broj zahteva koristeći ZendServer CE (5.3.3 i 5.3.5) na VMWare Workstation 7.1 virtualizacionoj platformi koja je prikazana na tabeli 5 i 6.

Tabela 5. Prosečno vreme za izvršenje određenog broja zahteva

VMWare Workstation 7.1, Zend Server CE – 5.3.3	
Prosečno vreme	Zahtev
00:01.120	2000
00:01.359	2500
00:01.583	3000

Tabela 6. Prosečno vreme za izvršavanje određenog broja zahteva

VMWare Workstation 7.1, Zend Server CE – 5.3.5	
Prosečno vreme	Zahtev
00:01.068	2000
00:01.412	2500
00:01.646	3000

Tabelarno je predstavljeno vreme upisa i izmena određenog broja zapisa različitih verzija MySQL sistema za upravljanje bazom podataka (5.1.56 i 5.5.13) prikazana je na tabeli 7 i 8.

Tabela 7. Vreme potrebno za izvršenje određenog broja upisa i izmena

VMWare Workstation 7.1, MySQL Server -5.1.56		
Upis	Izmena	Zapis
00:00.695	00:33.357	400
00:00.384	00:07.088	300
00:00.266	00:01.998	200

Tabela 8. Vreme potrebno za izvršenje određenog broja upisa i izmena

VMWare Workstation 7.1, MySQL Server -5.5.13		
Upis	Izmena	Zapis
00:00.579	00:18.972	400
00:00.454	00:07.367	300
00:00.353	00:02.163	200

Tabelarno je prikazano vreme koje je potrebno da se izvrši određeni broj zahteva koristeći ZendServer CE (5.3.3 i 5.3.5) na Oracle Virtual Box 4.0 virtualizacionoj platformi koja je prikazana na tabeli 9 i 10.

Tabela 9. Prosečno vreme za izvršavanje određenog broja zahteva

Oracle Virtual Box 4.0, Zend Server CE – 5.3.3	
Prosečno vreme	Zahtev
00:01.229	2000
00:01.578	2500
00:01.833	3000

Tabela 10. Prosečno vreme za izvršavanje određenog broja zahteva

Oracle Virtual Box 4.0, Zend Server CE – 5.3.5	
Prosečno vreme	Zahtev
00:01.266	2000
00:01.672	2500
00:01.802	3000

Tabelarno je predstavljeno vreme upisa i izmena određenog broja zapisa različitih verzija MySQL sistema za upravljanje bazom podataka (5.1.56 i 5.5.13) prikazana je na tabeli 11 i 12.

Tabela 11. Vreme potrebno za izvršenje određenog broja upisa i izmena

Oracle VirtualBox 4.0, MySQL Server -5.1.56		
Upis	Izmena	Zapis
00:00.974	00:31.345	400
00:00.852	00:08.821	300
00:00.461	00:02.240	200

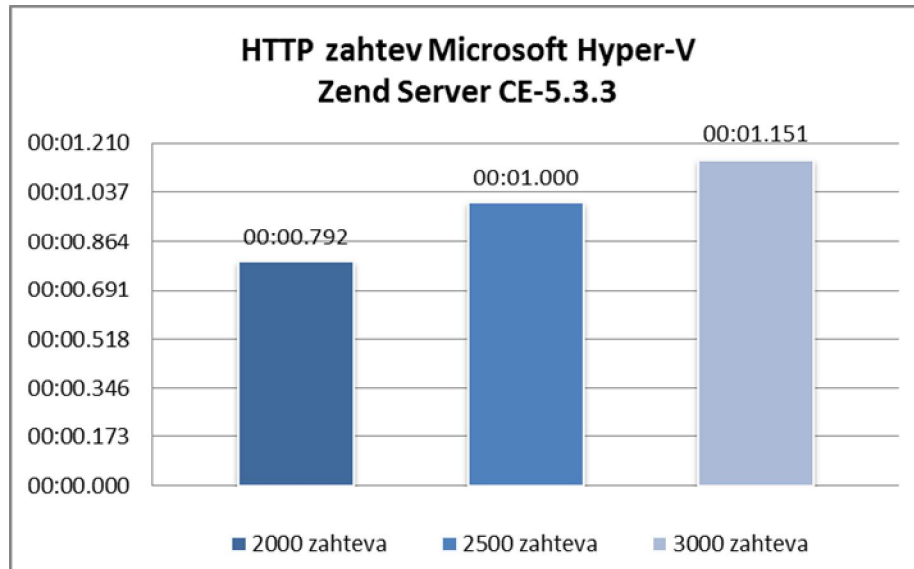
Tabela 12. Vreme potrebno za izvršenje određenog broja upisa i izmena

Oracle VirtualBox 4.0, MySQL Server -5.5.13		
Upis	Izmena	Zapis
00:01.085	00:23.201	400
00:00.717	00:08.572	300
00:00.427	00:02.282	200

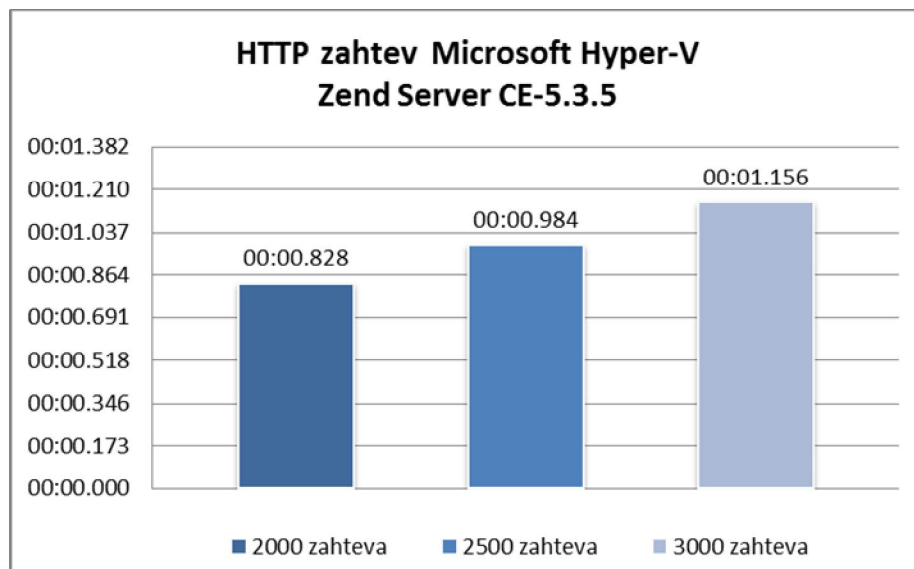
6.2 Grafičko predstavljanje

Grafički prikazani su rezultati HTTP zahteva kao i rezultati upisa i izmena MySQL zapisa pojedinačno koristeći različite verzije softverskih alata koji su razvrstani prema virtualizacionim platformama.

Vreme izraženo u sekundama potrebno za 2000, 2500, 3000 zahteva na Hyper-V virtualizacionoj platformi koristeći ZendServer CE (5.3.3 i 5.3.5) prikazano je na slici 10 i 11.

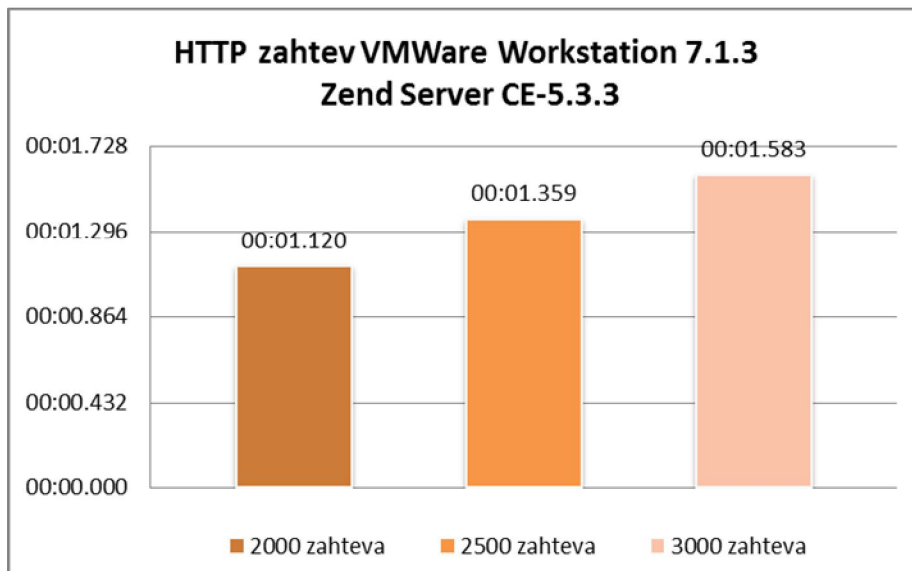


Slika 10: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja HTTP zahteva

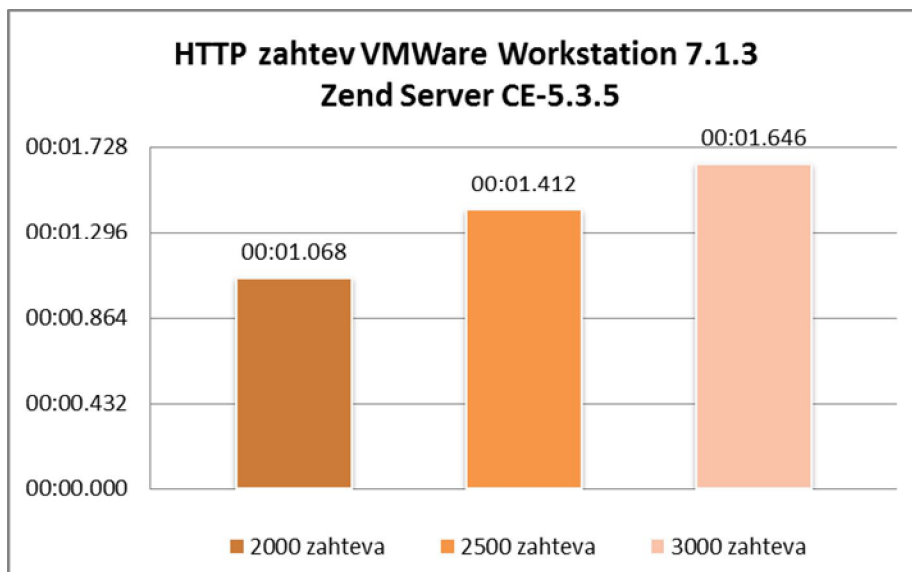


Slika 11: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja HTTP zahteva

Vreme izraženo u sekundama potrebno za 2000, 2500, 3000 zahteva na VMWare Workstation 7.1 virtualizacionoj platformi koristeći ZendServer CE (5.3.3 i 5.3.5) prikazano je na slici 12 i 13.

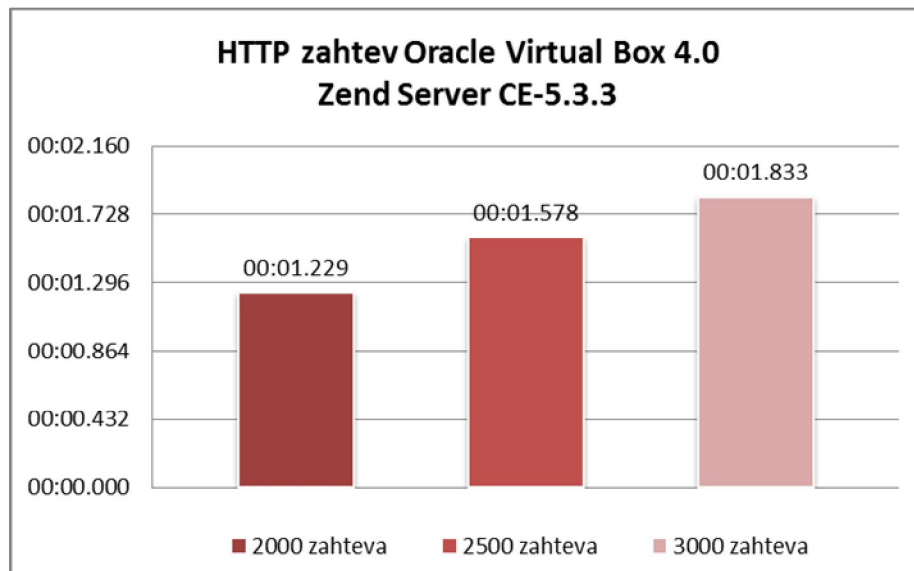


Slika 12: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja HTTP zahteva

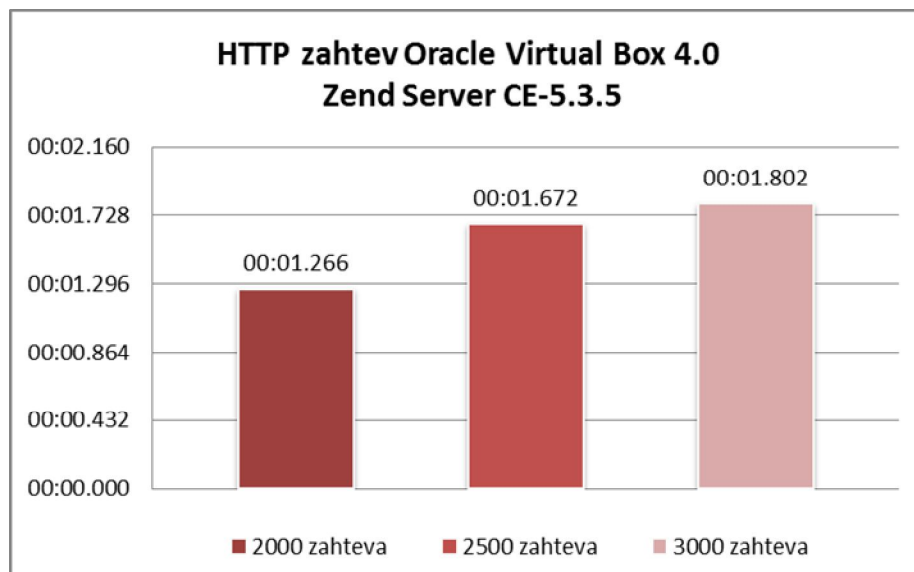


Slika 13: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja HTTP zahteva

Vreme izraženo u sekundama potrebno za 2000, 2500, 3000 zahteva na Oracle Virtual Box 4.0 virtualizacionoj platformi koristeći ZendServer CE (5.3.3 i 5.3.5) prikazano je na slici 14 i 15.

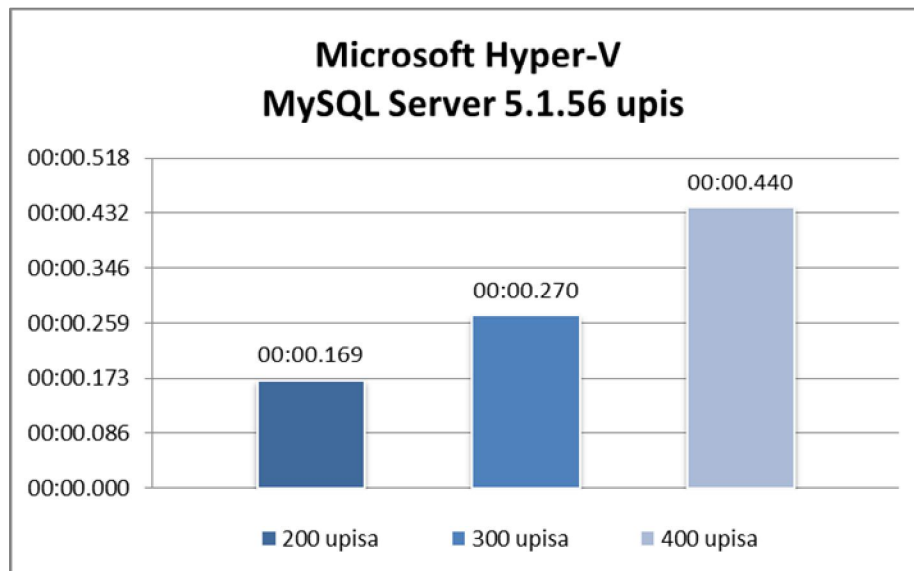


Slika 14: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja HTTP zahteva

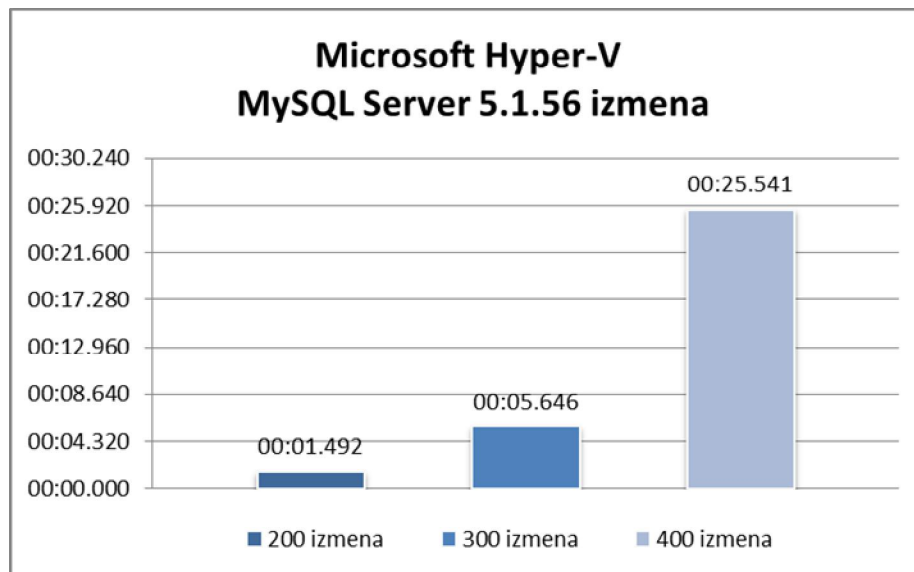


Slika 15: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja HTTP zahteva

Vreme izraženo u sekundama potrebno za 200, 300 i 400 upisa i izmena zapisa na Microsoft Hyper-V virtualizacionoj platformi koristeći MySQL Server 5.1.56 prikazano je na slici 16 i 17.

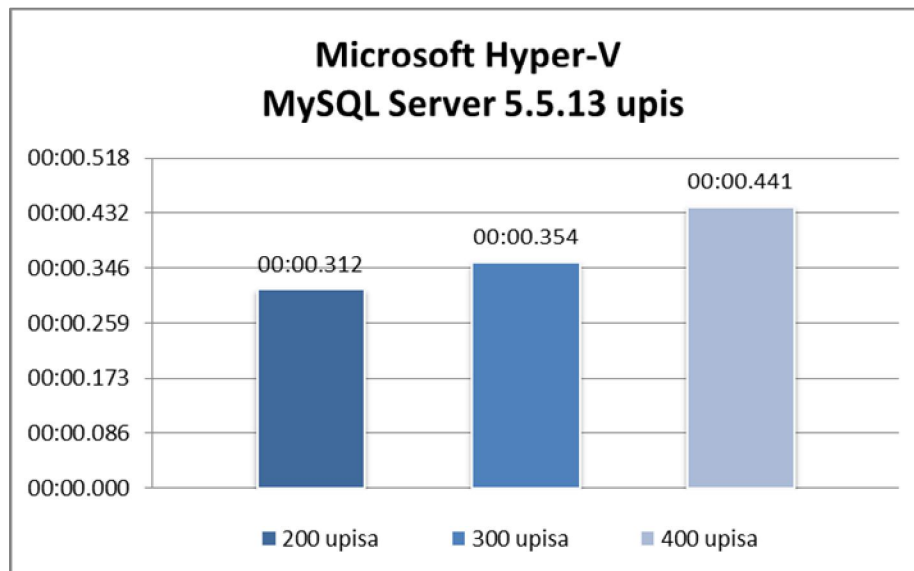


Slika 16: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja upisa MySQL zapisa

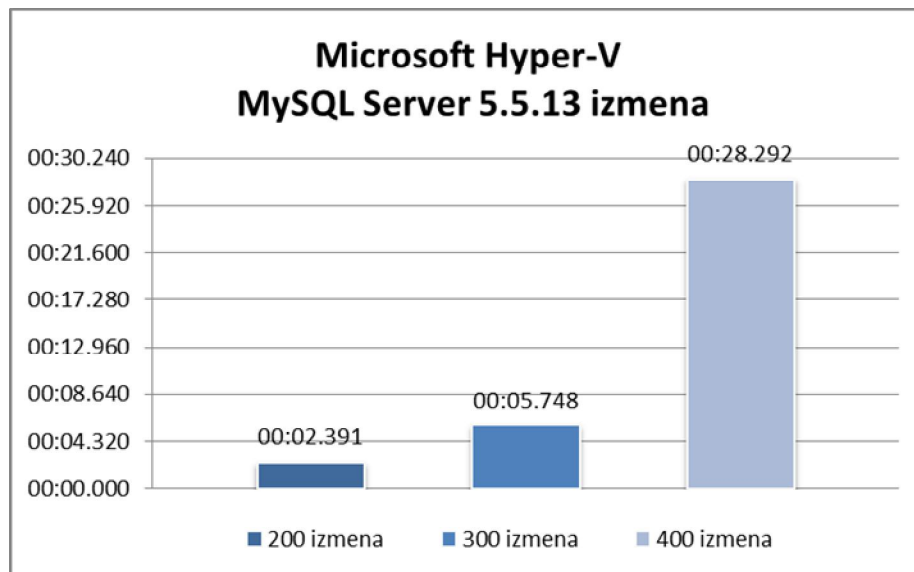


Slika 17: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja izmena MySQL zapisa

Vreme izraženo u sekundama potrebno za 200, 300 i 400 upisa i izmena zapisa na Microsoft Hyper-V virtualizacionoj platformi koristeći MySQL Server 5.5.13 prikazano je na slici 18 i 19.

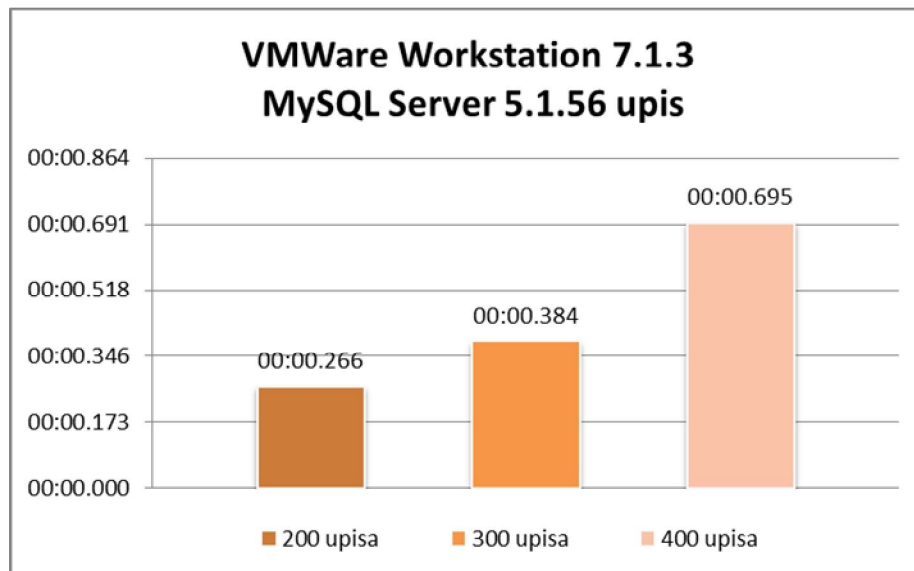


Slika 18: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja upisa MySQL zapisa

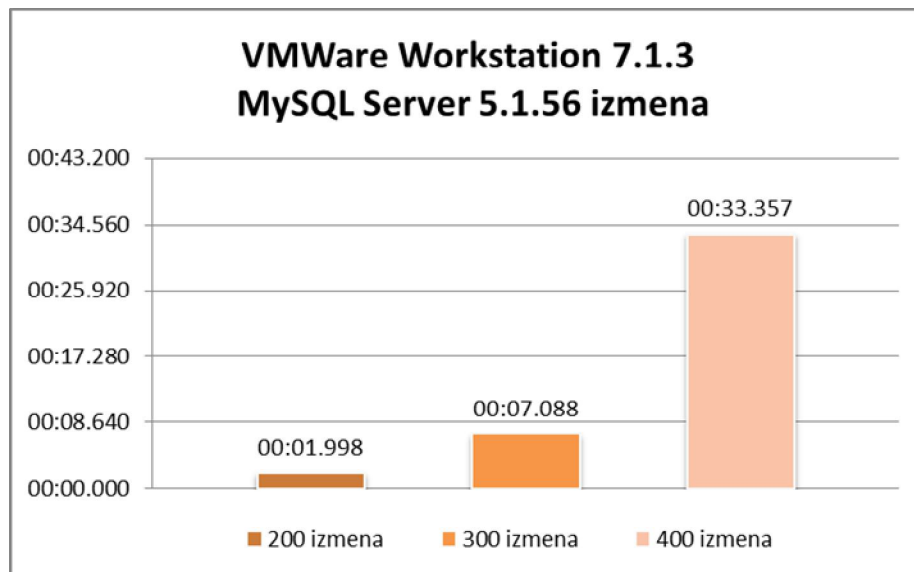


Slika 19: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja izmena MySQL zapisa

Vreme izraženo u sekundama potrebno za 200, 300 i 400 upisa i izmena zapisa na VMWare Workstation 7.1 virtualizacionoj platformi koristeći MySQL Server 5.1.56 prikazano je na slici 20 i 21.

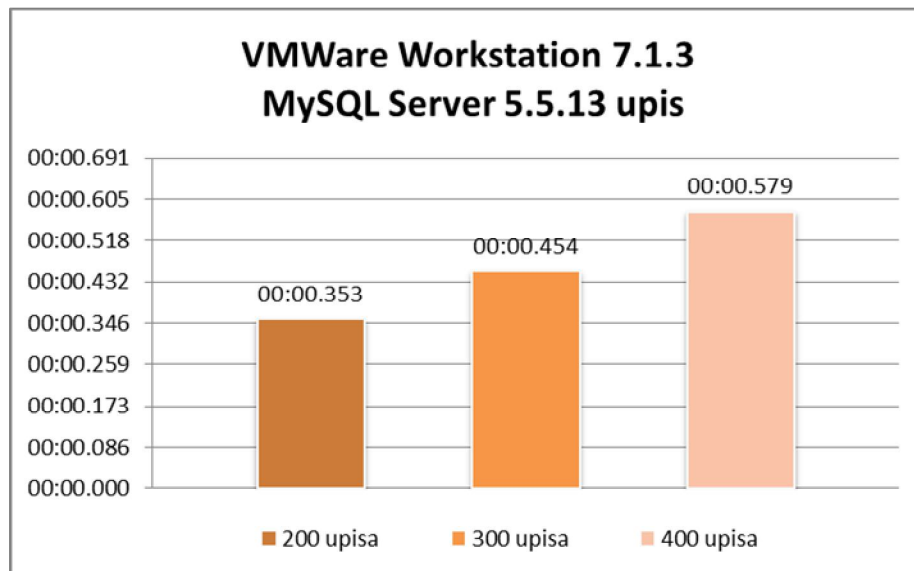


Slika 20: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja upisa MySQL zapisa

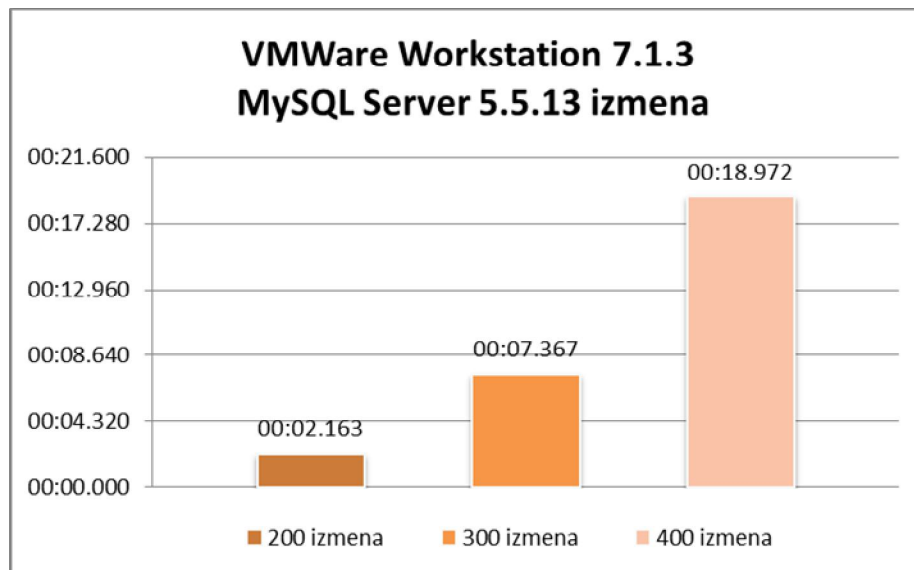


Slika 21: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja izmena MySQL zapisa

Vreme izraženo u sekundama potrebno za 200, 300 i 400 upisa i izmena zapisa na VMWare Workstation 7.1 virtualizacionoj platformi koristeći MySQL Server 5.5.13 prikazano je na slici 22 i 23.

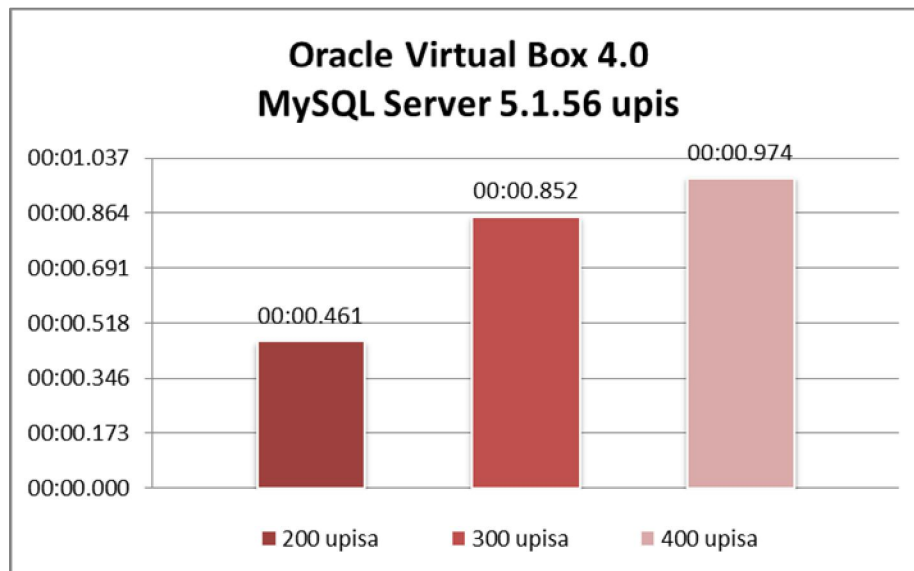


Slika 22: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja izmena MySQL zapisa

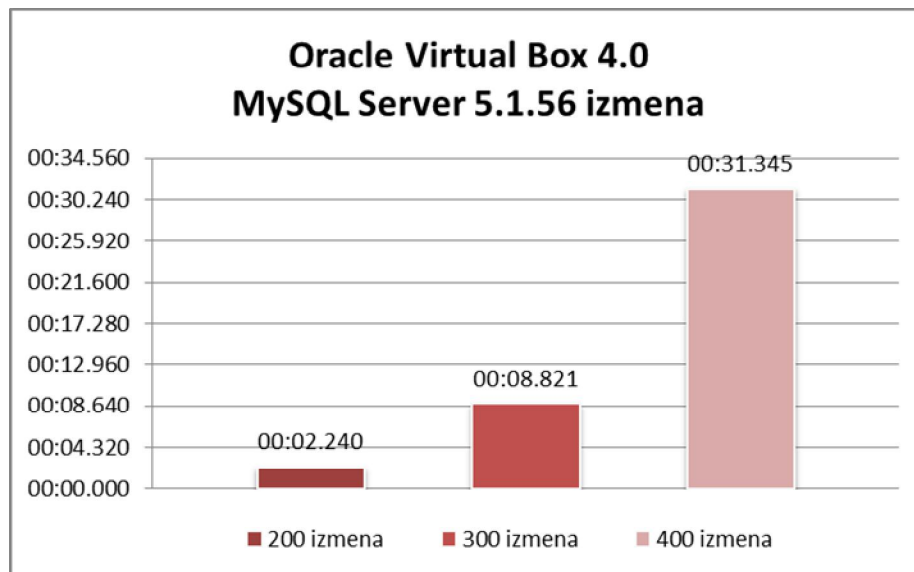


Slika 23: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja izmena MySQL zapisa

Vreme izraženo u sekundama potrebno za 200, 300 i 400 upisa i izmena zapisa na Oracle Virtual Box 4.0 virtualizacionoj platformi koristeći MySQL Server 5.1.56 prikazano je na slici 24 i 25.

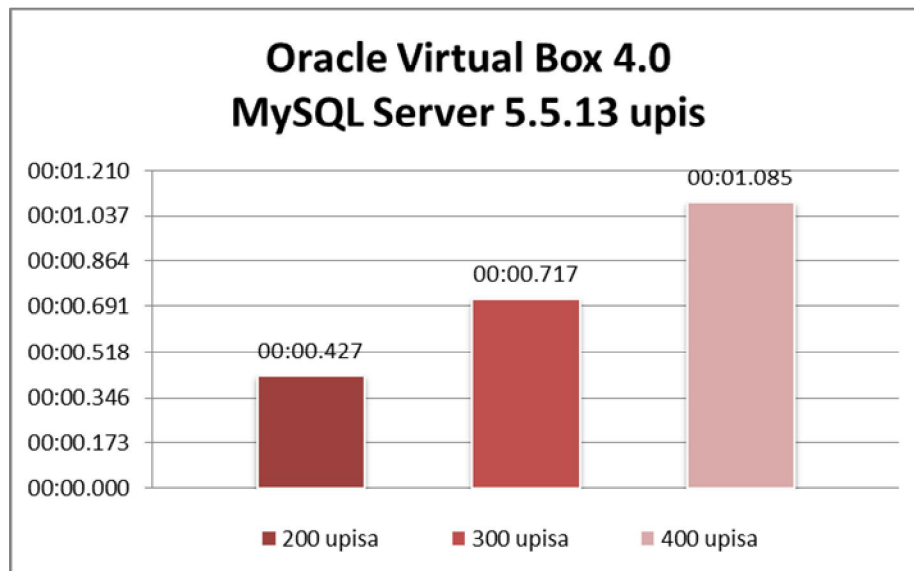


Slika 24: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja izmena MySQL zapisa

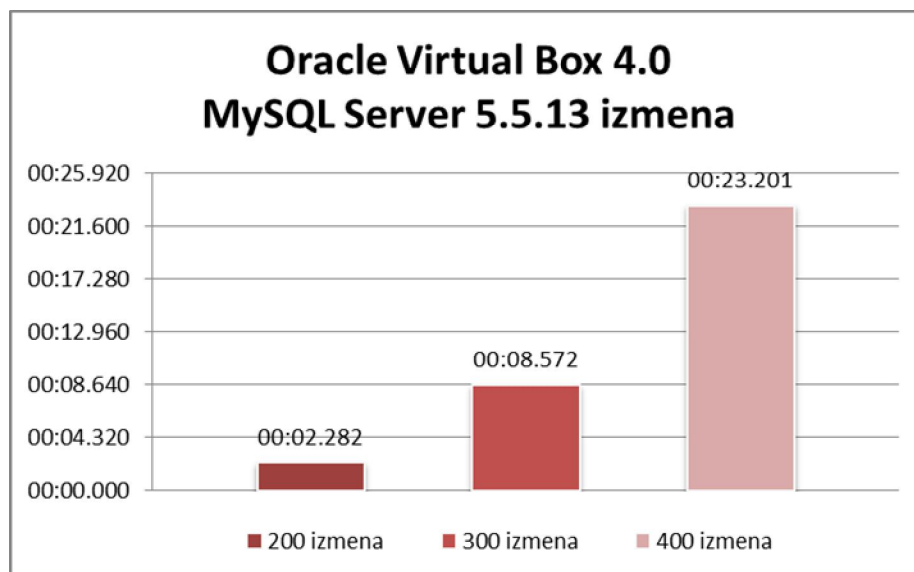


Slika 25: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja izmena MySQL zapisa

Vreme izraženo u sekundama potrebno za 200, 300 i 400 upisa i izmena zapisa na Oracle Virtual Box 4.0 virtualizacionoj platformi koristeći MySQL Server 5.5.13 prikazano je na slici 26 i 27.



Slika 26: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja izmena MySQL zapisa



Slika 27: Vreme potrebno za izvršenje određenog broja izmena MySQL zapisa

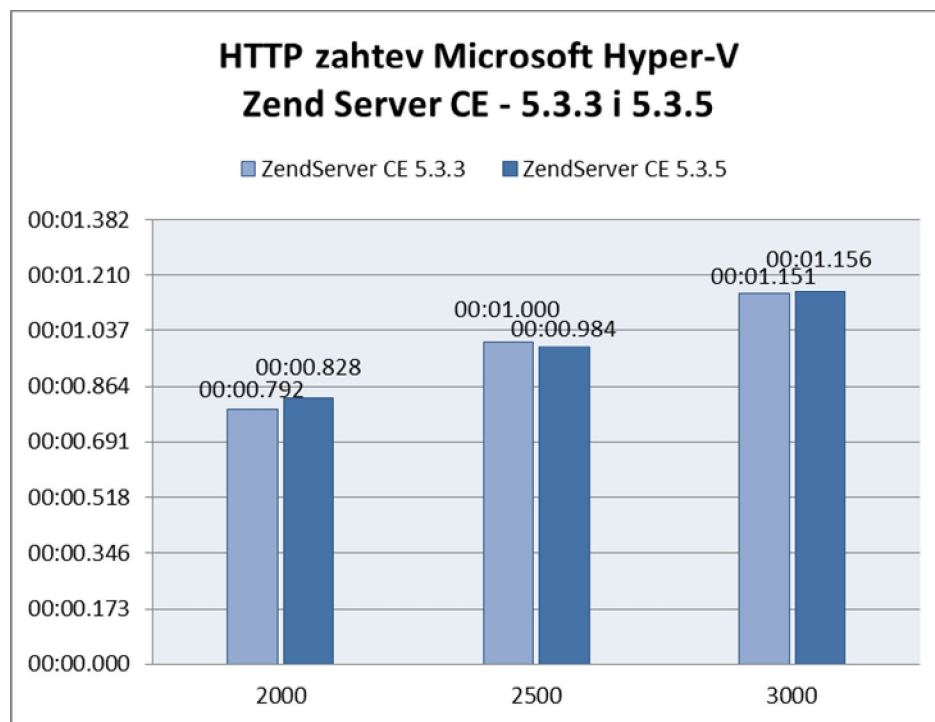
7 Upoređivanje rezultata

Treba napomenuti da u odnosu na veliki broj HTTP zahteva, vrednosti rezultata su gotovo identična i izražene su u sekundama. Ovde treba naglasiti da je opterećenje procesora, tačnije 4 virtualna procesora koliko je bilo dodeljeno virtualnim mašinama, bilo je gotovo identično kod svih proizvođača za virtualizaciju sa podjednakim opterećenjima.

Rezultati koji su dobijeni posle izvršenog testiranja prikazani su u različitim kombinacijama broja zahteva, virtualizacionih platformi i verzija softvera za upravljanje bazom podataka. Takođe su prikazane i razlike između Zend Servera CE (5.3.3 i 5.3.5) i grafički se može uočiti razlika u brzini (slika 28, 29 i 30).

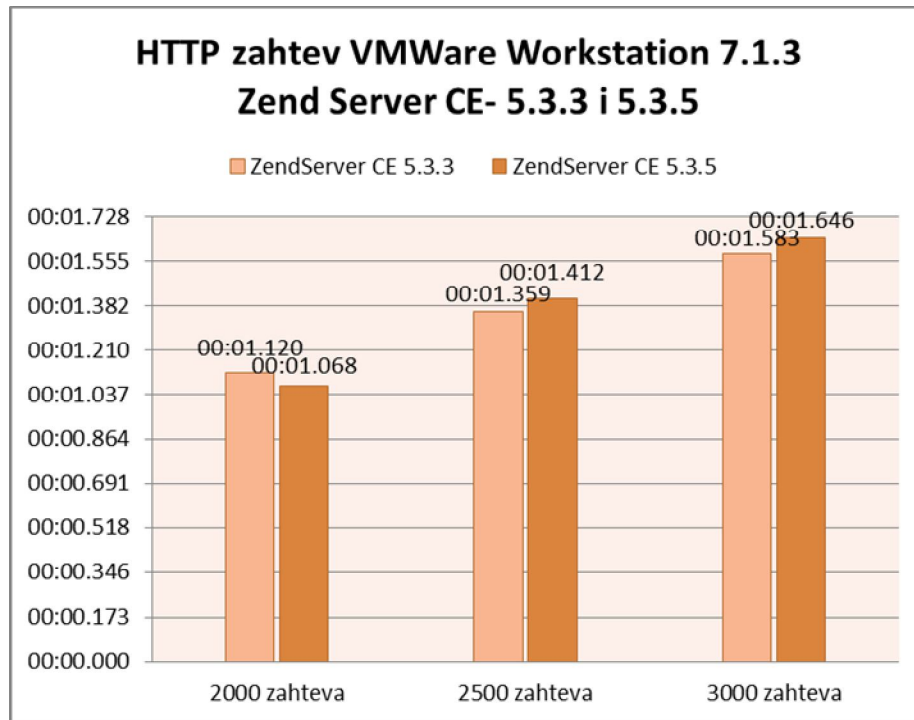
7.1 Kombinovanje broja zahteva

Grafički je prikazano vreme koje je potrebno za izvršenje određenog broja HTTP zahteva, tačnije, rezultati sa najboljim vremenom svakog od proizvođača pojedinačno u kombinaciji sa različitim verzijama softverskih alata Zend Server CE (5.3.3 i 5.3.5).



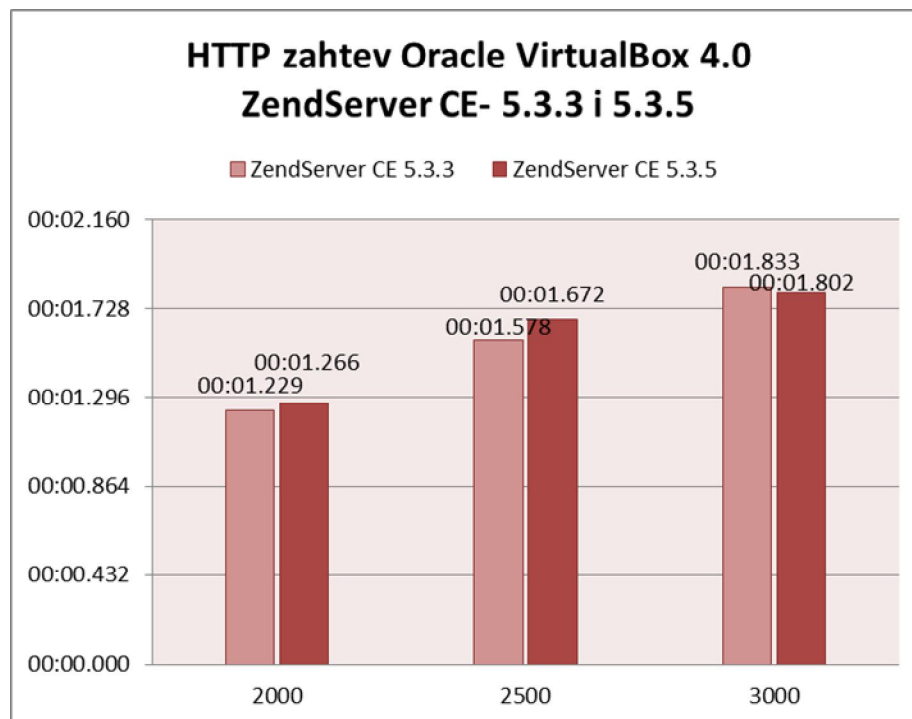
Slika 28: Uporedni prikaz vremena za izvršenje određenog broja HTTP zahteva

Na osnovu dijagrama zaključujemo da se u korišćenju softverskog alata Zend Server CE (5.3.3 i 5.3.5) pojavila razlika u izvršenju 2000 i 2500 zahteva. Međutim, u izvršenju od 3000 zahteva, gotovo iste rezultate beleže verzije (5.3.3 i 5.3.5) na Microsoft Hyper-V virtualizacionoj platformi.



Slika 29: Uporedni prikaz vremena za izvršenje određenog broja HTTP zahteva

Iz priloženog može se zaključiti da je softverski alat Zend Server CE 5.3.5 sporiji u izvršenju 2500 i 3000 zahteva, dok se u izvršenju od 2000 zahteva pokazao brži u odnosu na softverski alat Zend Server CE 5.3.3 na virtualizacionoj platformi VMWare Workstation 7.1.

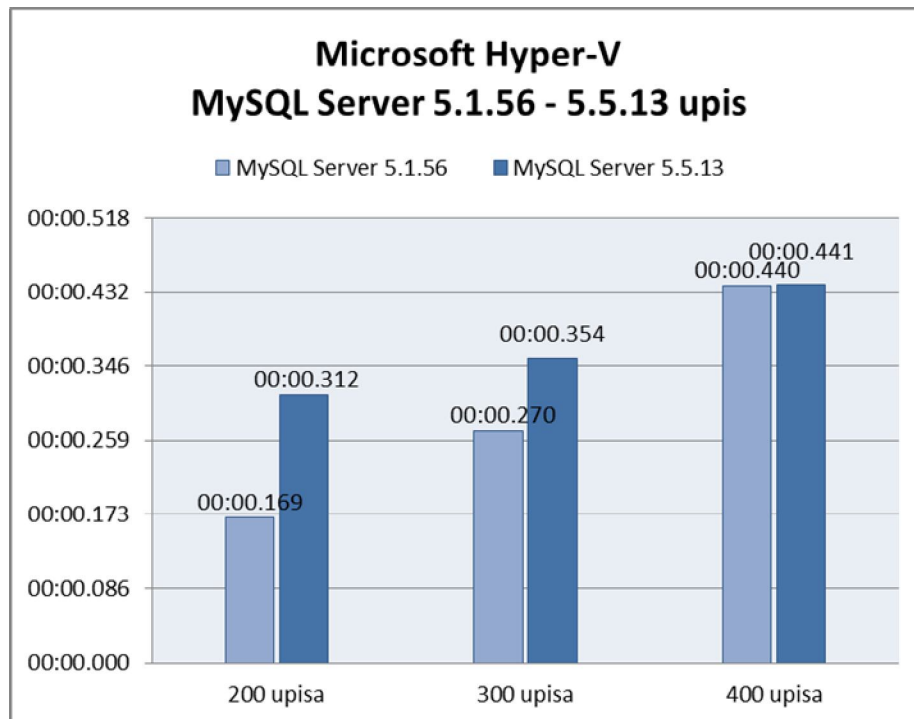


Slika 30: Uporedni prikaz vremena za izvršenje određenog broja HTTP zahteva

Sa dijagrama na slici 30. zaključuje se sporiji odziv u izvršenju 2000 i 2500 zahteva koristeći softverski alat Zend Server CE 5.3.5 u odnosu na verziju 5.3.3, dok se u izvršenju sa 3000 zahteva pokazao brži na virtualizacionoj platformi Oracle Virtual Box 4.0.

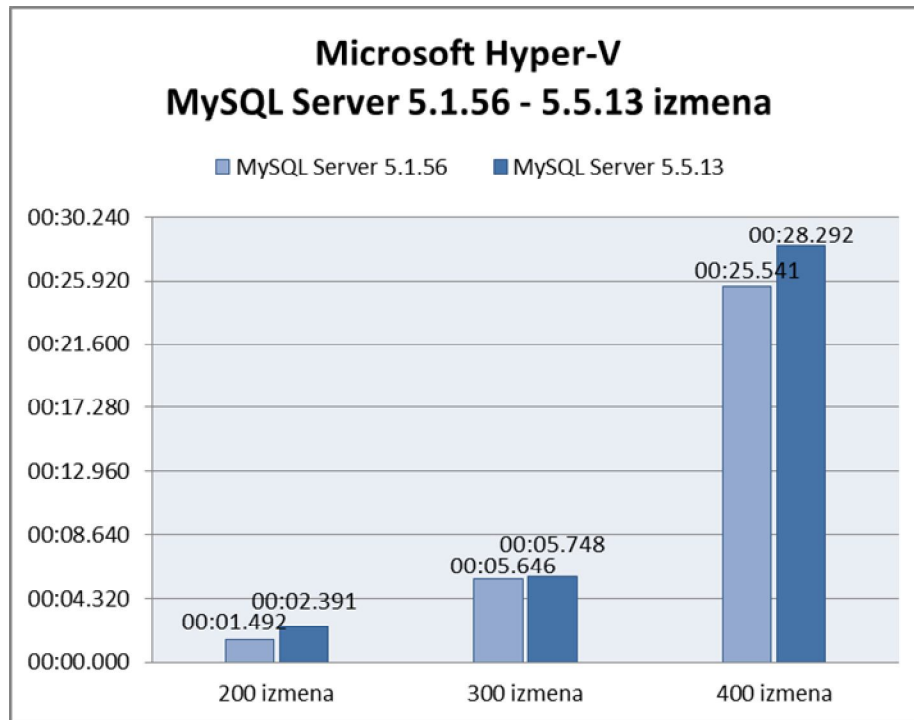
7.2 Kombinovanje verzije softvera za upravljanje bazom podataka

Grafički je prikazano vreme koje je potrebno za izvršenje određenog broja upisa i izmena MySQL zapisa istovremeno u kombinaciji sa različitim proizvođačima za virtualizaciju kao i verzije softverskih alata za upravljanje bazom podataka MySQL Server (5.1.56 i 5.5.13).



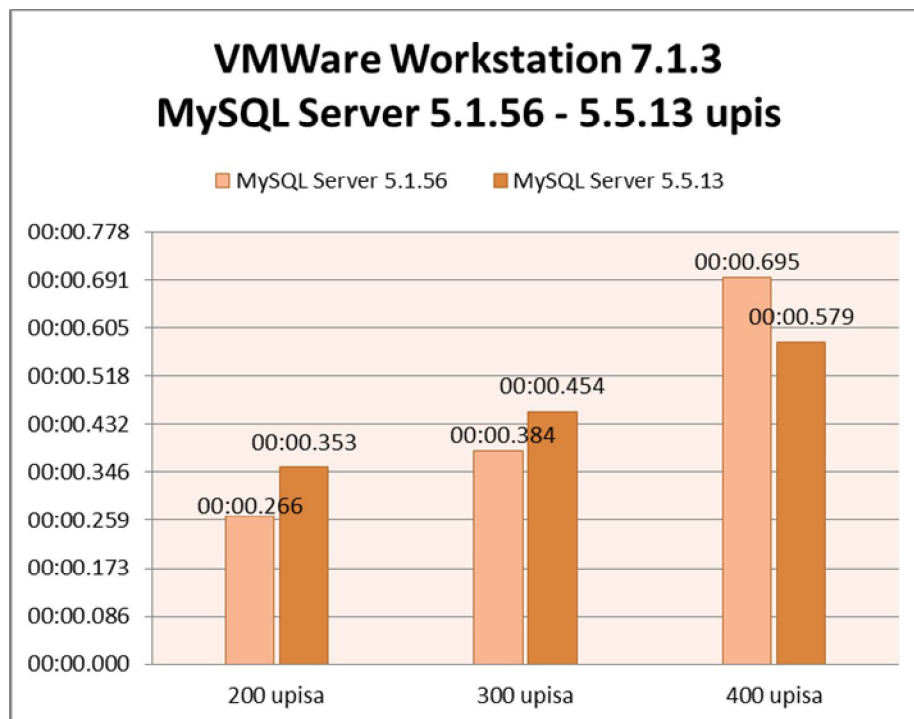
Slika 31: Uporedni prikaz vremena za izvršenje određenog broja upisa MySQL zapisa

Na osnovu dijagrama može se zaključiti da je softverski alat MySQL Server 5.5.13 sporiji u izvršenju 200 i 300 upisa istovremeno u odnosu na softverski alat verzije 5.1.56. Međutim, u izvršenju od 400 upisa, gotovo identične rezultate beleže verzije (5.1.56 i 5.5.13) na Microsoft Hyper-V virtualizacionoj platformi.



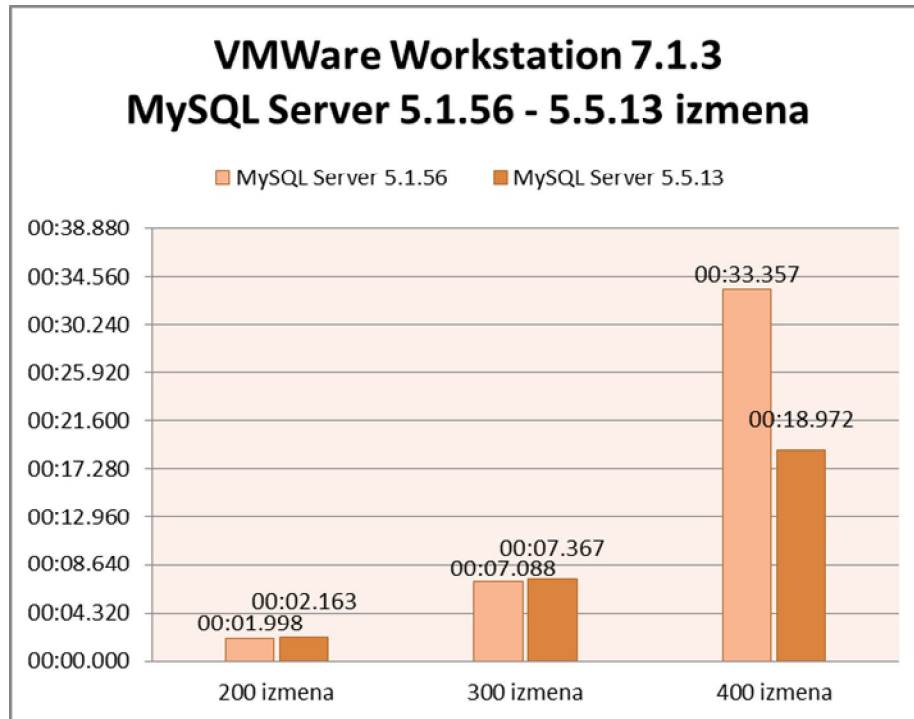
Slika 32: Uporedni prikaz vremena za izvršenje određenog broja izmena MySQL zapisa

Na slici 32. može se zaključiti da se softverski alat MySQL Server 5.5.13 pokazao sporiji u izvršenju od 200 i 400 izmena istovremeno u odnosu na softverski alat verzije 5.1.56. A u izvršenju od 300 izmena MySQL zapisa, gotovo identične rezultate beleže verzije (5.1.56 i 5.5.13) na Microsoft-ovom proizvodu za virtualizaciju Hyper-V.



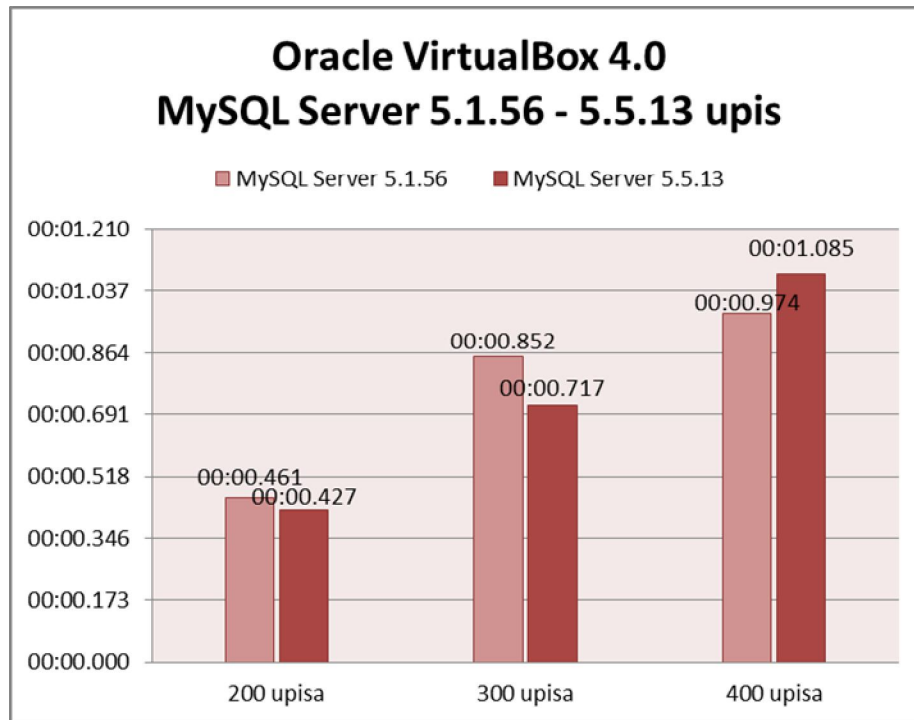
Slika 33: Uporedni prikaz vremena za izvršenje određenog broja upisa MySQL zapisa

Sa dijagrama na slici 33. možemo zaključiti da se softverski alat MySQL Server 5.5.13 pokazao brži u izvršenju od 400 upisa MySQL zapisa. Međutim, u odnosu na svog prethodnika MySQL Server 5.1.56, pokazao se sporiji u izvršenju od 200 i 300 upisa na virtualizacionoj platformi VMWare Workstation 7.1.3.



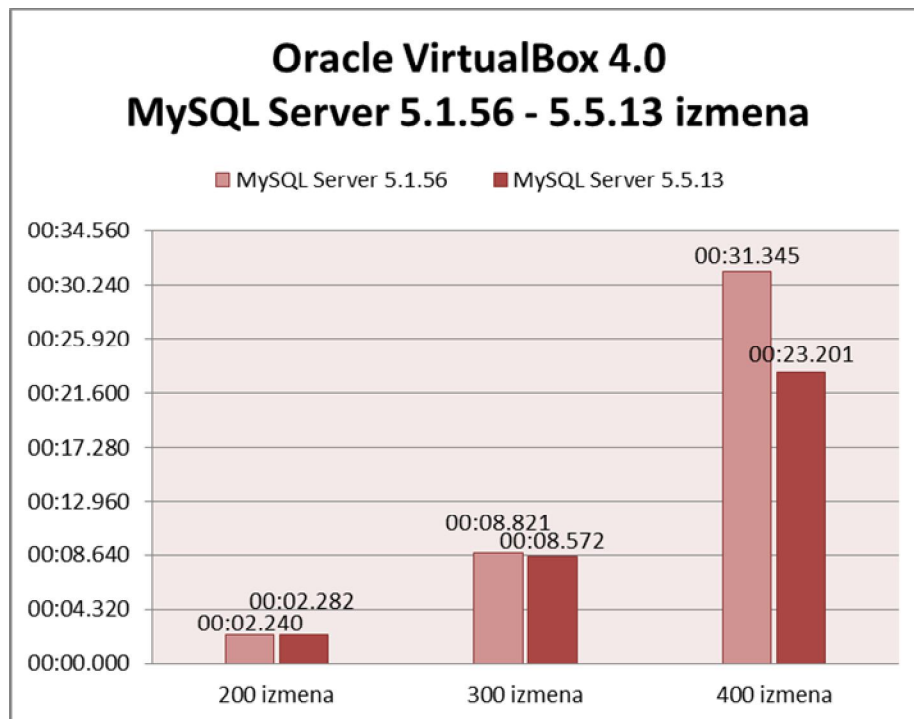
Slika 34: Uporedni prikaz vremena za izvršenje određenog broja izmena MySQL zapisa

Na osnovu dijagrama možemo zaključiti da se softverski alat MySQL Server 5.5.13 bolje pokazao u izvršenju od 400 izmena u odnosu na softverski alat verzije 5.1.56 (brži za 45%). Dok, gotovo iste rezultate beleže softverski alati verzije (5.1.56 i 5.5.13) u izvršenju 200 i 300 izmena na virtualizacionoj platformi VMWare Workstation 7.1.3.



Slika 35: Uporedni prikaz vremena za izvršenje određenog broja upisa MySQL zapisa

Na osnovu dijagrama na slici 35. može se zaključiti da se softverski alat MySQL Server 5.5.13 bolje pokazao u izvršenju od 200 i 300 upisa MySQL zapisa u odnosu na softverski alat MySQL Server 5.1.56 na virtualizacionoj platformi Oracle Virtual Box 4.0.

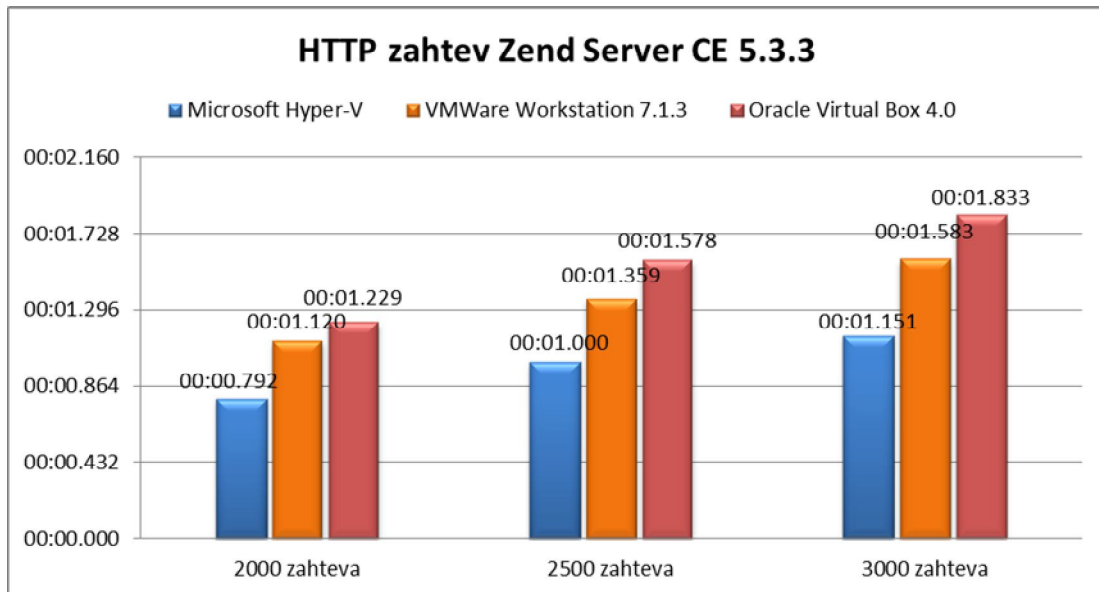


Slika 36: Uporedni prikaz vremena za izvršenje određenog broja izmena MySQL zapisa

Na slici 36. možemo zaključiti da se softverski alat MySQL Server 5.5.13 bolje pokazao u izvršenju od 400 izmena MySQL zapisa u odnosu na softverski alat verzije 5.1.56 (brži za 25%). Dok, gotovo iste rezultate beleže softverski alati verzije (5.1.56 i 5.5.13) u izvršenju od 200 i 300 izmena na virtualizacionoj platformi Oracle Virtual Box 4.0.

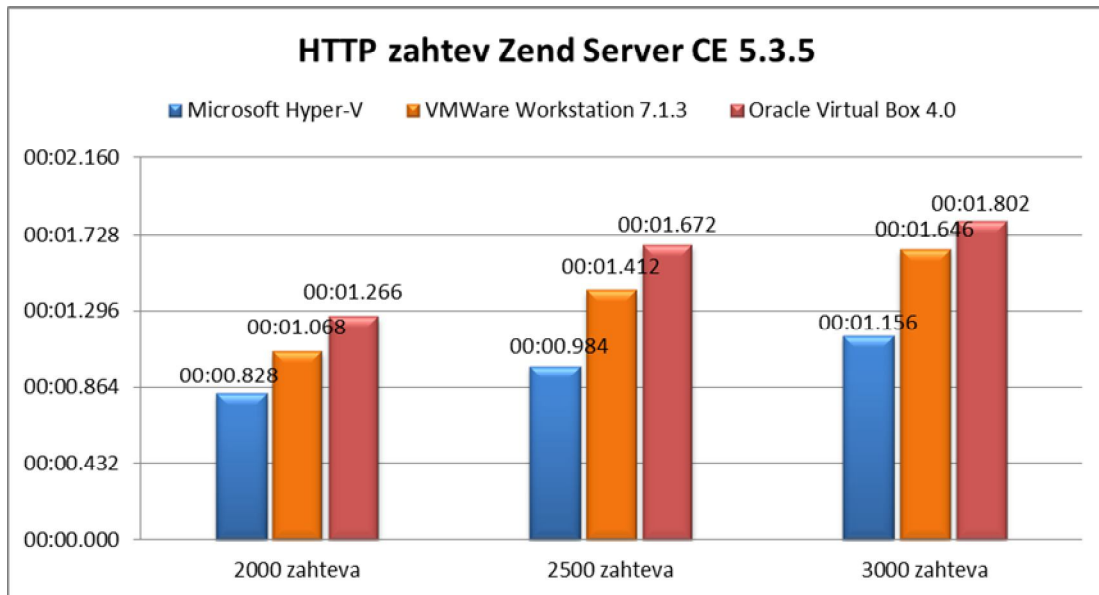
7.3 Kombinovanje virtuelizacionih platformi

Uporedni prikaz vremena potrebnog za izvršenje određenog broja HTTP zahteva sa različitim proizvođačima za virtualizaciju prikazane su na slici 30 i 31.



Slika 37: Uporedni prikaz virtualizacionih platformi u izvršenju određenog broja HTTP zahteva

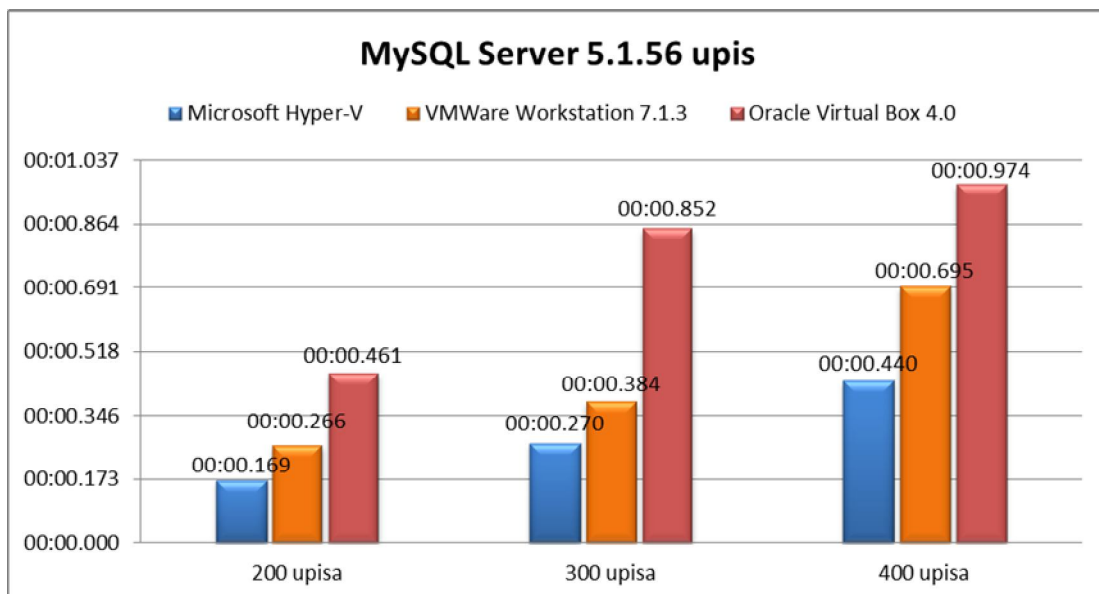
Iz priloženog dijagrama na slici 37. može se zaključiti da Oracle Virtual Box 4.0 ima najsporiji odziv u izvršenju 2000, 2500 i 3000 zahteva, zatim VMWare Workstation 7.1.3, dok se najbrže pokazalo Microsoft-ovo rešenje za virtualizaciju Hyper-V (brži odziv za 35%).



Slika 38: Uporedni prikaz virtualizacionih platformi u izvršenju određenog broja HTTP zahteva

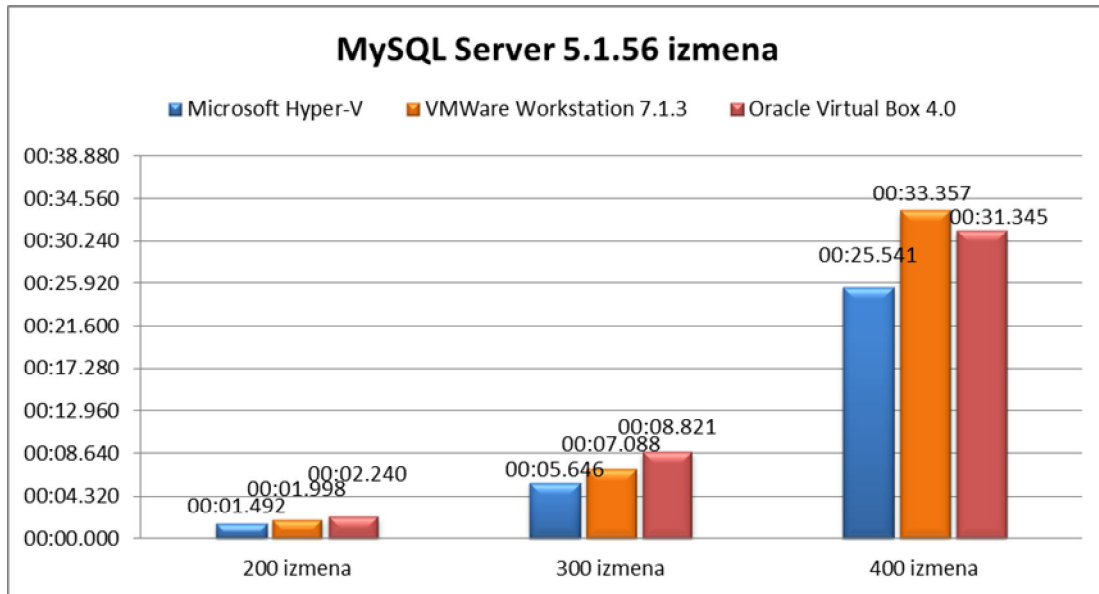
Sa dijagrama na slici 38. može se zaključiti da se Oracle Virtual Box 4.0 sporije pokazao u izvršenju 2000, 2500 i 3000 zahteva, dok se najbrže pokazao Microsoft Hyper-V (brži odziv za 35%).

Uporedni prikaz vremena potrebnog za izvršenje određenog broja upisa i izmena MySQL zapisa sa različitim proizvođačima za virtualizaciju prikazane su na slici 39, 40, 41 i 42.



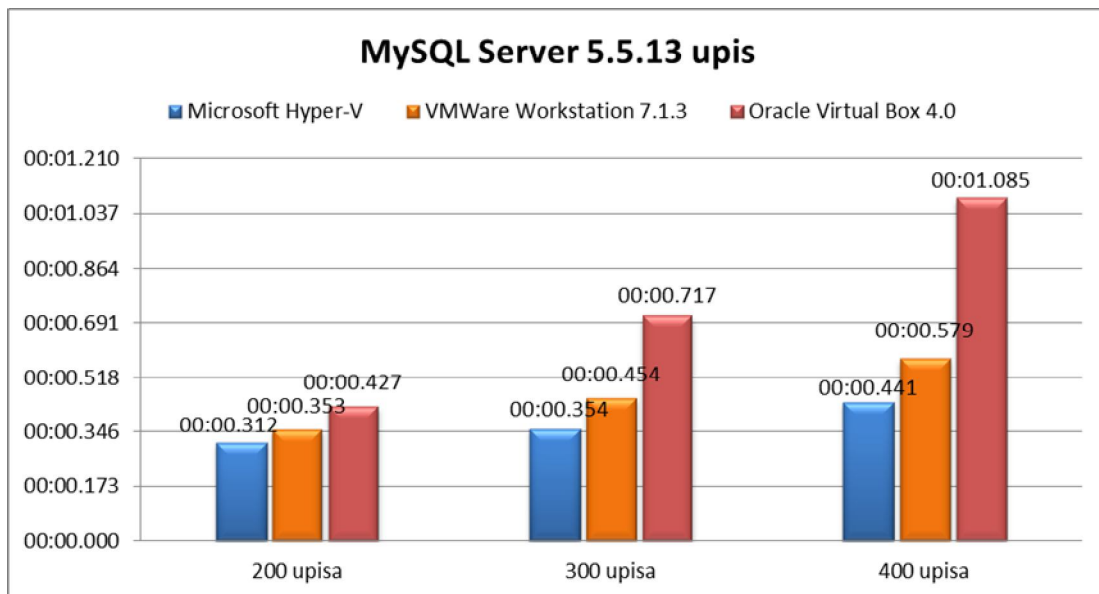
Slika 39: Uporedni prikaz virtualizacionih platformi u izvršenju određenog broja upisa MySQL zapisa

Na osnovu dijagrama na slici 39. može se zaključiti da se u korišćenju softverskog alata MySQL Server 5.1.56 bolje pokazao Microsoft Hyper-V u izvršenju od 200, 300 i 400 upisa MySQL zapisa u odnosu na različite proizvode virtualizacionih platformi.



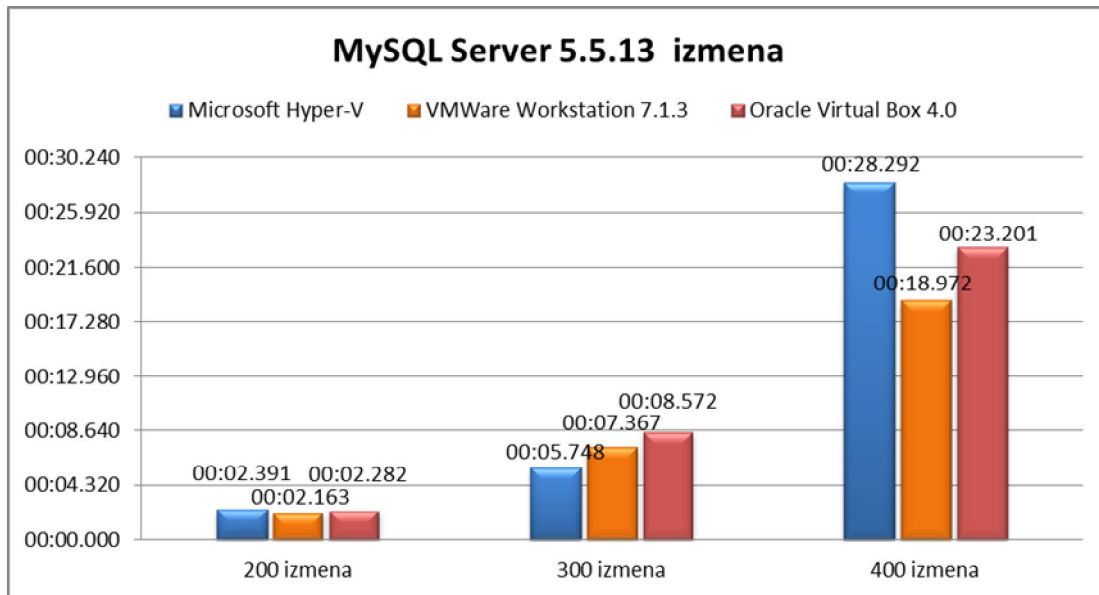
Slika 40: Uporedni prikaz virtualizacionih platformi u izvršenju određenog broja izmena MySQL zapisa

Iz priloženog dijagrama na slici 40. možemo zaključiti da se znatno bolje pokazao Microsoft Hyper-V u izvršenju 200, 300 i 400 izmena MySQL zapisa što govori da je brži za 23% za razliku od ostalih proizvoda.



Slika 41: Uporedni prikaz virtualizacionih platformi u izvršenju određenog broja upisa MySQL zapisa

Na slici 41. može se zaključiti da se Hyper-V bolje pokazao u izvršenju 200, 300 i 400 upisa koristeći softverski paket MySQL Server 5.5.13 (brži za 50%) u odnosu na ostale proizvode virtualizacionih platformi.



Slika 42: Uporedni prikaz virtualizacionih platformi u izvršenju određenog broja izmena MySQL zapisa

Na osnovu dijagrama na slici 42. zaključujemo da se VMWare Workstation 7.1.3 pokazao brži u izvršenju velikog broja zapisa tačnije 400 izmena koristeći softverski alat MySQL Server 5.5.13 u odnosu na ostale proizvode virtualizacionih platformi.

Na osnovu analize ukupnih rezultata, došli smo do sledećih podataka:

- **Microsot Hyper-V** Kao najbolje rešenje se pokazao prilikom izvršenja velikog broja HTTP zahteva i određenog broja upisa i izmena MySQL zapisa koristeći sledeće softverske alate: Zend Server CE (5.3.3 i 5.3.5) i MySQL Server (5.1.56 i 5.5.13).
- **VMWare Workstation 7.1.3** Kao najbolje rešenje se pokazao brži u izvršenju velikog broja izmena MySQL zapisa koristeći softverski alat MySQL server 5.5.13 (slika 42.).
- **Oracle Virtual Box 4.0** U odnosu na ostale proizvode virtualizacionih platformi, ovaj sofver se sporije pokazao u eksperimentalnom testiranju.

8 Zaključak

U ovom radu urađena je analiza performansi MySQL sistema za upravljanje bazom podataka na virtualizacionim platformama (Microsoft Hyper-V, VMWare Workstation 7.1.3 i Oracle Virtual Box 4.0) i različite verzije softverskih alata (MySQL Server 5.1.56 i 5.5.13 i Zend Server CE 5.3.3 i 5.3.5) na Windows Server 2008 R2 operativnom sistemu. Urađeni su testovi zasnovani na ukupnim i paralelnim broja zahteva i zapisa napomenutih komponenti kao i njihova kombinacija.

Analiza ukupnih rezultata pokazuje da je Oracle Virtual Box 4.0 jedan od boljih proizvoda za virtualizaciju. Njegova prednost se ogleda u tome što ovaj softver spada u red besplatnih proizvoda koji se koriste samo za nekomercijalnu (ličnu) upotrebu, ali u odnosu na ostale proizvode za virtualizaciju, ovaj softver je pokazao loše performanse prilikom testiranja. Rezultati su pokazali da je sporiji u izvršenju ukupnih i paralelnih broja zahteva i zapisa istovremeno. Treba naglasiti da ovaj proizvod ne poseduje dodatne opcije za administraciju kao što su klastering, snapshot, migracija, sistemski backup i dr.

Proizvod poznate firme VMWare kao i lidera na svetskom tržištu, konkretno se stavlja akcenat na VMWare Workstation 7.1.3, pokazao je zavidne performanse prilikom testiranja. Rezultati su pokazali da u odnosu na ostale proizvode za virtualizaciju, ovaj softver je pokazao brži odziv u izvršenju velikog broja zapisa, softverskog alata MySQL server (5.5.13). I ako ovaj softver nije besplatan, pruža i neke dodatne usluge kao što su konvertovanje i proširenje virtualnih diskova, snapshot i sl.

Analizom rezultata Hyper-V-a kompanije Microsoft koji dolazi u sklopu operativnog sistema Windows Server 2008 ili Windows Server 2008 R2, u odnosu na ostale proizvode virtualizacionih platformi, uspešno je odgovorio na sve zahteve testiranja. Performanse ovog softvera ukazuju da se najbolje pokazao u izvršenju velikog broja paralelnih i kombinovanih zahteva i zapisa istovremeno. Sa druge strane, ovaj alat pruža i dodatne administratorske alate koje su omogućene uz odgovarajuću finansijsku naknadu za nabavku licence za Windows Server 2008 R2 koji je znatno jeftiniji od VMWare Workstation 7.1.3.

Na osnovu istraživanja koja smo sprovedi utvrdili smo da se Microsoft Hyper-V preporučuje kao najbolje rešenje za virtualizaciju. Lako i brzo se može implementovati u svako okruženje, administracija je olakšana i hardverski je zahtevan koliko i drugi sistemi za virtualizaciju. Na ovakvom sistemu preporučuje se upotreba novije verzije sistema za upravljanje bazom podataka MySQL server (5.5.13) iz tog razloga što novija verzija pruža veću stabilnost, ubrzan rad kao i dodatne alate koji omogućavaju transakcije, replikaciju, tekstualno pretraživanje i RAID fajl sisteme i dr.

9 LITERATURA

- [1] M. Veinović, G. Šimić, *Uvod u baze podataka*, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2010.
- [2] M. Veinović, A. Jevremović, *Uvod u računarske mreže*, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2008.
- [3] Client-server model, http://en.wikipedia.org/wiki/Client%E2%80%93server_model
- [4] Troslojna arhitektura, http://en.wikipedia.org/wiki/Multitier_architecture
- [5] MySQL 5.1 Reference Manual, <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.1/en/index.html>
- [6] Zend Server CE Reference Manual v403, <http://static.zend.com/topics/Zend-Server-CE-Reference-Manual.pdf>