

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU



**SIMULACIJA VIRTUELNE MREŽE POMOĆU VIRTUALBOX
SOFTVERA**

– Diplomski rad –

Kandidat:

Aleksandra Josimović 2008/162

Mentor:

doc. dr Zoran Čiča

Beograd, Oktobar 2015.

SADRŽAJ

SADRŽAJ	2
1. UVOD	3
2. VIRTUELIZACIJA	4
2.1. ŠTA JE VIRTUELIZACIJA	4
2.2. ISTORIJAT VIRTUELIZACIJE	4
2.3. KAKO RADI VIRTUELIZACIJA	5
2.4. TEHNIKE VIRTUELIZACIJE I NJENE PRIMENE.....	6
2.4.1. <i>Potpuna virtuelizacija</i>	6
2.4.2. <i>Hardverski podržana virtuelizacija</i>	6
2.4.3. <i>Para-virtuelizacija</i>	7
2.4.4. <i>Virtuelizacija na nivogu operativnog sistema</i>	7
2.4.5. <i>Virtuelizacija aplikacija</i>	8
2.4.6. <i>Virtuelizacija desktopa</i>	9
2.4.7. <i>Mrežna Virtuelizacija</i>	9
2.4.8. <i>Najčešće korišćeni tipovi virtuelizacije mreže</i>	10
2.4.9. <i>Memorijska virtuelizacija</i>	11
2.4.10. <i>Virtuelizacija podataka</i>	11
2.4.11. <i>Virtuelizacija storidža</i>	12
2.5. PREDNOSTI VIRTUELIZACIJE	13
3. VIRTUALBOX	14
3.1. ISTORIJAT VIRTUALBOXA	14
3.2. ŠTA JE VIRTUALBOX I ODAKLE SE MOŽE PREUZETI	14
3.3. INSTALACIJA VIRTUALBOX-A	14
4. KONFIGURISANJE VIRTUELNIH HOSTOVA I NJIHOVO UMREŽAVANJE	19
4.1. INSTALACIJA VIRTUELNIH MAŠINA POMOĆU VIRTUALBOX SOFTVERA	19
4.2. KONFIGURISANJE I UMREŽAVANJE VIRTUELNIH HOSTOVA	24
4.3. USLOVI ANALIZE I KONFIGURACIJA VIRTUELNIH HOSTOVA	26
4.4. VERIFIKACIJA VIRTUELNIH RAČUNARA	28
5. VIRTUALBOX - REZIME	31
5.1. PREDNOSTI VIRTUALBOX-A	31
5.2. MANE VIRTUALBOX-A	32
5.3. KOMPARACIJA VIRTUALBOX I VMWARE	32
6. ZAKLJUČAK	34
LITERATURA	35

1. UVOD

U ovom radu opisani su pojam i tehnike virtuelizacije, njena arhitektura, softverska rešenja, kao i prednosti koje pruža. Ona donosi revoluciju na polju informatičkih tehnologija, i kao takva predstavlja sadašnjost i budućnost savremenih tehnologija.

Rad se bavi simulacijom virtuelne mreže pomoću VirtualBox softvera. U teorijskom delu rada opisan je korišćeni softver, VirtualBox sa svojim karakteristikama, mogućnostima, prednostima i manama. Prikazano je podešavanje, podizanje i konfigurisanje virtuelnih hostova i njihovo umrežavanje. Cilj rada je prikaz korišćenja fizičkih resursa jedne mreže za simulaciju virtuelne mreže i njihov nezavisan rad kroz tri virtuelne mašine. Rezultat je nova virtuelna mreža koja ima sve karakteristike i funkcionalnosti kao da je podignuta na tri različite fizičke mašine. Rad se sastoji iz nekoliko poglavlja.

Prvo poglavlje predstavlja uvod u kome se govori o značaju virtuelizacije i cilju rada. U drugom poglavlju je objašnjen sam pojam virtuelizacije, njene tehnike i primene. U trećem poglavlju je predstavljen kratak istorijat VirtualBoxa, odakle se može preuzeti, proces instalacije i mogućnosti softvera. Četvrto poglavlje predstavlja detaljno upustvo za podešavanje, podizanje i konfigurisanje virtuelnih hostova. U petom poglavlju dat je prikaz umreženih računara i verifikacija kojom se proverava da li virtuelni računari mogu međusobno da komuniciraju. U šestom poglavlju se navode prednosti i mane VirtualBox softvera kao i kratko poređenje VirtualBox i VMware softvera.

2. VIRTUELIZACIJA

2.1. Šta je virtuelizacija

Virtuelizacija, u kompjuterskoj nauci, predstavlja kreiranje virtuelnog sloja između računarskog hardvera i softvera koji je na njemu instaliran. Ona omogućava da jedan fizički server podelimo na više logičkih servera pri čemu svaki logički server može da pokrene svoj individualni operativni sistem i aplikacije instalirane na njemu nezavisno od ostalih. Nezavisnost se ogleda u da aplikacije ili programi pokrenuti na jednom sistemu ne mogu uticati na rad drugog. Samim tim, pad jednog virtuelnog sistema ne utiče na rad drugog virtuelnog ili host operativnog sistema. Najjednostavniji primer virtuelizacije je podela hard diska na particije. Odnosno, postoji jedan fizički uređaj za skladištenje podataka, ali ga uz pomoć softverskog alata možemo podeliti na dva ili više delova pri čemu ih OS (operativni sistem) posmatra kao zasebne uređaje. Pojam virtuelizacije nije ograničen samo na particionisanje, razdvajanje na više manjih celina. On obuhvata i proces apstrakcije i spajanje više fizički razdvojenih celina u jednu, kao što je Grid computing (servis za deljenje procesorske snage i memorije računara na mreži čime lokalnu ili globalnu mrežu pretvara u jedan ogroman računarski resurs).

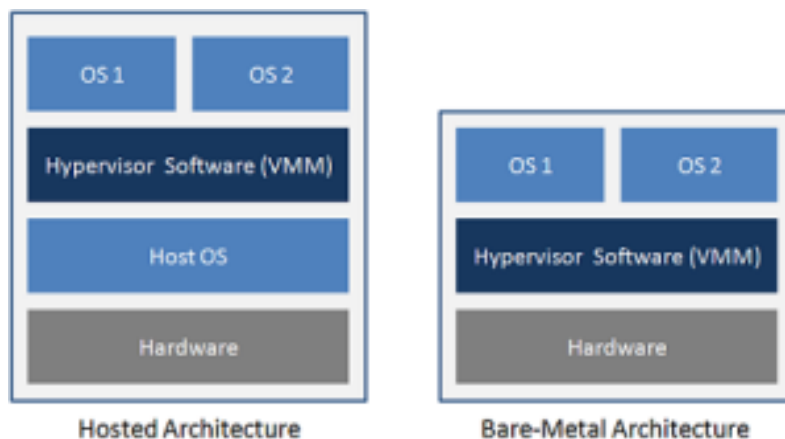
2.2. Istorijat virtuelizacije

Pojam virtuelna mašina, kao termin, prvi put je upotrebila firma IBM (*International Business Machines Corporation*) u okviru projekta M44/44X. Glavna mašina je bila IBM 7044 (M44) i nekoliko simuliranih 7044 virtuelnih mašina koje su zajedno koristile hardvere i softvere, kao i virtuelnu memoriju u službi multiprogramiranja. Takav centralni sistem podržavao je istovremeno izvršavanje većeg broja programa. Ako se osvrnemo na činjenicu da je hardverska oprema u to vreme bila veoma skupa, virtuelizacija kao rešenje je donosila značajno smanjenje finansijskih troškova. IBM je jedna od firmi koja je dala najveći doprinos u razvoju tehnologija virtuelizacije. Prvi CTSS (engl. *Compatible Time Sharing System*) sistemi razvijeni su upravo na njihovim računarima. Pošto je ovaj sistem omogućio deljenje hardvera računarskog sistema među različitim korisnicima (ljudi ili programa), više različitih zadataka moglo se obavljati istovremeno. To je predstavljalo značajan pomak u pogledu funkcionalnosti. IBM je nastavio sa razvojem računara čiji je hardver podržavao virtuelne sisteme kao i odgovarajuće virtualne platforme. Neki od tih sistema bili su CP-40 sistem za IBM 360/40 računare, CP-67 sistem za IBM 360/67 računare itd. IBM-ove virtuelne mašine simulirale su IBM-ov hardver, identičan onom na kojem su pokretane. Virtual Machine Monitor interfejs se izvršavao direktno na hardveru. IBM-ov VM/370 sa kraja 60-ih godina najbliži je savremenoj virtuelizaciji. Osnovna ideja je bila da na jednom računarskom sistemu istovremeno rade različite vrste operativnih sistema. Savremena virtuelizacija dovela je do toga da skupove mainframe sistema zamene računarski sistemi. Devedestih godina dvadesetog veka virtuelizacija se primarno koristila u svrhu kreiranja okruženja krajnjeg korisnika (engl. *end-user environments*). Kada su IT administratori želeli da predstavljaju novi softver, prvo je bilo potrebno proveriti njegove performanse na Windows NT ili na Unix mašini. Tada su bile korišćene tehnologije virtualizacije kako bi se kreirala različita korisnička okruženja. Sa prednostima x86 arhitekture i jeftinim PC računarima virtuelizacija je počela da pada u zaborav. Ponovnu popularnost stekla je zahvaljujući osnivačima VMWare-a. Devedesetih godina VMWare je razvio

prvog hipervizora ili virtual machine monitor (VMM) namenjenog x86 arhitekturama i na taj način posejao seme današnjeg virtelnog buma. Virtuelizacija predstavlja jedan od ključnih instrumenata kojima se služi Cloud computing. Pojava cloud computing-a kao poslovnog koncepta i termina vezuje se za poslednju deceniju, a njegov značajniji razvoj i prihvatanje od strane šire informatičke zajednice desio se tek u poslednjih pet godina. Cloud computing se smatra poslednjim korakom u razvoju virtuelizacije.

2.3. Kako radi virtuelizacija

Koncept virtuelizacije servera je u poslednjih par godina od eksperimenta za testiranje izrastao u vrlo efikasno rešenje koje se trenutno primenjuje na serverima u produkciji. Razlikujemo dva osnovna tipa virtuelizacije. Tip I i Tip II. Tip II arhitekture je stariji i zahtevao je da na kompjuterima bude instaliran standardni operativni sistem, koji bi postajao host OS instalacijom hipervizora (engl. *Hypervisor*). Hipervizor je softver ili *firmware* koji upravlja hardverskim resursima i virtuelnim mašinama. Pokreće se uporedo sa OS i stvara mogućnost da se na host OS instaliraju ostali guest OS, koji mogu da se pokreću uporedo i zajednički da koriste resurse hardvera. Međutim, ovaj tip arhitekture zahteva da se za svaku pojedinačnu VM (virtuelnu mašinu, engl. *Virtual Machine*) kreira posebno virtuelno okruženje, što zahteva dodeljivanje tačno određene memorije i prostora na hard disku. Ovakav način virtuelizacije pogodan je za testiranje, ali ne i za servere koji se aktivno koriste. Primeri ovakvih hipervizora su: VMWare Workstation, Microsoft Virtual PC i Oracle VirtualBox. Tip I arhitekture je napredniji tip u kojem se hipervizor nalazi kao sloj između fizičkog hardvera i OS. Hipervizor u ovom slučaju kreira posebna okruženja za svakog guest-a koje nazivamo particijama. Na svakoj particiji je moguće instalirati poseban OS koji pristupa fizičkom hardveru putem hipervizora. U ovom slučaju upravljanje resursima je dinamično i omogućava da jedna VM pozajmljuje drugoj memoriju ili prostor na disku u zavisnosti od potreba.



Slika 2.3.1. arhitektura tip II (levo) i arhitektura tip I (desno)

Najpoznatiji hipervizori koji se trenutno nude na tržištu su:

- VMware –vSphere, vCenter, vPlayer
- Microsoft- Hyper-V
- Citrix- XenServer, XenDesktop
- Oracle VM- Server, VirtualBox
- Parallels-(za MAC)

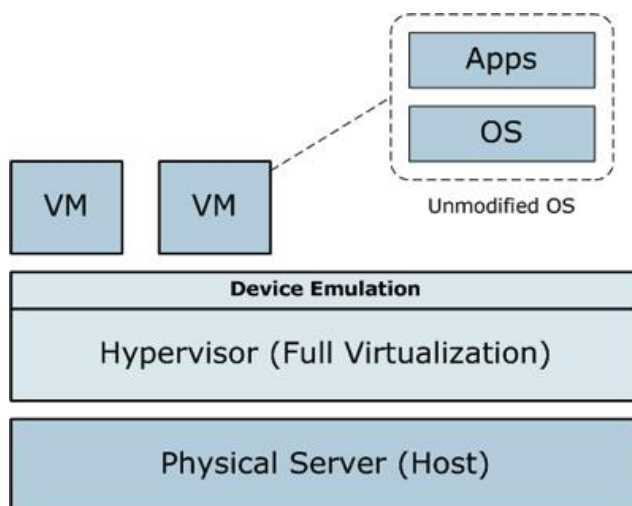
2.4. Tehnike virtuelizacije i njene primene

Postoji više tehnika virtuelizacije. Neke od najbitnijih su :

- Potpuna virtuelizacija (eng. *Full virtualization*)
- Hardverski podržana virtuelizacija (eng. *Hardware-assisted virtualization*)
- Para-virtuelizacija (eng. *Para Virtualization*)
- Virtuelizacija na nivou operativnog sistema (eng. *Operating system-level virtualization*)
- Virtuelizacija aplikacija (eng. *Application Virtualization*)
- Virtuelizacija desktopa (eng. *Desktop Virtualization*)
- Mrežna virtuelizacija (eng. *Network Virtualization*)
- Memorijska virtuelizacija (eng. *Memory Virtualization*)
- Virtuelizacija podataka (eng. *Data Virtualization*)
- Virtuelizacija storidža (eng. *Storage Virtualization*)

2.4.1. Potpuna virtuelizacija

Ova tehnika u potpunosti virtuelizuje fizički server. Obezbeđuje virtuelizaciju hardvera dovoljnu za normalan rad nemodifikovanog guest operativnog sistema. Guest OS je u potpunosti izolovan od fizičkog sloja hosta slojem hipervizora. Prednost ovog tipa virtuelizacije je povećanje stepena sigurnosti, fleksibilnost i skalabilnost celog sistema. Uz pomoć ovakvog pristupa moguće je na jednom fizičkom serveru po potrebi kombinovati više virtuelnih operativnih sistema. Rezultat je jedan globalni sistem koji dodaje vrednosti ili eliminiše nedostatke postojećih sistema pojedinačno. Može se sresti kod: VMware Workstation, VMware Server, VirtualBox, Parallels Workstation, Oracle VM, Virtual PC, Virtual Server, Hyper-V, KVM.



Slika 2.4.1.1. Potpuna virtuelizacija (eng. *Full virtualization*)

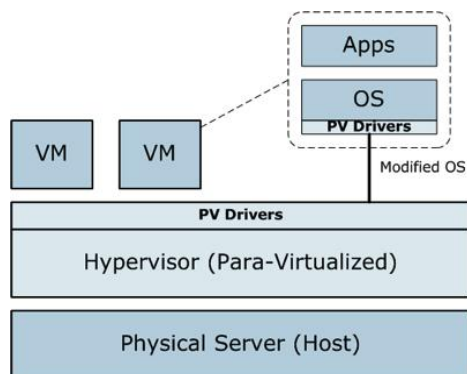
2.4.2. Hardverski podržana virtuelizacija

Hardverski podržana virtuelizacija predstavlja način poboljšavanja efikasnosti hardverske virtuelizacije. To uključuje uvođenje specijalno dizajniranih procesora i hardverskih komponenti u svrhu poboljšanja performansi guest okruženja. Proizvođači hardvera su rano uvideli prednosti virtuelizacije, pa su počeli da modifikuju svoje proizvode, kako bi se postigao veći učinak i

funkcionalnost u korišćenju virtuelizacije. Primeri takvih proizvođača su AMD, Intel i Oracle. Najčešće su to poboljšanja procesora i memorije za podršku virtuelizacije. Trenutno postoji dosta virtuelnih rešenja koja mogu da iskoriste prednosti ovakvog hardvera. Neka od najpoznatijih su: VMware Workstation, VMware Fusion, VirtualBox, Microsoft Hyper-V, Linux KVM, Microsoft Virtual PC, Oracle VM Server for SPARC.

2.4.3. Para-virtuelizacija

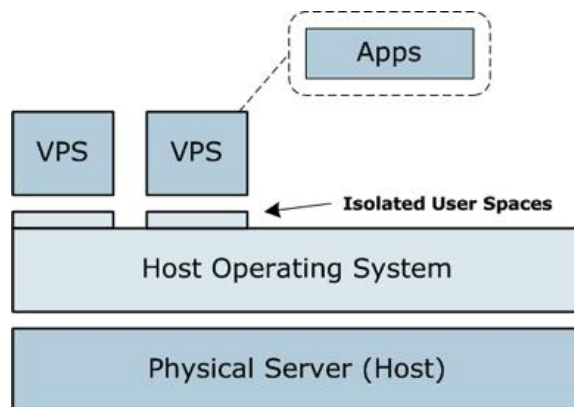
Guest OS komunicira sa matičnim OS preko hipervizora. Guest OS podatke o hardveru dobija direktno od matičnog OS. Hipervizor unosi određene modifikaciju u guest OS koje se nazivaju porting (portovanje). U tom slučaju drajveri gostujućeg operativnog sistema i drajveri hipervizora se međusobno integrišu da bi efikasnije omogućili i delili pristup fizičkom uređaju. To dovodi do toga da simulacija kompletnog hardvera nije potrebna, pa su performanse drastično bolje. Mana ovakvog rešenja je smanjena, fleksibilnost, s obzirom na to da OS mora biti izmenjen kako bi mogao da komunicira sa host OS. Paravirtuelne mašine, kao i kod pune virtuelizacije, mogu koristiti više različitih OS. Podrška za ovu tehniku virtuelizacije se može naći kod: VMWare, Oracle, Citrix Xen, WindRiver.



Slika 2.4.3.1. Para-virtuelizacija (eng. *Para Virtualization*)

2.4.4. Virtuelizacija na nivou operativnog sistema

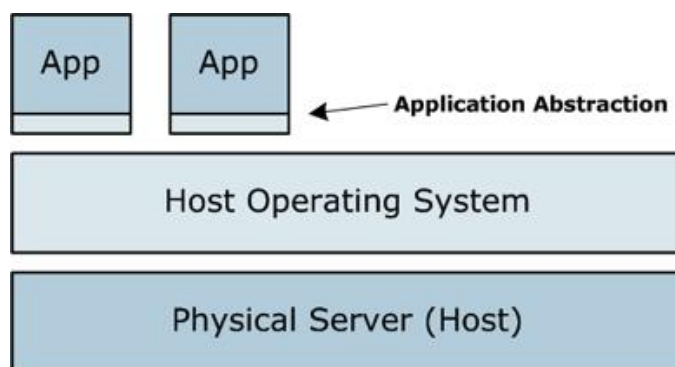
Pristup ovog tipa virtuelizacije je izvršavanje isključivo istih guest OS na jednoj host mašini, pri čemu je guest OS isti kao i host OS. Virtuelizacija se primenjuje na nivou operativnog sistema. Ova vrsta virtuelizacionog rešenja omogućava postojanje više izolovanih i sigurnih virtuelnih servera koji rade samostalno posmatrano sa strane korisnika. Isto jezgro OS se koristi za implementaciju guest okruženja. Aplikacije koje su pokrenute u guest okruženju posmatraju se kao samostalni sistemi. Ovakva virtuelizacija omogućava najbolje performanse u poređenju sa prethodnim rešenjima. Karakteriše je izolovanost i sigurnost operativnih sistema, a dodatni plus dolazi iz činjenice da se sva administracija i konfiguracija može izvršavati na host OS. Problem ove vrste virtuelizacije je nemogućnost korišćenja virtuelnih servera sa različitim OS. Koristi se od strane: Linux-VServer, FreeBSD Jails, OpenVZ, Solaris Containers i Virtuozzo.



Slika 2.4.4.1. Virtuelizacija na nivou operativnog sistema (eng. *Operating system level virtualization*)

2.4.5. Virtuelizacija aplikacija

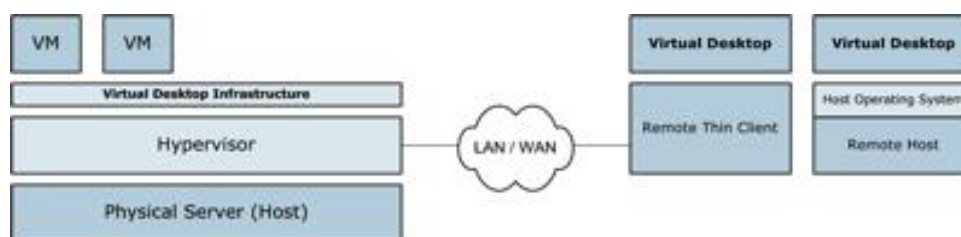
Virtuelizacija aplikacija je relativno nov pojam u svetu virtuelizacije. Srž tehnologije predstavlja softverski sloj (eng. layer) koji se nalazi između aplikacija i operativnog sistema. Virtuelizacija aplikacija omogućava korisnicima pristup jednoj ili više aplikacija koje nisu instalirane na glavnom operativnom sistemu računara koji koriste. Sistem za virtuelizaciju, emulator, opslužuje aplikacije i upravlja nižim slojevima OS tako da aplikacije nemaju “svest” o tome da ne rade direktno sa operativnim sistemom već sa emuliranim okruženjem. Ovaj pristup je višestruko koristan. Budući da aplikacije zavise od OS i većeg broja komponenti na njemu, često dolazi do neusklađenosti i problema u radu. Virtuelizacija u ovom slučaju predstavlja zaštitni interfejs, rešava problem nekompatibilnosti, bagova i neusklađenosti verzija aplikacija sa OS na kojem se pokreću, kao i framework okruženjem koje ih opslužuje. Često se primenjuje u slučaju testiranja aplikacija. Kao tipičan primer emulatora za virtuelizaciju aplikacija koristi se program Wine koji dozvoljava Microsoft Windows aplikacijama da rade na Linux OS ili Cygwin koji omogućava Linux aplikacijama da rade na Microsoft Windows sistemima. Mana ovakve vrste virtuelizacije je činjenica da se ne mogu svi softveri virtuelizovati. Jedan od tih primera su aplikacije koje zahtevaju drajvere ili neke vrste softvera kao što su anti-virus paketi koje je teško virtuelizovati.



Slika 2.4.5.1. Virtuelizacija aplikacija (eng. *Application Virtualization*)

2.4.6. Virtuelizacija desktopa

Desktop virtuelizacija je slična virtuelizaciji aplikacija. To je još jedna od tehnologija koje su prisutne već duže vreme, ali tek poslednjih godina postaje sve popularnija. U ovom tipu virtuelizacije, fizička mašina je virtuelizovana kroz client/server model. Kod Remote Desktop virtuelizacije, korisnici pristupaju udaljenom serveru na kome se nalaze virtuelne mašine sa desktop okruženjima za svakog korisnika. Medijum za pristup je RDP protokol (eng. Remote Desktop Protocol) pri čemu korisnici nisu vezani za određeno lokalno okruženje već sa bilo koje lokacije u mreži, pomoću RDP sesije mogu pristupati svom virtuelizovanom okruženju, odnosno desktopu. Ovakav setup se naziva i VDI (eng. Virtual Desktop Infrastructure), a tehnologija je primenljiva, pre svega u poslovnim i korporativnim okruženjima. Ono što čini VDI veoma popularnim je mogućnost kombinovanja OS. Na primer, možemo virtuelizovati Solaris OS na Windows remote klijentu. Protokoli koji omogućavaju VDI uključuju tradicionalni VNC (Virtual Network Computing) koji se primarno koristio za X windows okruženja, Microsoft RDP (Remote Desktop Protocol), Citrix ICA (Independent Computing Architecture) i PcoIP (PC-over-IP) razvijen od strane Teredici. Ovaj model dobija na sve većem značaju usled niza korisnih primena. Jedna od najpopularnijih primena virtuelizacije desktopa je cloud computing. Ovaj tip virtuelizacije je u velikoj meri olakšao administraciju mreže. Sada administratori pristupaju centralizovanom serveru i kontrolišu sva desktop okruženja. Centralizovan pristup donosi veću dozu kontrole i sigurnosti. Ukoliko korisnik napravi veliki problem u okviru svog virtuelizovanog okruženja kao što je poremećaj OS, procedura oporavka virtuelne mašine iz prethodno kreiranog snapshot-a je trivijalna. Snapshot je snimak trenutnog stanja virtuelne mašine i stanja operativnog sistema na njoj. Pošto se skoro svo procesiranje vrši na serveru, sa klijentske strane su dovoljni jeftiniji računari za pristup. Na tržištu se mogu naći i ograničene hardverske konfiguracije koje se svode isključivo na komponente potrebne da podrže RDP sesije ka udaljenim serverima na kojima se hostuju virtual desktop okruženja i odgovarajuće virtuelne mašine. Klijenti u ovakvom okruženju mogu da pristupaju svom desktopu sa bilo koje lokacije u svetu, što je velika prednost u korporativnim okruženjima. Nedostatak ovog tipa virtuelizacije je što zahteva veoma moćnu centralnu mašinu ili mašine, takozvane klastere servera, a i uz njih obučeno osoblje za implementaciju i održavanje. U većim poslovnim okruženjima virtuelizacija desktop okruženja na dugoročnom planu može se višestruko isplatiti.

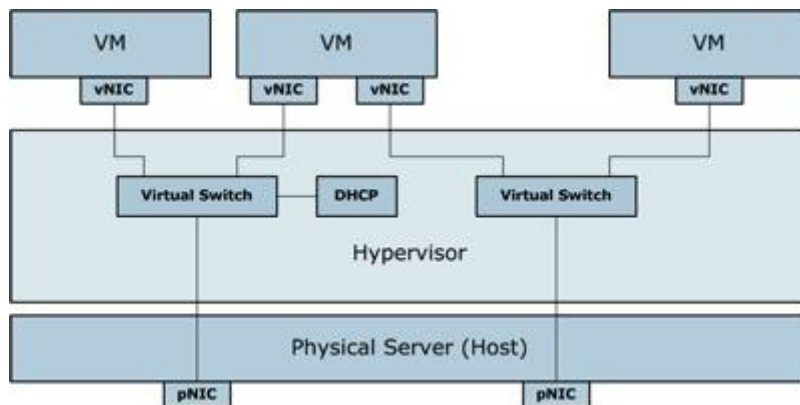


Slika 2.4.6.1. Desktop virtuelizacija u formi *Client/Server Computing*

2.4.7. Mrežna Virtuelizacija

Primenom mrežne virtuelizacije moguće je na jednoj fizičkoj mreži napraviti više virtuelnih mreža ili kombinovati resurse više fizičkih u jednu virtuelnu mrežu. Virtuelna mašina kao deo svoje virtuelne platforme opremljena je virtuelnom NIC karticom (eng. Network Interface Card). Virtuelna NIC kartica je povezana ili sa fizičkom NIC karticom na fizičkoj platformi ili sa virtuelnom mrežnom infrastrukturom u okviru hipervizora. Danas većina hipervizora implementira virtuelne mreže u nekom obliku. Postoje i open source multi platforme virtuelnih svičeva, tako zvane Open vSwitch, koje pružaju virtuelne multilayer svičeve. Open vSwitch je razvijen u okviru

Apache open source licence i podržava različite hipervizore kao što su Xen, XenServer, KVM i VirtualBox. Open vSwitch je open source ponuda slična Cisco Nexus 1000V ili VMWare distributivnom vSwitch. Primer za to može biti fakultet sa tri virtualne mreže od kojih je jedna namenjena administraciji, druga profesorima i treća studentima. U pozadini virtualnih mreža je jedna fizička mreža sa ruterima, svičevima i ostalim mrežnim uređajima. Korisnici ovih virtualnih mreža mogu, ali i ne moraju da dele mrežne uređaje.



Slika 2.4.7.1. Virtuelizacija mreže

2.4.8. Najčešće korišćeni tipovi virtuelizacije mreže

- Virtual LAN (eng. Virtual Local Area Network) - koncept koji je smišljen kako bi se smanjio broj kolizija i nivo Broadcast i Multicast saobraćaja virtuelnom podelom na manje delove. IEEE standard 802.1Q je razvijen da reši problem podele većih mreža na manje delove, tako da Broadcast i Multicast saobraćaj ne uzmu više propusnog opsega nego što je neophodno. Standard takođe obezbeđuje i dodatni nivo sigurnosti između segmenata mreže. Administratori najčešće primenjuju VLANove, da bi kontrolisali broadcast domene, ali i da bi kontrolisali interakciju između uređaja na različitim mrežnim segmentima. VLAN je danas standard u primeni Ethernet mreža. Svaki VLAN segment koristi određeni deo fizičke strukture sviča odnosno memorije, bandwidth itd.
- VIP (eng. Virtual IP) adresa - predstavlja IP adresu koja nije dodeljena konkretnom uređaju ili mrežnom interfejsu. VIP se obično dodeljuje mrežnom uređaju koji se nalazi na putu protoka određenog mrežnog saobraćaja. Dolazni paketi se šalju na VIP adresu, ali se preusmeravaju na IP adresu pravog interfejsa uređaja. VIP se najčešće koristi u slučajevima kada je potrebno obezbediti visoku dostupnost i redundantnost.
- VPN (eng. Virtual Private Network) - obezbeđuje mehanizme za bezbednu komunikaciju i prenos podataka i drugih informacija kroz javnu mrežu, kao što je Internet, što omogućava prenos visoko poverljive i osetljive informacije kroz takvu sredinu. VPN predstavlja i jeftinu alternativu za iznajmljene telekomunikacione linije između kompanija i njihovih udaljenih organizacionih jedinica. Pored velikog broja pogodnosti koje pruža, VPN omogućava zaposlenima da sa bilo koje lokacije na svetu mogu bezbedno pristupiti podacima na kompanijskim serverima na isti način kao što to čine iz svoje kancelarije. Kada se veza VPN uspostavi, krajnji korisnik ima utisak kao da se nalazi u korporativnoj mreži.

2.4.9. Memorijska virtuelizacija

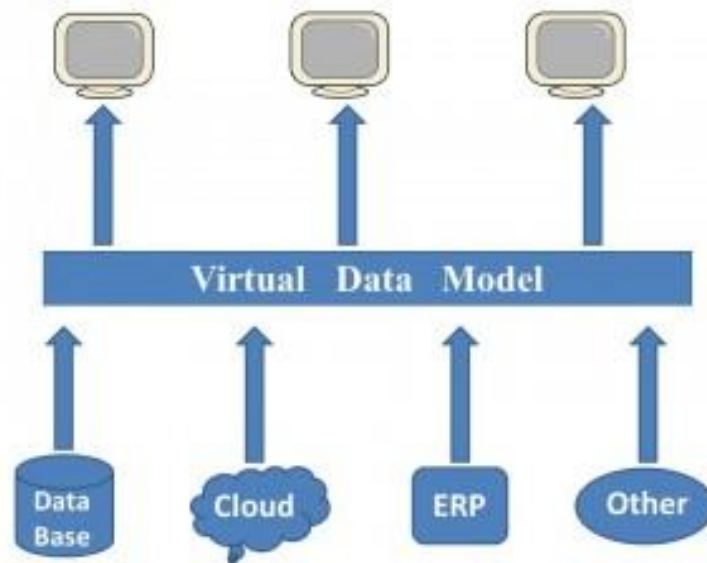
Sa najjednostavnijim primerom memorijske virtuelizacije upoznati smo kroz praksu svakodnevnog korišćenja personalnih računara. Većini korisnika su poznati termini virtuelna memorija ili swap fajl. Virtuelizacija memorije u ovom slučaju se odnosi na deo radne memorije koja se od strane OS rezerviše na hard disku kao dodatak RAM memoriji. Sistem posmatra ovu memoriju kao dodatni RAM i kada se resursi fizičke RAM memorije iskoriste, procesi se ne prekidaju, već se prelazi na korišćenje virtuelne memorije. Posledica toga je pad performansi, jer se upis i čitanje odvijaju sa znatno sporijeg hard diska. Prava memorijska virtuelizacija ide korak dalje. Resursi RAM memorije nekog sistema se mogu particionisati, virtuelizovati i zajedno sa RAM resursima drugih sistema uključiti u zajednički pool. Resursi memorijskog pool-a se zatim mogu distribuirati, prema potrebi pojedinih entiteta. Na taj način se može ostvariti efikasnije korišćenje ukupnih resursa. Kada na jednoj fizičkoj mašini ili virtuelnom hostu imamo više virtuelnih guest mašina koje koriste zajedničke resurse, od velike je važnosti mogućnost kreiranja mreže distribuiranog pool-a memorijskih resursa. Resursi se zatim usmeravaju prema realnim potrebama, a benefit je izbegavanje uskih grla i zastoja, pre svega u radu aplikacija koje su najosetljivije na nedostatak memorijskih resursa. Dodatna prednost je mogućnost snimanja stanja memorije i transportovanja do udaljenog host-a na mreži.



Slika 2.4.9.1. Virtuelizacija memorije

2.4.10. Virtuelizacija podataka

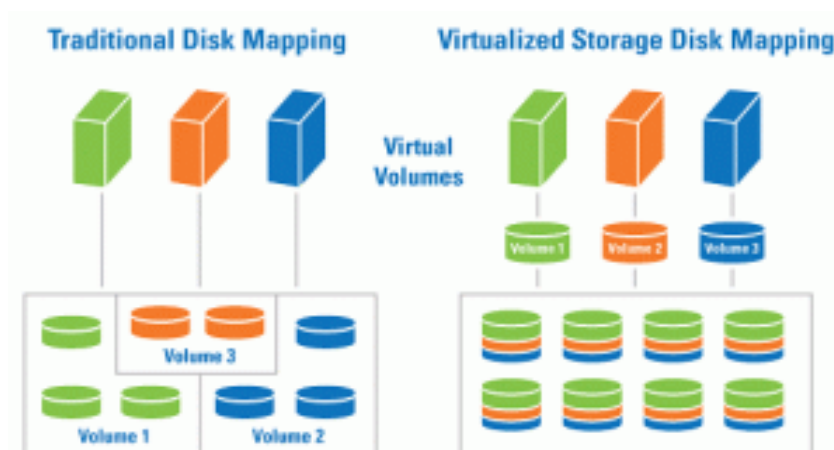
Termin virtuelizacija podataka odnosi se na sistem koji korisniku pruža jedinstveni prezentacioni interfejs za pristup raznorodnim podacima koji se nalaze na većem broju logičkih ili fizički struktuiranih izvora. Korisnik nema uvid u mehanizme i lokacije ka kojima i sa kojih se podaci distribuiraju. Interfejs koji je ka njemu usmeren vrši apstrakciju kompletne strukture za skladištenje i dopremanje podataka. Izvori podataka mogu biti različite baze podataka, ERP (eng. Enterprise Resource Planning) sistemi, veb sajtovi, aplikacije, repozitorijum fajlova i mnogi drugi. Korisniku se stvara utisak da su svi podaci smešteni na jednoj logičkoj lokaciji. Primer za to bi bila društvena mreža Facebook. Postavljanje slika na profil, unos ličnih podataka, poruke i postavljanje postova iz ugla korisnika obavljaju se na istom mestu kroz jedinstveni interfejs. Ono što nije transparentno je sistem za distribuiranje svih podataka, lokacija na kojoj se čuvaju slike, fajl repozitorijumi u pozadini, baza podataka sa visokom bezbednošću za čuvanje ličnih podataka i druga baza podataka pogodna za čuvanje teksta u kojoj se smeštaju poruke. Svi ovi sistemi su optimizovani da daju najbolje performanse za određeni tip podataka. U kombinaciji daju mnogo bolje performanse u odnosu na slučaj kada bi se koristio jedinstveni sistem.



Slika 2.4.10.1. Virtuelizacija podataka

2.4.11. Virtuelizacija storidža

Ovo je jedan od veoma korišćenih tipova virtuelizacije u praksi. Pod njega spadaju svi sistemi koji omogućuju da se zasebni uređaji za skladištenje podataka kombinuju u jednu logičku jedinicu. OS posmatra jedinstvenu lokaciju za skladištenje podataka, iako postoji više fizičkih lokacija uređaja koje mogu biti udaljene. Iznad fizičkog sloja za skladištenje podataka nalazi se apstraktni sloj. Sistem za virtuelizaciju ima za cilj da podatke sa apstraktnog nivoa preslika na fizičku lokaciju, tako da korisniku omogući korišćenje logičkog prostora bez znanja o realnim fizičkim uređajima u pozadini. Jedna od prednosti ovog sistema odnosi se na migraciju podataka. Podaci se lako mogu premeštati, arhivirati ili replicirati na drugu lokaciju bez ometanja korisnika u radu.



Slika 2.4.11.1. Virtuelizacija storidža

2.5. Prednosti virtuelizacije

Neke od osnovnih prednosti koje se ostvaruju primenom virtuelizacije su:

- Smanjenje troškova. Tokom vremena, korišćenjem virtuelizacije dolazi do značajnog smanjenja troškova resursa. Kupovina novih uređaja je ređa, jer se isti hardver koristi za više namena. S druge strane, efikasnija je upotreba kompjuterskih resursa. Dokazano je da se putem virtuelizacije iskorišćenost kapaciteta sa 10% i 15% povećava na čak 70% i 80%, što u velikoj meri smanjuje utrošak električne energije. Na taj način se smanjuju novčani izdaci i omogućava se korišćenje green rešenja u kompanijama. Smanjenje IT troškova ogleda se u činjenici da je lakše upravljati jednim uređajem nego sa desetak istih, a time se pojednostavljuje održavanje hardvera.
- Jednostavniji bekap . Pored toga što je moguće napraviti rezervnu kopiju celog servera na kojem rade virtuelne mašine, može se napraviti i rezervna kopije pojedinačnih OS, odnosno virtuelnih kompjutera koji su instalirani na host serveru. Kopije virtuelnih mašina mogu se vrlo jednostavno premeštati sa jednog servera na drugi, što je mnogo lakše i jednostavnije od instaliranja novih operativnih sistema na fizički novim serverima, odnosno kompjuterima. U slučajevima pada sistema iz bilo kojih razloga, oporavak je znatno brži i jednostavniji. Kopija virtuelne mašine se pokrene na bilo kojem slobodnom serveru i sistem ponovo radi.
- Smanjenje zagrevanja. Serveri, kao i ostali uređaji u data centrima i sličnim okruženjima, generišu toplotu što predstavlja višestruki problem. Odvođenje toplote i dodatno ulaganje u razvoj uređaja koji generišu manje toplote stvara dodatne troškove i probleme. Virtuelizacijom se postiže da isti broj servisa pokreće manji broj fizički prisutnih servera. Na taj način se rešava deo problema koji nastaje generisanjem toplote.
- Bezbednije testiranje. Trenutno ne postoji bolji način za testiranje novih IT rešenja od virtuelnog okruženja. Mogu se testirati i najrizičniji postupci i praviti kritične greške bez ikakvih posledica. Dovoljno je izabrati prethodni snapshot i sve će se vratiti u prvobitno stanje. Kada se utvrdi ispravnost i stabilnost novih podešavanja, takva verzija se jednostavno uključuje u produkciju.

3. VIRTUALBOX

3.1. Istorijat VirtualBoxa

VirtualBox je bio inicijalno ponuđen od strane nemačke firme Innotek GmbH iz Weinstadt-a kao zaštićeni licencirani softver. Postojala je i mogućnost korišćenja specijalne besplatne verzije za ličnu upotrebu ili za evaluaciju, VirtualBox PUEL (eng. Personal Use and Evaluation License). Januara 2007. Innotek GmbH je objavio VirtualBox Open Source Edition softver u skladu sa zahtevima GPL (eng. General Public License). Februara 2008. Innotek postaje vlasništvo Sun Microsystems-a koji je januara 2010. godine kupila Oracle korporacija. Tada se tržišna marka zvanično menja iz Sun Microsystems VirtualBox u Oracle VM VirtualBox. Danas se ovaj softver razvija od strane Oracle korporacije kao jedan od proizvoda linije softvera za virtuelizaciju i nudi se kao besplatan alat slobodan za neograničenu upotrebu.

3.2. Šta je VirtualBox i odakle se može preuzeti

Oracle VM VirtualBox je x86 softverski paket za virtuelizaciju. Virtuelni operativni sistemi koji se mogu pokrenuti na ovom alatu su: FreeBSD, Windows, Linux, Solaris, OpenBSD, DragonflyBSD i SkyOS. Na VirtualBox-u istovremeno i nezavisno može raditi nekoliko operativnih sistema. Svi međusobno, uključujući i host OS, mogu komunicirati preko zajedničkog bafera ili koristeći mrežne veze. Virtuelizacije 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. Virtual Box podržava i Intelovu hardversku virtuelizaciju VT-x i AMD-ovu AMD-V. Virtuelno okruženje uključuje emulaciju mrežnih, grafičkih i zvučnih kartica pa se veliki deo sistema može pokretati i bez instalacije upravljačkih programa odnosno drajvera. VirtualBox se može preuzeti sa sajta naznačenog u literaturi [7].

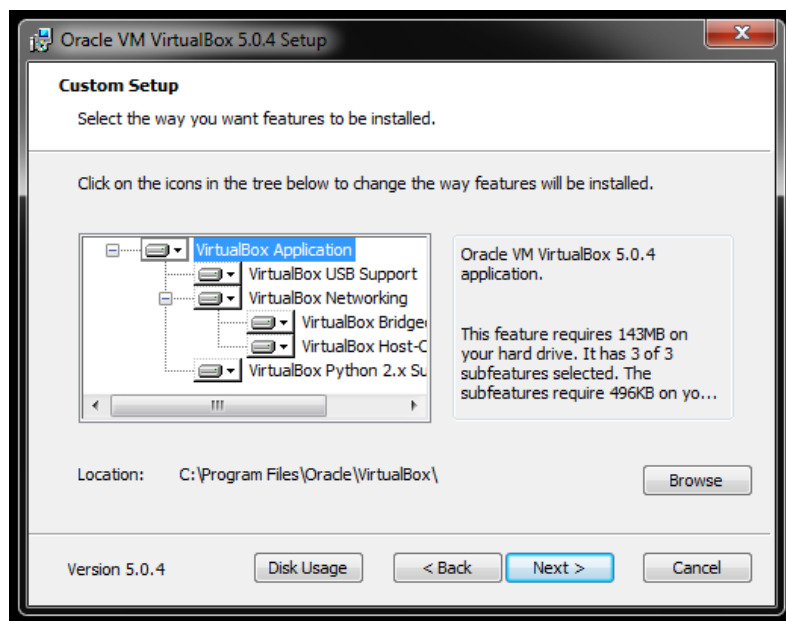
3.3. Instalacija VirtualBox-a

Instalacija VirtualBox-a je vrlo jednostavna i pravolinijska. Varijacije u samoj instalaciji zavise od host OS. U ovom poglavlju ukratko će biti izloženi koraci instalacije VirtualBox-a na Windows 7 OS. Pokretanjem Oracle VirtualBox datoteke sa odgovarajućeg linka [7] pojavljuje se Welcome prozor. Klikom opcije Next započinje proces instalacije.



Slika 3.3.1. Prozor welcome

Na Slici 3.3.2. prikazana je lokacija na kojoj će Oracle VM VirtualBox biti instaliran. Opcijom Browse može se izabrati željena lokacija.



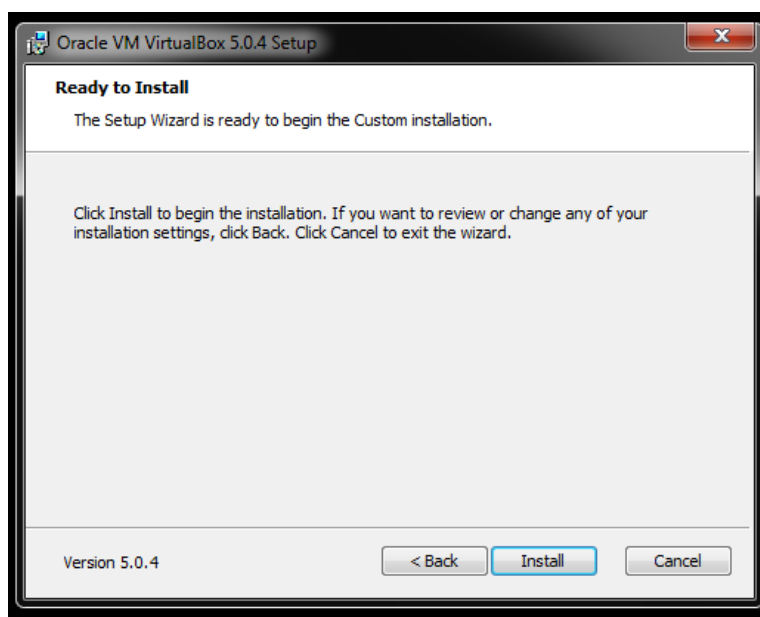
Slika 3.3.2. Izbor lokacije instalacije VirtualBox

Na Slici 3.3.3. prikazana je interakcija sa mrežom. Program privremeno prekida internet konekciju, a potom je ponovo uspostavlja. Klikom na opciju Yes proces instalacije se nastavlja.



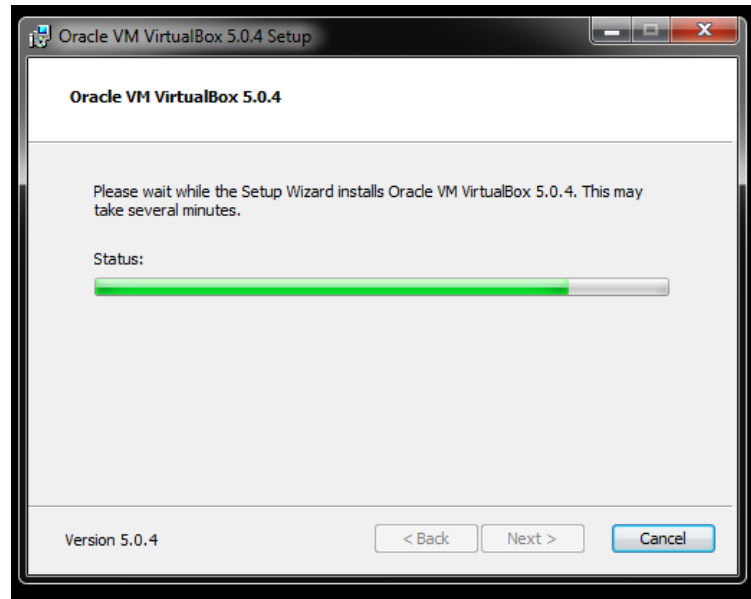
Slika 3.3.3. Obaveštenje o privremenoj diskonekciji

Na Slici 3.3.4. prikazan je početak instalacije. Klikom na taster Install ulazimo u poslednju fazu instalacije programa.



Slika 3.3.4. Početak instalacije

Na Slici 3.3.5. može se pratiti napredak toka instalacije. U svakom trenutku klikom tastera Cancel proces instalacije se može prekinuti.



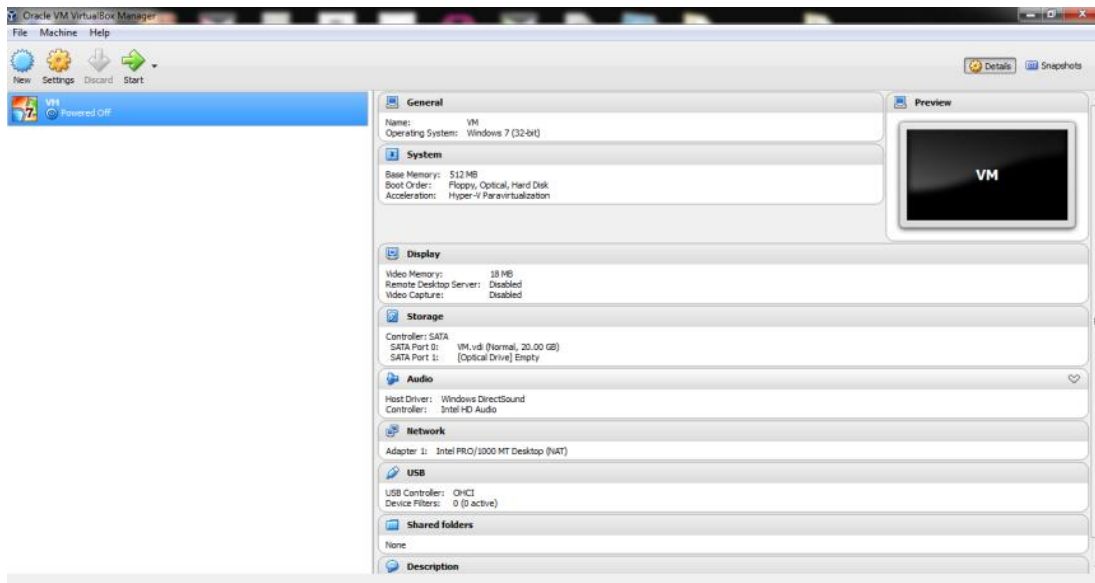
Slika 3.3.5. Napredak toka instalacije

Na Slici 3.3.6. prikazan je dijalog prozor koji obaveštava da je proces instalacije uspešno završen.



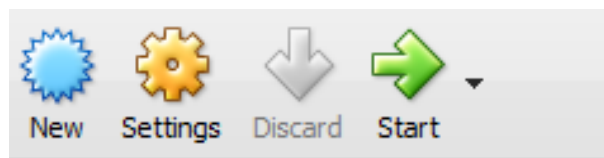
Slika 3.3.6. Obaveštenje o uspešno izvršenoj instalaciji

Na Slici 3.3.7. prikazan je dijalog prozor VirtualBox programa (eng. VirtualBox Manager) kojim se otvara mogućnost kreiranja VM (Virtual Machine). Sa leve strane se nalazi prostor u kome će se naknadno pojaviti lista svih realizovanih virtuelnih mašina. Sa desne strane se nalazi prostor na kome su prikazane karakteristike i svojstva virtuelne mašine koja je selektovana.



Slika 3.3.7. Dijalog prozor VirtualBox programa

Na Slici 3.3.8. predstavljene su osnovne korisničke opcije VirtualBox-a



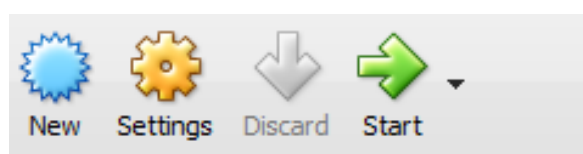
Slika 3.3.8. Prikaz osnovnih korisničkih opcija

- *New*: kreiranje nove virtuelne mašine
- *Settings*: osnovna podešavanja virtuelne mašine
- *Start*: pokretanje virtuelne mašine

4. KONFIGURISANJE VIRTUELNIH HOSTOVA I NJIHOVO UMREŽAVANJE

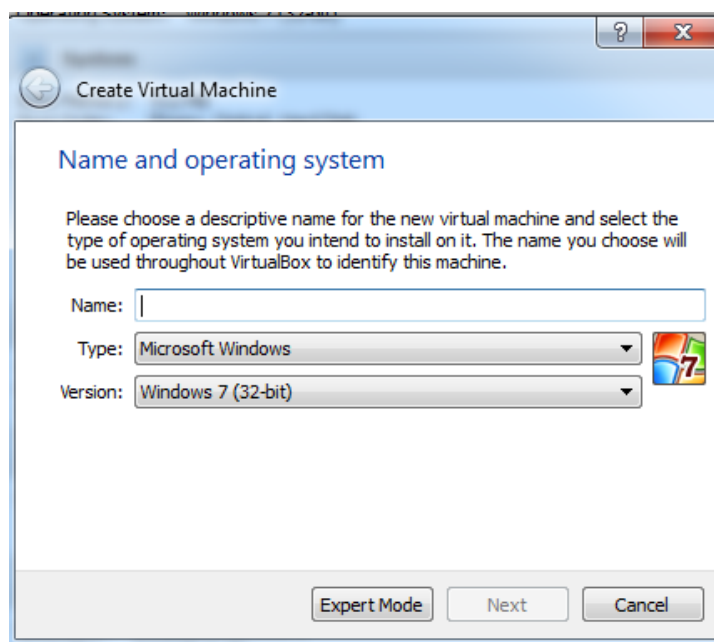
4.1. Instalacija virtuelnih mašina pomoću VirtualBox softvera

Instalacija tri virtuelne mašine sa Windows 7 x32 operativnim sistemom vrši se sličnim koracima opisanim u prethodnom poglavlju. Kreiranje nove virtuelne mašine započinje se biranjem opcije New. Na Slici 4.1.1. je prikazana opcija za kreiranje nove virtuelne mašine.



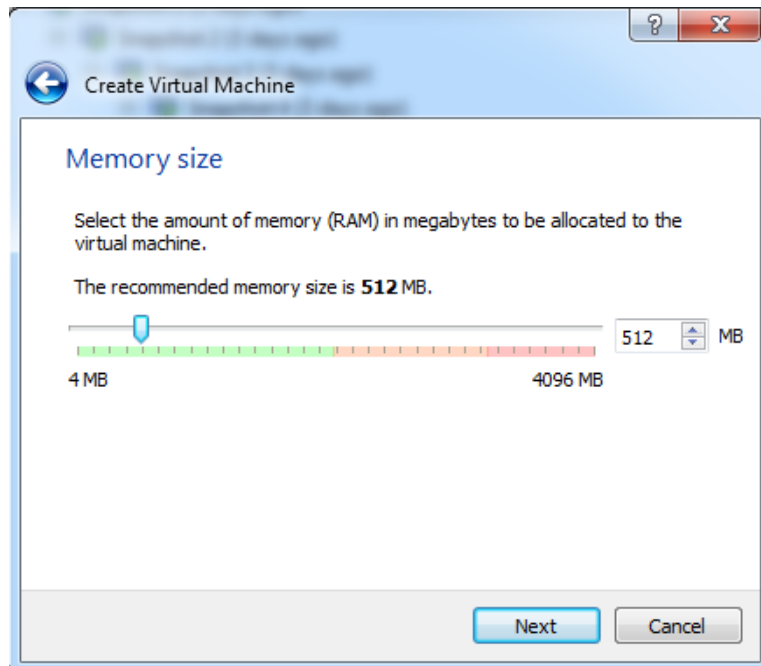
Slika 4.1.1. Opcija za kreiranje nove virtuelne mašine

Na Slici 4.1.2. prikazan je prvi korak u kome treba da uneti željeni OS koji će biti instaliran i ime virtuelne mašine.



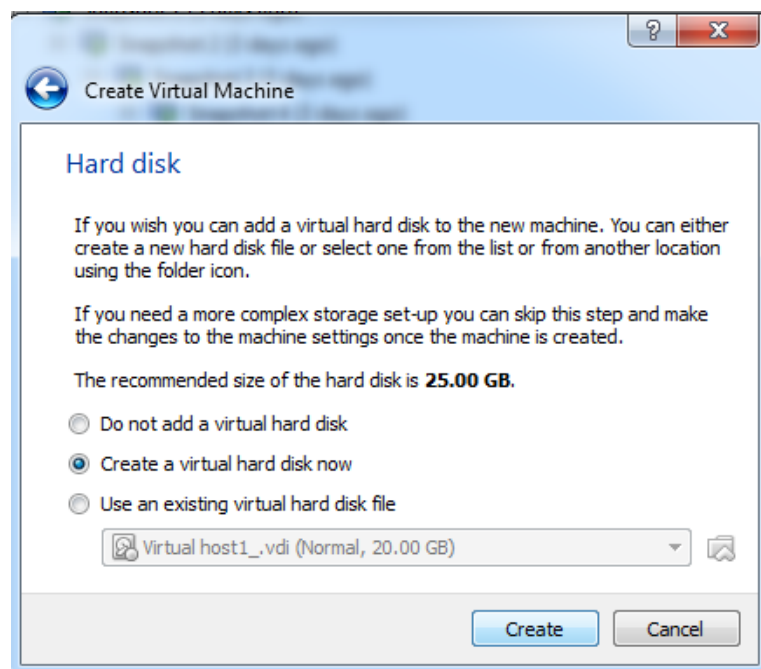
Slika 4.1.2. Izbor tipa OS i naziv VM

Na Slici 4.1.3. prikazan je naredni korak u kome korisnik treba da dodeli RAM memoriju VM.



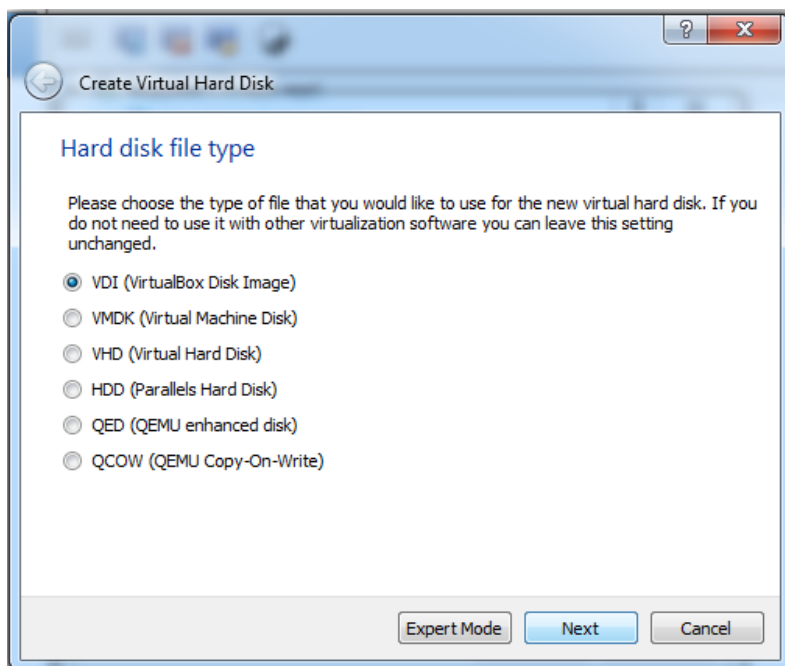
Slika 4.1.3. Dodela RAM memorije VM

Sledeći korak prikazan na Slici 4.1.4. je kreiranje virtuelnog hard diska. Ukoliko se VirtualBox pokreće prvi put potrebno je napraviti novi hard disk .



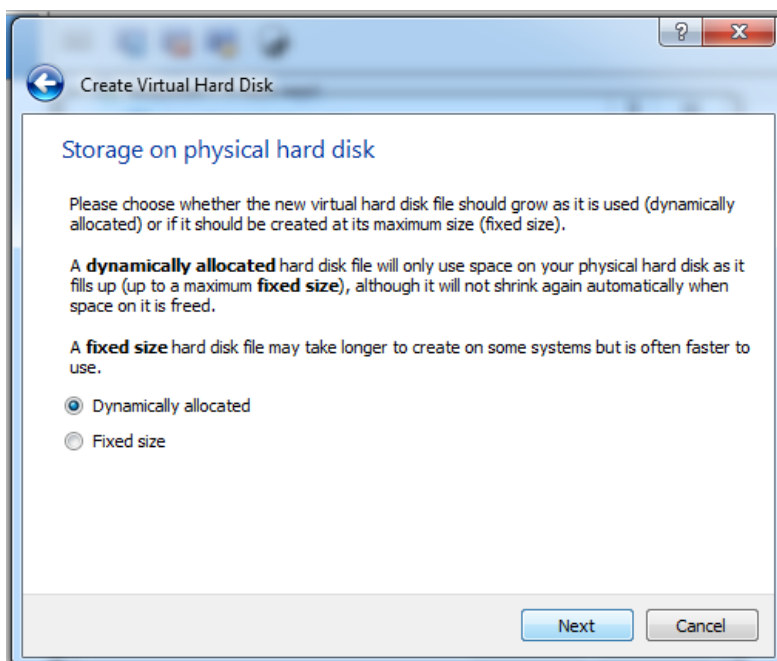
Slika 4.1.4. Prikaz odabira načina kreiranja VM

Virtuelni disk je najčešće samo image fajl u kome VirtualBox snima sve potrebne podatke. VirtualBox može da radi sa formatima image fajlova koji su prikazani na Slici 4.1.5.



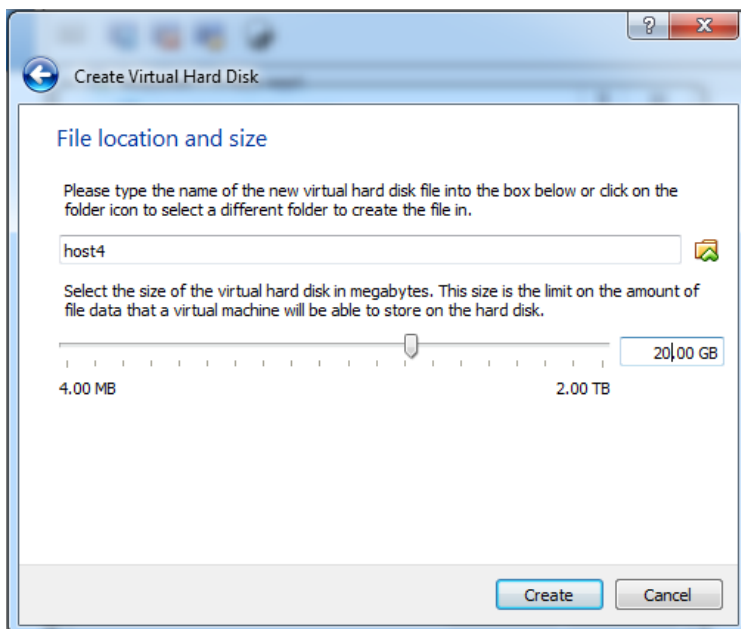
Slika 4.1.5. Prikaz odabira image formata

Skladišni prostor virtuelnih diskova možemo alocirati na dva načina. Dinamički (eng. dynamically allocated), gde se virtuelni hard disk povećava on the run, kako ga punimo podacima, pri čemu je njegova inicijalna veličina 0. Alociranje prostora može biti i fiksno (eng. dynamically allocated), u tom slučaju image fajl u startu zauzima veličinu koja je za njega predviđena kao što je prikazano na Slici 4.1.6. Dinamičko alociranje može uštedeti prostor, ali pruža slabije performanse i obrnuto.



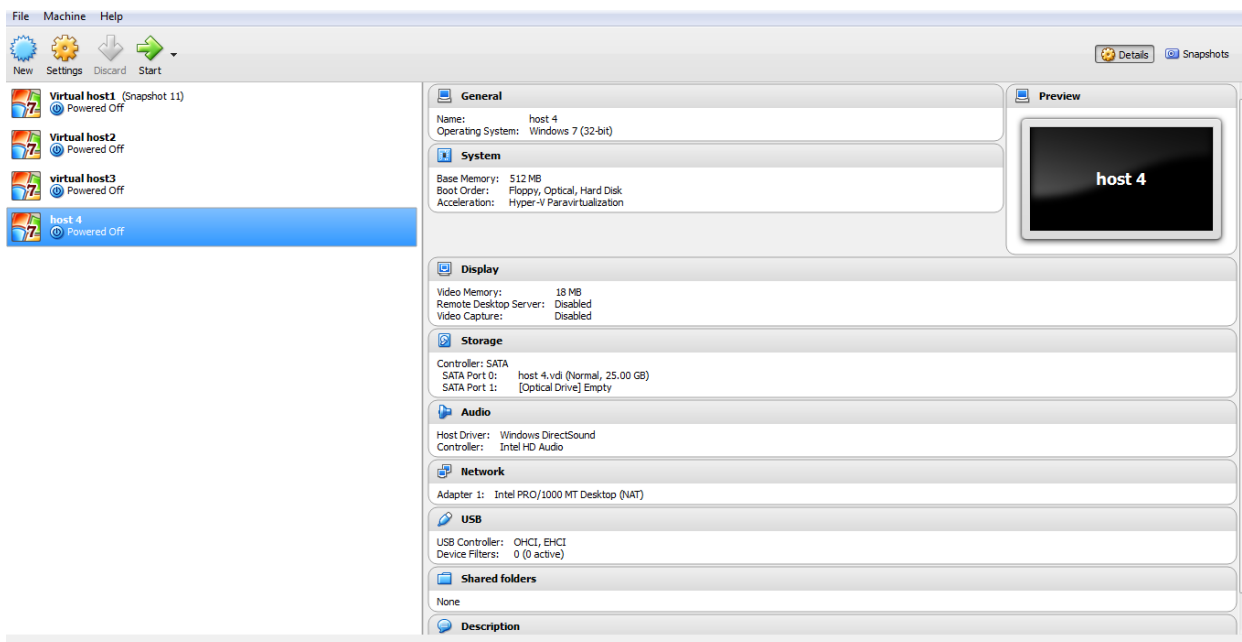
Slika 4.1.6. Alociranje prostora virtuelnog hard diska

Pri kreiranju novog hard diska potrebno mu je dodeliti ime, odrediti lokaciju na kojoj će se on nalaziti i izvršiti rezervaciju prostora u GB na fizičkom disku koji će koristiti virtualna mašina. Ovo je prikazano na Slici 4.1.7. Uz napomenu da je ono što je kreirano virtualni hard disk koji će se na host OS-u korisnika videti kao fajl.



Slika 4.1.7. Prikaz kreiranja virtuelnog diska

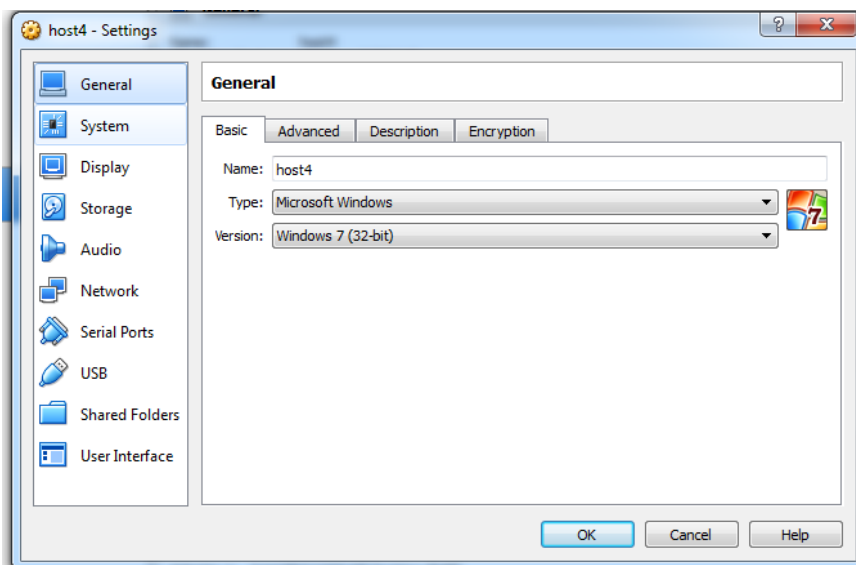
Kada se završi procedura kreiranja hard diska, potrebno je izvršiti podešavanje. Ovaj korak je prikazan na Slici 4.1.8. Zatim je potrebno izabrati virtualnu mašinu.



Slika 4.1.8. Prikaz podešavanja virtuelne mašine

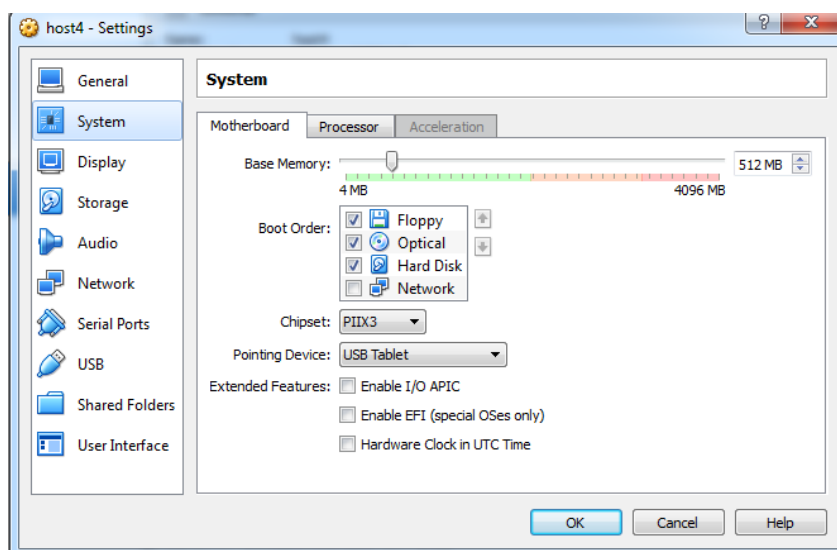
Klikom na taster Settings, otvara se prozor u kome se može podesiti više parametara. Neki od njih su tip hardvera kojim će mašina raspolagati i način komunikacije sa host OS. Ovaj korak je

prikazan na Slici 4.1.9. U podešavanjima se mogu izvršiti izmene parametara koje je korisnik izabrao tokom procedure dodavanja novog hard diska.



Slika 4.1.9. Prikaz generalnih podešavanja virtuelne mašine

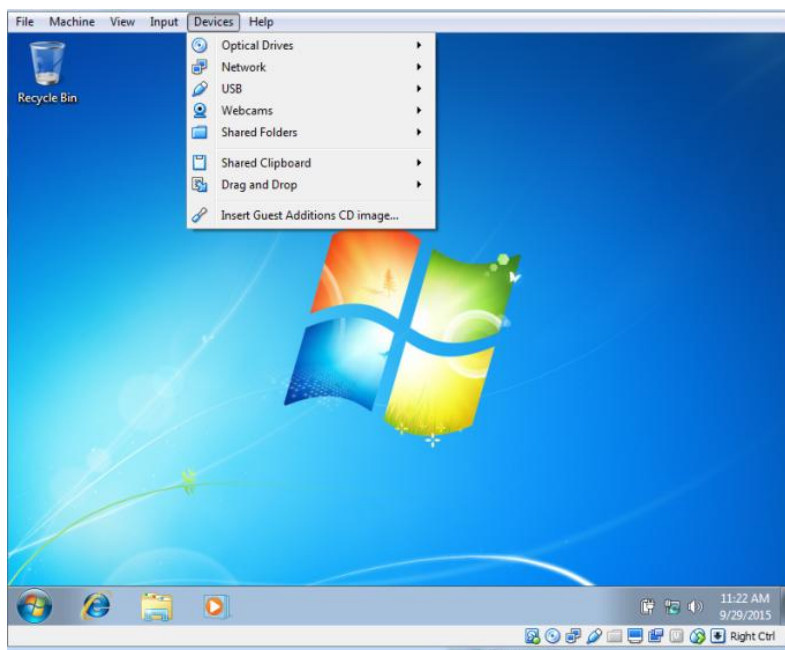
Nokreirana virtuelna mašina zahteva instalaciju OS, pa joj je potrebno dodeliti optički disk. U podešavanjima se može izvršiti izbor optičkog diska, ukoliko je cilj dodela pristupa optičkog diska hosta virtuelnoj mašini, ili hard diska ukoliko se instalacija OS-a vrši preko iso fajla.



Slika 4.1.10. Prikaz podešavanja opcija za instaliranje OS na VM

Kada su sve opcije podešene, pokretanje mašine se vrši klikom opcije Start uz praćenje procesa instalacije željenog OS-a.

Ukoliko postoji potreba za kompleksnijom primenom, predlaže se instalacija VirtualBox 5.0.4 Oracle VM VirtualBox Extension Pack-a [8], čija je instalacija jednostavna. Nakon pokretanja VM, ulaskom u meni Device i klikom na opciju Insert Guest CD image omogućen je direktan pristup iso fajlu, što je prikazano na Slici 4.1.11. Instalacijom dodatnog pack-a stiče se mogućnost prebacivanja VM u full screen mod.



Slika 4.1.11. Prikaz instalacije VirtualBox Extension Pack

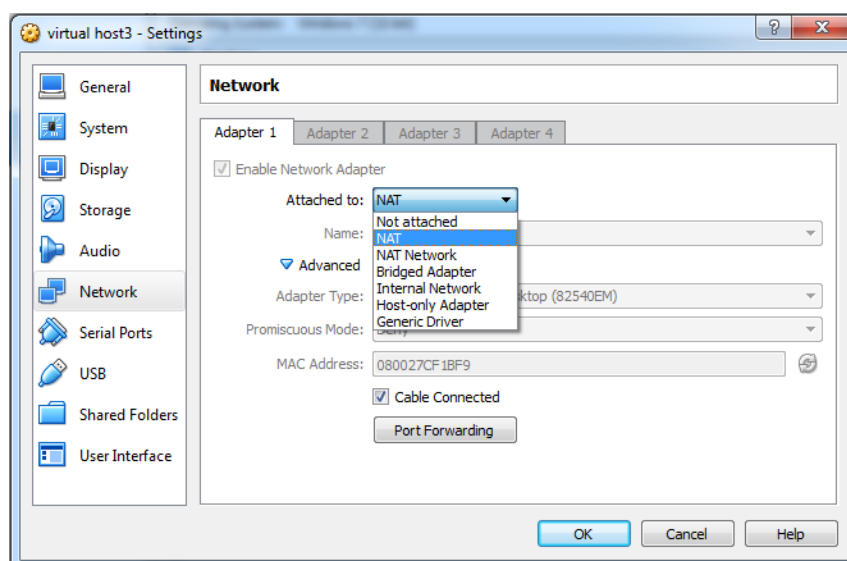
4.2. Konfigurisanje i umrežavanje virtuelnih hostova

Svakoj virtuelnoj mašini možemo dodeliti jedan ili više virtuelnih mrežnih adaptera. Zavisno od toga na koji način virtuelna mašina treba da bude dostupna na mreži, mrežni adapter možemo podesiti na jedan od sledećih modova:

- Bez konekcije (eng. *Not attached*). Podrazumeva da virtuelni mrežni adapter postoji, ali bez aktivne mrežne konekcije. UTP kabl nije priključen.
- NAT (eng. *Network Address Translation*). On obezbeđuje da virtuelna mašina ne bude direktno vidljiva na mreži, već sakrivena iza IP adrese host sistema koji je zadužen za prevođenje mrežnog saobraćaja sa svoje adrese na adrese guest Sistema. Na taj način se obezbeđuje komunikacija sa ostatkom sveta. NAT mod ima četiri ograničavajuća faktora koje korisnik mora imati u vidu. Ova ograničenja obično ne utiču na regularan rad mreže. Međutim, prisustvo NAT je pokazalo suptilne efekte koji mogu ometati protokole koji inače rade bez problema. Jedan od primera je NFS (eng. *Network File System*) gde je server često konfigurisan da odbije veze sa neprivilegovanim portovima, odnosno portovima ispod 1024.
 - Ograničenja ICMP (eng. *Internet Control Message Protocol*) protokola. Često korišćeni mrežni alati za oporavak mreže (eng. *network debugging tools*) kao što su ping ili tracerouting oslanjaju se na ICMP protokol za slanje i primanje poruke. Podrška za ICMP protokol je unapređena pa kod VirtualBox 2.1 verzije naredba ping bi trebalo da radi ali ne uvek pouzdano. To važi i za druge široko rasprostranjene mrežne alate.
 - Nepouzdan prijem UDP (eng. *User Datagram Protocol*) brodkast saobraćaj. *Guest* nepouzdan prima brodkasting. Da bi sačuvao svoje izvore, on samo određeni deo vremena osluškujе medijum, nakon što je *guest* poslao UDP paket na određen port. Posledica ovoga je činjenica da NetBios (eng. *Network Basic Input/Output System*) servis ne radi uvek, ali WINS (eng. *Windows Internet Name Service*) uvek radi. Kao

- privremeno rešenje može se koristiti numerička IP adresa željenog servera u `\\server\share` notation.
- Nedostatak podrške GRE (eng. *Generic Routing Encapsulation*) protokola. Drugi protokoli osim TCP (eng. *Transmission Control Protocol*) i UDP protokola nisu podržani. Ovo znači da neki VPN proizvodi kao što je Microsoft PPTP (eng. *Point-to-Point Tunneling Protocol*) ne mogu biti korišćeni. Naravno, postoje i drugi VPN proizvodi koji koriste samo TCP i UDP pa im ovo ograničenje ne smeta.
- Nemogućnost prosleđivanja na portove < 1024. Kod Unix-based hostova kao što su Linux, Solaris, Mac OS X nemoguće je konfigurirati VM ispod 1024..
- NAT Network. Predstavlja novi NAT dodatak predstavljen u VirtualBox 4.3 verziji. Funkcioniše na sličan način kao rezidencijalni ruter. Grupiše sisteme u jednu mrežu, sprečavajući direktan pristup sistemima van ove mreže. Pritom dozvoljava međusobnu komunikaciju sistema unutar i van mreže koristeći TCP i UDP preko IPv4 (eng. *Internet Protocol version 4*) i IPv6 (eng. *Internet Protocol version 6*).
- Bridged mreža (eng. *bridged adapter*). Omogućava guest sistemu da deli isti mrežni opseg kao i ostatak lokalne mreže i samim tim bude vidljiv svim računarima na mreži.
- Interna mreža (eng. *Internal Network*). Veoma je sličan bridge modu, samo sa većim akcentom na sigurnost. U bridge modu virtuelni adapter VM svoje pakete šalje preko *host-a*, pa postoji mogućnost prisluškivanja mrežnog saobraćaja, dok je kod moda interne mreže ta mogućnost isključena. Nijedna VM ne prosleđuje mrežne pakete preko *host-a*, već samostalno.
- Host-only (eng. *Host-only Adapter*). Omogućava kreiranje interne mreže između *host-a* i jedne ili više virtuelnih mašina. *Host* i VM deliće isti mrežni opseg i međusobno će se videti, ali VM neće biti vidljive ostatku mreže, jer će im se mrežni opseg razlikovati od LAN opsega.
- Generički mod (eng. *Generic Driver*). Omogućava kreiranje samostalnog upravljačkog programa i drajvera za mrežni adapter. Mod je eksperimentalan i retko primenjuje u praksi. Sva mrežna podešavanja mogu se izvršiti pre ili posle instalacije OS.

Izbor modova je prikazan na Slici 4.2.1.



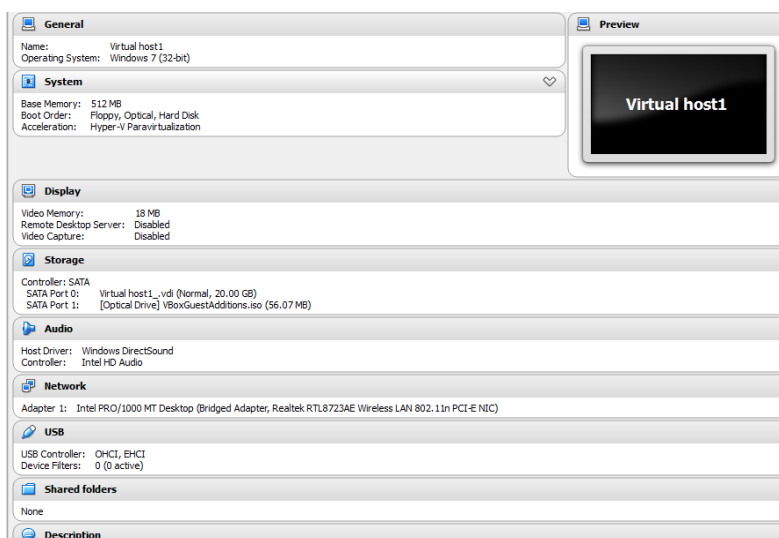
Slika 4.2.1. Odabir mrežnog moda rada

4.3. Uslovi analize i konfiguracija virtuelnih hostova

Testiranje virtuelne mreže vršeno je na sledećoj konfiguraciji:

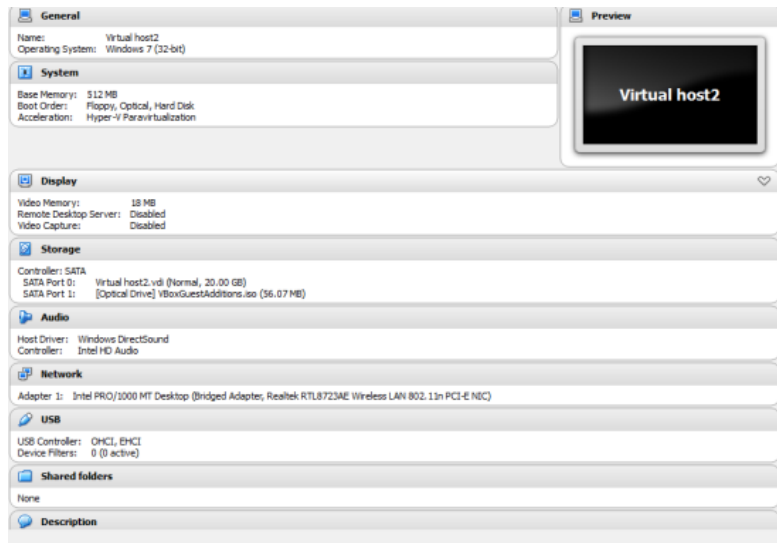
- Host mašina:
 - Processor: Intel® Pentium® CPU B960 @ 2.20 GHz
 - RAM: 4.00 GB
 - System type: 64-bit Operating System
 - Windows edition: Windows 7 Ultimate
- VM1(Virtual host1) :
 - Name: Virtual host 1
 - Operating System: Windows 7 (32 bit)
 - Base Memory: 512 MB
 - Boot Order: Floppy, Optical, Hard Disk
 - Acceleration: Hyper-V Paravirtualization
 - Video Memory: 18MB
 - Controller: SATA
 - SATA Port 0: Virtualhost1_.vdi (Normal, 20.00GB)
 - SATA Port1: [Optical Drive] VBoxGuestAdditions.iso (56.07 MB)
 - Host Driver: Windows DirectSound
 - Controller: Intel HD Audio
 - Adapter1: Intel PRO/1000MT Desktop (Bridged Adapter, Realtek RTL8723AE Wireless LAN 802.11nPCI-E NIC)

Konfiguracija VM1 je prikazana na Slici 4.3.1.

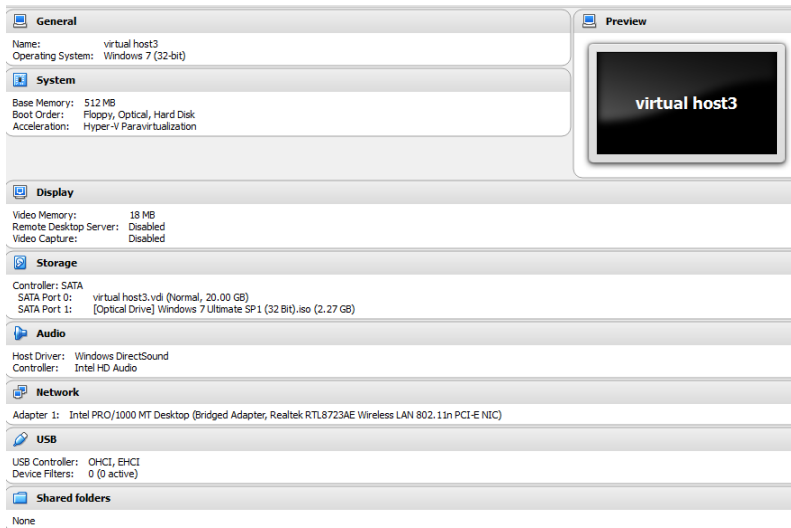


Slika 4.3.1. Konfiguracija VM1

Na isti način su konfigurisane VM2 i VM3, kao što je prikazano na Slikama 4.3.2 i 4.3.3.



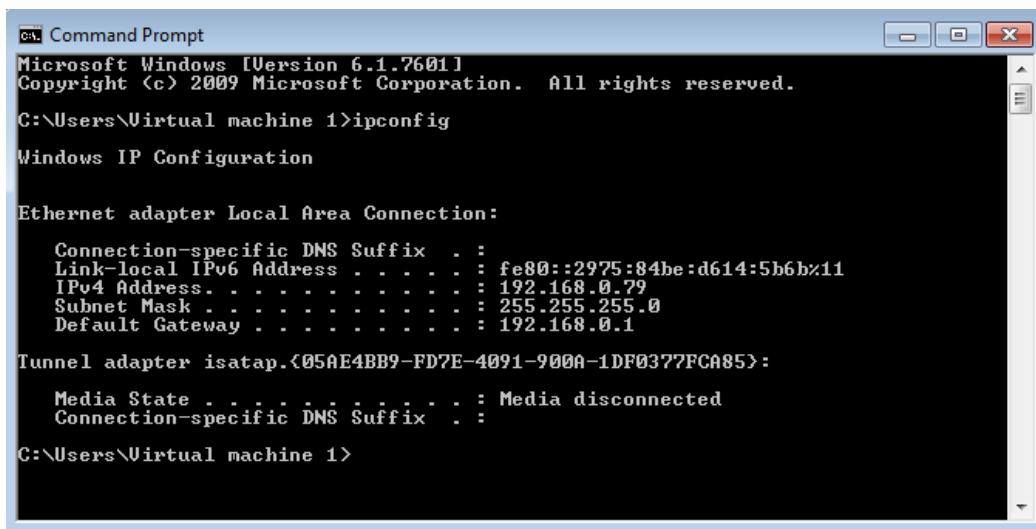
Slika 4.3.2.Konfiguracija VM2



Slika 4.3.3.Konfiguracija VM3

4.4. Verifikacija virtuelnih računara

Korišćenjem komande ipconfig u Command Prompt prozoru, dodeljuje se IP adresa virtuelnoj mašini 1 kao što je prikazano na Slici 4.4.1. Na identičan način se dodeljuju i IP adrese VM2 i VM3.



```
Command Prompt
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Virtual machine 1>ipconfig

Windows IP Configuration

Ethernet adapter Local Area Connection:

    Connection-specific DNS Suffix . : 
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::2975:84be:d614:5b6b%11
    IPv4 Address. . . . . : 192.168.0.79
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 192.168.0.1

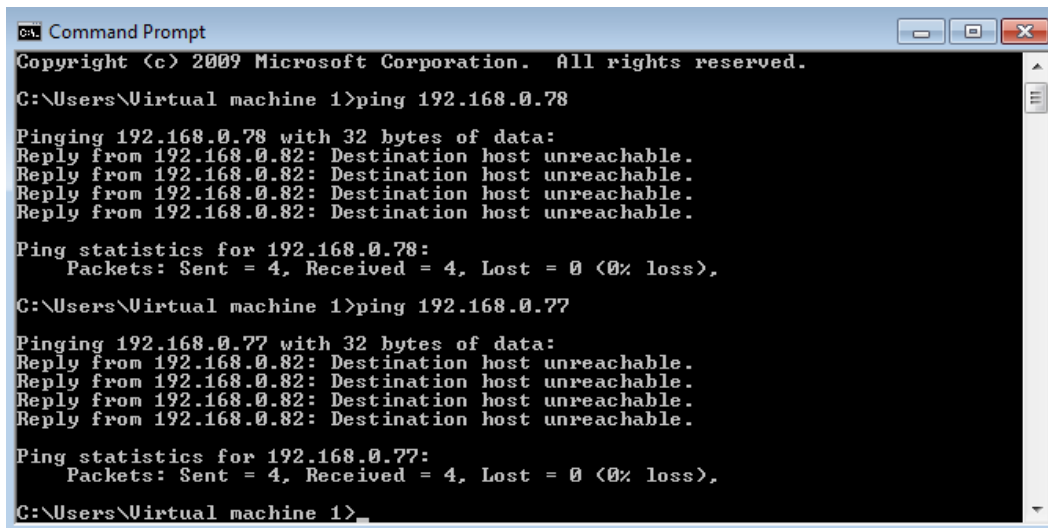
Tunnel adapter isatap.{05AE4BB9-FD7E-4091-900A-1DF0377FCA85}:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix . : 

C:\Users\Virtual machine 1>
```

Slika 4.4.1. Ip adresa virtuelne mašine 1

Korišćenjem komande ping, vrši se provera međusobne komunikacije virtuelnih računara, kao što je prikazano na Slikama 4.4.2., 4.4.3 4.4.4.



```
Command Prompt
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Virtual machine 1>ping 192.168.0.78

Pinging 192.168.0.78 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.82: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.82: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.82: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.82: Destination host unreachable.

Ping statistics for 192.168.0.78:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

C:\Users\Virtual machine 1>ping 192.168.0.77

Pinging 192.168.0.77 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.82: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.82: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.82: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.82: Destination host unreachable.

Ping statistics for 192.168.0.77:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

C:\Users\Virtual machine 1>
```

Slika 4.4.2. Verifikacija komunikacije VM1 sa VM2 i VM3

```
CA Command Prompt
C:\Users\Virtual machine2>ping 192.168.0.79

Pinging 192.168.0.79 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.79: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.0.79: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.0.79: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 192.168.0.79: bytes=32 time=2ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.0.79:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 2ms, Average = 1ms

C:\Users\Virtual machine2>ping 192.168.0.76

Pinging 192.168.0.76 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.81: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.81: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.81: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.81: Destination host unreachable.

Ping statistics for 192.168.0.76:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

C:\Users\Virtual machine2>
```

Slika 4.4.3. Verifikacija komunikacije VM2 sa VM1 i VM3

```
CA Command Prompt
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.
C:\Users\Virtual machine 3>ping 192.168.0.79

Pinging 192.168.0.79 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.80: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.80: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.80: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.80: Destination host unreachable.

Ping statistics for 192.168.0.79:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

C:\Users\Virtual machine 3>ping 192.168.0.78

Pinging 192.168.0.78 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.80: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.80: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.80: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.80: Destination host unreachable.

Ping statistics for 192.168.0.78:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

C:\Users\Virtual machine 3>
```

Slika 4.4.4. Verifikacija komunikacije VM3 sa VM2 i VM1

Na Slici 4.4.5. prikazana je provera komunikacije VM1, VM2 i VM3 sa host mašinom.

```
ca. Command Prompt
Ping statistics for 192.168.0.79:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

C:\Users\user>ping 192.168.0.78

Pinging 192.168.0.78 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.13: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.13: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.13: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.13: Destination host unreachable.

Ping statistics for 192.168.0.78:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

C:\Users\user>ping 192.168.0.77

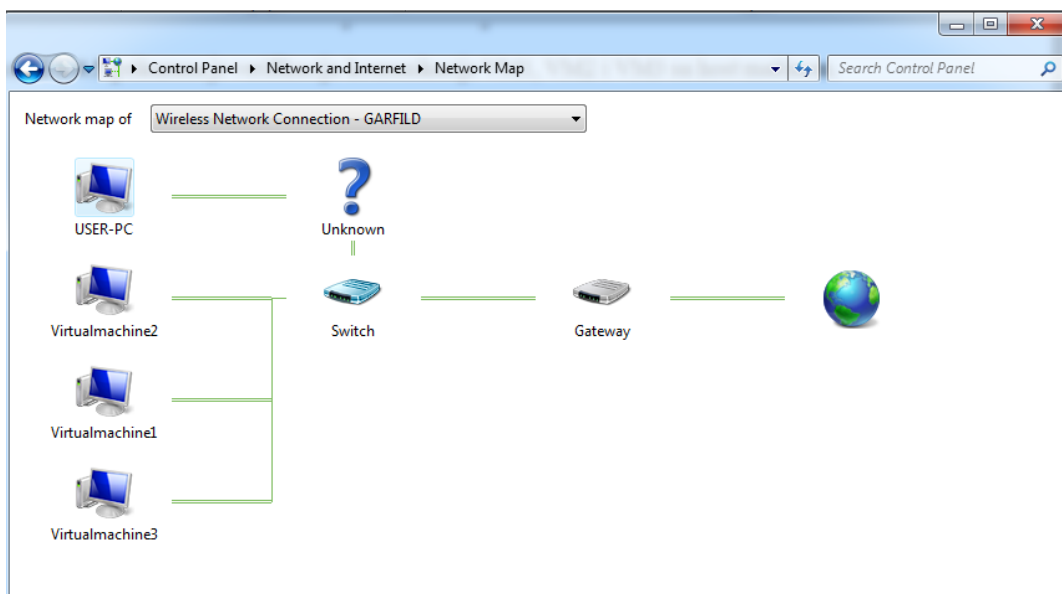
Pinging 192.168.0.77 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.13: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.13: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.13: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.13: Destination host unreachable.

Ping statistics for 192.168.0.77:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

C:\Users\user>
```

Slika 4.4.4. Verifikacija komunikacije VM1, VM2 i VM3 sa host mašinom

Na Slici 4.4.6. prikazana je mapa kompletne mreže.



Slika 4.4.6. Mapa kompletne mreže

5. VIRTUALBOX - REZIME

5.1. Prednosti VirtualBox-a

Jedna od funkcionalnosti koja se izdvaja kao glavna prednost Virtualbox-a je portabilnost. Baremetal virtuelizaciona rešenja, odnosno rešenja kod kojih je hipervizor direktno na hardverskom sloju, najčešće se mogu instalirati samo na određenom hardveru koji se namenski nabavlja. VirtualBox nema hardverskih ograničenja ovog tipa, a pored toga ne zahteva ni procesore sa ugrađenom podrškom za Intel VT-x ili AMD-V. VirtualBox podržavaju Microsoft Windows, Linux, Macintosh i Solaris operativni sistemi. Profili virtuelnih mašina kreiranih na jednom host-u mogu se preneti i eksploatisati na različitim operativnim sistemima. Funkcionalnost je potpuno identična bez obzira na host operativni sistem. Uz VirtualBox dolazi skup alata za guest sisteme (eng. guest additions), koje možemo instalirati direktno na guest sistemu, iako ovaj korak nije obavezan. Alat poboljšava rezoluciju ekrana, određenim guest sistemima daje mogućnost korišćenja 3D akceleracije, pospešuje rad ulaznih periferija isl. VirtualBox obezbeđuje guest sistemima multiprocesorsku SMP (eng. symmetric multiprocessing) podršku, kao i podršku za USB uređaje, a u sebi poseduje i ugrađenu iSCSI (eng. Internet Small Computer System Interface) podršku. Ova funkcionalnost omogućuje direktno priključivanje guest sistema na iSCSI skladišni sistem, bez posredovanja host sistema kao međusloja. Guest sistemima je omogućeno mrežno pokretanje korišćenjem PXE okruženja (eng. Preboot Execution Environment). Jedna od veoma korisnih funkcionalnosti je podrška za kreiranje snapshot-ova, koji predstavljaju presek stanja sistema virtuelne mašine u određenom trenutku. Na ovaj način se može zabeležiti trenutno stanje virtuelne mašine sa svim instaliranim aplikacijama i podešavanjima. Ovaj postupak predstavlja jednu vrstu backup procedure koja se može izvršiti pre instalacije nekog softvera ili veće promene u sistemu. Ukoliko se instalacija ne izvrši uspešno, softver ne zadovoljava potrebe korisnika ili izmena u sistemu prouzrokuje problem, jednostavnim korakom može se povratiti prvobitno sistemsko stanje virtuelne mašine. Za jednu virtuelnu mašinu može se kreirati proizvoljan broj snimaka (eng. snapshot). Proces kreiranja ili brisanja snapshot-a ne zahteva zaustavljanje rada virtuelne mašine. Ukoliko postoji potreba za identičnom ili sličnom kopijom date virtuelne mašine, može se koristiti mogućnost kloniranja da se proces instalacije ne bi ponavljao. Na raspolaganju su dva tipa kloniranja. Prvi tip je potpuno kloniranje, kod kog se kreira identična kopija svih postojećih podešavanja i disk image-a. Ovim postupkom dupliramo zauzeće diska. Druga mogućnost kloniranja je kreiranje nove virtuelne mašine koja će referencirati originalni virtuelni disk image. VirtualBox ima mogućnost grupisanja virtuelnih mašina. Sve ono što možemo primeniti na jednu virtuelnu mašinu, možemo primeniti i na grupu istovremeno. VirtualBox poseduje punu podršku za ACPI (eng. Advanced Configuration and Power Interface) i dizajniran je potpuno modularno. Podržan je i OVF format (eng. Open Virtualization Format), koji podržava i veliki broj drugih proizvođača. Na ovaj način je moguće importovati mašinu koja je kreirana na VMware Workstation platformi i obrnuto. Velika prednost VirtualBox-a je brzo i jednostavno deljenje podataka između host-a i virtuelnih mašina (eng. Shared folders). Za korišćenje deljenih foldera neophodno je na guest sistemu instalirati guest additions paket.

5.2. Mane VirtualBox-a

Određene VirtualBox karakteristike ili opcije su označene kao eksperimentalne i nisu još uvek zvanično odobrene. Spisak takvih opcija je sledeći:

- WDDM Direct3D video driver za Windows guest
- 3D podrška za ubrzanje hardvera za Windows, Linux i Solaris guest OS
- PCI pass-through (*Linux host only*)
- MAC OS X guests (*Mac host only*)
- ICH9 chipset emulation
- EFI firmware

Postoje određena ograničenja sa guest SMP (eng. multiprocessor) kao što su:

- Loše performanse rada sa 32 bit guest na AMD CPU (eng. *Advanced Micro Devices Central Processing Unit*). Ovo najviše pogađa Windows i Solaris guest, ali je moguće da se ovaj problem javi i na Linux Kernel Revisions.
- Loše performanse rada sa 32 bit guest na određenim Intel CPU modelima koji ne uključuju virtuelnu APIC (eng. *Advanced Programmable Interrupt Controller*) hardversku podršku.
- Mac OS X guest može da radi samo na određenim host hardverima
- VirtualBox trenutno ne pruža Guest Additions za Mac OS X

Što se tiče Solaris host-a, javljaju se sledeći problemi:

- Ne postoji podrška za USB uređaj konektovan sa Solaris 10 hosts. USB podrška zahteva Solaris 11 verziju.
- Veb kamere i drugi izohroni uređaji pokazuju veoma slabe performanse.
- Ne podržava *wireless* adaptere koji koriste *bridged networking*.

5.3. Komparacija VirtualBox i VMWare

Postoje brojne razlike između VirtualBox-a i VMWare-a. U nastavku će biti navedene najveće i najbitnije.

- VirtualBox je potpuno besplatan softver, dok je za korišćenje VMWare-a potrebno imati licencu.
- VirtualBox spada u *open source* virtuelizacione softvere, što znači da postoji mogućnost samostalnog razvijanja i oblikovanja prema sopstvenim potrebama. Popularnost *open source* softvera ogleda se u brzom otklanjanju bagova i nadogradnji novih opcija, što nije slučaj kod VMWare-a.
- VirtualBox zahteva znatno manje memorije i resursa host kompjutera u odnosu na VMWare. Virtuelne mašine VirtualBox-a rade mnogo brže, posebno ako je ih istovremeno pokrenuto više od tri.
- VirtualBox podržava VMDK (eng. *VMware Hard disk file*) fajl. Bilo koju virtuelnu mašinu kreiranu u VMWare-u moguće je pokrenuti i u VirtualBoxu bez prethodne konverzije.

- Kod VirtualBox-a, virtuelne mašine se mogu pokrenuti putem prečice (eng. *shortcut*). Prečica svake virtuelne mašine može se postaviti na desktop host mašine. One se odatle direktno mogu pokrenuti bez prethodnog otvaranja konzole VirtualBox-a. VMware ne podržava ovu mogućnost.
- VirtualBox podržava Mac OS X i Linux kao host operativne sisteme, dok ih VMware instalira direktno na hardverski server.

6. ZAKLJUČAK

Virtuelizacija je široko rasprostranjen koncept u svetu informacionih tehnologija. Bez obzira o kom tipu virtuelizacije se radi, zajednički cilj je poboljšanje skalabilnosti i ekonomično korišćenje resursa. Posebna vrednost virtuelizacije izražena je u poslovnim okruženjima. Investiranje u ovakav koncept može se isplatiti u veoma kratkom roku. Virtuelizacija donosi veliki broj revolucionarnih rešenja u različitim aspektima komunikacione industrije. Neke od najvećih prednosti virtuelizacije su uticaj na smanjenje potrošnje električne energije, konsolidacija servera, manja opterećenost fizičkog prostora, bolja povezanost računara u mreži, brže rešavanje problema povezanih sa fenomenom disaster-recovery, jednostavniji rad sa nekompatibilnim operativnim sistemima i bolja integracija različitih poslovnih aplikacija u kompanijama. Virtuelizacija pruža i veliku sigurnost pri testiranju sistema pre implementacije. Na tržištu postoje različita softverska rešenja za primenu virtuelizacije koja sa sobom nose određene prednosti i mane. Softverska rešenja koja će se primeniti zavise od performansi koje korisnik ili kompanija žele da postignu. VirtualBox predstavlja besplatan, fleksibilan i jednostavan alat za virtuelizaciju koji je pogodan kako za ličnu, tako i za upotrebu u manje zahtevnim profesionalnim okruženjima.

LITERATURA

- [1] Bernard Golden, Virtualization for Dummies, 3rd HP Special Edition
- [2] VirtualBoxUserManual, <http://download.virtualbox.org/virtualbox/5.0.4/UserManual.pdf>
- [3] Wikipedia.org- Virtualbox, <https://en.wikipedia.org/wiki/VirtualBox>
- [4] Kenneth Hess, Amy Newman, Practical Virtualization Solutions: Virtualization from the Trenches, Prentice Hall, USA, 2009.
- [5] Wikipedia.org-Virtualization, <https://en.wikipedia.org/wiki/Virtualization>
- [6] Borislav Đorđević, Tehnike Virtuelizacije i Cloud Computing, predavanja, 2015
- [7] VirtualBox setupdownload <https://www.virtualbox.org/>
- [8] Link za preuzimanje Oracle VM VirtualBox Extension Pack, <https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads>