

Analiza virtualnih računala

Radman, Mateo

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:211:497065>

Rights / Prava: [Attribution 3.0 Unported](#)/[Imenovanje 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Organization and Informatics - Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
VARAŽDIN**

Mateo Radman

ANALIZA VIRTUALNIH RAČUNALA

ZAVRŠNI RAD

Varaždin, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
V A R A Ž D I N

Mateo Radman

Matični broj: 0016135377

Studij: Informacijski sustavi

ANALIZA VIRTUALNIH RAČUNALA

ZAVRŠNI RAD

Mentor/Mentorica:

Prof. dr. sc. Miroslav Bača

Varaždin, kolovoz 2022.

Mateo Radman

Izjava o izvornosti

Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onima koji su u njemu navedeni. Za izradu rada su korištene etički prikladne i prihvatljive metode i tehnike rada.

Autor/Autorica potvrdio/potvrdila prihvaćanjem odredbi u sustavu FOI-radovi

Sažetak

Cilj ovog rada je obraditi i analizirati pojam virtualnog računala te objasniti pojam virtualizacije s naglaskom na virtualizaciji računalnih sustava. Rad se sastoji od sažetog opisivanja pojma virtualizacije i što sve zapravo može virtualizacija predstavljati te sve do njene povijesti tijekom posljednjih godina. U radu se ističu dva istraživača za koje se smatra da su predstavnici virtualizacije te oni uvode dva nova pojma, a to su: virtualno računalo i monitor virtualnog računala. Ova dva pojma se nadalje detaljno opisuju i objašnjavaju. Definirano je koje nam mogućnosti donose virtualna računala te je objašnjena njihova svrha i upotreba u današnjici. Nakon toga se navode i objašnjavaju glavne vrste virtualizacije te utjecaj virtualizacije na samu sigurnost podataka na virtualnim računalima. Rad završava s predviđanjem i opisivanjem budućnosti virtualizacije.

Ključne riječi: virtualizacija; povijest virtualizacije; virtualno računalo; virtualna mašina; monitor virtualnog stroja; sigurnost virtualizacije; budućnost virtualizacije;

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Metode i tehnike rada	2
3. Virtualizacija	3
3.1. Povijest virtualizacije	3
3.2. Predstavnici virtualizacije	4
4. Virtualni stroj.....	6
4.1. Podjela virtualnih strojeva.....	8
5. Monitor virtualnog računala	10
6. Vrste virtualizacije.....	13
6.1. Potpuna virtualizacija	13
6.2. Djelomična virtualizacija.....	14
6.3. Sklopovski potpomognuta virtualizacija	14
6.4. Kontejnerizacija.....	14
6.4.1. Kontejnerizacija u usporedbi s virtualnim strojem.....	15
6.5. Dodatne vrste virtualizacije.....	15
7. Usporedba vrsti.....	18
8. Sigurnost virtualizacije	19
9. Budućnost virtualizacije	22
10. Zaključak	23
Popis literature.....	24
Popis slika	26
Popis tablica	27

1. Uvod

U ovom završnom radu je obrađena tema virtualnog računala te pojam virtualizacije s naglaskom na virtualizaciji računalnih sustava. Na samom početku rada je objašnjen pojam virtualizacije te se spominju dva različita načina definiranja virtualizacije, a zatim se detaljno opisuje povijest razvoja virtualizacije do danas. Kod povijesti virtualizacije se spominju dva važna istraživača koja se danas smatraju predstavnicima virtualizacije. 1974. godine objavljuju rad u kojem definiraju standarde koje određena arhitektura računala mora posjedovati kako bi mogla podržavati virtualizaciju. Isto tako definiraju dva nova pojma i njihovu važnost, a to su: virtualno računalo i monitor virtualnog računala. Nakon toga slijedi detaljan opis i analiza novouvedenih pojmova. Ističe se važnost virtualnog računala i načini njegova ostvarenja te koje nam sve mogućnosti sa sobom donose. Također je nešto više rečeno o monitoru virtualnog računala za kojeg se smatra da je zaslužan za stvaranje i upravljanje virtualnim računalom. Kada se govori o virtualizaciji postoje četiri glavne vrste virtualizacije koje se detaljno razrađuju i kasnije ukratko grafički uspoređuju, a to su: potpuna virtualizacija, djelomična virtualizacija, sklopovski potpomognuta virtualizacija te kontejnerizacija. Nakon opisa glavnih vrsta navodi se još šest drugih vrsta virtualizacija te se govori o računalnoj sigurnosti te primjeni virtualizacije na zaštiti podataka. U završetku rada se opisuje i predviđa budućnost virtualizacije.

Svrha pisanja ovog završnog rada je analiza i teorijska obrada virtualnog računala tijekom kojeg se definira što je virtualizacija te što zapravo čini suštinu virtualnog računala. Virtualna računala danas imaju veliki broj primjena te su prisutni u mnogo domena ljudskih poslovanja. Motivacija za pisanje ovog završnog rada proizlazi iz činjenice da u svoje slobodno vrijeme također koristim virtualno računalo, to jest u mojem slučaju koristim na svome Microsoft Windows računalu dodatno virtualno računalo na kojemu je instaliran operacijski sustava Linux te mi se tu javlja interes za virtualnim računalima.

2. Metode i tehnike rada

Metode koje su korištene tijekom izrade ovog završnog rada su istraživanje i analiza podataka iz stručne literature te internet stranica. Način na koji je istraživanje provedeno je čitanje literature te bilježenje bitnih informacija koje su kasnije iskorištene u obradi teme završnog rada. Tijekom pisanja rada se koristio pristup odozgo prema dolje (eng. *top-down approach*), to jest rad započinje s objašnjavanjem općenitih pojmova, a zatim se nastavlja sa objašnjavanjem specifičnih pojmova čime se uspješno doseže do glavne teme ovog rada.

Rad je pisan u programu Microsoft Office Word dok je za izradu slika koje su samostalno izrađene korištena web stranica www.draw.io koja se može koristiti za izradu različitih vrsta grafičkih materijala.

3. Virtualizacija

Pojam "virtualizacija" u računarstvu odnosi se na apstraktni prikaz pojedinih značajki i resursa, to jest izvan korisnika koji je čovjek ili program, nema razlike među njima stvarno i virtualno ostvarenim funkcionalnostima, ali stvarne vrijednosti i virtualne vrijednosti raznih aktivnosti koje se izvršavaju na računalu predstavljene su posebno u stvarnom te posebno u virtualnom okruženju [1].

Jedno od drugih objašnjenja virtualizacije je da je ona metoda za dijeljenje računalnih hardverskih resursa između višestrukih radnih okruženja. Ukratko, današnja virtualizacija omogućuje istovremeno pokretanje više instanci radnih okruženja ili operacijskih sustava na jednom računalu [2].

Virtualizacija je sada gotovo sveprisutna za razne informacijsko tehnologijske domene ljudskih poslova. Budući da su danas računala sve snažnija, bolje rečeno došle je do povećanja broja procesorskih jezgri i količine priručne memorije, današnjim računalima dostupno je dovoljno resursa za pokretanje više operacijskih sustava [2].

3.1. Povijest virtualizacije

Iako se možda čini da je virtualizacija postala rasprostranjenija tek u zadnjih nekoliko godina, povijest virtualizacije potiče još od prvih početaka samog računarstva. Štoviše, pojavljuje se gotovo sa prvim računalima još 1960-tih godina. Za ovo sve je zaslužan IBM (eng. *International Business Machines*) jer je sredinom šezdesetih godina prošlog stoljeća, točnije 1964. godine radio na CP-40 te 1965. godine na projektu naziva M44/44X. Projekt M44/44X se bazirao na istraživanju novog koncepta vremenske podjele. Problem oko vremenske podjele M44/44X je riješio upravo uz pomoć virtualizacije. Naime, tadašnje cijene računala i servera su bile jako velike te upravo zbog toga su i sustavi s vremenskom podjelom bili od velike važnosti i potrebe, kako ekonomske tako i tehnološke. Tada nije svatko imao i mogao koristiti potpuno samostalno računalo, to jest da se samo jedan korisnik koristi samo sa jednim računalom. Ovakvo čekanje na odgovor od samo jednog korisnika je zapravo gubitak vremena te u krajnjem slučaju i nedovoljna iskorištenost kapaciteta i gubitak novca.

Zahvaljujući virtualizaciji taj se problem riješio i razvile su se tehnike podjela vremena. Sam proces je složen, ali je u realizaciji prilično jednostavan. Umjesto da se čeka jednog korisnika, računalo koristi to vrijeme da obavi neki drugi posao. Arhitektura se temelji na takozvanim virtualnim računalima. Glavno računalo koje se koristilo je IBM 7044 (M44) i svaki je virtualni stroj slika glavnog računala (44X), to jest nalik je njemu. Memorijski prostor 44X je u M44 memorijskoj hijerarhiji, implementiran pomoću virtualne memorije i dodatnog programiranja nad njime. Time je započela evolucija virtualizacije. Stvaranjem više virtualnih računala, omogućuju većem broju korisnika pristup zajedničkoj memoriji i drugim resursima glavnog računala. IBM je glavna tvrtka koja je vodila razvoj virtualizacije te su isto tako razvili nekoliko računala s posebnom arhitekturom koji su podržavali virtualizaciju, a to su: CP-40, CP-67 te VM/370. VM/370 donio je najveći napredak na tržištu poslužiteljskih računala i centara. Omogućuje rad velikog broja virtualnih strojeva kod kojih je hardver zapravo simuliran. Taman kada se činilo da će virtualizacija početi zauzimati sve veći udio u IT industriji, situacija se preokrenula. Tijekom 1980-ih i ranih 1990-ih, interes za virtualizaciju je opao i bila je gotovo potpuno isključena s tržišta velikih poslužiteljskih računala. Razlog je nagli pad cijena hardvera zbog napretka proizvodne tehnologije i sporog odstupanja od koncepta poslužiteljskog računala. Velike tvrtke su polako prelazile na novu x86 arhitekturu jer se u tome vidjela budućnost i smanjenje troškova proizvodnje. Arhitektura x86 se smatra najuspješnija arhitektura procesora u povijesti te je ona danas sveprisutna na stolnim i prijenosnim računalima, a ima i većinski udio među poslužiteljima i radnim stanicama. Virtualizacija kakvu danas poznajemo pojavila se sredinom devedesetih. Glavni operacijski sustavi koji su se pojavili u to vrijeme su Windows i Linux te su oni imali dobre temelje za podršku djelomične virtualizacije i višezadačnosti [1], [3].

3.2. Predstavnici virtualizacije

Dvojica poznatih istraživača, Gerald J. Popek (slika 1) i Robert P. Goldberg, u jednom od svojih radova iznijeli su što se točno mora ispuniti da bi se govorilo o virtualizaciji. Njihov rad objavljen 1974. godine pod nazivom „Formal Requirements for Virtualizable Third Generation Architectures“ pružio je jednostavan standard kojim se može provjeriti je li željenu arhitektura računala može podržati virtualizaciju ili ne, a isto tako nudi upute kako bi se izgradila takva željena arhitektura [3], [4].

U njihovom radu su definirana dva glavna koncepta, a riječ je o virtualnom računalu (VM, eng. *virtual machine*) i monitor virtualnog računala (VMM, eng. *virtual machine monitor*) koji će biti detaljnije objašnjeni u sljedećim poglavljima [3], [4].

Prema njima monitor virtualnog računala ima tri glavne karakteristike:

- VMM pruža aplikacijama okolinu koja je u potpunosti jednaka okolini stvarnog računala
- VMM u potpunosti upravlja svim resursima virtualnog računala
- programi koji se izvršavaju u toj virtualnoj okolini pokazuju, u najgorem slučaju, samo manji pad u brzini izvršavanja

Zahtjevi Popeka i Goldberga relativno su jednostavni kako bi se moglo definirati je li određena arhitektura podržava virtualizaciju ili ne. Od najveće su važnosti instrukcije koje šalje procesor koje bi trebale imati mogućnost da budu „privilegirane“ te da se mogu prekinuti, to jest zaustaviti u bilo kojem trenutku kako bi se zatim prepustila kontrola upravljanja VMM-u kada je to već potrebno. Karakteristike i zahtjevi koje su ova dva istraživača postavila su danas od velike važnosti kada se govori o definiranju ili pak izgradnji novih arhitektura koje bi trebale podržavati virtualizaciju [3], [4].

4. Virtualni stroj

Virtualno računalo ili virtualni stroj (eng. *virtual machine*), je softversko okruženje koje simulira stvarni hardver i unutar kojeg se može izvršavati određeni operacijski sustav te sastoji se od virtualno dostupnih elemenata kao što su virtualni skup resursa procesora, radne memorije, I/O ulaza te diskova za pohranu dostupnih svakom virtualnom stroju [2], [5].

Virtualni strojevi se mogu vrlo lako implementirati i održavati te sa sobom donose nekoliko prednosti kao što su:

- na jednom glavnom računalu moguće je koristiti više virtualnih strojeva koji ne moraju koristiti isti operacijski sustav
- smanjenje troškova
- virtualni strojevi su vrlo pogodni za ostvarenje sigurnosnih (eng. *backup*) podloga
- korištenje aplikacija koje su namijenjene za različite operacijske sustave
- vrlo pogodni za oblak (eng. *cloud*) okruženja

Na današnja računala koja su vrlo snažna i moćna moguće je instalirati više virtualnih strojeva te na svakom virtualnom stroju posebno je instaliran operacijski sustav koji operira neovisno o drugim virtualnim strojevima iako su oni instalirani unutar istog računala. Pod pojmom glavna računala spadaju računala na kojemu su instalirani virtualni strojevi te od kojih virtualni strojevi koriste hardverske resurse. Virtualni strojevi omogućavaju tvrtkama korištenje operacijskog sustava koji se ponaša kao novo odvojeno računalo u aplikacijskom prozoru na radnoj površini glavnog računala. Korištenjem većeg broja virtualnih strojeva se smanjuje broj fizičkih računala koji bi se inače trebalo nabaviti te isto tako smanjuje zauzetost fizičkog radnog prostora čime se svakako smanjuju troškovi cijele tvrtke. Dok je broj potrebnih fizičkih računala smanjen broj licenca se može znatno smanjiti što je najbolji slučaj, ali može i ostati isti ili pak još veći kojima bi se nastojalo ovjeriti autentičnost operacijskog sustava ili pak pojedinih aplikacija na virtualnim strojevima [6].

Virtualnim strojevima se može manipulirati na način da im se mijenjaju sistavne postavke isto kao i na glavnim računalima te ih je moguće pokretati, zaustavljati jednim klikom miša ili korištenjem naredbi što ih čini vrlo zgodne za korištenje od strane raznih administratora pojedinih odjela.

Ovisno o potrebama virtualni strojevi se mogu konfigurirati da koriste vrlo mali broj ili pak vrlo veliki broj hardverskih resursa računala na kojemu je instaliran virtualni stroj. Korištenjem virtualnih strojeva moguće je koristiti operacijske sustave koji su drugačiji recimo od operacijskog sustava instaliranog na glavno računalo, koristiti aplikacije ili programe koje su razvijene samo za druge operacijske sustave ili pak testiranje aplikacija u sigurnom i zatvorenom okruženju. Isto tako korištenjem virtualnih strojeva se mogu izvršavati specifične zadaće koje se smatraju preopasnim za izvršavanje kao što su pristupanje drugim podacima koji su zaraženi virusima ili pak testiranje sigurnosti novostvorenog operacijskog sustava budući da je svaki virtualni stroj odvojen u sustava glavnog računala, virtualni stroj ne može pristupiti podacima koji se nalaze na glavnom računalu [6].

Danas je vrlo popularno koristiti pohranu podataka u nekom od oblaka kao što su: Dropbox, Google Drive, MEGA, Microsoft OneDrive i mnogi drugi. Iz same pohrane u oblaku se razvila ideja o korištenju nekih servisa preko oblaka kao što su recimo korištenje tuđih poslužitelja za pohranu vlastitih podataka na određeni vremenski period. Servisi u oblaku te čak i neki lokalno instalirani servisi su počeli koristiti virtualne strojeve. Lokalno omogućavaju da se koristi jedno glavno računalo te na njemu virtualni stroj koji sam jest kao novo računalo na kojem se instaliraju novi softveri ili okruženje koje je potrebno za korištenje servisa koji se iznajmljuje. Kod rada s servisima na oblaku se koristi virtualni stroj koji koristi puno hardverskih resursa glavnog računala kako bi mogao pružiti virtualne aplikacijske resurse prema više korisnika u isto vrijeme čime se svakako povećava isplativost servisa [6].

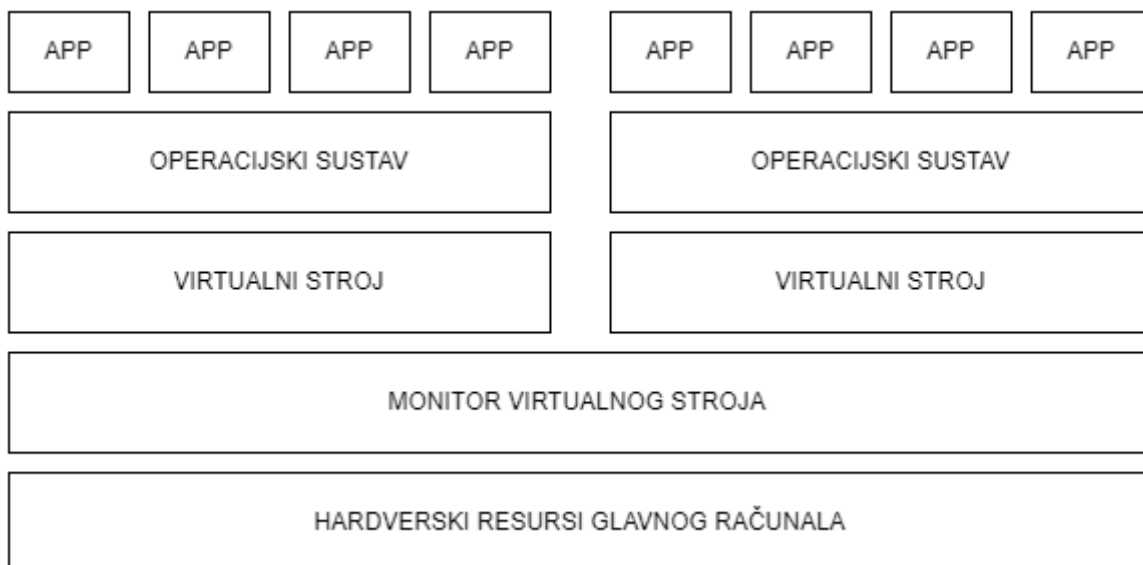
Iako virtualni strojevi imaju svoje prednosti i moguće implementacije ništa nije savršeno te bih spomenuo još dva nedostatka virtualnih strojeva. Korištenje više virtualnih strojeva u isto vrijeme na jednom glavnom računalu može uzrokovati nestabilne izvedbe željenih rješenja, pogotovo ako nije pravilno izgrađena infrastruktura ako se radi o projektima većih dimenzija. Ako se koristi željeno glavno računalo svakako će se iskorištavati računalo na optimalan način te performanse bi trebale biti vrlo slične kao da se radi o nekom drugom računalu istih hardverskih specifikacija. Budući da je virtualni stroj proces koji se izvršava on koristi hardverske resurse glavnog računala i još dodatno iskorištava pojedine elemente kao što su dodjeljivanje radne ili priručne memorije i procesorskih performansi glavnog računala te upravo zbog toga virtualni stroj ima slabije performanse tijekom korištenja u usporedbi s glavnim računalom. Većina današnjih tvrtki zbog toga nastoji koristiti virtualne strojeve i obična fizička računala, time se nastoji izbalansirati prednosti i nedostaci korištenja virtualnih strojeva [6].

4.1. Podjela virtualnih strojeva

Postoje dvije glavne vrste virtualnih strojeva, a to su:

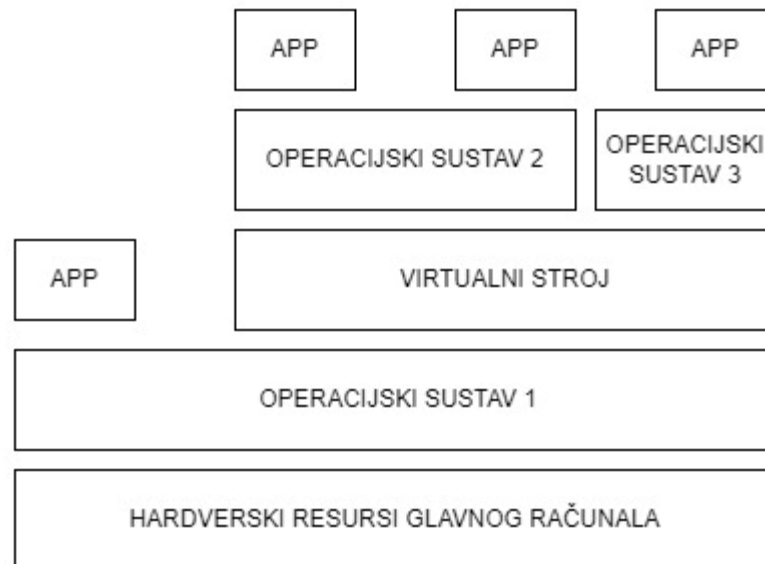
- sistemski virtualni stroj
- procesni virtualni stroj

Sistemski virtualni strojevi daju nam cjelovitu sistemsku platformu i omogućavaju izvođenje kompletnog virtualnog operacijskog sustava. Virtualni stroj sustava pruža okruženje za potpunu instalaciju operacijskog sustava. Na *Slika 1* ispod možemo vidjeti da se naš hardver glavnog računala distribuira između dva simulirana operativna sustava pomoću monitora virtualnog stroja. Isto tako vidimo da se neki programi ili procesi izvršavaju zasebno u virtualnom stroju neovisno o drugim virtualnim strojevima. Ovaj proces virtualizacije se oslanja na monitor virtualnog stroja o kojemu će biti rečeno više u sljedećem poglavlju. Većina današnjih programa koji implementiraju tehnologiju virtualizacije sa sobom donose i hipervizor. Neki od tih programa su VMware, Xen ili pak Oracle VirtualBox. Na temelju toga možemo smatrati sistemski virtualnim strojevima one virtualne strojeve koji su stvoreni od strane hipervizora i nadalje od njih nadgledani. VMware okruženje se smatra vrlo moćnim zato što unutar njega se mogu instalirati razni dodatni paketi i servisi za rad te je kao takav vrlo popularan za poslovne svrhe [6], [7].



Slika 1 Grafički prikaz rada sistemskog virtualnog stroja (samostalna izrada)

Procesni virtualni strojevi, za razliku od sistemskog virtualnog stroja, ne pružaju nam mogućnost potpunog instaliranja virtualnog operativnog sustava, ali umjesto toga stvara virtualno okruženje tog operacijskog sustava tijekom korištenja neke aplikacije ili programa i to će okruženje biti uništeno čim izađemo iz te aplikacije. Procesni virtualni stroj omogućuje pokretanje jednog procesa kao aplikacije na glavnom računalu. Kao na *Slika 2* ispod, postoje neke aplikacije koje rade na glavnom operacijskom sustavu, kao i neki virtualni strojevi koji su stvoreni za pokretanje drugih aplikacija. To pokazuje da kako su ti programi zahtijevali drugačiji operacijski sustav, procesni virtualni stroj im je omogućio da te aplikacije rade samo privremeno u trenutku kada se javi potreba za njihovim korištenjem. Jedan od primjera procesnog virtualnog stroja je Java Virtual Machine, u nastavku JVM. JVM je virtualni stroj koji omogućava pokretanje Java aplikacija i aplikacija koje su pisane u drugom jeziku, ali bazirane i sastavljene u Java Bytecode-u kao da su pokrenute u svome izvornom sustavu [6], [7].



Slika 2 Grafički prikaz rada procesnog virtualnog stroja (samostalna izrada)

5. Monitor virtualnog računala

Monitor virtualnog računala (eng. *virtual machine monitor*) ili njegov drugi naziv hipervizor (eng. *hypervisor*) je softver koji stvara i pokreće virtualne strojeve. Hipervizor omogućuje jednom glavnom računalu da podržava više virtualnih strojeva virtualnim dijeljenjem resursa dobivenih od glavnog računala kao što su memorija te sama obrada podataka. Hipervizor optimizira korištenje dostupnih hardverskih resursa te ih pravilno raspoređuje na instalirani virtualni stroj te isto tako smanjuje zahtjeve za brzinom, energijom i održavanjem jer se više virtualnih strojeva može pokrenuti s jednog fizičkog poslužitelja s hipervizorom [8].

Hipervizori se dijele na dvije glavne vrste, a to su:

- „*bare metal*“ hipervizori
- „*hosted*“ hipervizori

„*Bare metal*“ hipervizori se ponašaju kao operacijski sustavi vrlo lagani za pokretanje te se pokreću direktno na hardveru glavnog računala dok se „*hosted*“ hipervizori pokreću na softverskoj razini operacijskog sustava kao bilo koji drugi program instaliran na fizičkom računalu. Najpopularniji i najčešće postavljeni su „*bare metal*“ hipervizori gdje se virtualizacijski softver instalira izravno na hardver gdje se obično instalira operativni sustav. Budući da su „*bare metal*“ hipervizori izolirani od ranjivih operativnih sustava oni su vrlo sigurni za korištenje, a isto tako rade bolje i učinkovitiji su u usporedbi s „*hosted*“ hipervizorima. Upravo iz tih razloga većina poslovnih tvrtki odabire „*bare metal*“ hipervizore za računalne potrebe svojih podatkovnih centara. U nastavku se navode tri vrlo popularna „*bare metal*“ hipervizora, a to su: Linux KVM, Citrix XenServer te VMware ESXi. Svaki sa sobom nosi prednosti i nedostatke no činjenica je da svaki od njih vrlo siguran za korištenje te u većini slučajeva se izvode puno brže u usporedbi s „*hosted*“ hipervizorima [8], [9].

Dok se „bare metal“ hipervizori izvode izravno na hardveru glavnog računala, „hosted“ hipervizori rade nad operacijskim sustavom glavnog računala. Iako „hosted“ hipervizori rade unutar operacijskog sustava, dodatni ili pak različiti operacijski sustavi se mogu instalirati nad hipervizorom. Loša strana „hosted“ hipervizora je da je latencija veća nego kod „bare metal“ hipervizora. To je zato što komunikacija između hardvera i hipervizora mora proći kroz dodatni sloj operacijskog sustava. Obje vrste hipervizora mogu pokretati više virtualnih poslužitelja s više korisnika na jednom fizičkom glavnom računalu. Pružatelji javnih usluga u oblaku iznajmljuju poslužiteljski prostor za pohranu na različitim virtualnim poslužiteljima različitim tvrtkama. Jedan poslužitelj može ugostiti više virtualnih poslužitelja, a svi rade posebne zadatke za različite tvrtke. Prethodno spomenuti programi za virtualizaciju VMware, Xen i Oracle VirtualBox unutar svoga instalacijskog paketa zapravo sadrže „hosted“ hipervizore [8], [9].

Prilikom instalacije operacijskog sustava na virtualni stroj, virtualni stroj se ponaša kao fizičko računalo s potpuno praznim diskom. Jedan i drugi način virtualizacije pomoću hipervizora sklopovski podržavaju moderni mikroprocesori u koje je ugrađen dodatni set mogućnosti upravo za tu svrhu. Tvrtka AMD naziva ih „AMD-V“, dok im je tvrtka Intel dodijelila ekstenziju „VT-x“. Korištenje hipervizora kod običnih korisnika se bazira na temelju korištenja „hosted“ hipervizora što bi značilo njihovo instaliranje u operacijskom sustavu glavnog računala. Nakon uspješne instalacije i dodjele memorije za pohranu mogu se izvršavati bilo koje aktivnosti nad virtualnim strojem kao da bih smo ih izvršavali na nekom drugom fizičkom računalu. Određene dodijeljene particije za pohranu se popunjavaju tijekom rada na virtualnom stroju no i dalje virtualni stroj ne može pristupiti podacima unutar glavnog računala [8], [9].

Hardverski akcelerator koji se zove *virtual Dedicated Graphics Accelerator* (vDGA) odgovoran je za slanje i osvježavanje vrhunske 3-D grafike. Tehnologija hardverskog ubrzanja može brže stvarati virtualne resurse i upravljati njima povećanjem brzine „bare metal“ i „hosted“ hipervizora prilikom izvođenja raznih procesa. Ovo oslobađa glavni sustav za obavljanje drugih procesa i uvelike povećava brzinu prikaza slike. Ova je tehnologija korisna za industrije poput istraživanja nafte i plina koje zahtijevaju brzu vizualizaciju složenih podataka [8].

Može se zaključiti da hipervizori postoje kako bi se olakšalo i ubrzalo korištenje virtualnih strojeva. Postoji nekoliko prednosti korištenja hipervizora kao što su:

- brzina
- fleksibilnost
- efikasnost
- portabilnost

U realnom vremenu hipervizori prate sve dobivene zahtjeve i dozvoljavaju ekspresno kreiranje novih virtualnih strojeva. Što je prije stvoren virtualni stroj lakše i brže mu je dodijeliti potrebne hardverske resurse kako se ne bi zakinula dinamika izvođenja računalnih procesa [8].

„*Bare metal*“ hipervizori omogućuju operacijskom sustavu i povezanim aplikacijama rad na različitim vrstama hardvera, jer hipervizor odvaja operativni sustav od temeljnog hardvera, tako da softver više ne ovisi o određenim hardverskim uređajima ili upravljačkim programima samog glavnog računala [8].

Hipervizori koji pokreću više virtualnih strojeva na jednom fizičkom glavnom računalu isto tako omogućavaju efikasno iskorištavanje jednog fizičkog poslužitelja. Vremensko i novčano je efikasnije pokretati više virtualnih strojeva na jednom glavnom računalu nego implementacija više zasebnih fizičkih računala koji svi izvršavaju jedan proces [8].

Današnji hipervizori omogućuju da se više operacijskih sustava nalazi na istom fizičkom glavnom računalu, a budući da su virtualni strojevi koje pokreću hipervizori neovisni o fizičkim računalima, oni su „prenosivi“. IT timovi mogu premjestiti radna opterećenja i distribuirati mreže, memorije, prostor za pohranu i resurse za obradu na više poslužitelja prema potrebi od virtualnog stroja do virtualnog stroja ili od platforme do platforme. Kada aplikacija treba više procesorske snage, softver za virtualizaciju omogućuje joj neprimjetan i neometan pristup drugim virtualnim strojevima [8], [9].

6. Vrste virtualizacije

Virtualizacija novog virtualnog stroja nam dopušta da jedno fizičko računalo može imati više različitih virtualnih računala od kojih svako virtualno računalo može imati drugačiji instaliran operacijski sustav. Budući da se u ovome radu govori pretežito o virtualizaciji računalnih sustava potrebno je spomenuti osnovne skupine na koje se ova virtualizacija dijeli, a to su:

- potpuna virtualizacija,
- djelomična virtualizacija,
- sklopovski potpomognuta virtualizacija i
- kontejnerizacija [5].

6.1. Potpuna virtualizacija

Potpuna virtualizacija (eng. *full virtualization*) je vrsta virtualizacije gdje se u potpunosti simulira veza između sklopovlja kao što su procesor, radna memorija te drugi memorijski i periferni uređaji, a da se pri tome može neometano instalirati novi operacijski sustav na virtualni stroj, to jest bolje rečeno ovim načinom virtualizacije nastaje sistemski virtualni stroj koji je objašnjen već prije. Potpuna virtualizacija se iz toga načina još naziva hardverska virtualizacija. Tijekom virtualizacije hardvera, virtualna verzija računala, to jest virtualnog stroja i operacijskog sustava stvaraju se i spajaju u jedan glavni fizički poslužitelj. Hipervizor komunicira izravno s diskovnim prostorom i procesorom glavnog fizičkog poslužitelja radi upravljanja virtualnim strojem. Virtualizacija hardvera također omogućuje učinkovitije korištenje hardverskih resursa budući da se koristi monitor za upravljanje virtualnim strojem te istovremeno je omogućeno pokretanje različitih operacijskih sustava na jednom računalu [1], [6].

Kako bi potpuna virtualizacija bila pravilno implementirana mora ispunjavati tri zahtjeva:

- ekvivalencija – bilo koji programi koji se pokrenu na glavnom računalu moraju se moći koristiti na isti način bez problema na virtualnom stroju
- upravljanje sredstvima – pozadinski procesi unutar virtualnog stroja jesu samo zaduženi za upravljanje performansama virtualnog stroja, a ne glavnog računala
- učinkovitost – većina strojnih instrukcija računala se može izvoditi izvan virtualnog stroja

Od velike je važnosti za ispunjenje maloprije spomenutih zahtjeva da se unutar glavnog računala koriste pravilne strojne naredbe procesora (eng. *instruction set architecture*). Kada se kaže pravilne naredbe misli se zapravo na naredbe koje opisuju željene konfiguracije računalnog sustava, a da ih virtualni stroj može također prepoznati i iščitati. To je jedan od razloga zašto potpuna virtualizacija zapravo nije moguća na svim računalnim sustavima [1], [6].

6.2. Djelomična virtualizacija

Djelomična virtualizacija za razliku od potpune virtualizacije ne omogućava virtualizaciju cijelog sklopovlja računala te time nije moguće instalirati novi operacijski sustav na dobiveni virtualni stroj. Ova virtualizacija koristi adrese prostora za pohranu te ih dodjeljuje svakom virtualnom stroju. Dok se ne može pokrenuti novi operacijski sustav moguće je zato izvoditi veći broj programa, ali je i dalje kao takva nepraktična za korištenje [1].

6.3. Sklopovski potpomognuta virtualizacija

Ova vrsta virtualizacije zapravo se odnosi na potpunu virtualizaciju pomoću posebno prilagođenih fizičkih poslužiteljskih procesora. Ove prilagodbe omogućuju otkrivanje, zamjenu i oponašanje osjetljivih instrukcija odgovarajućim skupom sigurnih instrukcija. Primjeri ovih tehnologija za x86 procesorsku arhitekturu su Intel VT-x i AMD-V. Nakon što se spomenute tehnologije aktiviraju unutar BIOS okruženja računala moguće je ostvariti potpunu virtualizaciju iako virtualizacija prije aktivacije nije bila moguća [1].

6.4. Kontejnerizacija

Ova vrsta virtualizacije se bazira na razini operacijskog sustava te iskorištava posebnu funkciju operacijskog sustava gdje kernel jezgra dozvoljava da se koristi više instanci korisničkog prostora koji je zadužen za komunikacija između operacijskog sustava i kernela. Spomenute instance se nazivaju kontejneri ili virtualna okruženja (eng. *virtual environment*) te ih se smatra pravim računalima tijekom korištenja te se unutar njih izvode njima dodijeljeni programi. Hipervizor se kod ove vrste virtualizacije ne upotrebljava te se kontejneri pokreću iznad operacijskog sustava tijekom čega je prisutna efikasna upotreba sredstava fizičkog računala [1], [10].

6.4.1. Kontejnerizacija u usporedbi s virtualnim strojem

Kontejnerska tehnologija isto kao i virtualni strojevi pokreću izolirane aplikacije na jednoj posebnoj platformi. Virtualni strojevi virtualiziraju slojeve hardvera za stvaranje novog virtualnog računala, a kontejneri pohranjuju samo jednu aplikaciju i njezine servise unutar sebe. Kontejneri odvajaju svoje aplikacije korištenjem generiranih virtualnih memorija te pri tome i dalje im može pristupiti glavno fizičko računalo dok je za korištenje virtualnog stroja najčešće potreban i jedan hipervizor za nadgledanje. Za korištenje kontejnera su potrebne samo binarne datoteke te druge biblioteke kojima se ostvaruje ovisnost s aplikacijama. Na jednom računalu istu jezgru operacijskog sustava mogu koristiti više kontejnera te su oni znatno manji budući da samo sadrže jednu aplikaciju koja je neovisna o operacijskom sustavu u usporedbi s virtualnim strojevima što im omogućava brži rad te olakšavaju isporuku informacija iz aplikacija unutar kontejnera. Kako nisu zahtjevni za izvođenje počeli su se koristiti za izvođenje web aplikacija ili manjih testiranja unutar nekog poslužitelja. Budući da se unutar jednog kontejnera nalazi sve što je potrebno za neku aplikaciju smatramo ih vrlo prenosivima te mogu se pokrenuti na bilo kojem operacijskom sustavu, samo im je potreban jedan kontejnerski pokretač. U usporedbi s kontejnerima, virtualni strojevi su veći i sporiji za pokretanje. Oni su logično izolirani jedni od drugih, imaju vlastitu jezgru operacijskog sustava i pružaju prednosti potpuno neovisnog operacijskog sustava. Virtualni strojevi najbolji su za pokretanje više aplikacija istovremeno, pojedinačne aplikacije koje su inače vrlo zahtjevne za izvođenje ili pak izvođenje aplikacija koje se inače upotrebljavaju na starijim verzijama operacijskih sustava [6], [8].

6.5. Dodatne vrste virtualizacije

Postoji još šest drugih tipova virtualizacije, a to su:

- softverska virtualizacija – virtualizacija koja stvara računalni sustav i hardver koji omogućuje rad jednog ili više gostujućih operacijskih sustava na glavnom fizičkom računalu. Na primjer, Android operacijski sustav može se izvoditi na glavnom računalu s izvornim operacijskim sustavom Microsoft Windows, koristeći isti hardver kao glavno računalo. Osim toga, aplikacije se mogu virtualizirati i isporučiti s poslužitelja na uređaje krajnjih korisnika kao što su prijenosna računala ili pametni telefoni. To mnogim zaposlenicima omogućuje pristup aplikacijama i informacijama dok rade na daljinu [6].

- mrežna virtualizacija – virtualizacija kod koje više podmreža (eng. *subnets*) se može stvoriti na istoj fizičkoj mreži kombiniranjem uređaja u virtualni mrežni resurs temeljen na softveru. Mrežna virtualizacija također dijeli dostupnu propusnost na više neovisnih kanala, od kojih se svaki može dodijeliti poslužiteljima i uređajima u stvarnom vremenu. Prednosti uključuju poboljšanu pouzdanost, brzinu mreže, sigurnost i bolje praćenje upotrebe podataka. Virtualizacija mreže može biti dobra opcija za tvrtke s velikim brojem korisnika kojima je potreban pristup u svakom trenutku. Virtualna privatna mreža nadalje VPN (eng. *virtual private network*) je mrežni protokol koji zamjenjuje fizičke žice ili druge fizičke medije u mreži koje su inače vrlo složene strukture te se na taj način omogućuje kreiranje novih mreža preko interneta no i dalje zapravo koristi virtualizacijsku tehnologiju. VPN ostvaruje zaštićene kanale za komunikaciju između računala u jednoj javnoj nesigurnoj mreži. Između čvorova komunikacije se simulira komunikacija koja bi koristila svojstva i postavke iz lokalnih mreža. Druga računala ne mogu pristupiti podacima koji se prenose preko VPN kanala za komunikaciju [1], [6].
- virtualizacija pohrane – pohrana se može virtualizirati spajanjem više fizičkih uređaja za pohranu u jedan uređaj za pohranu. Prednosti uključuju poboljšane performanse i brzinu, smanjenje opterećenja sustava i niže troškove. Virtualizacija pohrane također pomaže u planiranju oporavka od raznih nesreća jer se podaci na virtualnoj pohrani mogu replicirati i brzo prenijeti na drugu lokaciju, smanjujući vrijeme zastoja u radu. Takav način virtualizacije je vrlo pogodan za rad s velikom količinom podataka te stvaranje, brisanje i izmjena podataka na različitim hardverima je olakšana [6], [11].
- virtualizacija memorije – virtualizacija kod koje se agregiraju resursi memorija s izravnim pristupom ili takozvana RAM memorija u grozdovima računala (eng. *cluster*) u jedan veliki skup memorija koje bi se onda dalje omogućili za dijeljenje i korištenje. Nakon što je uspješno dodijeljena količina RAM memorije za korištenje ova vrsta virtualizacije se postiže preslikavanjem fizičkog adresnog prostora u virtualni adresni prostor preko kojih se zatim pristupa različitim spremnicima pomoću stvarnih memorijskih adresa [1], [12].
- virtualizacija podataka – virtualizacija podataka je proces kombiniranja podataka iz različitih izvora podataka za izgradnju samostalnog, virtualnog i logičkog izvora podataka tako da ga mogu dohvatiti i lako mu pristupiti korisničke aplikacije, testna okruženja, portali i drugi, a da pri tome ne znamo odakle potiču podaci, to jest

ne poznajemo konkretno mjesto gdje su ti podaci pohranjeni. Podaci koji su ovom virtualizacijom generirani moraju poštivati pravilo apstrakcije (više različitih izvora s različitih lokacija i na raznim jezicima), pretvaranja (pretvorba dobavljenih podataka u jedan prikladni oblik), federacije (poštivanje maloprije spomenutih pravila te spajanje dobivenih rezultata iz njih više puta) te dostave (podaci bi se trebali moći dostaviti na zahtjev krajnjeg korisnika). Korištenjem ove virtualizacije šanse za pogreške su vrlo male, podaci su korisni tijekom osnivanja raznih marketinških kampanja te brzina pristupu podacima je ubrzana [11], [12], [13].

- virtualizacija radne površine – popularna vrsta virtualizacije koja odvaja okruženje radne površine od fizičkog uređaja i pohranjuje radnu površinu na neki udaljeni poslužitelj, time omogućuje korisnicima da pristupe svojoj radnoj površini s bilo kojeg uređaja, na bilo kojem mjestu u bilo koje vrijeme. Osim lakoće pristupa, prednosti uključuju bolju sigurnost podataka, uštedu na licencama i ažuriranjima softvera te jednostavnost upravljanja [11].

7. Usporedba vrsti

U nastavku možemo vidjeti *Tablica 1* unutar koje su navedene četiri glavne vrste te njihova usporedba s obzirom na prednosti i nedostatke pojedine. Potpuna virtualizacija se bazira na hardveru glavnog računala no i dalje je ovisna o samoj arhitekturi procesora. Djelomična virtualizacija nije prikladna za većinu današnjih zahtjeva no svakako postoji za implementacije u budućnosti, ali zato sklopovski potpomognuta virtualizacija je maksimalno iskorištena budući da većina današnjih procesora arhitekture x86 dolazi s dodatnim tehnologijama kao što su VT-x i AMD-V. Kontejnerizacija je vrlo pogodna za razne primjene web aplikacija budući da je prenosiva no kod nje je jako bitan operacijski sustav na kojemu se željena aplikacija izvodi.

Vrsta virtualizacije	Prednosti	Nedostatci
Potpuna virtualizacija	Omogućuje instalaciju izvornog operacijskog sustava na virtualno računalo	Nije moguća na svim sustavima
Djelomična virtualizacija	Omogućuje dijeljenje memorijskih sredstava među korisnicima	Sam dio programa može se virtualno pokretati
Sklopovski potpomognuta virtualizacija	Brži i učinkovitiji rad za virtualne sustave	Moguća smanjena učinkovitost kod drugih primjena
Kontejnerizacija	Učinkovito korištenje sredstava operacijskog sustava domaćina	Svi operacijski sustavi moraju biti iste vrste

Tablica 1 Tablični prikaz usporedbi vrsta virtualizacija

8. Sigurnost virtualizacije

Računalna sigurnost nastoji ispuniti četiri glavna cilja:

- dostupnost podataka i usluga – korisnici mogu pristupiti podacima i uslugama za koje su ovlašteni u bilo kojem trenutku, a pristup će biti prekinut tek nakon što je cjelokupna operacija završena, odnosno bez slučajnog prekida zbog utjecaja drugih sila. Nadalje, dostupnost podrazumijeva prihvatljive brzine komunikacije između poslužitelja i programa na zahtjev korisnika.
- tajnost – ovlašteni korisnici mogu doprijeti do njima dodijeljenim podacima
- autentičnost – osoba ili program koji izvode neku radnju su bez rasprave oni za koje se predstavljaju
- integritet – samo ovlašteni korisnici mogu mijenjati podatke

Računalna sigurnost je skup mjera i postupaka koji se koriste za zaštitu podataka pohranjenih na računalu, obično dostupnih putem računalne mreže. U današnje vrijeme, kada je većina podataka pohranjena u računalima ili na oblacima kod većine tvrtki gubitak ili zlouporaba podataka može uzrokovati puno šteta. Stoga je sigurnost računala posebno važna, uključujući zaštitu podataka od gubitka ili oštećenja, kao i sprječavanje bilo kakvog neovlaštenog pristupa [14].

Virtualizacija logički odvaja dijelove između glavnog fizičkog računala i virtualnog računala te se to smatra jednim od načina zaštite. No to može isto tako predstavljati opasnost ako se recimo propusti nekakva pogreška ili napad u virtualnom okruženju lakše je da će novi problemi lakše nastajati i prenositi se među virtualnim strojevima nego između fizičkih odvojenih računala. Virtualnom stroju se mogu ograničiti sredstva koja su mu dostupna za korištenje, ali i isto tako može ograničiti koji se programi mogu izvoditi na njemu. Ako bilo koji trojanac, crv ili neki drugi virus uzrokuje štetu i uspješno napadne virtualni stroj njemu će biti dostupni samo podaci sa virtualnog stroja, a pri tome je glavno fizičko računalo i dalje sigurno. Ako se radi o podacima koji su od velike važnosti najčešće se konfigurira virtualni stroj da svoje podatke koje dobije tijekom pohrane barem jednom preko starih podataka i odmah nakon toga ih prenosi na glavno računalo za trajniju i sigurniju pohranu. Virtualni strojevi su pogodni za testiranje raznih aplikacija na raznim operacijskim sustavima ili pak njihov individualni razvoj, šteta koja bi nastala tijekom testiranja neće utjecati na glavno računalo. Virtualni strojevi i na njemu generirani podaci se mogu kopirati i jednostavno prenijeti na neko drugo fizičko računalo što također vrijedi za kontejnere. Prijašnja stanja ili stare kopije su vrlo pogodne za forenzičke

analize kada je došlo do zloupotrebe podataka. Operacijske sustave koji su instalirani na virtualne sustave se često izlažu virusima u kontroliranim uvjetima kako bi se otkrile ranjivosti koje bi se mogle nadalje poboljšati [1].

Na virtualni stroj se teško može utjecati no ipak postoji drugi način na koji se može nanijeti razna šteta. Jedan od najopasnijih napada na virtualne uređaje je „*hyperjacking*“ što je zapravo maliciozni napad na hipervizor glavnog računala koji je kao što već znamo zadužen za kreiranje i upravljanje virtualnim okruženjem gdje se nalazi virtualni stroj. „*Hyperjacking*“ se može ostvariti na tri načina: dohvaćanjem kontrole nad originalnim hipervizorom, ubrizgavanjem lažnog hipervizora ispod originalnog hipervizora koji zapravo radi u pozadini ili pak pokretanje lažnog hipervizora kako bi preuzeo ulogu kao glavni od originalnog hipervizora. Cilj ovakvog napada je zapravo napasti operacijski sustav koji je ispod virtualnih strojeva što ako je uspješno izvršeno zapravo znači da će bilo koji maliciozni programi nadalje neometano i neprimjetno biti pokrenuti kao aplikacije unutar raznih virtualnih strojeva. Mjere kojima ma bi se nastojalo spriječiti „*hyperjacking*“ su vrlo jednostavne no većina na njih zaboravi. Potrebno je redovito hipervizor pregledavati i ažurirati te deinstalirati bilo koje aplikacije s virtualnih strojeva koje se odnose na upravljanje bilo podacima i procesima [15], [16].

Malo brutalniji napad koji se može izvoditi protiv virtualnog stroja je napad kod kojeg se zabranjuju pristupi određenim korisnicima ili pak neke cijele funkcije aplikacija. Ovaj način napada se može prenositi mrežom te može se izvršiti direktnim kontaktom s glavnim računalom. Napad se bazira na malicioznom programskom kodu koju recimo ne mora dobivljati privatne tuđe podatke, ali zato može uzrokovati razne pobune u radu tijekom prijave ili CRUD operacija nad bazama podataka. Isto tako mogu uzrokovati prisilno gašenje samih virtualnih strojeva čime bi se svakako mogla uzrokovati velika šteta unutar centara za pohranu podataka [15], [16].

Današnje tehnologije koje se koriste za virtualizaciju su svakako naprednije i bolje od onih prije deset godina no propusta i pogrešaka u radu te prostora za poboljšanje postoji i nastoji se na tome raditi. Virtualno računalo sa svojim operacijskom sustavu je nalik glavnom računalu no to znači da sve što zapravo može utjecati na glavno računalo i sve njegove ranjivosti možemo očekivati na virtualnom računalu koje ima isti operacijski sustav kao sa glavnog računala [1].

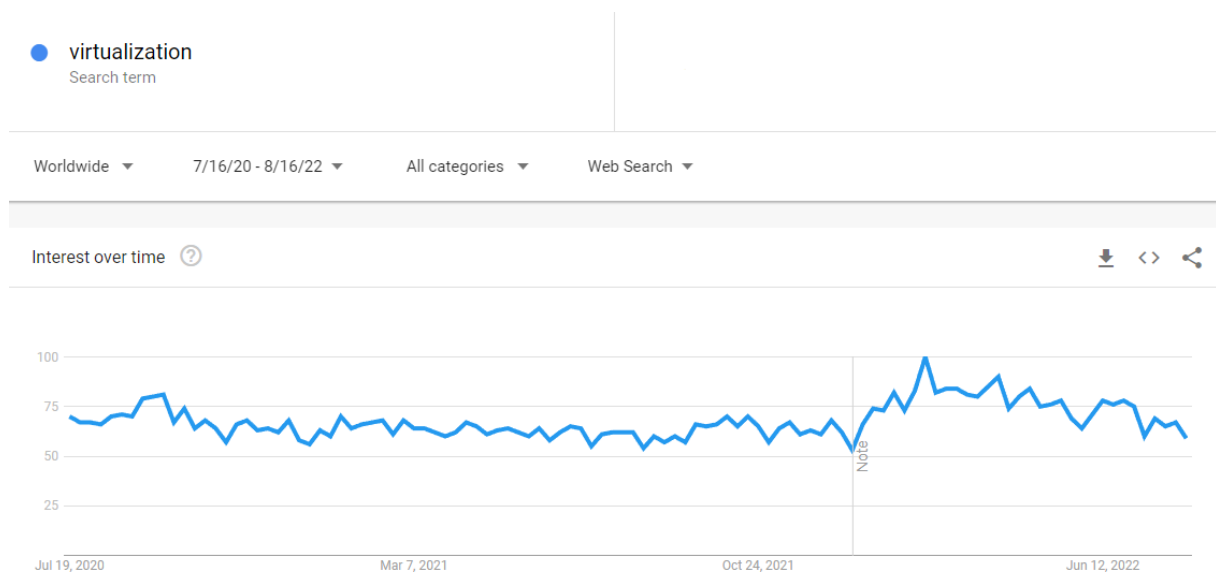
Veza između dva mrežom spojena računala nije ni blizu jednaka kao veza između dva virtualna stroja gdje je zapravo veća opasnost od širenja virusa s jednog na drugi. Kod mrežne komunikacije je jako bitna konfiguracija mreže te ograničenja koja su nad njom postavljena te je ona relativno sigurna, ali nije neprobojna. Na bilo kojem virtualnom stroju je preporuka deaktivirati povezivanje na mrežu. Najveća opasnost je kod računala koji su spojeni žičano jedan s drugim. Na isti način mogu biti ugrožena dva glavna računala spojena žicom na kojem su instalirani razni virtualni strojevi. Virtualni strojevi koji imaju izravnu komunikaciju s hardverom računala su sigurniji nego oni koji su instalirani na operacijskom sustavu. Ako je virtualni stroj povezan na hardver on ne dijeli nikakve podatke s glavnim operacijskim sustavom. Operacijski sustavi su podložniji virusima i napadima nego sami hardver računala do kojega je inače svakako teško doći budući da su to inače čvrsto osigurani poslužiteljski prostori [1].

Zaštita sigurnosti virtualnih strojeva podrazumijeva četiri elementa na kojima mi bi se trebala posvetiti veća pažnja tijekom razvoja i napretka: zaštitu glavnog radnog okruženja, zaštitu virtualnog okruženja, zaštitu svakog zasebnog virtualnog okruženja te ostvarenje pravilne komunikacije između više virtualnih okruženja [1].

9. Budućnost virtualizacije

Virtualizacija sa sobom nosi razne prednosti i nedostatke, a tijekom njena razvoja pozornost bi se svakako trebala posvetiti na samom poboljšanju efikasnosti iskorištavanju hardverskih resursa te na računalnoj sigurnosti koja je u današnje digitalno doba od velike važnosti. Virtualizacija postaje sve češće korištena tehnologijama u poslovnim okruženjima, od raznih virtualnih mreža do virtualnih poslužitelja kao što su cloud pohrane [1].

Iako se danas sve više upotrebljava virtualizacija ne očekuje se nekakvo iznenadno otkriće kojim bi se dovelo virtualizacijsku tehnologiju na još veću razinu tijekom bliže budućnosti. Korištenjem Google alata Google Trends koji se bazira na pretražitelju možemo vidjeti „*Search Volume indeks*“ za pojedini pojam koji se pretražuje pomoću Google tražilice, bolje rečeno možemo vidjeti koliko se pojedini pojam pretražuje na internetu tijekom nekog vremenskog perioda. Na slici ispod možemo vidjeti koliko je često puta pretražen pojam „*virtualization*“ što u prijevodu znači virtualizacija. Može se pretpostaviti da je većina ljudi danas upoznata s pojmom virtualizacije te da ne postoji velika inicijativa za njegovim napretkom no svakako je neporecivo da se tehnologija virtualizacije danas koristi u raznim domenama ljudskog poslovanja [1].



Slika 3 Grafički prikaz pretrage pojma „virtualization“

10. Zaključak

Virtualizacija podrazumijeva više oblika no današnja virtualizacija omogućuje i podrazumijeva najčešće istovremeno pokretanje više instanci radnih okruženja ili operacijskih sustava na jednom računalu. Virtualizacija je sada gotovo sveprisutna za razne informacijsko tehnologijske domene ljudskih poslova.

Na današnja računala koja su vrlo snažna i moćna moguće je instalirati više virtualnih strojeva te na svakom virtualnom stroju posebno je instaliran zasebni operacijski sustav. Hipervizori su zaslužni za stvaranje i upravljanje virtualnim računalom, a pod upravljanjem podrazumijevaju optimizirano korištenje dostupnih hardverskih resursa glavnog računala.

Jedna vrsta virtualizacije koju bi se trebalo istaknuti je kontejnerizacija koja se bazira na kernel jezgri procesora. Hipervizori se kod ove vrste virtualizacije ne upotrebljava te se kontejneri pokreću iznad operacijskog sustava. Budući da se unutar jednog kontejnera nalazi sve što je potrebno za neku aplikaciju smatramo ih vrlo prenosivima te mogu se pokrenuti na bilo kojem operacijskom sustavu. U usporedbi s kontejnerima, virtualni strojevi su veći i sporiji za pokretanje, ali su virtualni strojevi svakako najbolji za pokretanje više aplikacija istovremeno.

Kada se govori o sigurnosti podataka kod virtualnih računala ona je relativno jaka budući da se logički odvajaju dijelovi između glavnog fizičkog računala i virtualnog računala te se to smatra jednim od načine zaštite. Od velike važnosti je osigurati i ograničiti pristupe hipervizorima glavnog računala. No treba uzeti u obzir da sve što zapravo može utjecati na glavno računalo i sve njegove ranjivosti možemo očekivati na virtualnom računalu.

Virtualizacija postaje sve češće korištena tehnologijama u poslovnim okruženjima, od raznih virtualnih mreža do virtualnih poslužitelja kao što su cloud pohrane. Trenutno postoji mnogo prostora za napredak tehnologije te sama potražnja za njenim novim implementacijama je svakako prisutna.

Popis literature

- [1] Hrvatska akademska i istraživačka mreža (2009.), *Virtualizacija računala* [Na internetu]. Dostupno: <https://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/NCERT-PUBDOC-2009-12-285.pdf> [pristupano 05.09.2022.].
- [2] M. Bočev, „Virtualizacija korištenjem KVM-a i QEMU-a“, (bez dat.) [Na internetu]. Dostupno: <https://gaseri.org/hr/nastava/materijali/kvm-virtualizacija/#popekovi-i-goldbergovi-uvjeti> [pristupano 05.09.2022.].
- [3] D. Klasić, *Virtualni operacijski sustavi* [Završni rad]. Fakultet organizacije i informatike, Varaždin, Sveučilište u Zagrebu, 2008. Dostupno: <https://repozitorij.foi.unizg.hr/islandora/object/foi%3A1605/datastream/PDF/view> [pristupano 05.09.2022.].
- [4] G. J. Popek i R. P. Goldberg, „Formal Requirements for Virtualizable Third Generation Architectures“, (1974.) [Na internetu]. Dostupno: CiteSeerX, <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.141.4815&rep=rep1&type=pdf> [pristupano 05.09.2022.].
- [5] Sveučilišni računski centar Sveučilišta u Zagrebu (2008.) *Korisni programi za svakog Windows sistemca (1. dio) - Virtualni strojevi*, [Na internetu]. Dostupno: https://www.srce.unizg.hr/arhiva_weba/sistemac2015/index.php%3fid=35&no_cache=1&tx_ttnews%255Btt_news%255D=232.html [pristupano 05.09.2022.].
- [6] VMware (bez dat.), *What is a virtual machine?* [Na internetu]. Dostupno: <https://www.vmware.com/topics/glossary/content/virtual-machine.html> [pristupano 05.09.2022.].
- [7] "Types of Virtual Machines", (10.08.2022.) [Na internetu]. Dostupno: <https://www.geeksforgeeks.org/types-of-virtual-machines/> [pristupano 05.09.2022.].
- [8] VMware (bez dat.), *What is a hypervisor?* [Na internetu]. Dostupno: <https://www.vmware.com/topics/glossary/content/hypervisor.html> [pristupano 05.09.2022.].
- [9] D. Radić, "Virtualno računalo - Microsoft Virtual PC 2007", (bez dat.) [Na internetu]. Dostupno: <https://informatika.buzdo.com/pojmovi/virtualpc.htm> [pristupano 05.09.2022.].
- [10] S. Hogg, "Software Containers: Used More Frequently than Most Realize", (26.05.2014.) [Na internetu]. Dostupno: <https://www.networkworld.com/article/2226996/software-containers--used-more-frequently-than-most-realize.html> [pristupano 05.09.2022.].

- [11] "Što je virtualizacija? Primjeri virtualizacije mreže, podataka, aplikacija i pohrane", (bez dat.) [Na internetu]. Dostupno: <https://hr.myservername.com/what-is-virtualization> [pristupano 05.09.2022.].
- [12] "Virtualizacija (računarstvo)", (bez dat.). u Wikipedia, the Free Encyclopedia. Dostupno: [https://www.wikiwand.com/bs/Virtualizacija_\(ra%C4%8Dunarstvo\)](https://www.wikiwand.com/bs/Virtualizacija_(ra%C4%8Dunarstvo)) [pristupano 05.09.2022.].
- [13] "Virtualization", (bez dat.). u Wikipedia, the Free Encyclopedia. Dostupno: <https://www.wikiwand.com/en/Virtualization> [pristupano 05.09.2022.].
- [14] Leksikografski zavod Miroslav Krleža (bez dat.), *računalna* sigurnost [Na internetu]. Dostupno: <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=68380> [pristupano 05.09.2022.].
- [15] "Hyperjacking", (bez dat.). u Wikipedia, the Free Encyclopedia. Dostupno: https://en.wikipedia.org/wiki/Web_design [pristupano 05.09.2022.].
- [16] P. Ferrie, "Attacks on Virtual Machine Emulators", (bez dat.) [Na internetu]. Dostupno: CiteSeerX, <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.141.4815&rep=rep1&type=pdf> [pristupano 05.09.2022.].

Popis slika

Slika 1 Grafički prikaz rada sistemskog virtualnog stroja (samostalna izrada)	8
Slika 2 Grafički prikaz rada procesnog virtualnog stroja (samostalna izrada).....	9
Slika 3 Grafički prikaz pretrage pojma „virtualization“	22

Popis tablica

Tablica 1 Tablični prikaz usporedbi vrsta virtualizacija	18
--	----