

# Uvod u računarstvo u oblaku

## Virtuelizacija (I deo: osnovni pojmovi)

*Nemanja Maček*

- Pojam virtuelizacije
- Arhitekture sa i bez virtuelizacije
- Pojam virtuelne mašine
- Hardverska podrška
- Dobre strane virtuelizacije
- Tipovi virtuelizacije
- Platformska virtuelizacija
- Virutelizacija servera
- Virtuelizacija u kućnim uslovima

- Virtuelizacija je tehnologija koja:
  - Predstavlja kombinaciju hardvera i softvera.
  - Omogućava da se:
    - **Na istom računaru** (obično serveru sa više procesora)
    - Pokreće **više različitih operativnih sistema**
    - Koji **dele zajedničke resurse**.
- Na taj način sistem se deli:
  - Na više posebnih virtuelnih celina
  - Koje se ponašaju kao nezavisni računarski sistemi.
- Jednostavno rečeno (*“to cut a long story short”*):
  - Virtuelizacija je **mogućnost pokretanja više međusobno nezavisnih operativnih sistema na jednom fizičkom računaru**.

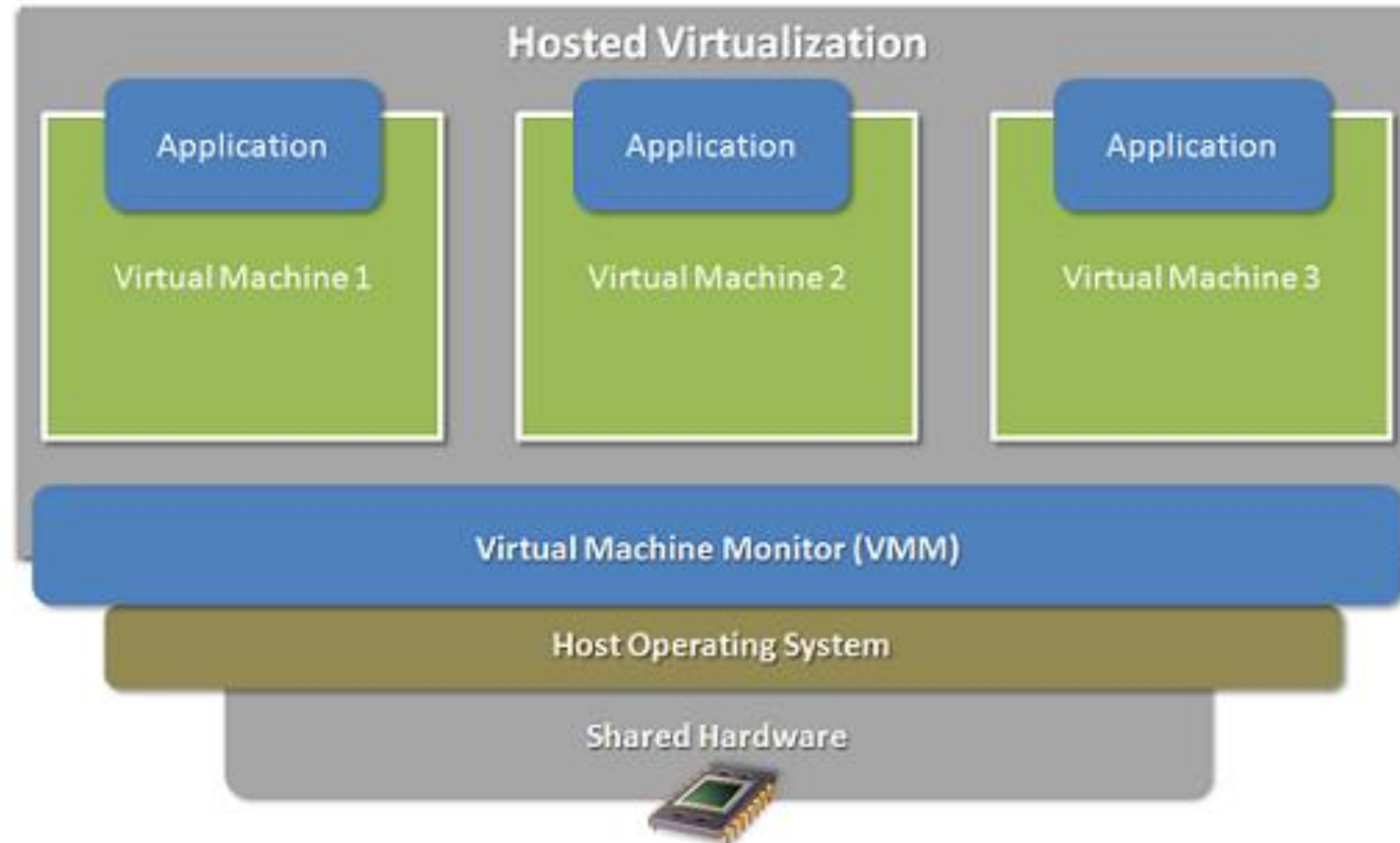
- Primer (relativno česta pojava):
  - Pokretanje Linux OS pod već pokrenutim Windows OS.
  - Linux je u određenom pogledu nezavisan od nosećeg OS (*host operating system*).
- Pitanje: zašto raditi ovako nešto?

# Zašto virtuelizacija?

---

- Jedan od razloga:
  - Mogućnost boljeg iskorišćenja hardvera serverskih računara.
  - Statistike pokazuju da je **stepen iskorišćenosti** današnjih servera svega oko 10 do 15%.
  - Korišćenjem virtuelizacije stepen iskorišćenosti raste i preko 70%.
- Problem:
  - Softver (VMM) koji pokreće jednu ili više virtuelnih mašina troši do 35% procesorke snage.
- Rešenje:
  - Pojedine funkcije koje olakšavaju rad softvera za virtuelizaciju ugrađuju se u procesore.

# Princip virtuelizacije



\* Slika preuzeta iz [3].

- Virtuelizacija je:
  - Koncept kojim se označavaju tehnike i metode za **apstrakciju računarskih resursa**.
  - Metodologija **razdvajanja resursa računara u više zasebnih radnih okruženja**, primenom tehnologija kao što su:
    - Hardversko ili softversko particionisanje
    - Time-sharing
    - Delimična ili potpuna mašinska simulacija
    - Emulacija
    - ...

- Drugim rečima:
  - Virtuelizacija **nije ograničena samo na particionisanje** (razdvajanje nečega na više manjih celina).
  - Virtuelizacija obuhvata i **proces apstrakcije** koji je logički suprotan:
    - Spajanje više fizički razdvojenih celina u jednu.
    - Primeri:
      - Nekoliko hard diskova se predstavlja kao jedna logička celina.
      - Nekoliko računara je umreženo da bi se koristili kao jedan veliki računar (*grid computing*).



# Arhitekture sa i bez virtuelizacije

---

- Standardna arhitektura, bez virtuelizacije.



\* Slika preuzeta iz [3].

# Arhitekture sa i bez virtuelizacije

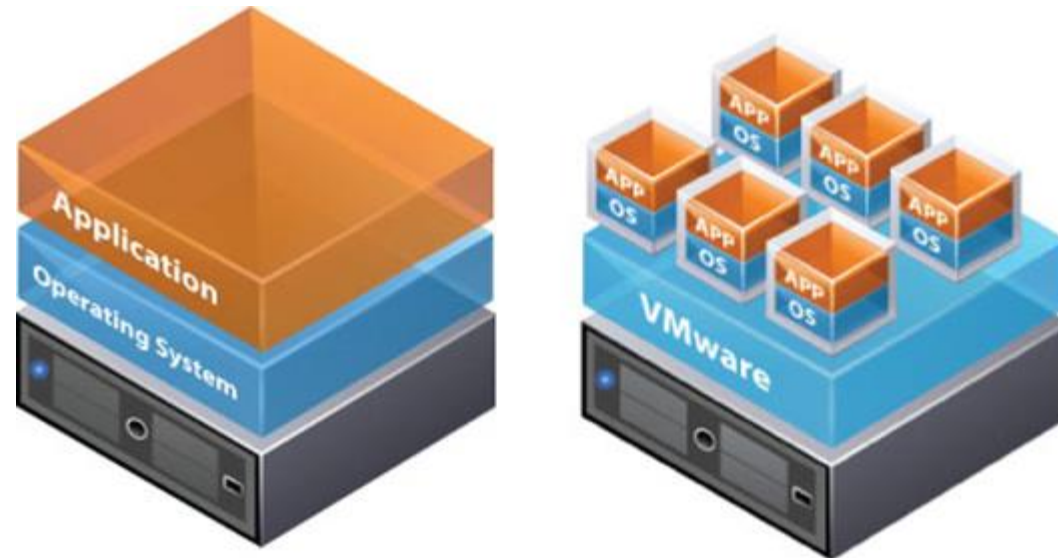
- Virtuelne mašine, na istom hardveru.



\* Slika preuzeta iz [3].

# Arhitekture sa i bez virtuelizacije

- Primer (VMware).



\* Slika preuzeta iz [3].

# Arhitekture sa i bez virtuelizacije

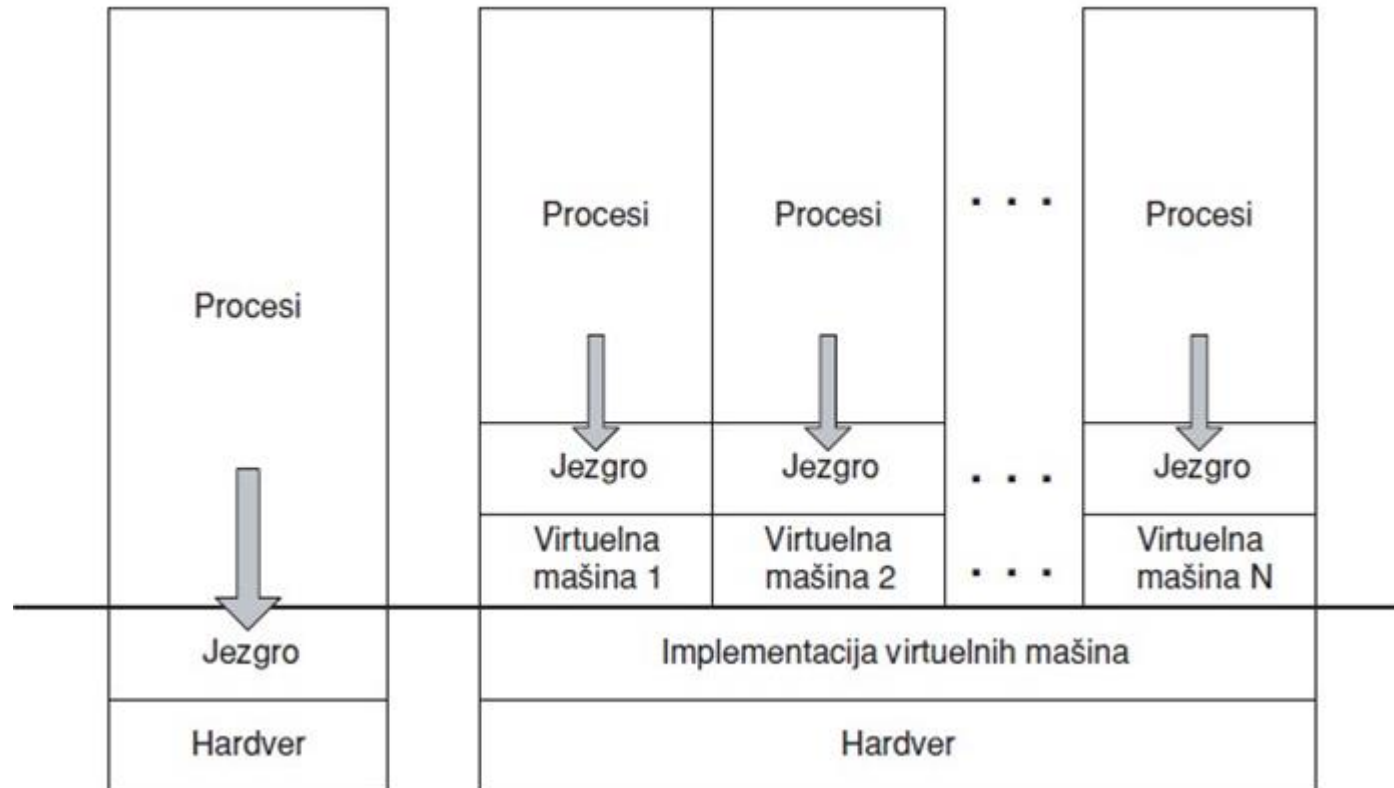
---

- Savremena virtuelizacija dozvoljava pokretanje više instanci operativnih sistema na jednom računaru.
- Ovi operativni sistemi dele resurse zajedničkog hardvera.
- **Kontrola nad hardverom** je prepuštena softveru pod nazivom **virtuelna mašina** (*virtual machine*) koji se pomoću monitora virtuelnih mašina bavi pristupima:
  - Procesoru
  - Memoriji
  - Ulazno-izlaznim operacijama
  - Hard diskovima
  - Mrežnim hardverom
  - ...
- Izrazom **virtuelna mašina** (VM) označava se softverska implementacija računara koja izvršava programe na isti način kao i prava mašina.

- **Struktura virtuelnih mašina** može se definisati na sledeći način:
  - Na najnižem nivou se nalazi hardver.
  - Iznad hardvera se nalazi monitor virtuelnih mašine (*Virtual Machine Monitor, VMM*).
    - VMM je sistem koji **obezbeđuje niz virtuelnih mašina** (tačnih kopija hardvera).
  - Na virtuelne mašine mogu instalirati različiti operativni sistemi.
- Kako ovo radi?
  - Odgovarajući operativni sistemi primaju systemske pozive korisničkih programa.
  - Hardverske operacije koje ti operativni sistemi šalju prema svojim virtuelnim mašinama prihvata monitor virtuelnih mašina.
  - VMM realizuje te operacije u skladu s hardverom ispod sebe.
- Drugim rečima:
  - Virtuelna mašina obezbeđuje identičan interfejs kao da je realni hardver ispod virtuelne mašine, a ne čitav niz slojeva softvera.

# Pojam virtuelne mašine

- IBM-ov koncept virtuelne mašine.



\* Slika preuzeta iz [4].

- Da bi se na računaru kreirale virtuelne particije sistemu sa prethodne slike dodaje se tanki softverski sloj – **monitor virtuelnih mašina** (*Virtual Machine Monitor, VMM*).
- VMM predstavlja **virtuelni skup** procesora, memorije, hard diskova, mreže ka svakom od korisnika.
- Osnovne funkcije koje VMM softver obavlja su:
  - **Emulacija hardvera** prema operativnim sistemima korisnika.
  - **Izolacija rada** pojedinačne virtuelne mašine u odnosu na ostale
  - **Alokacija potrebnih resursa** svakoj virtuelnoj mašini, uz održanje balansa među zahtevima.
- Drugim rečima, VMM je odgovoran za
  - Upravljanje hardverskim resursima
  - Arbitraciju zahteva OS korisnika (odnosno aplikacija koje su na njima pokrenute.)

- Napredak u proizvodnji savremenih procesora i memorijskih kontrolera donosi virtuelizaciji znatno poboljšanje.
- Počevši od 2006. godine dva najveća proizvođača procesora (Intel i AMD) nude hardversku podršku virtuelizaciji.
- Povećanje broja jezgara i *hyperthreading* mogućnosti rešenja iz Intela i AMD-a direktno olakšavaju softverskim kompanijama pravljenje kako novih virtuelnih mašina, tako i odgovarajućih servera i VMM-a, ali i ubrzavanje izvršavanja aplikacija na ovim virtuelnim serverima.



- Konsolidacija i efikasno korišćenje postojećih IT resursa.
- Smanjenje broja fizičkih servera od 8 do 30 puta.
- Smanjenje složenosti IT infrastrukture.
- Jednostavnija i jeftinija administracija.
- Povećanje pouzdanosti IT infrastrukture.
- Visoka otpornost na otkaze fizičke infrastrukture.
- Smanjenje troškova električne energije za napajanje i hlađenje *Data* centra od 50% do 80%.
- Smanjenje potrebnog prostora u *Data* centru od 50% do 77%.
- Omogućavanje pouzdanog i jeftinog sistema za oporavak od katastrofe.

- Termini:
  - **Računar domaćin** (*host machine*) je računar na kom se efektivno izvršava virtuelizacija.
  - **Računari gosti** (*guest machine*) su virtuelne mašine.
  - **Hipervizor** (*hypervisor*) je softver ili firmver koji upravlja hardverskim resursima i virtuelnim mašinama, obezbeđujući okruženje u kojem se različiti gosti mogu konkurentno izvršavati na domaćinu.
    - **Nativni hipervizor** se izvršava direktno na hardveru domaćina (*bare-metal*).
      - Primeri: Citrix XenServer, VMware ESX/ESXi i Microsoft Hyper-V.
    - **Hostovani hipervizor** se izvršava unutar uobičajenog operativnog sistema.
      - Virtuelne mašine se izvršavaju na trećem nivou iznad hadrvera.
      - Primeri: KVM i VirtualBox.

- **1. Virtuelizacija hardvera.**
  - Hardverska ili platformska virtuelizacija se odnosi na kreiranje virtuelnih mašina koje se ponašaju kao fizički računar sa operativnim sistemom.
  - Tipovi hardverske virtuelizacije:
    - **Puna (nativna) virtuelizacija.**
      - Skoro kompletna simulacija stvarnog hardvera.
      - OS gosta ne mora biti modifikovan da bi se izvršavao u ovom okruženju.
    - **Parcijalna virtuelizacija.**
      - Samo deo okruženja je simuliran.
      - OS gosta potencijalno treba modifikovati da bi se izvršavao u ovom okruženju.
    - **Paravirtuelizacija.**
      - Hardversko okruženje nije simulirano (virtuelna mašina ima slično, ali ne i isto hardversko okruženje kao domaćin).
      - OS gosta ili domaćina treba modifikovati da bi se izvršavao u ovom okruženju.

- **2. Virtuelizacija na nivou operativnog sistema.**
  - Ovakav tip virtuelizacije omogućuje **izvršavanje više izolovanih okruženja unutar jednog operativnog sistema i kernela.**
  - Odlikuju ga:
    - Odlične performanse (“near to native”)
    - Dinamičko upravljanje resursima.
  - Primeri: OpenVZ, Solaris Zones, FreeBSD Jails, Linux-VServer, Parallels Virtuozzo Containers, ...

- **3. Virtuelizacija desktopa.**
  - Koncept **razdvajanja logičkog desktopa od fizičke mašine.**
  - Virtuelna desktop infrastruktura (*Virtual Desktop Infrastructure, VDI*):
    - **Korisnik interaguje sa udaljenim desktopom domaćina preko mreže** koristeći svoj računar ili mobilni uređaj.
    - Virtuelizacija sesija omogućava korisnicima da se preko mreže povežu i prijave na deljeni server simultano.
  - Primeri virtuelizacije desktopa: Citrix XenDesktop, Citrix XenClient i Qubes OS.

- **4. Virtuelizacija softvera.**
  - Postoji nekoliko tipova virtuelizacije softvera:
    - **Virtuelizacija operativnog sistema.**
    - **Virtuelizacija aplikacija** (hostovanje aplikacija u okruženju odvojenom od potpunog operativnog sistema).
    - **Virtuelizacija servisa** (koristi se obično za potrebe bržeg testiranja).

- **5. Virtuelizacija memorije.**
  - Virtuelizacija memorije podrazumeva agregaciju RAM memorije povezanih servera u zajednički memorijski *pool*.

- **6. Virtuelizacija skladištenja.**
  - Postizanje nezavisnosti lokacije podataka apstrahovanjem logičkog od fizičkog prostora za skladištenje.
  - Dva tipa virtuelizacije skladištenja su:
    - **Virtuelizacija blokova.**
      - Logička apstrakcija (separacija) logičkog prostora (particije) od fizičkog prostora.
      - Ovakva separacija pruža ogromnu fleksibilnost u administraciji ovakvih sistema.
    - **Virtuelizacija fajlova.**
      - Adresira NAS (*Network Attached Storage*) uklanjajući zavisnost između pristupa podacima na nivou fajlova i lokacije gde se oni zapravo fizički nalaze.
      - Ovakva postavka omogućuje optimizaciju skladištenja, konsolidaciju kao i besprekidne migracije fajlova.
  - Ovde takođe spadaju **distribuirani fajl sistemi** (sistemi koji omogućuju pristup fajlovima sa različitih umreženih računara).

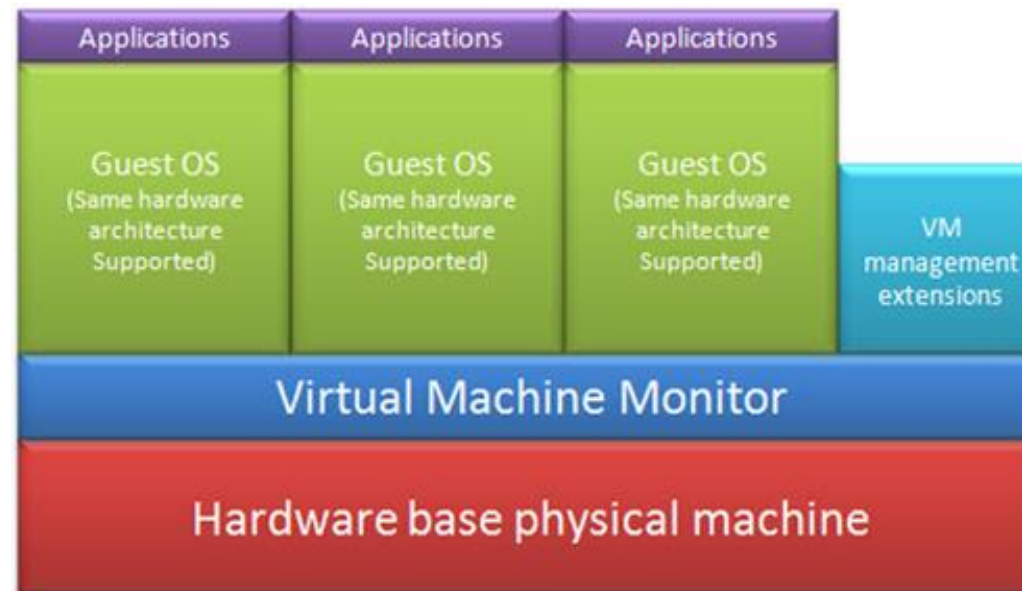


- **7. Virtuelizacija podataka.**
  - Postoje dva tipa ove klase virtuelizacije:
    - **Virtuelizacija podataka.**
      - Prezentacija podataka na apstraktnom nivou, nezavisno od potpornih sistema za baze podataka, struktura ili sistema za skladištenje.
      - Primeri: ODBC, JDBC, OLE.DB, ADO.NET i drugi.
    - **Virtuelizacija baza podataka.**
      - Razdvajanje na nivou baza podataka koje se nalazi između aplikativnog nivoa i nivoa sistema za skladištenje.

- **8. Virtuelizacija mreže.**
  - Virtuelizacija mreže uspostavlja **virtuelni mrežni adresni prostor**.
  - Postoje dva tipa mrežne virtuelizacije:
    - **Eksterna.**
      - Lokalne mreže se kombinuju ili dele u virtuelne mreže sa ciljem postizanja efikasnosti kod velikih korporativnih mreža.
      - Glavne tehnologije su mrežni **komutatori sa podrškom za VLAN** (Virtual LAN) tehnologiju.
      - Koristeći VLAN-ove administrator može podesiti sisteme koji su povezani **u istu fizičku lokalnu mrežu u različite virtuelne mreže**.
    - **Interna.**
      - Koristi se na jednom sistemu sa virtuelnim mašinama i pseudo interfejsima, kako bi se kreirala **virtuelna interna mreža na jednom serveru**.

- Platformaska virtuelizacija se bavi **razdvajanjem operativnog sistema i hardverskih resursa koje OS koristi.**
- Po stepenu apstrakcije resursa, softver za platformsku virtuelizaciju možemo podeliti u sledeće grupe:
  - Puna virtuelizacija (*Full virtualization*)
  - Hardverski podržana virtuelizacija (*Hardware-assisted virtualization*)
  - Parcijalna (delimična) virtuelizacija (*Partial virtualization*)
  - Paravirtuelizacija (*Paravirtualization*)
  - Virtuelizacija na nivou operativnog sistema (*Operating system-level virtualization*).

- Puna virtuelizacija podrazumeva **simulaciju kompletnog hardvera** pa se gostujući OS može instalirati i izvršavati bez ikakvih promena.
- **Hipervizor simulira kompletan hardver** koji je potreban gostujućem OS: od grafičke kartice do hard diskova, USB portova i drugih periferija ...
- Performanse su sporije zbog toga što procesor mora da simulira i dodatan hardver.



# Hardverski-potpomognuta virtuelizacija

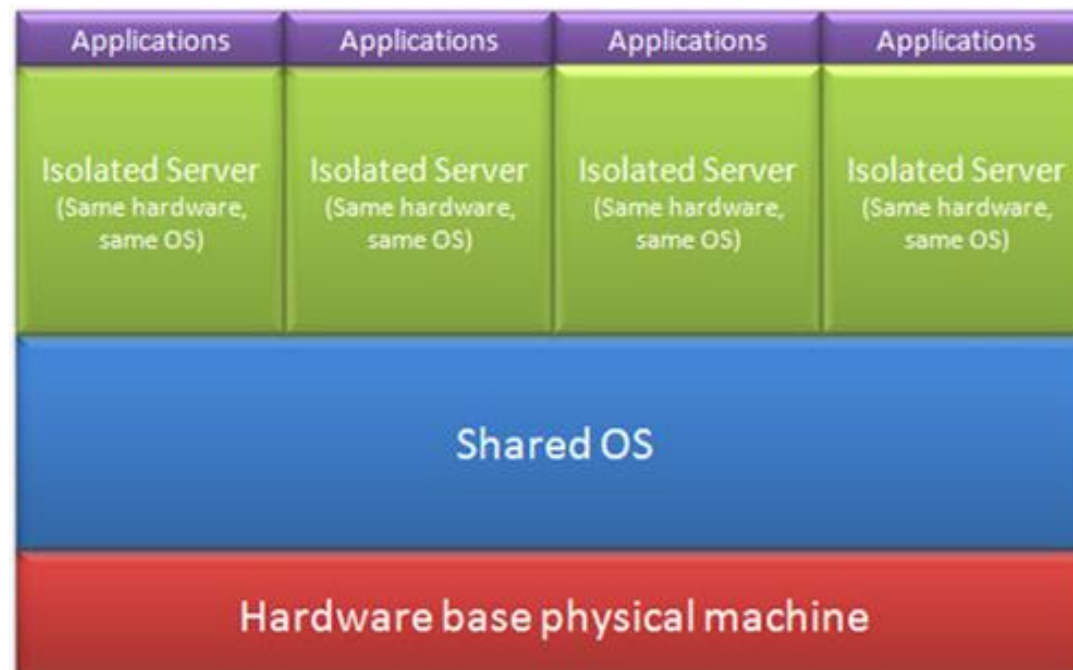
---

- Hardverski-potpomognuta virtuelizacija je vid platformske virtuelizacije, koji omogućava efikasnu punu virtuelizaciju uz pomoć hardvera (uglavnom procesor).
- Na ovaj način se **poboljšavaju performanse gostujućih mašina**.
- Hardverski-potpomognuta virtuelizacija podrazumeva **korišćenje specijalnih mogućnosti procesora** za pomoć virtuelizaciji:
  - Intel VT-x Vanderpool
  - AMD-V Pacifica ekstenzije
- Hardverska virtuelizacija rešava najveće mane paravirtuelizacije:
  - Gostujući OS nikako ne može da otkrije da se izvršava unutar virtuelne mašine (**izolacija**).
  - Ne mora ni biti modifikovan.

# Virtuelizacija na nivou operativnog sistema

---

- Fizički server je virtuelizovan na nivou operativnog sistema.
- Gostujući OS dele isto okruženje operativnog sistema kao matični sistem (npr. kernel koji koristi matični operativni sistem se koristi i kod implementacije gostujućih okruženja).

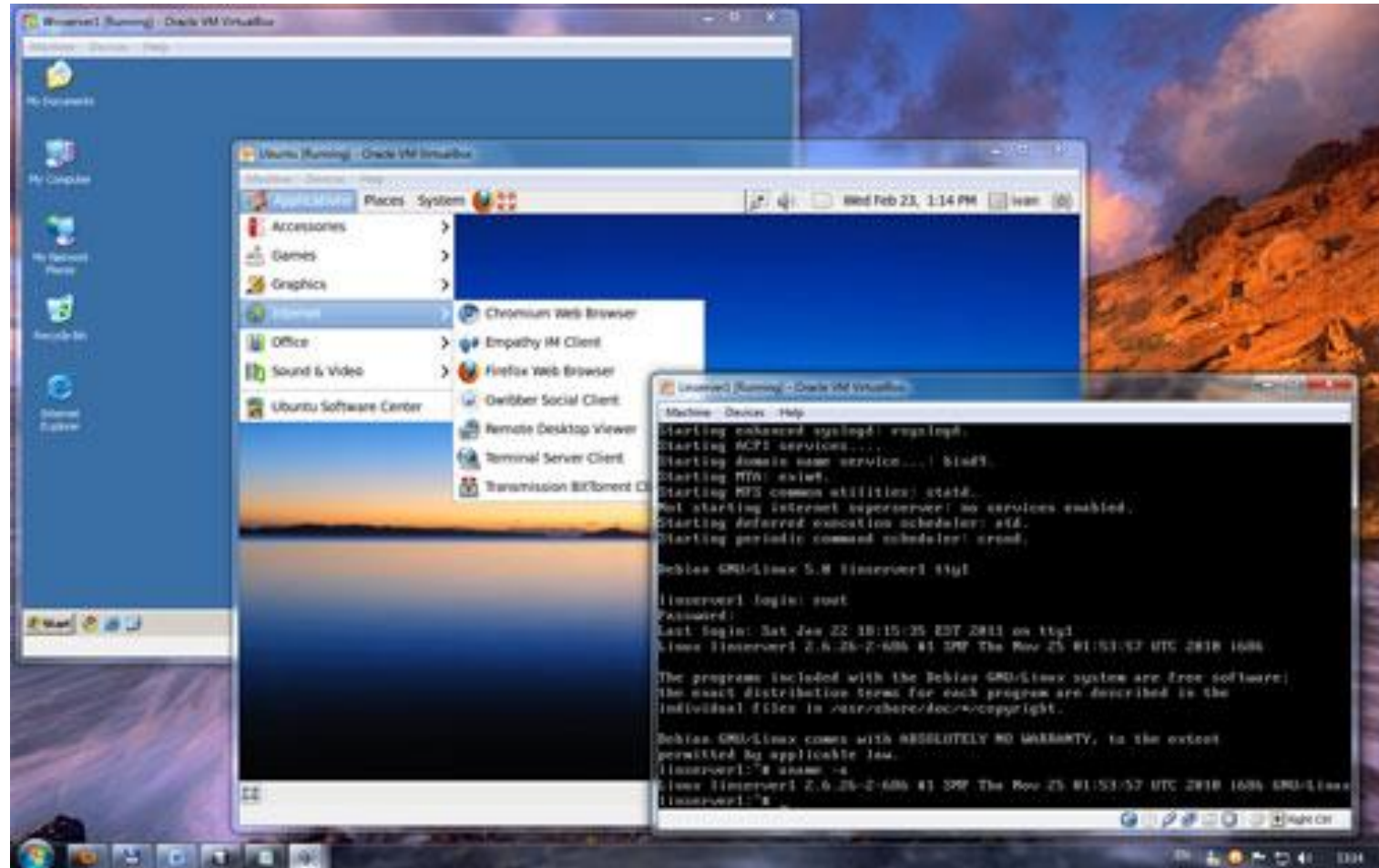


- Virtuelizacija servera omogućava da se **na jedan fizički server** smesti tj. konsoliduje više različitih **virtuelnih servera**.
- Virtuelizacija servera je zrela i stabilna tehnologija.
  - Potpuno je spremna za produkciono korišćenje.
- Neke od prednosti virtuelizacije servera su:
  - Povećano iskorišćenje opreme
  - Jednostavnije održavanje servera
  - Ublaženi problemi u *Data* centru
  - Smanjuje minimalno vreme nedostupnosti (*downtime*) servera.

- Koliko jaka “mašina” treba da bude da bi sve to izdržala i izvršavala?
- To pitanje ima više od jednog odgovora.
  - Sve zavisi od toga:
    - Koliko “softverskih servera” želimo da pokrenemo?
    - Koje servere želimo da pokrenemo?
- Jedno je sigurno: za svaku virtuelnu mašinu potrebno je izdvojiti mnogo RAM memorije.
  - A kakvo je danas stanje na tržištu, ne treba izdvojiti veliku količinu novca za kupovinu i implementaciju, tako da to nije veliki problem.
- Bitan podatak je da treba imati i jak procesor koji bi sve to podržao.



# Virtuelizacija u kućnim uslovima



- Primer: **isprobavanje novog operativnog sistema.**
  - Umesto rizične operacije reparticionisanja hard diska na računaru i mogućnosti gubitka podataka, korisnik može jednostavno instalirati drugi operativni sistem u virtuelnu mašinu, uz 0% rizika za oštećenje postojećih podataka.
  - Sadržaj hard diska virtuelne mašine čuva se kao običan fajl u postojećem fajl sistemu, a sama virtuelna mašina ne vidi hard disk fizičkog računara.
  - Softver za kreiranje virtuelnih mašina najčešće omogućava da se virtuelni optički uređaj poveže sa postojećim ISO fajlom (recimo, Linux distribucija sveže preuzeta sa Interneta), tako da nije potrebno posebno pripremati instalacioni medijum, već sve može funkcionisati direktno sa hard diska.
- Očigledna prednost.
- Druge prednosti:
  - Korišćenje **više operativnih sistema istovremeno.**
  - Kreiranje **virtuelne mreže.**
    - Primeri upotrebe?

# Virtuelizacija u kućnim uslovima

---



1. B. Furht (2011): “Cloud Computing Fundamentals”. In B. Furht, A. Escalante (eds.): Handbook of Cloud Computing, Springer.
2. L. Badger, T. Grance, R. Patt-Corner, J. Voas (2012): “Cloud Computing Synopsis and Recommendations. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology”. NIST Special Publication 800-146. Dostupno na:  
<http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-146.pdf>
3. B. Đorđević (2017): radni materijali iz predmeta “tehnike virtuelizacije i računarstvo u oblaku”, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd.
4. B. Đorđević, D. Pleskonjić, N. Maček (2005): “Operativni sistemi: teorija, praksa i rešeni zadaci”, Mikro knjiga, Beograd.

**Pitanja su dobrodošla.**