



Operativni sistemi 1

Uvod u operativne sisteme

Nemanja Maček

- Definicija i funkcije operativnog sistema
- Karakteristike operativnih sistema
- Vrste operativnih sistema
- Opšti pregled strukture operativnih sistema

Definicija i funkcije operativnog sistema

- Postavićemo sledeća pitanja:
 - Kako se više programa može istovremeno smestiti u memoriju?
 - Ko će izabrati koji će program biti u memoriji? U *swap* prostoru?
 - Koji će program i kada koristiti procesor?
 - Kako ćemo obezbediti da svaki program dobije resurse?
- Operativni sistem (OS) sadrži odgovor na sva ova pitanja!
- OS:
 - Upravlja programima, podacima i delovima računara (procesorom, kontrolerima, memorijom), s ciljem da oni budu što celishodnije upotrebljeni.
 - Kreira pristupačno radno okruženje za krajnjeg korisnika računara.
 - Sakriva od korisnika detalje funkcionisanja ovih delova koji nisu bitni za korišćenje računara.
- Drugim rečima, OS je skup programa koji **upravljaju resursima** računarskog sistema i **obezbeđuju interfejs** prema korisniku.

Definicija i funkcije operativnog sistema

- **Upravljanje resursima računara** (*resource management*).
 - Pod pojmom resurs podrazumevamo sve što je programu potrebno za rad.
 - Resursi mogu biti:
 - hardverski (procesor, memorija, ulazno-izlazni uređaji),
 - softverski (programi, podaci, odnosno datoteke svih vrsta).
 - Zadatak Osa je da vodi računa o resursima računara, odnosno da zadovolji potrebe programa, da prati koji program koristi koje resurse itd.
 - Primer:
 - Dva korisnika višekorisničkog sistema istovremeno žele nešto da štampaju.
 - OS je dužan da obezbedi dostupnost štampača programima tih korisnika i da spreči da se podaci poslati na štampu mešaju.
 - Primer:
 - Dva korisnika istovremeno pregledaju različite Web stranice preko *Remote Desktop*-a.
 - OS je dužan da spreči mešanje sadržaja preuzetih sa Mozart-ove kladionice i *Cannibal Corpse* kanala na Youtube serisu.

Definicija i funkcije operativnog sistema

- **Obezbeđivanje interfejsa prema korisniku.**
 - OS kreira takozvanu virtuelnu mašinu.
 - Virtuelna mašina se u ovom slučaju odnosi na apstrakciju.
 - To je jedinstven pogled na računarski sistem sa tačke gledišta korisnika, nezavisan od konfiguracije računara, konkretnog hardvera i same arhitekture.
 - Ova nezavisnost može biti izražena u većoj ili manjoj meri.
 - Primer:
 - Kontroler za disk čije osnovne komande za čitanje i upis podataka zahtevaju da se prilikom njihovog pozivanja navede veliki broj parametara.
 - Prilikom pristupa disku treba naći odgovarajuću stazu, pa sektor itd.
 - To bi trebalo uraditi svaki put kada želimo nešto da pišemo na disk ili da čitamo sa diska.
 - Zadatak Osa kao virtuelne mašine jeste da te stvari radi umesto nas i da nam pruža neke funkcije višeg nivoa apstrakcije radi lakšeg pristupa hardveru.

Definicija i funkcije operativnog sistema

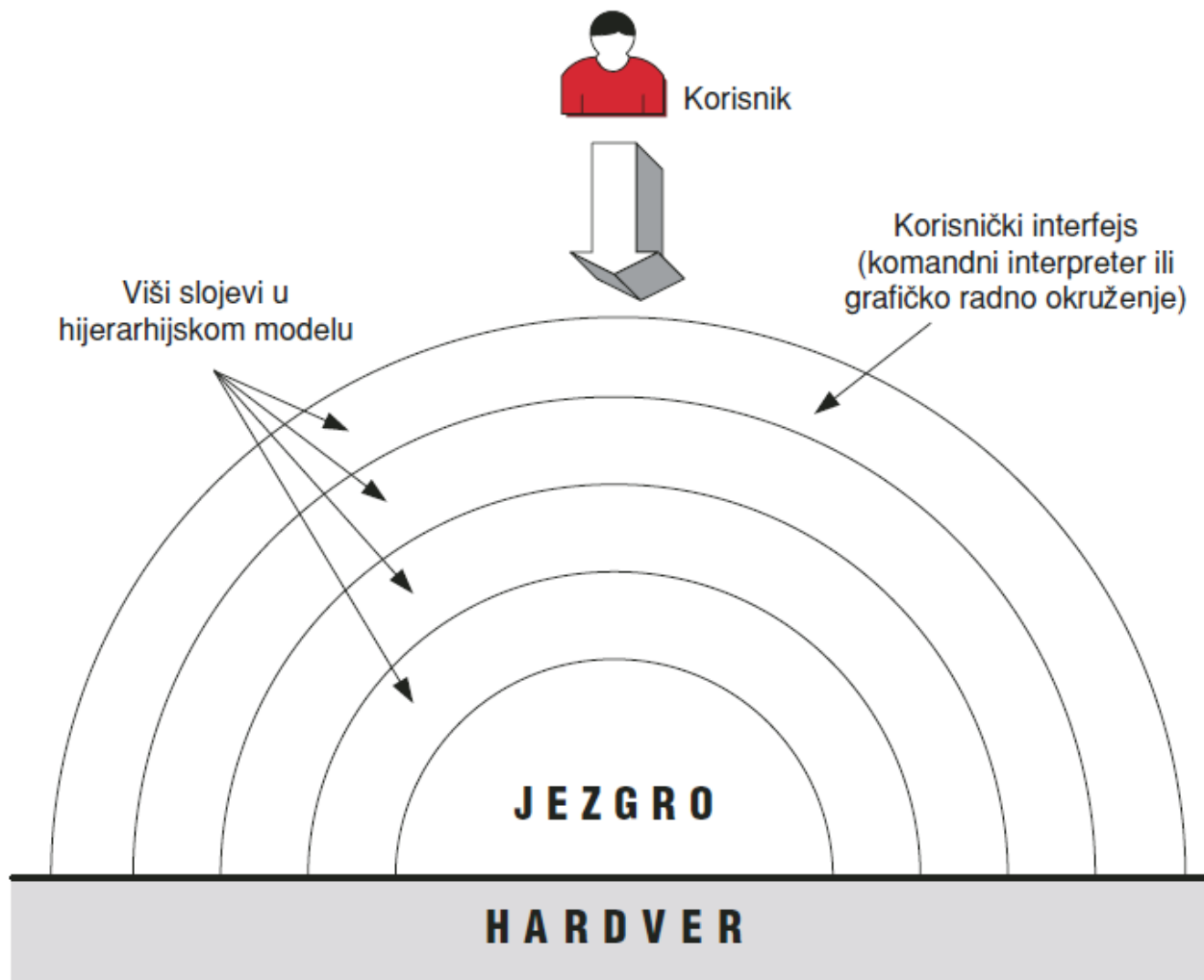
- Primer obezbeđivanja interfejsa prema korisniku i skrivanja nepotrebnih detalja.



Definicija i funkcije operativnog sistema

- Da zaključimo, OS je skup sistemskih programa koji posreduje između korisnika računara i računarskog hardvera, s ciljem da:
 - Izvršava korisničke programe i olakša rešavanje korisničkih problema
 - Korišćenje računarskog sistema učini podesnijim za korisnika
 - Omogući što efikasnije iskorišćenje računarskog hardvera.
- Kao takav, OS je jedan od najvažnijih i najsloženijih delova računarskog sistema i sastoji se od više relativno nezavisnih celina!
- **Hijerarhijski model** ima sledeći smisao:
 - Na posmatranom nivou OSa mogu se zahtevati usluge samo od njegovih nižih nivoa, a nikako od viših.
 - Najniži sloj je poznat kao jezgro operativnog sistema (*kernel*).
 - Ne postoje čvrsto definisana pravila koja regulišu raspodelu funkcija operativnog sistema po nivoima.

Definicija i funkcije operativnog sistema



Definicija i funkcije operativnog sistema

- U memoriji se uvek nalaze samo najvažniji delovi OSa, takozvani **rezidentni delovi**, koji:
 - Aktiviraju i završavaju korisničke programe
 - Dodeljuju memoriju procesima
 - Omogućavaju rad sa datotekama
 - Obavljaju ulazno-izlazne operacije.
- Rezidentni deo operativnog sistema mora obavezno podržavati **mehanizam prekida**, jer je on osnova:
 - Višeprogramskog rada
 - Komuniciranja računara sa spoljnim svetom.
- Deo operativnog sistema koji mora uvek postojati u radnoj memoriji je jezgro.
 - Funkcije koje koriste svi nivoi moraju se smestiti u jezgro operativnog sistema.
- Ostali delovi se ubacuju u memoriju kada su potrebni i izbacuju kada više nisu potrebni.
 - Primer: rutine za izradu rezervnih kopija podataka.

Definicija i funkcije operativnog sistema

- Jedan sloj (čak ni najniži) ne nameće konkretan ostatak OSa!
- Više OSa mogu da koriste isto ili slično jezgro.
 - Primer: jedno (vrlo slično) jezgro, dva operativna sistema – Linux i Android.
- Slično, više OSa mogu da koriste isti sistem datoteka.
 - Primer: i Windows i Linux koriste FAT i NTFS.



Definicija i funkcije operativnog sistema

- Očekivane funkcije jednog računarskog sistema:
 - Izvršavanje određenih aktivnosti bez ljudske intervencije.
 - Ljudske intrevencije su mnogo sporije od računara!
 - Primer: punjenje memorije programom iz sekundarnih memorija.
 - Mogućnost planiranja i raspoređivanje poslova i postojanje jezika za upravljanje poslovima.
 - Određivanje koji će se posao koji je spreman za rad izvršavati, odnosno kome će se dodeliti procesor.
 - Multiprogramiranje.
 - Pokretanje više programa na istom računaru istovremeno.
 - Svaki program dobije deo memorije, a procesor se dobija prema funkciji za raspoređivanje poslova.
 - Eliminisanje zavisnosti U/I operacija.
 - U/I operacije su mnogo sporije od procesora pa OS mora da ih izoluje.
 - Univerzalan metod za obaveštavanje OS da se neka U/I operacija završila su prekidi.

Definicija i funkcije operativnog sistema

- Na osnovu definicije OS i očekivane funkcionalnosti jednog računarskog sistema zaključuje se da OS mora obavljati sledeće funkcije:
 - Upravljanje poslovima (sekvenciranje i raspoređivanje poslova) i interpretacija komandnog jezika
 - Rukovanje ulazno-izlaznim operacijama
 - Rukovanje greškama i prekidima
 - Upravljanje resursima
 - Višestruki pristup
 - Zaštita resursa od zlonamernih napada, slučajnih grešaka korisnika i grešaka u korisničkim programima i samom operativnom sistemu
 - Obezbeđivanje dobrog interfejsa za operatera i korisnika
 - Obračun korišćenja računarskih resursa.

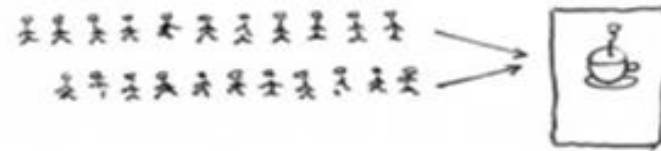
Karakteristike operativnih sistema

- Karakteristike operativnih sistema su: konkurentnost, deoba resursa, postojanje dugotrajne memorije i determinizam.
- **Konkurentnost.**
 - Postojanje više simultanih, paralelnih aktivnosti.
 - Primeri: preklapanje U/I operacija i operacija izračunavanja ili koegzistencija više programa u memoriji.
 - Problematične posledice konkurentnosti su, na primer:
 - Problemi sinhronizacije aktivnosti koje su međusobno zavisne.
 - Problemi zaštite resursa koju aktivnosti dele.
- **Deoba resursa** (softverskih i hardverskih).
 - Konkurentne aktivnosti mogu da zahtevaju deljenje resursa ili informacija.
 - Razlog za deljenje hardverskog resursa može biti cena, a softverskog rad većeg broja ljudi na nekom projektu.

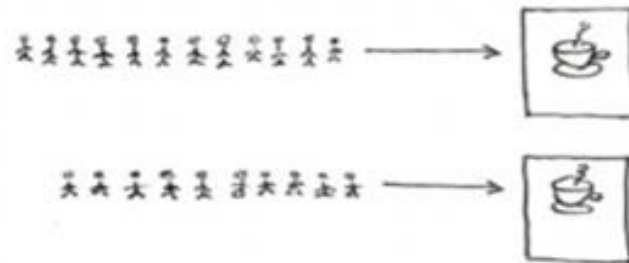
Karakteristike operativnih sistema

- Konkurentnost.

Concurrent = Two Queues One Coffee Machine



Parallel = Two Queues Two Coffee Machines



© Joe Armstrong 2018

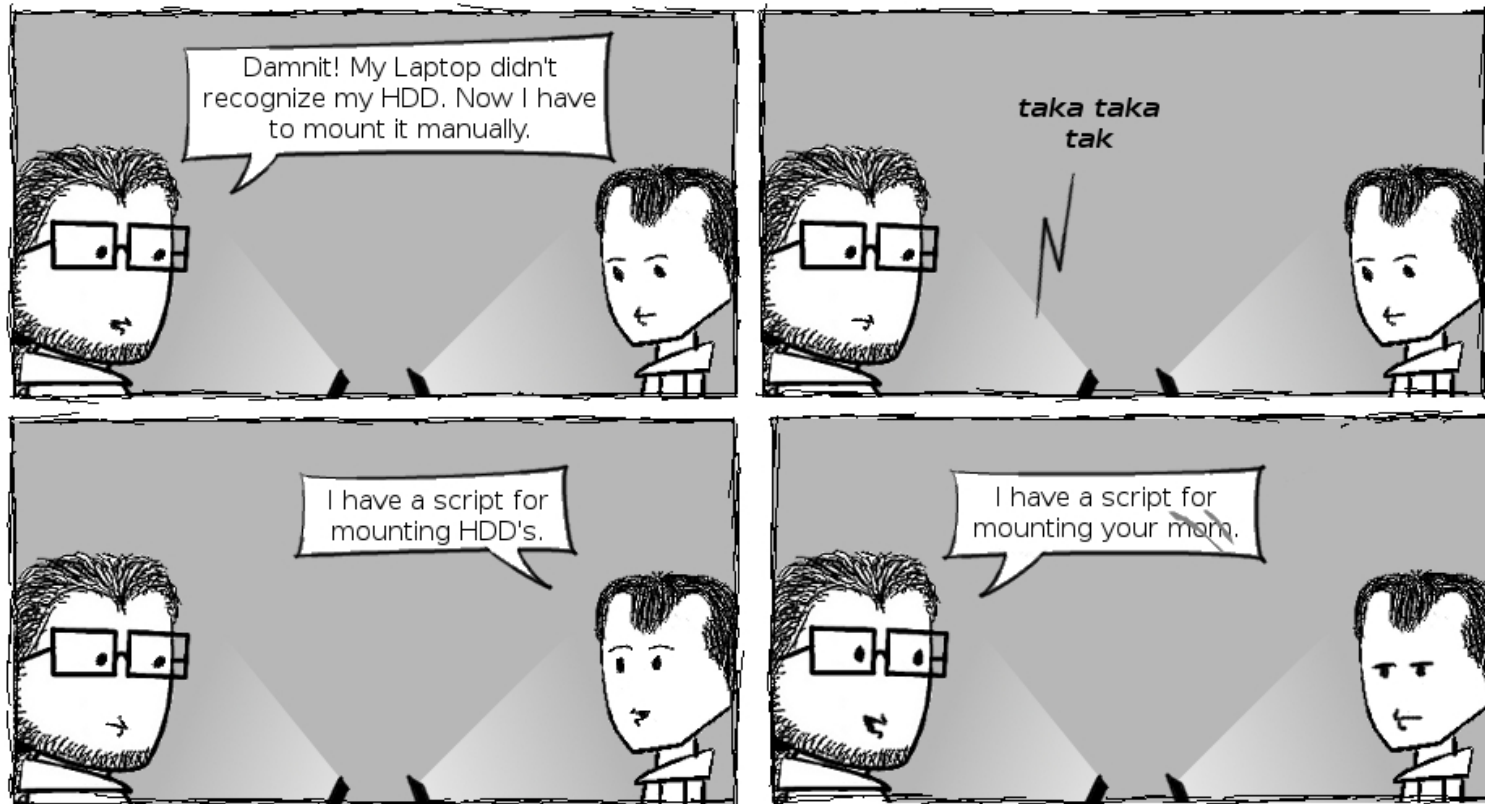
* preuzeto sa stranice: <https://zeroturnaround.com/rebellabs/flavors-of-concurrency-by-oleg-shelajev/>

Karakteristike operativnih sistema

- **Postojanje dugotrajne memorije.**
 - Deljenje programa i podataka nameće potrebu za trajnim skladištenjem podataka sa mogućnošću brzog pristupa, tj za uređajima masovne ili sekundarne memorije.
 - Pri tom treba rešiti sledeće probleme:
 - Obezbeđenje jednostavnog pristupa podacima
 - Zaštita od zlonamernih ili nehotičnih grešaka i od grešaka samog sistema.
- **Nedeterminizam.**
 - OS mora biti **deterministički orijentisan**.
 - Kad izvršava isti program sa istim podacima mora da daje isti rezultat, bez obzira da li će to raditi danas, sutra, ili za mesec dana.
 - OS se mora okarakterisati **nedeterminističkim ponašanjem**.
 - Mora da odgovori na masu zahteva i događaja koji se mogu desiti na nepredvidiv način (zahtevi za resursima, greške u toku izvršavanja programa, prekidni signali uređaja).
 - OS ne može predvideti sve situacije koje mogu nastupiti i mora da bude spreman za sve moguće sekvence događaja.

Karakteristike operativnih sistema

- **Nedeterminizam.**



* preuzeto sa stranice: <http://www.nondeterminism.de/comics/>

Karakteristike operativnih sistema

- U poželjne osobine operativnog sistema spadaju: visok nivo efikasnosti, visok nivo pouzdanosti, jednostavnost održavanja i prihvatljiva veličina.
- **Efikasnost.**
 - Efikasnost OSa se predstavlja pomoću više kriterijuma, pri čemu značaj svakog kriterijuma u globalnoj predstavi zavisi od vrste i namene OSa.
 - Kriterijumi su:
 - Srednje vreme između poslova
 - Vreme neiskorišćenosti OS
 - Vreme prolaska (*turn-around time*) za paketnu obradu
 - Vreme odziva za interaktivne sisteme (*response time*),
 - Iskorišćenost resursa (*resource utilisation*)
 - Propusna moć (broj poslova po satu, odnosno ukupna veličina posla koji može biti obavljen interaktivno u nekom vremenu).

Karakteristike operativnih sistema

- **Efikasnost.**

- Neka je t_{korisno} vreme kada procesor radi korisne stvari, $t_{\text{održavanje}}$ vreme kada procesor radi poslove vezane za održavanje samog sistema (*housekeeping*), a t_{ukupno} ukupno vreme.
- Merilo efikasnosti (*efficiency*): $e = t_{\text{korisno}} / t_{\text{ukupno}}$ ($0 < e < 1$).
- Merilo gubitka vremena (*overhead*): $o = t_{\text{održavanje}} / t_{\text{ukupno}}$ ($0 < e < 1, e + o = 1$).

- **Visok nivo pouzdanosti.**

- Idealno, OS bi trebalo da bude potpuno bez grešaka, što u realnosti nije ostvarivo.
- Merilo pouzdanosti je broj grešaka (ili srednje vreme između dve greške ili dva otkaza).

- **Jednostavnost održavanja.**

- Na održavanju sistema treba da radi što manji broj ljudi. Postiže se modularnom strukturom sa jasno definisanim interfejsima između modula i dobrom pratećom dokumentacijom.

- **Prihvatljiva veličina.**

- S povećanjem količine savremenih memorijskih sistema ovo gubi važnost.
- S druge strane, veliki sistemi su podložni greškama, ali i njihov razvoj traje duže.

Karakteristike operativnih sistema

- Efikasnost je važna.
- *Housekeeping* poslovi su takođe važni, ali na njih ne sme da otpadne veći deo vremena!



- Klasifikacija prema broju korisnika i/ili procesa.
- Prema broju korisnika, OS se mogu podeliti na:
 - **Jednokorisničke**: obezbeđuju virtuelnu mašinu za samo jednog korisnika.
 - **Višekorisničke**: obezbeđuje simultani pristup za više korisnika istovremeno.
- Prema broju simultanih aktivnosti, odnosno prema broju procesa koji se mogu izvršavati paralelno ili kvaziparalelno, OS se dele na:
 - **Jednoprocesne**
 - **Višeprocesne**.
- Na osnovu kombinovanog kriterijuma mogu se izdvojiti tri vrste operativnih sistema:
 - **Jednokorisnički jednoprocesni** (na primer, MS-DOS)
 - **Jednokorisnički višeprocesni** (na primer, OS/2)
 - **Višekorisnički višeprocesni** (na primer, Linux).
- Pitanje: da li je Android OS jednokorisnički ili višekorisnički OS?

- Klasifikacija prema nameni i načinu obrade poslova.
- Prema nameni, OS se dele na:
 - **OS opšte namene**, koji mogu da obavljaju razne poslove, kao što su obrada teksta i slike.
 - **OS specijalne namene**, koji, po pravilu, služe za kontrolu procesa.
- Prema načinu obrade poslova, OS se dele na:
 - **Sisteme sa grupnom obradom** (*batch*).
 - Korisnici predaju svoje poslove na izvršenje koji se zatim odvijaju jedan za drugim.
 - Korisnici nemaju mogućnost komuniciranja sa svojim poslovima.
 - **Interaktivne sisteme** (*interactive systems*)
 - Korisnici zadaju poslove i komuniciraju sa svojim poslovima preko svojih terminala.
 - Paralelnost u radu se postiže tako što se svakom programu dodeljuje jedan kvantum procesorskog vremena.
 - Po isteku kvantuma proces se prekida, bilo da je završio sa radom ili ne, a procesor se dodeljuje sledećem procesu u redu čekanja.
 - **Kombinovane sisteme.**

- U čemu je razlika između višeprocorskih, distribuiranih i udruženih sistema?
- **Višeprocorski sistemi** (*multiprocessor systems*) su sistemi sa više procesora koji su čvsto povezani zatvorenim komunikacionim linijama, a nalaze se u istom kućištu.
 - Procesori dele istu memoriju i sistemski časovnik.
 - Komunikacija i sinhronizacija između procesora obično se odvija preko deljive memorije.
 - Prednosti:
 - Povećanje brzine.
 - U idealnom slučaju N procesora bi radilo N puta brže, ali zbog međuprocorske sinhronizacije, to povećanje je manje od N .
 - Povećanje ekonomičnosti.
 - Dele se hardverski resursi: memorija, časovnik, DMA kanali, prekidni kontroleri, i koristi jedan izvor napajanja.
 - Povećanje pouzdanosti.
 - Sistem nastaviti da radi i ukoliko otkaže jedan ili više procesora.

- Postoje dva koncepta za realizaciju višeprosorskih sistema:
 - **Simetrično multiprocesiranje** (*symmetric multiprocessing, SMP*)
 - Svaki procesor izvršava istu kopiju operativnog sistema, pri čemu te kopije komuniciraju jedna sa drugom kad god je potrebno.
 - Svi procesori su ravnopravni, odnosno nema odnosa gospodara-roba (*master-slave*).
 - U idealnom slučaju, svakom procesoru se dodeljuje jedan proces i oni se izvršavaju nezavisno, bez slabljenja performasi.
 - Većina modernih OS podržava SMP.
 - **Asimetrično multiprocesiranje** (*asymmetric multiprocessing*).
 - U slučaju asimetričnog multiprocesiranja, svakom procesoru je dodeljen specifičan posao.
 - Postoji jedan glavni procesor (*master*) koji potpuno kontroliše ceo sistem i koji dodeljuje poslove ostalim procesorima (*slaves*).
 - Ova koncepcija se uglavnom koristi u ekstremno brzim i velikim sistemima.

- **Distribuirani sistemi.**
 - Kolekcija računara koji ne dele zajedničku memoriju i sistemski časovnik.
 - Svaki procesor, odnosno računar, ima sopstvenu lokalnu memoriju, a međusobna komunikacija se ostvaruje putem mreže realizovane kao LAN ili WAN.
 - Osim podataka, datoteka i štampača, distribuiraju se i procesi.
 - Distribuirani sistemi zahtevaju mrežnu infrastrukturu i mogu biti realizovani ili kao:
 - **Klijent-server arhitektura.**
 - **Ravnopravni računarski sistemi** koji po mreži dele resurse (*peer-to-peer systems*).
 - U klijent-server arhitekturi, postoje računari koje predstavljaju servere i računari koji koriste njihove usluge - klijenti (*clients*).
 - Postoje dve vrste servera:
 - **Serveri za izračunavanje** (*computing servers*), kojima klijenti šalju zahteve na obradu.
 - **Serveri podataka** (*file servers*), koji služe za smeštanje datoteka.

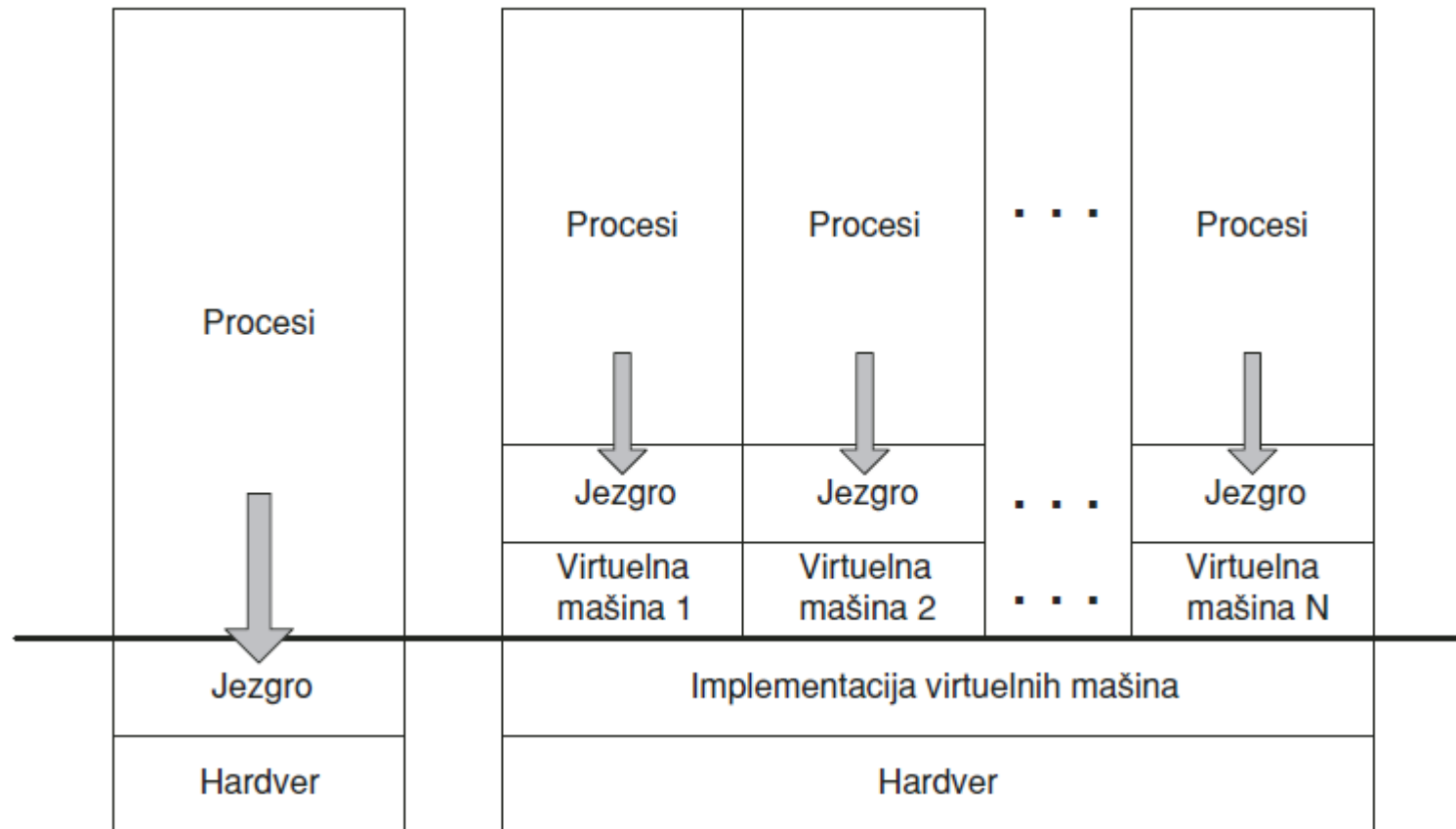
- **Udruženi sistemi.**

- Udruženi sistemi (*clustered system*) sastoje se od udruženih računara, odnosno od dva ili više nezavisnih računara koji dele diskove i čvrsto su povezani LAN mrežom.
- Svaki računar u udruženom sistemu naziva se čvor (*node*).
- Na svakom čvoru se izvršava jedan nivo softvera za udruživanje.
- Postoje dve vrste udruživanja:
- **Asimetrično udruživanje** (*asymmetric clustering*).
 - Jedan server (čvor) izvršava aplikaciju, dok ostali – prateći serveri (*monitoring servers*) prate rad glavnog servera u budnom ali neaktivnom stanju.
 - U slučaju otkaza glavnog servera jedan od pratećih servera preuzeće njegovu ulogu.
- **Simetrično udruživanje** (*symmetric clustering*).
 - Svi serveri su aktivni i izvršavaju aplikaciju.
 - Time se znatno poboljšavaju performase, ali sistem mora da izdrži otkaz jednog ili više servera kao i u perthodnom slučaju.

- Neke vrste računarskog okruženja:
 - **Ugrađeno okruženje** (*embedded computing*).
 - Ugrađeno okruženje je tipično za sisteme u realnom vremenu koje odlikuje nepostojanje tastature, monitora i diskova.
 - Aplikacija koja se izvršava u realnom vremenu dobija ulazne informacije preko uređaja kao što su senzori, dok se statusne i izlazne informacije prikazuju na malom displeju.
 - **Tradicionalno okruženje.**
 - Pod tradicionalnim okruženjem podrazumevamo jednokorisničke računare ili sisteme sa deljenjem vremena, gde se korisnici preko svojih terminala povezuju na servere.
 - **Računarstvo u oblaku.**
 - Isporuka računarskih resursa i skladišnih kapaciteta kao usluga za heterogenu grupu krajnjih korisnika.
 - Oslanja na deljenje resursa preko Interneta. Krajni korisnici pristupaju aplikacijama u oblaku preko Web pregledača ili desktop aplikacije na mobilnom telefonu
 - Softver i korisnički podaci nalaze na servirama na udaljenoj lokaci.

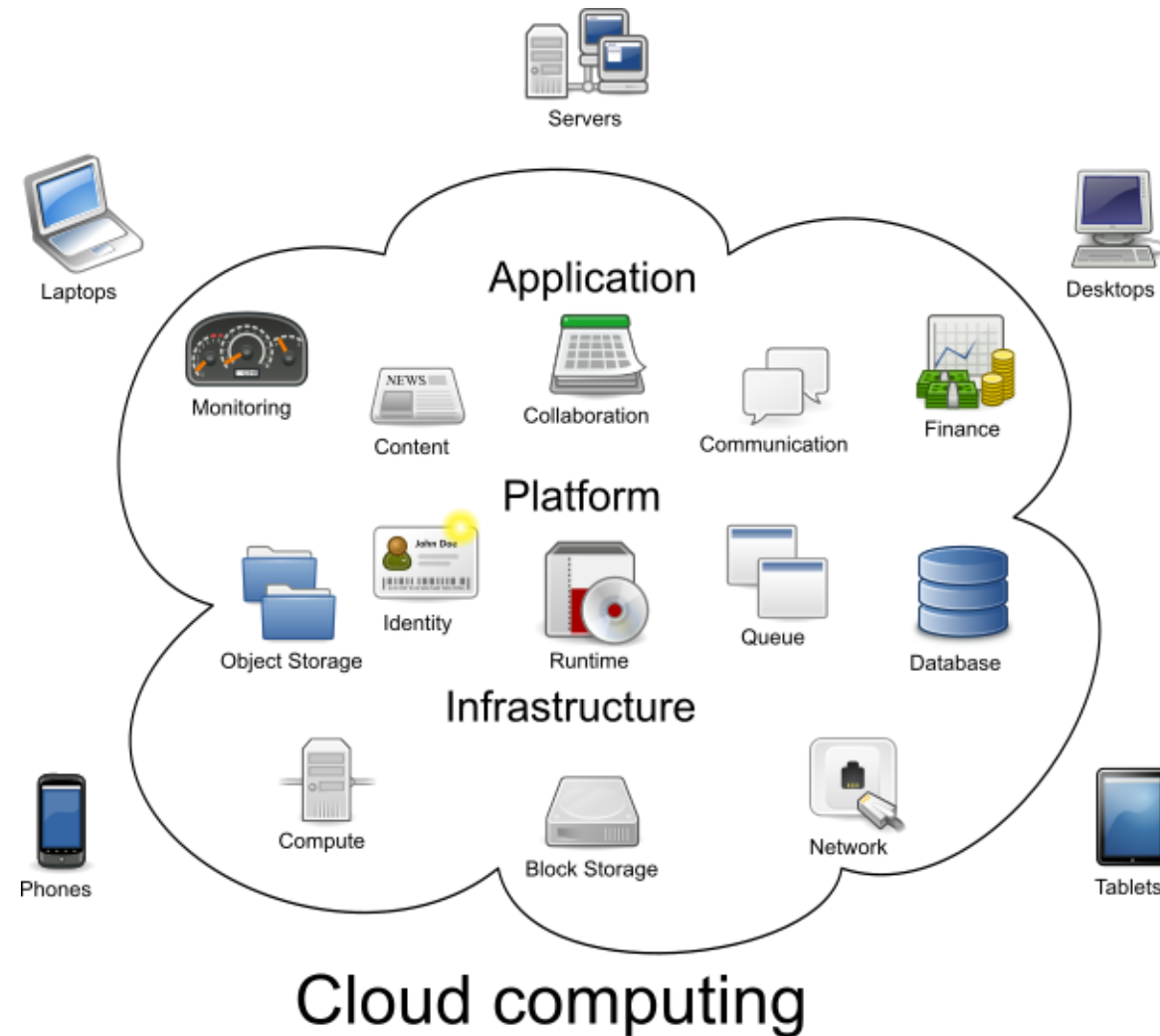
- **Računarstvo u oblaku.**
 - Osnova računarstva u oblaku je konvergentna infrastruktura, koju čine različite IT tehnologije povezane u jednu logičku i funkcionalnu celinu, kao apstrakcija fizičkih resursa **vitruelizacijom**.
 - Struktura virtuelnih mašina može se jednostavno definisati na sledeći način:
 - Na najnižem nivou se nalazi hardver.
 - Iznad hardvera se nalazi **monitor virtuelnih mašina** (*virtual machine monitor*), odnosno poseban sistem koji obezbeđuje niz **virtuelnih mašina** (emulacije hardvera).
 - Zatim se na te virtuelne mašine mogu instalirati različiti gostujući OS.
 - Odgovarajući OS instaliran na virtuelnoj mašini primaju sistemske pozive korisničkih programa.
 - Hardverske operacije koje šalju ti OS prema svojim virtuelnim mašinama prihvata monitor virtuelnih mašina i realizuje ih u skladu sa hardverom ispod sebe.

- **Koncept virtuelizacije.**



- **Računarstvo u oblaku.**
 - U modelu računarskog oblaka razlikujemo dva odvojena dela sistema:
 - **Korisnički deo** (*front end*), koji obuhvata sve delove infrastrukture koji su pod kontrolom korisnika kao i sam način pristupa korisnika usluzi.
 - **Zadnji deo** (*back end*), koji obuhvata infrastukruru klaud provajdera.
 - Postoje tri osnovna tipa računarstva u oblaku:
 - Softver kao usluga, **SaaS** (*Software as a Service*).
 - Primer: Google Apps, Microsoft Office 365.
 - Platforma kao usluga, **PaaS** (*Platform as a Service*).
 - Primer: Google App Engine, Microsoft Azure.
 - Infrastruktura kao usluga, **IaaS** (*Cloud Infrastructure as a Service*).
 - Primer: Amazon CloudFormation (EC2).

- **Koncept oblaka.**



Opšti pregled strukture operativnih sistema

- Upravljanje osnovnim resursima računarskog sistema obezbeđuje više funkcionalnih grupa programa:
 - Upravljanje procesorom
 - Upravljanje memorijom
 - Upravljanje ulazom i izlazom
 - Upravljanje podacima
 - Upravljanje sekundarnom memorijom
 - Umrežavanje
 - Zaštita
 - Korisnički interfejs.
- Ponekad je teško precizno reći (usaglasiti) šta se podrazumeva pod delovima OS, odnosno da li kontrolni programi pripadaju ili ne pripadaju OS.
- Prve četiri grupe ukratko su opisane u nastavku izlaganja.
- Detaljniji opis ovih podsistema obrađuje se u nastavku kursa.

Opšti pregled strukture operativnih sistema

- Procesor je jedan od najvažnijih resursa računarskog sistema, mada u pojedinim situacijama neki drugi resursi mogu biti kritičniji.
- **Upravljanje procesorom** se može podeliti na dva nivoa:
 - Nivo neposredne dodele procesora nekom programu, tj. predaje kontrole nad procesorom nekom programu.
 - Nivo razrešavanja prioriteta, odnosno odlučivanja koji program ima najveći prioritet da bi postao proces i da bi u nekom sledećem trenutku dobio kontrolu nad procesorom.
- Pod **upravljanjem memorijom** podrazumeva se upravljanje radnom memorijom računara:
 - Realizacija određene strategije dodeljivanja memorije.
 - Redosled dodeljivanja memorije poslovima.
 - Statično ili dinamično dodeljivanje, principi dodeljivanja.
 - Dodeljivanje memorije.
 - Sprovođenje strategije oslobađanja memorije.
 - Ukupnjavanje manjih oslobođenih delova memorije.
 - Oslobađanje delova memorije.

Opšti pregled strukture operativnih sistema

- Na nivou **upravljanja uređajima** realizuju se sledeće funkcije:
 - Obezbeđivanje nezavisnosti uređaja.
 - Programi treba da budu nezavisni od tipa uređaja koji se koriste za U/I operacije.
 - Obezbeđivanje efikasnog rada uređaja.
 - U/I operacije predstavljaju često usko grlo računarskog sistema, poželjno je da se što efikasnije preklapaju i izoluju od procesora.
 - Realizacija određene strategije dodeljivanja uređaja.
 - Redosled dodeljivanja uređaja poslovima
 - Način dodeljivanja uređaja: namenski, sa deobom, kao virtuelni itd.)
 - Dodeljivanje uređaja, tj. fizičko dodeljivanje uređaja, kontrolnih jedinica i kanala poslovima.
 - Realizacija određene strategije oslobađanja uređaja.
 - Na primer, uređaj se oslobađa tek kad se posao kojem je dodeljen završi.

Opšti pregled strukture operativnih sistema

- Nivo **upravljanja podacima** treba da obezbedi softverska sredstva za organizovanje i pristupanje podacima na način koji odgovara korisniku računarskog sistema.
- Konceptija upravljanja zavisi, pre svega, od vrste podataka i režima njihovog korišćenja.
- Na ovom nivou realizuju se sledeće funkcije:
 - Formiranje i brisanje osnovnih struktura podataka (datoteka)
 - Čitanje datoteka i upisivanje u datoteke
 - Obezbeđivanje uslova za simboličko obraćanje datotekama (prema njihovim imenima)
 - Zaštita podataka od namernog i nenamernog uništavanja (usled otkaza sistema)
 - Zaštita podataka od neovlašćenog pristupa i korišćenja
 - Deoba datoteka (podataka) između više poslova (korisnika).
- U literaturi sloj upravljanja podacima često se objedinjuje sa slojem upravljanja sekundarnom memorijom.
 - U tim slučajevima, ovaj sloj obavlja i funkcije organizacije memorijskog prostora na masovnim memorijama (najčešće diskovima ili SSD uređajima).

Opšti pregled strukture operativnih sistema

- OS **monolitne strukture** se sastoji od skupa procedura bez ikakvog grupisanja ili hijerarhije.
 - Ovaj način organizacije operativnih sistema dobio je naziv velika zbrka (*big mess*).
- OS **slojevite slojevite** strukture se deli na više slojeva od kojih svaki ima tačno određenu funkciju (upravlja tačno određenim resursima).
 - Svaki sloj se oslanja isključivo na funkcije nižih slojeva.
 - Procesi su locirani u korisničkom sloju gde svaki od procesa poseduje zaseban adresni prostor – korisnički prostor (*user space*).
 - Taj prostor je razdvojen od adresnog prostora OSa, tj. sistemskog prostora (*kernel space*).
 - Time se nameće neophodnost uvođenja mehanizma **sistemskih poziva** (*system calls*).
 - Sistemski pozivi omogućavaju prelazak iz korisničkog prostora u sistemski prostor radi poziva operacija OSa.
 - Sistemski pozivi su funkcije koje definiše OS i obezbeđuju intefejs između programa koji se izvršava i operativnog sistema.
 - Drugim rečima, programi komuniciraju sa OS pomoću sistemskih poziva.

Opšti pregled strukture operativnih sistema

- Sistemski pozivi se realizuju pomoću **sistema prekida**:
 - Korisnički program postavlja parametre sistemskog poziva na određene memorijske lokacije, u registre procesora ili na stek ili registre procesora i inicira prekid.
 - OS preuzima kontrolu, uzima parametre, izvrši tražene radnje, rezultat stavlja u određene memorijske lokacije ili u registre i vraća kontrolu programu.
- Sistemske pozive često podržava i hardver, tj. procesor, na taj način što razlikuje dva režima rada: **korisnički režim** (*user mode*) i **sistemski režim** (*supervisor mode*).
 - Korisnički programi mogu raditi isključivo u korisničkom režimu rada procesora.
 - Sistemski režim rada je predviđen za OS.
 - Privilegovane instrukcije (kao što su instrukcije za rad sa U/I uređajima) mogu se izvršiti jedino u sistemskom režimu.
 - Ako korisnički program pokuša da izvršiti neku operaciju koja je dozvoljena samo u sistemskom režimu rada, kontrola se predaje OS.
 - Prilikom sistemskih poziva procesor prelazi iz korisničkog režima rada u sistemski, a vraća se u korisnički režim posle obrade poziva.

Opšti pregled strukture operativnih sistema

- **Mikrokernel** arhitektura je savremen koncept u realizaciji OS.
- Osnovna zamisao je:
 - Napraviti minimalan i pouzdan kernel visokih performansi.
 - Sve ostale funkcije kernela potisnuti u takozvani korisnički prostor.
 - Korisnički moduli međusobno komuniciraju slanjem poruka (*message passing*).
- U dobre osobine mikrokernel arhitekture spadaju:
 - Jednostavno proširivanje i optimizacija kernela.
 - Jednostavno dodavanje novih modula bez uticaja na bazični kernel.
 - Jednostavna prenosivost na drugu računarsku arhitekturu.
 - Veća pouzdanost (manje koda se izvršava u kernelskom režimu).
 - Veća sigurnost.

1. B. Đorđević, D. Pleskonjić, N. Maček (2005): Operativni sistemi: teorija, praksa i rešeni zadaci. Mikro knjiga, Beograd.
2. R. Popović, I. Branović, M. Šarac (2011): Operativni sistemi. Univerzitet Singidunum, Beograd.

Pitanja su dobrodošla.