Upravljanje memorijom

Pojmovi

- Okvir
  - Blok glavne memorije fiksne duljine.
- Stranica
  - Blok podataka nepromjenjive duljine koji se nalazi u sekundarnoj memoriji (kao što je disk). Stranica podataka može se kopirati u okvir glavne memorije.
- Segment
  - Blok podataka promjenjive duljine koji se nalazi u sekundarnoj memoriji. Cijeli segment može se privremeno kopirati u dostupno područje glavne memorije (segmentacija) ili se segment može podijeliti na stranice, koje se mogu pojedinačno kopirati u glavnu memoriju.
  -

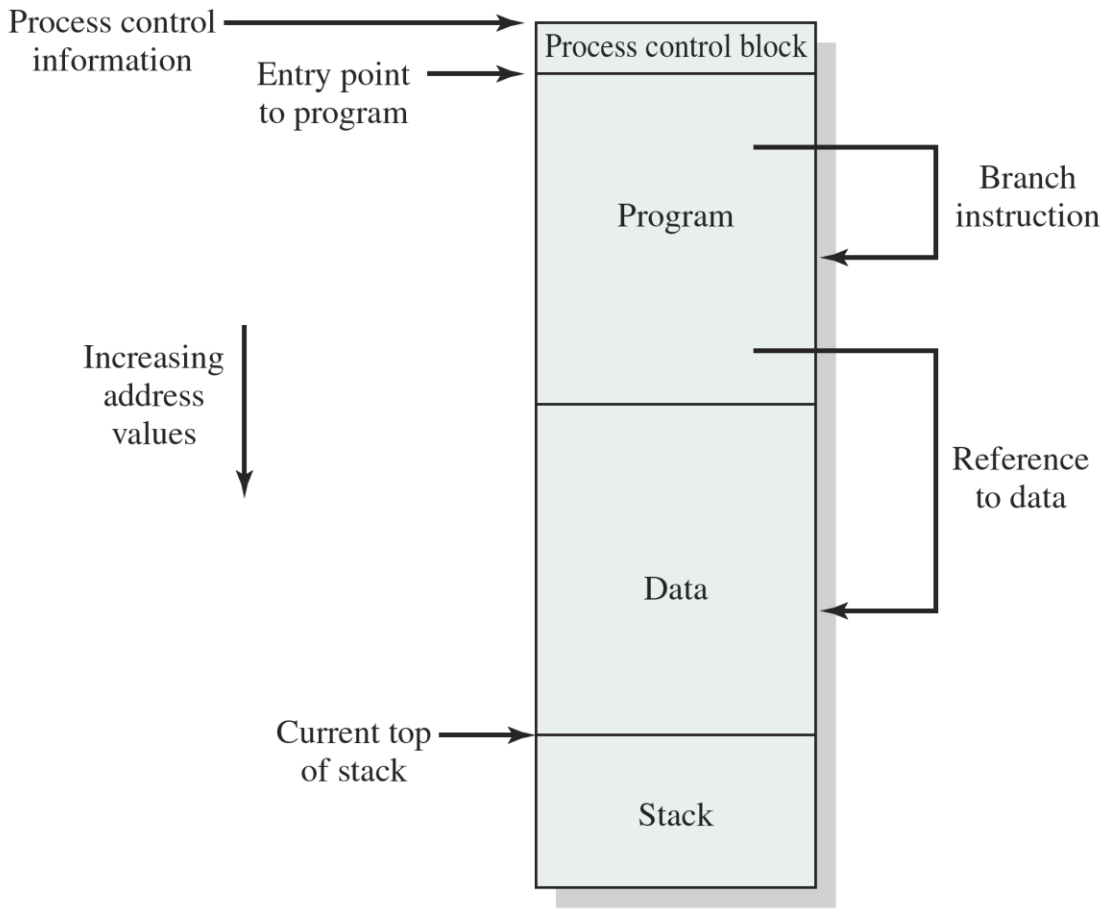
Preduvjeti za upravljanje memorijom

- Upravljanje memorijom zadovoljava sljedećih zahtjeva:
    - Preseljenje
    - Zaštita
    - Dijeljenje
    - Logička organizacija
    - Fizička organizacija

Preseljenje

- Programeri obično ne znaju unaprijed koji će drugi programi biti u glavnoj memoriji u vrijeme izvršenja njihova programa
- Aktivni procesi moraju se moći zamijeniti u glavnoj memoriji i izvan nje kako bi se povećala iskorištenost procesora
- Ograničavanje bi bilo da se proces mora smjestiti u isto memorijsko područje kada se ponovno zamijeni
- Možda će trebati premjestiti proces u drugo područje memorije

Zahtjevi za proces



Zaštita

- Procesi moraju dobiti dozvolu za upućivanje na memorijska mjesta u svrhu čitanja ili pisanja
- Lokacija programa u glavnoj memoriji je nepredvidiva
- Memorijske reference generirane procesom moraju se provjeriti u vrijeme izvođenja
- Mehanizmi kojima se podupire premještanje također podupiru zaštitu
-

Dijeljenje

- Korisno je dopustiti svakom procesu pristup istoj kopiji programa, a ne imati vlastitu zasebnu kopiju
- Upravljanje memorijom mora omogućiti kontrolirani pristup zajedničkim područjima memorije bez ugrožavanja zaštite
- Mehanizmi koji se koriste za potporu premještanja podržavaju mogućnosti dijeljenja

Logička organizacija

- Memorija je organizirana kao linearna

Programi su napisani u modulima

- Moduli se mogu pisati i sastavljati samostalno
- Različiti stupnjevi zaštite koji se daju modulima (samo za čitanje, samo za izvršavanje)
- Zajedničko korištenje na razini modula odgovara korisnikovom načinu gledanja problema

- Segmentacija je alat koji najlakše zadovoljava zahtjeve

Fizička organizacija

Programeru nije moguće ostaviti odgovornost za upravljanje memorijom

Memorija dostupna za program i njegovi podaci možda nisu dovoljni

Programer ne zna koliko će prostora biti dostupno

Preklapanje omogućuje različitim modulima da se dodijele istom području memorije, ali je dugotrajno za programiranje

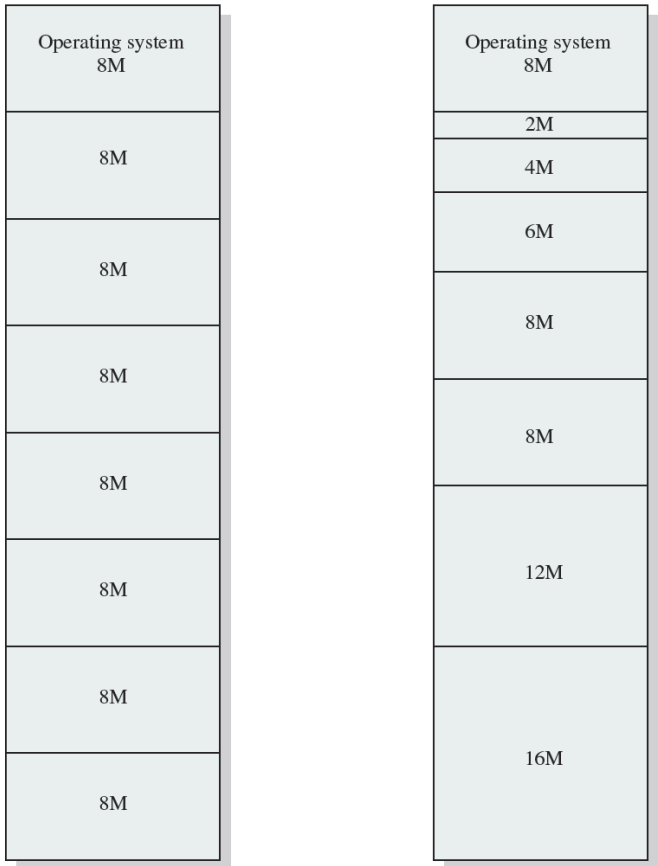
Particioniranje memorije

- Upravljanje memorijom donosi procese u glavnu memoriju za izvršavanje od strane procesora
  - Uključuje virtualnu memoriju
  - Na temelju segmentacije i stranienja
- Particioniranje
  - Koristi se u nekoliko varijacija u nekim zastarjelim operativnim sustavima
  - Ne uključuje virtualnu memoriju

Tehnike upravljanja memorijom

- Fiksno particioniranje
  - Glavna memorija podijeljena je na brojne statičke particije u vrijeme stvaranja sustava.
- Dinamičko particioniranje
  - Particije se stvaraju dinamički, tako da se svaki proces učitava u particiju potpuno iste veličine kao i taj proces.
- Jednostavna stranična stranica
  - Glavna memorija podijeljena je u nekoliko okvira jednake veličine.
- Jednostavna segmentacija
  - Svaki proces je podijeljen u niz segmenata. Proces preuzima podatke učitavanjem svih njegovih segmenata u dinamičke particije koje ne moraju biti susjedne.
- Stranično povezivanje s virtualnom memorijom
  - Kao i kod jednostavne stranične stranice, osim što nije potrebno učitavati sve stranice procesa. Nerezidentne stranice koje su potrebne automatski se unose kasnije.
- Segmentacija virtualne memorije
  - Kao i kod jednostavne segmentacije, osim što nije potrebno učitavati sve segmente procesa. Nerezidentni segmenti koji su potrebni automatski se unose kasnije.

Primjer fiksnog particioniranja



(a) Equal-size partitions

(b) Unequal-size partitions

Nedostaci fiksnih particija jednake veličine

- Program je možda prevelik da stane u particiju
  - Program treba koristiti slojeve
- Korištenje glavne memorije je neučinkovito
  - Bilo koji program, bez obzira na veličinu, zauzima cijelu particiju
  - Unutarnja fragmentacija
    - Izgubljeni prostor zbog toga što je blok učitanih podataka manji od particije

Nedostaci particija nejednake veličine

- Broj particija u vremenu proizvodnje sustava ograničava broj aktivnih procesa u sustavu
- Procesi s malim zahtjevima neće učinkovito koristiti prostor particije

Dinamičko particioniranje

- Particije su promjenjive duljine i broja
- Proces se dodjeljuje točno onoliko memorije koliko je potrebno
- Ovu tehniku koristio je IBM-ov operativni sustav mainframe, OS/MVT
-

Dinamičko particioniranje

Vanjska fragmentacija

- Memorija postaje sve fragmentiranija
- Potrošnja memorije opada

Zbijanje

- Tehnika prevladavanja vanjske fragmentacije
- OS mijenja procese tako da su susjedni
- Slobodna memorija je zajedno u jednom bloku
- Dugotrajno s gubitcima procesorskog vremena

Algoritmi smještaja

Best-fit	First-fit	Next-fit
• Odabir bloka koji je po veličini najbliži zahtjevu	• Počinje skenirati memoriju od početka i odabire prvi dostupan blok koji je dovoljno velik	• Počinje skenirati memoriju s mjesta posljednjeg položaja i odabire sljedeći dostupni blok koji je dovoljno velik

Buddy sustav

- Sastoji se od fiksnih i dinamičkih shema particioniranja
- Prostor dostupan za dodjelu tretira se kao jedan blok
- Memorijski blokovi dostupni su od riječi veličine 2K, $L \leq K \leq U$, gdje je
  - 2^L = najmanji blok veličine koji je dodijeljen
  - 2^U = najveći blok veličine koji je dodijeljen; općenito 2^U je veličina cijele memorije dostupne za dodjelu

Preseljenje

- Kada se koristi fiksna shema particija, možemo očekivati da će proces uvijek biti dodijeljen istoj particiji
  - Koja god particija bude odabrana prilikom učitavanja novog procesa, uvijek će se koristiti za zamjenu tog procesa natrag u memoriju nakon što je zamijenjena
  - U tom slučaju može se koristiti jednostavan alhoritam za premještanje
  - Kada se proces prvi put učita, sve relativne memorijske reference u kodu zamjenjuju se apsolutnim glavnim memorijskim adresama određenim osnovnom adresom učitanog procesa
- U slučaju particija jednake veličine i u slučaju jednog reda čekanja procesa za particije nejednake veličine, proces može zauzeti različite particije tijekom svog vijeka trajanja
  - Kada se procesna slika prvi put stvori, ona se učitava u neku particiju u glavnoj memoriji; Kasnije se postupak može zamijeniti
  - Kada se naknadno ponovno zamijeni, može se dodijeliti drugoj particiji
  - Isto vrijedi i za dinamičko particioniranje
- Kada se koristi zbijanje, procesi se pomiču dok su u glavnoj memoriji
  - Dakle, lokacije na kojoj su procesi nisu fiksne
  - Promijenit će se svaki put kada se proces zamijeni ili pomakne

Adrese

Logičke

- Upućivanje na mjesto memorije neovisno o trenutnoj dodjeli podataka memoriji

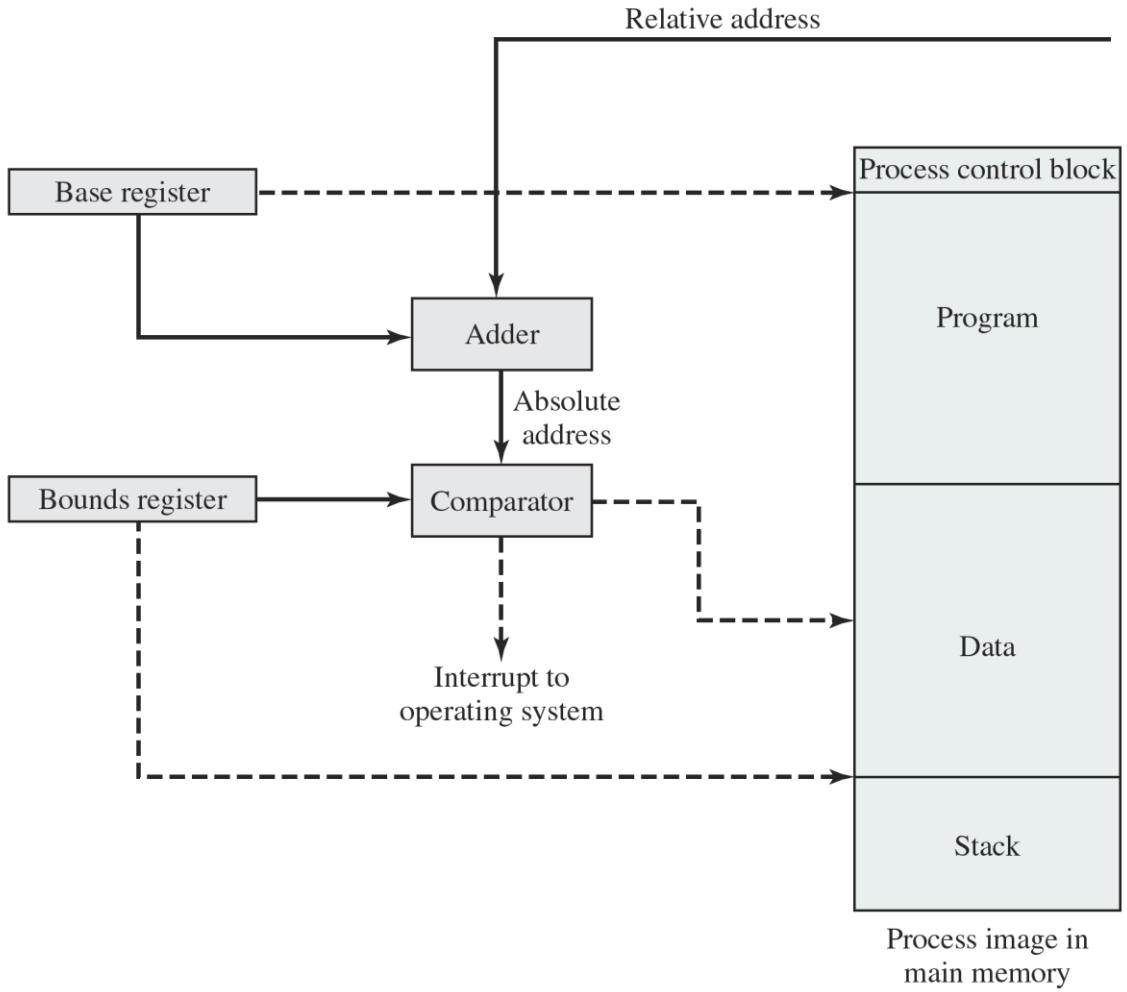
Relativne

- Poseban primjer logičke adrese, u kojoj je adresa izražena kao mjesto u odnosu na neku poznatu točku

Fizičke ili apsolutne

- Stvarno mjesto u glavnoj memoriji

Hardverska podrška za premještanje

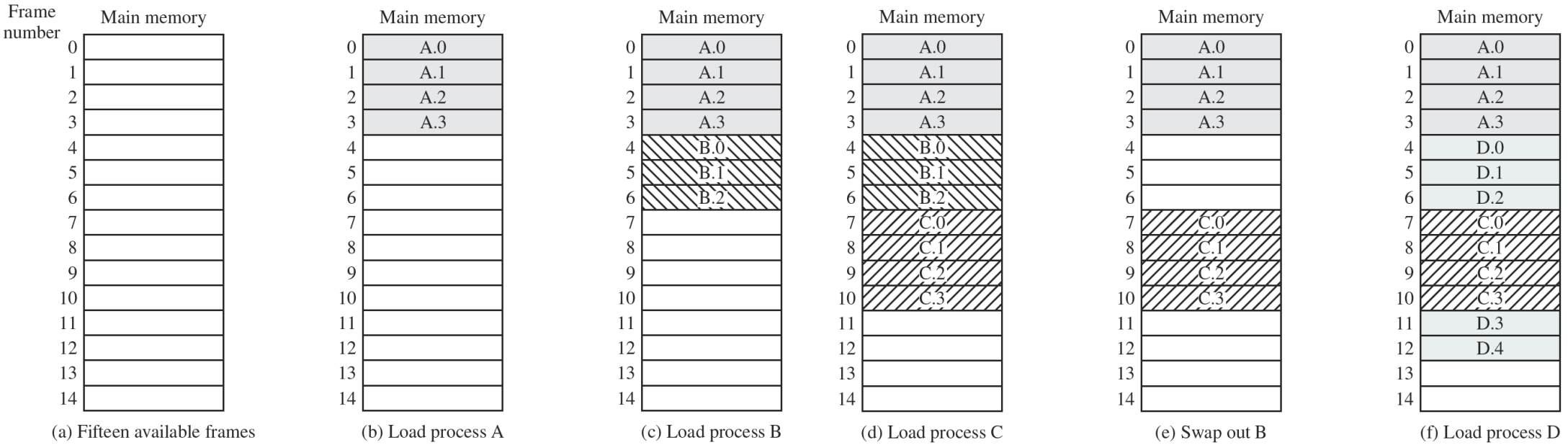


Straničenje

- Particioniranje memorije u jednake dijelove fiksne veličine koji su relativno mali
- Proces je također podijeljen na male komade fiksne veličine iste veličine
-

Stranice	Okviri
• Dijelovi procesa	• Dostupni dijelovi memorije

Dodjela procesa slobodnim okvirima

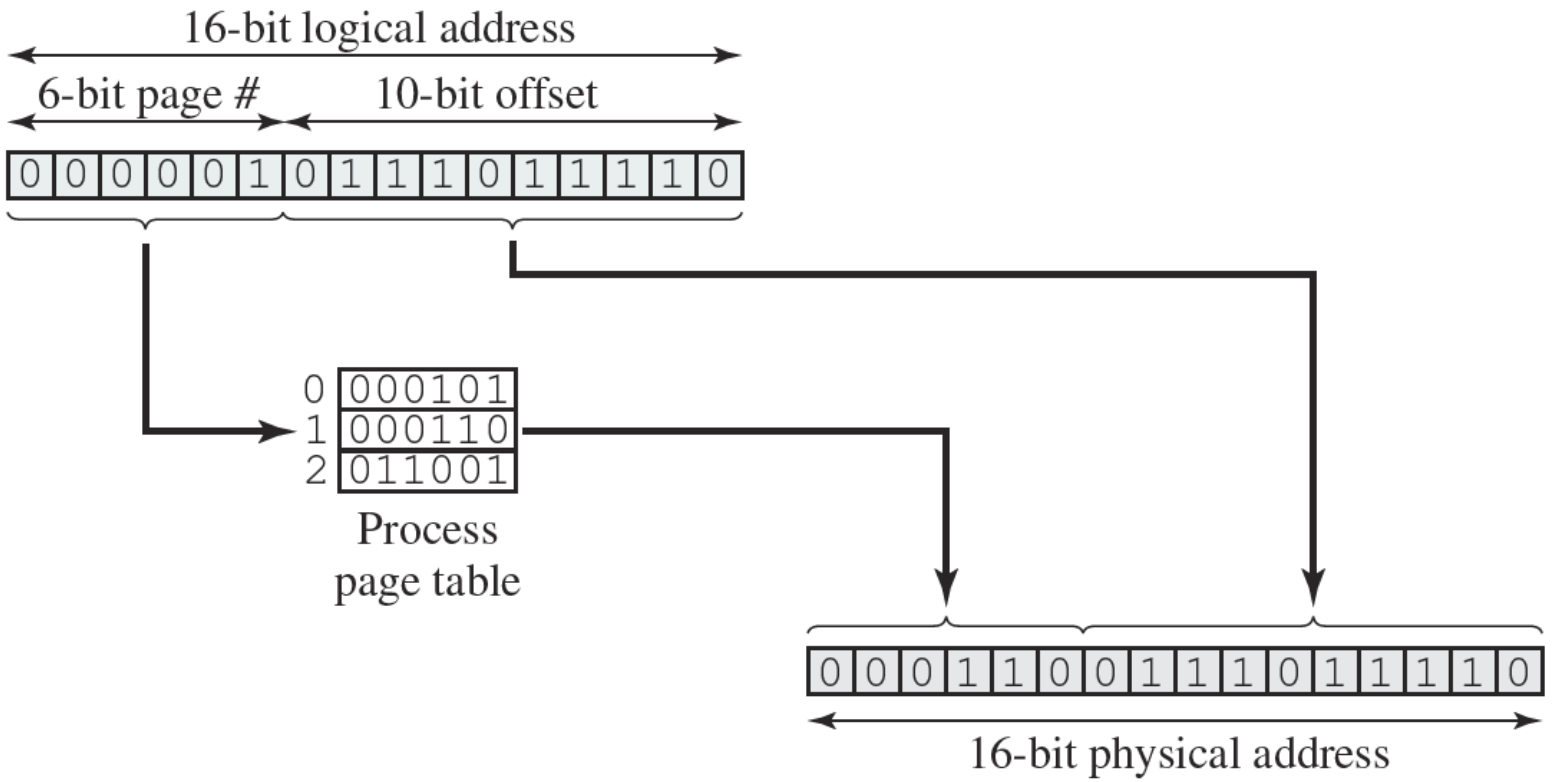


(a) Fifteen available frames (b) Load process A (c) Load process B (d) Load process C (e) Swap out B (f) Load process D

Tablica stranica

- Održava je operativni sustav za svaki proces
- Sadrži mjesto okvira za svaku stranicu u procesu
- Procesor mora znati kako pristupiti adresama trenutnog procesa
- Procesor je koristi za izračun fizičke adrese

Straničenje



Segmentacija

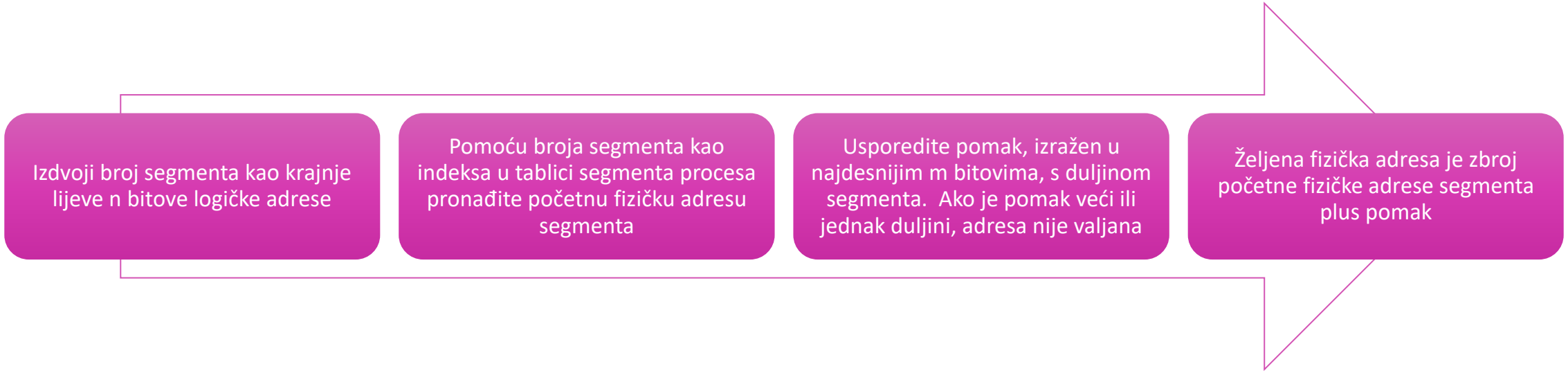
- Program se može podijeliti na segmente
  - Može varirati po duljini
  - Postoji maksimalna duljina
- Adresiranje se sastoji od dva dijela:
  - Broj segmenta
  - Pomak
- Slično dinamičkom particioniranju
- Uklanja unutarnju fragmentaciju
-

Segmentacija

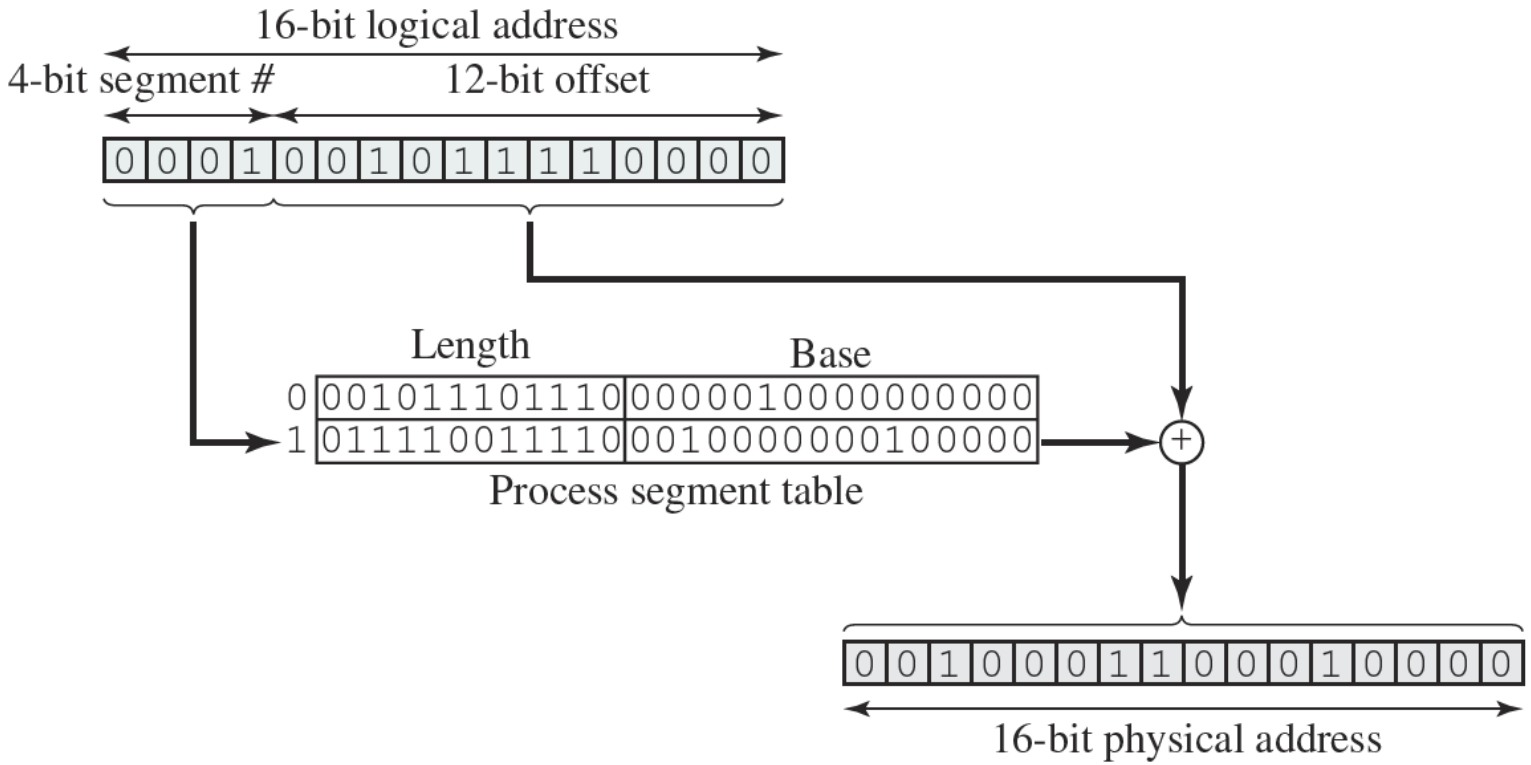
- Obično vidljiva
- Pruža se kao pogodnost za organizaciju programa i podataka
- Programer će obično dodijeliti programe i podatke različitim segmentima
- U svrhu modularnog programiranja program ili podaci mogu se dalje raščlaniti na više segmenata
  - Glavna nedostatak ovog pristupa je da programer mora biti svjestan maksimalnog ograničenja veličine segmenta

Prijevođenje adresa

- Još jedna posljedica nejednakih veličina segmenata je da ne postoji jednostavan odnos između logičkih adresa i fizičkih adresa
- Za prijevod adrese potrebni su sljedeći koraci:



Segmentacija



Virtualne memorije

- Virtualna memorija
  - Shema dodjele prostora za pohranu u kojoj se sekundarna memorija može riješiti kao da je dio glavne memorije.
- Virtualna adresa
  - Adresa dodijeljena lokaciji u virtualnoj memoriji kako bi se omogućilo pristup tom mjestu kao da je dio glavne memorije.
- Virtualni adresni prostor
  - Virtualna pohrana dodijeljena procesu.
- Adresni prostor
  - Raspon memorijskih adresa dostupnih procesu.
- Stvarna adresa
  - Adresa mjesta za pohranu u glavnoj memoriji.

Hardverske i upravljačke strukture

- Dvije karakteristike temeljne za upravljanje memorijom:
  - Sve memorijske reference su logičke adrese koje se dinamički prevode na fizičke adrese u vrijeme izvođenja
  - Proces se može razbiti na brojne dijelove koji ne moraju biti smješteni jedan pored drugog u glavnoj memoriji tijekom izvršavanja
- Ako su ove dvije karakteristike prisutne, nije potrebno da sve stranice ili segmenti procesa budu u glavnoj memoriji tijekom izvršavanja

Izvršavanje procesa

- Operativni sustav u glavnu memoriju unosi nekoliko dijelova programa
- Rezidentni skup
  - Dio procesa koji je u glavnoj memoriji
- Prekid se generira kada je potrebna adresa koja nije u glavnoj memoriji
- Operacijski sustav smješta proces u stanje blokiranja

nued . . .

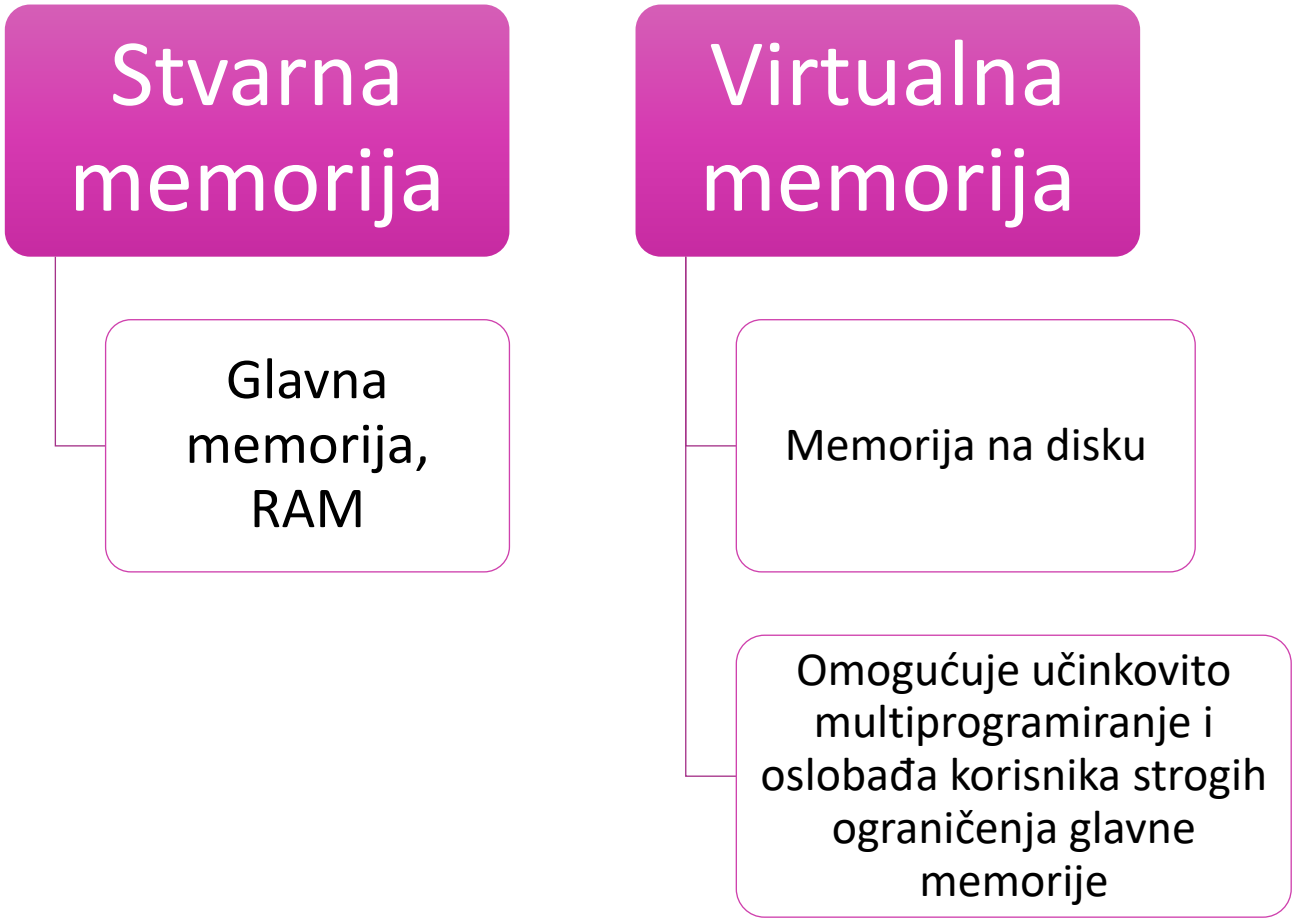
Izvršavanje procesa

- Dio procesa koji sadrži logičku adresu unosi se u glavnu memoriju
  - Operacijski sustav izdaje zahtjev za ulazno/izlazno čitanje diska
  - Drugi proces se šalje za pokretanje tijekom uključivanja/izlaza na disku
  - Prekid se izdaje kada je ulazno/izlazna operacija dovršena, zbog čega operativni sustav postavlja zahvaćeni proces u stanje Spreman (Ready)

Implikacije

- Više procesa može se održavati u glavnoj memoriji
  - Budući da su učitani samo neki dijelovi bilo kojeg određenog procesa, ima mjesta za više procesa
  - To dovodi do učinkovitijeg korištenja procesora jer je vjerojatnije da će barem jedan od brojnijih procesa biti u spremnom stanju u bilo kojem određenom trenutku
- Proces može biti veći od svih glavne memorije
  - Ako je program koji se piše prevelik, programer mora osmisliti načine za strukturiranje programa u dijelove koji se mogu učitati odvojeno u nekoj vrsti strategije prekrivanja
  - S virtualnom memorijom koja se temelji na straničanju ili segmentaciji, taj je posao prepušten OS-u i hardveru
  - OS automatski učitava dijelove procesa u glavnu memoriju prema potrebi

Stvarna i virtualna memorija



Pogađanje (*Thrashing*)

Načelo lokaliteta

- Reference programa i podataka unutar procesa obično se grupiraju
- Samo nekoliko dijelova procesa bit će potrebno u kratkom vremenskom razdoblju
- Stoga je moguće inteligentno nagađati koji će komadi biti potrebni u budućnosti
- Izbjegava pogađanje

Podrška potrebna za virtualnu memoriju

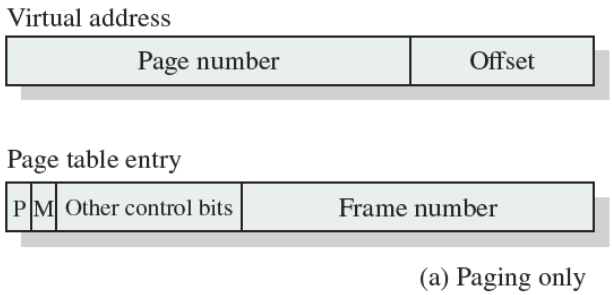
Da bi virtualna memorija bila praktična i učinkovita:

- Hardver mora podržavati straničenje i segmentaciju
- Operativni sustav mora uključivati softver za upravljanje prebacivanje stranica i/ili segmenata između sekundarne memorije i glavne memorije

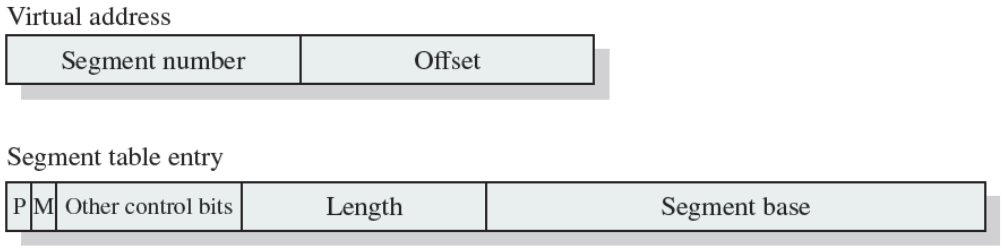
Straničenje

- Pojam virtualna memorija obično je povezan sa sustavima koji koriste straničenje
- Korištenje straničenja za postizanje virtualne memorije prvi put je realizirano za računalo Atlas
- Svaki proces ima svoju tablicu stranica
  - Svaki unos tablice stranice (*PTE - page table entry*) sadrži broj okvira odgovarajuće stranice u glavnoj memorij
  - Tablica stranice također je potrebna za shemu virtualne memorije koja se temelji na straničanju

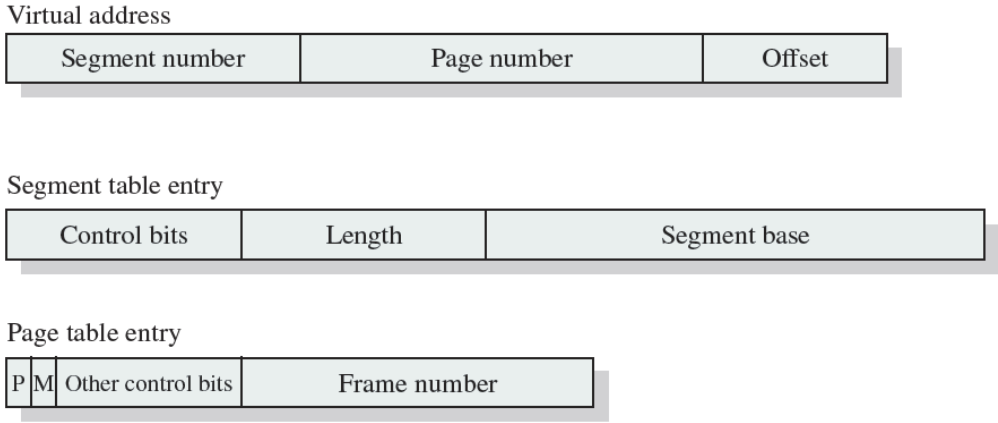
Tipični oblici upravljanja memorijom



(a) Paging only



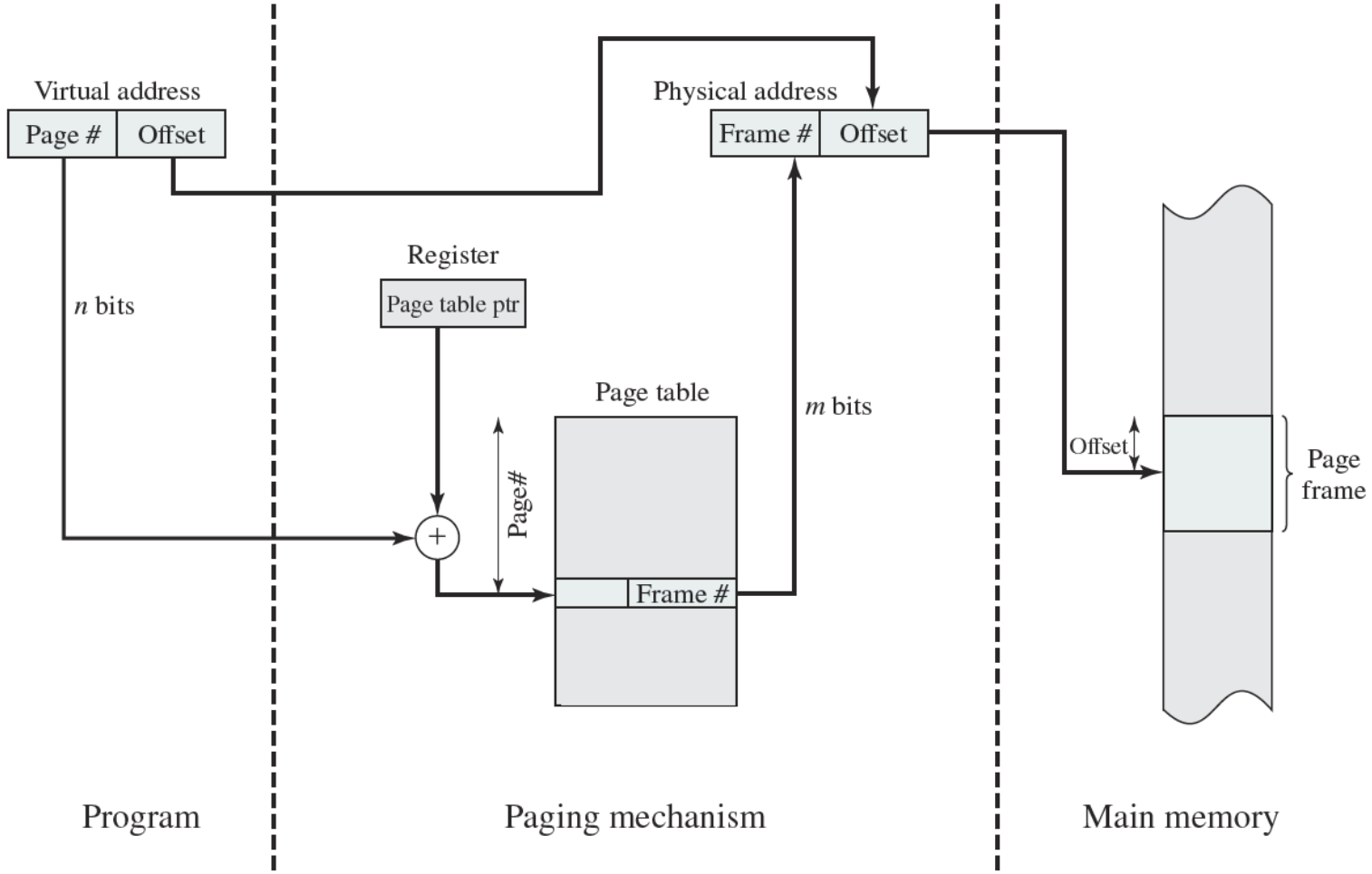
(b) Segmentation only



(c) Combined segmentation and paging

P = present bit
M = modified bit

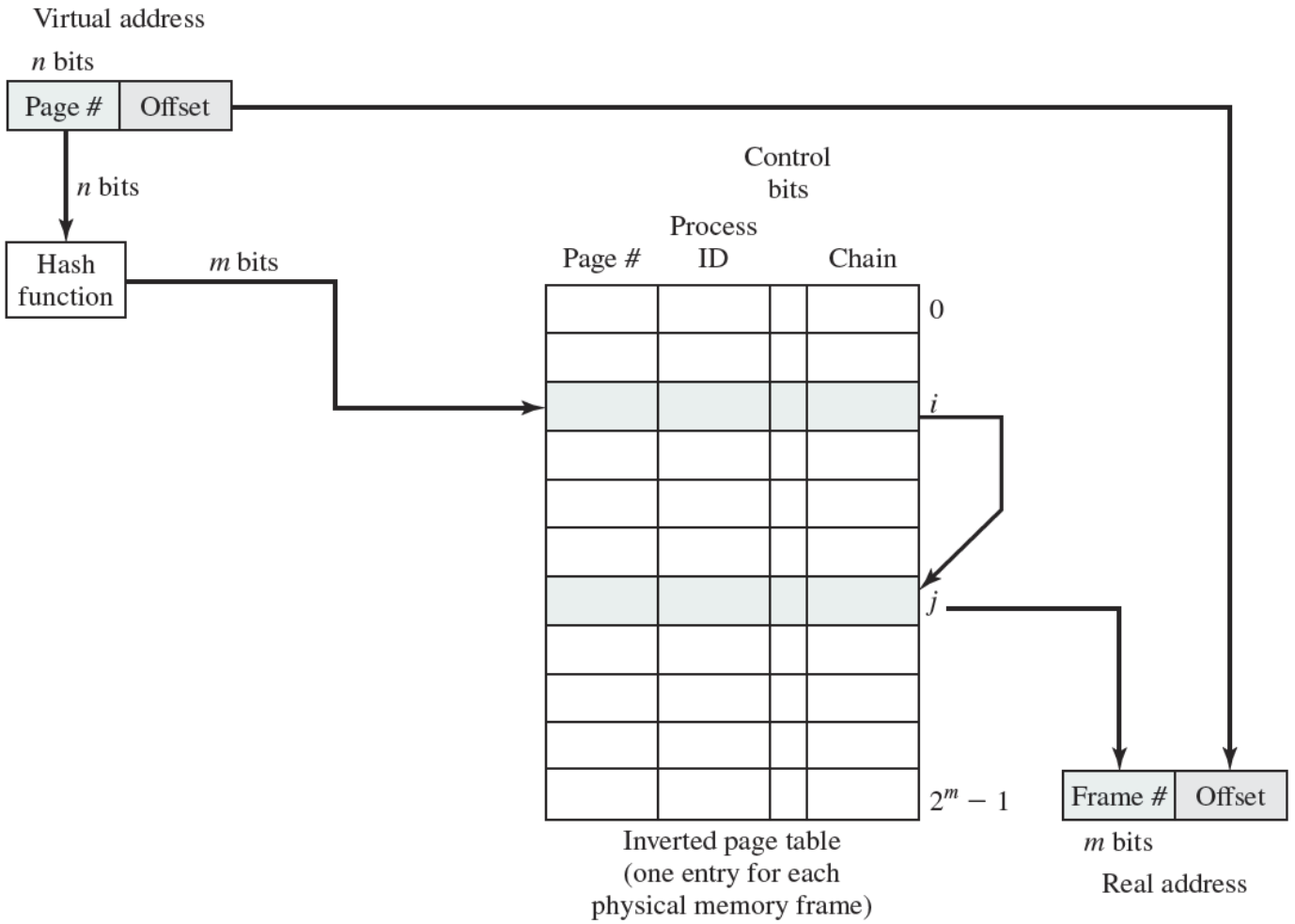
Prijevod adresa u straničnom sustavu



Inverzna tablica stranica

- Dio virtualne adrese s brojem stranice mapiran je u HASH vrijednost
  - HASH vrijednost upućuje na obrnutu tablicu stranice
- Fiksni udio stvarne memorije potreban je za tablice bez obzira na broj podržanih procesa ili virtualnih stranica
- Struktura se naziva inverzna jer indeksira unose tablice stranica prema broju okvira, a ne prema virtualnom broju stranice

Struktura inverzne tablice stranice



Inverzna tablica stranica

- Svaki unos u tablici stranice uključuje:

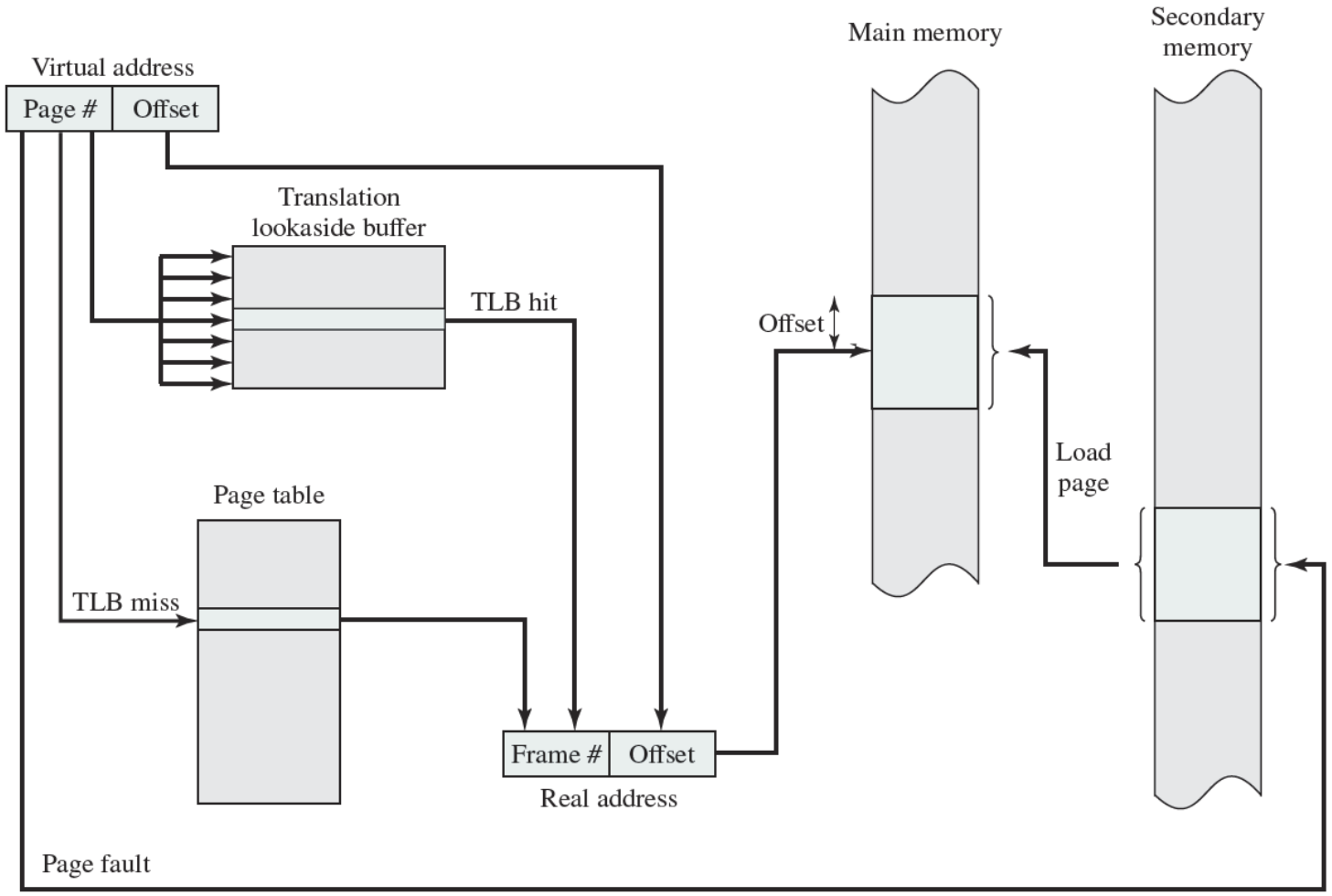
- Ovo je dio virtualne adrese s brojem stranice
- Vlasništvo stranica
- Zastavice o zaštiti i zaključavanju
- Vrijednost indeksa sljedećeg unosa u lancu

Međuspremnik prevođenja (TLB)

Translation Lookaside Buffer (TLB)

- Svaka referenca virtualne memorije može uzrokovati dva pristupa fizičkoj memoriji:
  - Jedan za dohvaćanje unosa tablice stranice
  - Jedan za dohvaćanje podataka
- Kako bi se prevladao učinak udvostručenja vremena pristupa memoriji, većina virtualnih memorijskih shema koristi posebnu predmemoriju velike brzine koja se naziva međuspremnik prijevođenja (TLB)
  - Ova predmemorija funkcionira na isti način kao i predmemorija memorije i sadrži one entitete tablice stranice koji su nedavno korišteni

Korištenje međuspremnik prevođenja



Asocijativno mapiranje

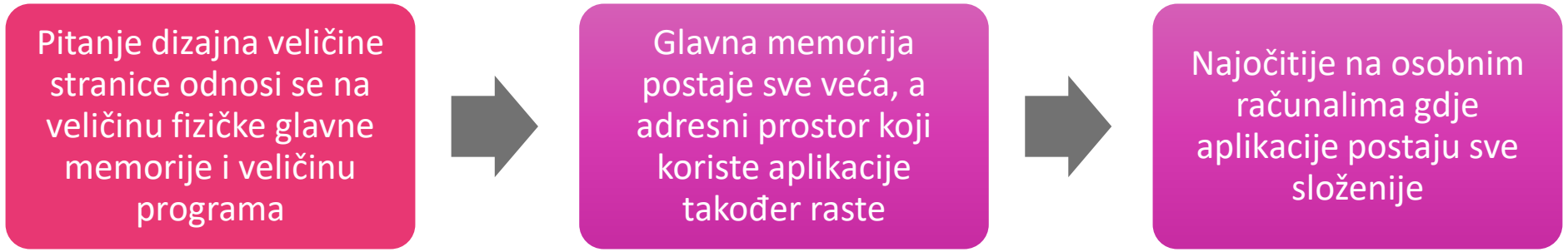
- TLB sadrži samo neke unose u tablici stranica, tako da ne možemo jednostavno indeksirati u TLB na temelju broja stranice
  - Svaki TLB unos mora sadržavati broj stranice, kao i cijeli unos tablice stranice
- Procesor je opremljen hardverom koji mu omogućuje istovremeno ispitivanje brojnih TLB unosa kako bi se utvrdilo postoji li podudaranje za broj stranice

Veličina stranice

- Što je manja veličina stranice, manja je količina unutarnje fragmentacije
  - Međutim, potrebno je više stranica po procesu
  - Više stranica po procesu znači veće tablice stranica
  - Za velike programe u jako višeprogramiranom okruženju neki dio tablica stranica aktivnih procesa mora biti u virtualnoj memoriji umjesto u glavnoj memoriji
  - Fizičke karakteristike većine sekundarno-memorijskih uređaja pogoduju većoj veličini stranice za učinkovitiji blok prijenos podataka

Veličina stranice

- Suvremene tehnike programiranja koje se koriste u velikim programima imaju tendenciju smanjenja lokalnih referenci unutar procesa



Segmentacija

- Segmentacija omogućuje programeru da vidi memoriju koja se sastoji od više adresnih razmaka ili segmenata
- Prednosti:
  - Pojednostavljuje rukovanje rastućim strukturama podataka
  - Omogućuje samostalnu izmjenu i ponovnu kompenziju programa
  - Omogučuje dijeljenje podataka među procesima
  - Omogućuje zaštitu podataka

Organizacija segmenta

- Svaka stavka tablice segmenta sadrži početnu adresu odgovarajućeg segmenta u glavnoj memoriji i duljinu segmenta
- Potrebno je malo kako bi se utvrdilo je li segment već u glavnoj memoriji
- Potreban je još jedan bit kako bi se utvrdilo je li segment izmijenjen otkad je učitan u glavnu memoriju

Kombiniranje straničenja i segmentacije

U kombiniranom sustavu straničenja/segmentacije adresni prostor korisnika raspoređen je na više segmenata. Svaki segment podijeljen je na brojne stranice fiksne veličine koje su po duljini jednake glavnom memorijskom okviru

- Segmentacija je vidljiva programeru
- Straničenje je transparentno za programera

Zaštita i zajedničko korištenje

- Segmentacija se podvrgava provedbi politika zaštite i dijeljenja
- Svaki unos ima osnovnu adresu i duljinu tako da se nenamjernim pristupom memoriji može kontrolirati
- Dijeljenje se može postići segmentima koji se odnose na više procesa

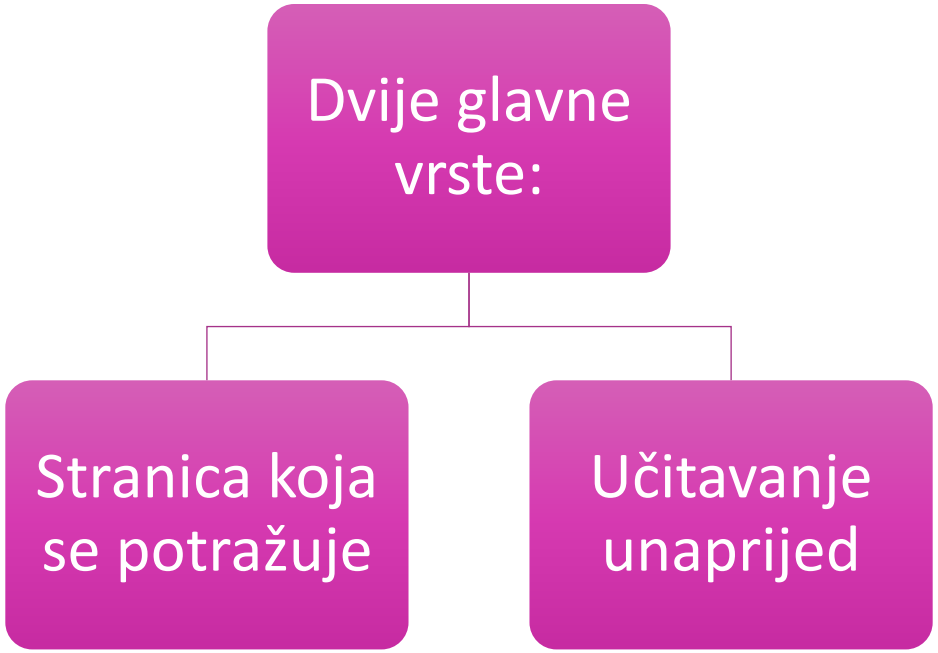
Softver operacijskog sustava

Dizajn dijela operativnog sustava za upravljanje memorijom ovisi o tri temeljna područja izbora:

- Treba li koristiti tehnike virtualne memorije ili ne
- Korištenje straničenja ili segmentacije ili oboje
- Algoritmi korišteni za različite aspekte upravljanja memorijom

Pravila dohvaćanja

- Određuje kada stranicu treba unijeti u memoriju



Stranica koja se potražuje

- Unosi stranice u glavnu memoriju samo kada se upućuje na mjesto na stranici
- Greške na stranici prilikom prvog pokretanja procesa
- Načelo lokaliteta sugerira da će, kako se donosi sve više stranica, većina budućih referenci biti na stranice koje su nedavno učutane, a greške na stranicama trebale bi pasti na vrlo nisku razinu

Učitavanje unaprijed

- Unose se stranice koje nisu one koje zahtijeva greška stranice
- Iskorištava karakteristike većine sekundarnih memorijskih uređaja
- Ako su stranice procesa pohranjene istodobno u sekundarnoj memoriji, učinkovitije je učitati brojne stranice odjednom
- Neučinkovito ako se ne budu koristile dodatne stranice
- Ne treba miješati s "zamjenom"

Pravila smještaja

- Određuje gdje će se u stvarnoj memoriji nalaziti dio procesa
- Važno pitanje dizajna u segmentacijskom sustavu
- Straničenje ili kombinirano straničenje sa segmentacijom nije važno jer hardver obavlja funkcije s jednakom učinkovitošću
- Za NUMA sustave poželjna je strategija automatskog smještaja

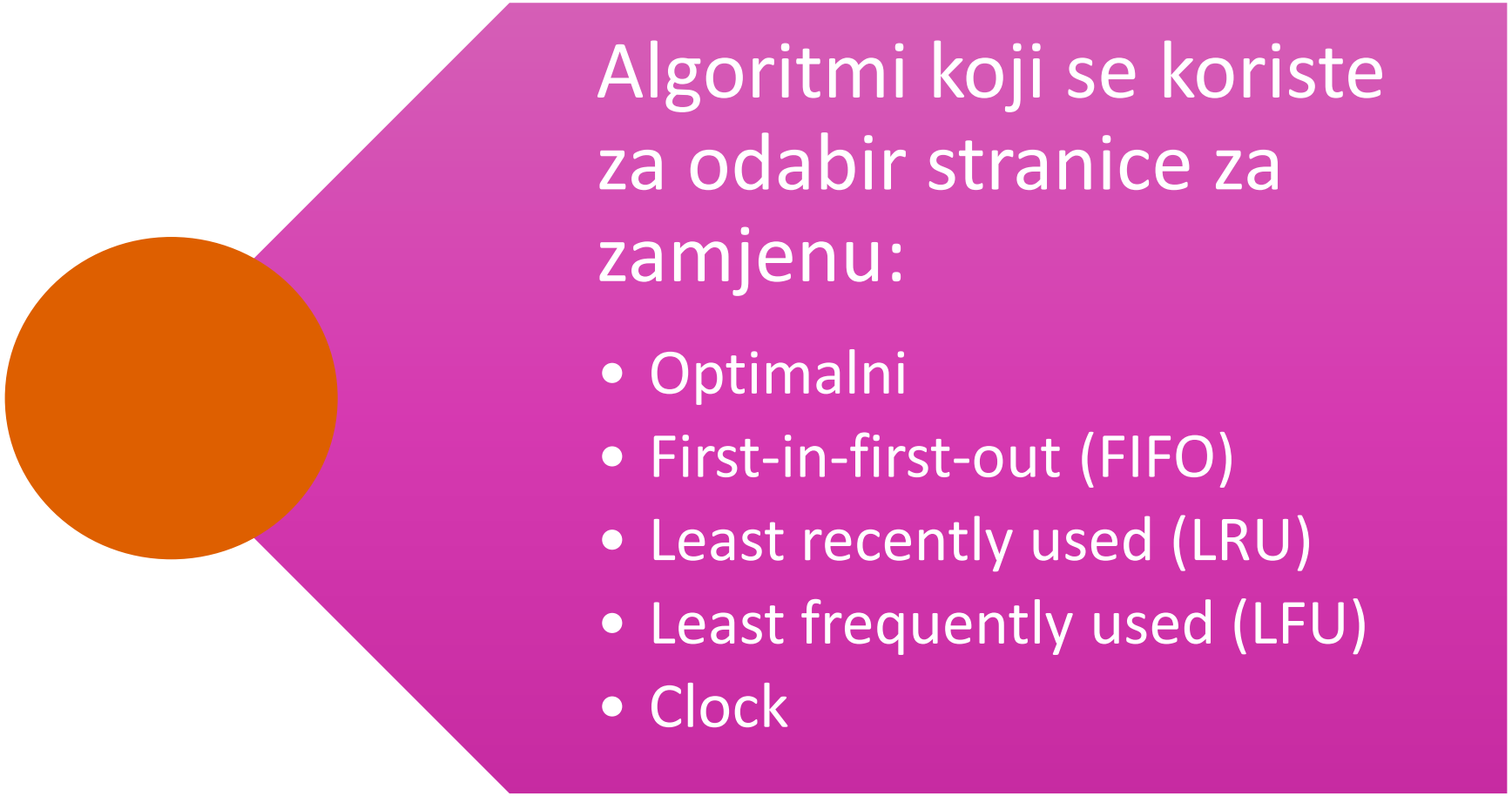
Pravila zamjene

- Bavi se odabirom stranice u glavnoj memoriji koja će se zamijeniti kada se mora učitati nova stranica
  - Cilj je da stranica koja je uklonjena bude stranica na koju je najmanje vjerojatno da će se referencirati u bliskoj budućnosti
  - Što je politika zamjene složenija, to su veći troškovi hardvera i softvera za njegovu implementaciju

Zaključavanje okvira

- Kada je okvir zaključan, stranica koja je trenutno pohranjena u tom okviru možda neće biti zamijenjena
  - Jezgra OS-a, kao i ključne upravljačke strukture drže se u zaključanim okvirima
  - Ulazno-izlazni međuspremniki i vremenski kritična područja mogu biti zaključani u memorijske okvire
  - Zaključavanje se postiže postavljanjem brave na okvire

Osnovni algoritmi



Ponašanje algoritama zamjene stranice

Page address stream	2	3	2	1	5	2	4	5	3	2	5	2
OPTIMAL	2 3 	2 3 	2 3 	2 3 1	2 3 5 F	2 3 5	4 3 5 F	4 3 5	4 3 5	2 3 5 F	2 3 5	2 3 5
FIFO	2 3 	2 3 	2 3 	2 3 1	5 3 1 F	5 2 1 F	5 2 4 F	5 2 4	3 2 4 F	3 2 4	3 5 4 F	3 5 2 F
LRU	2 3 	2 3 	2 3 	2 3 1	2 5 1 F	2 5 1	2 5 4 F	2 5 4	3 5 4 F	3 5 2 F	3 5 2	3 5 2
LFU	2 3 	2 3 	2^{*} 3 	2^{*} 3 1	2^{*} 5 1 F	2^{**} 5 1	2^{**} 5 4 F	2^{**} 5 4	2^{**} 5 3 F	2^{***} 5 3	2^{***} 5 3	2^{****} 5 3
CLOCK	2* 3 	2* 3* 	2* 3* 	2* 3* 1*	5* 3 1 F	5* 2* 1	5* 2* 4* F	5* 2* 4*	3* 2 4 F	3* 2* 4	3* 2 5* F	3* 2* 5*

First-in-First-out (FIFO)

- Okvire stranica dodijeljene procesu tretira kao kružni međuspremnik
- Stranice se uklanjaju u stilu kružnog bojanja
  - Jednostavna politika zamjene za provedbu
- Stranica koja je najduže u memoriji se zamijenjuje

Least Recently Used (LRU)

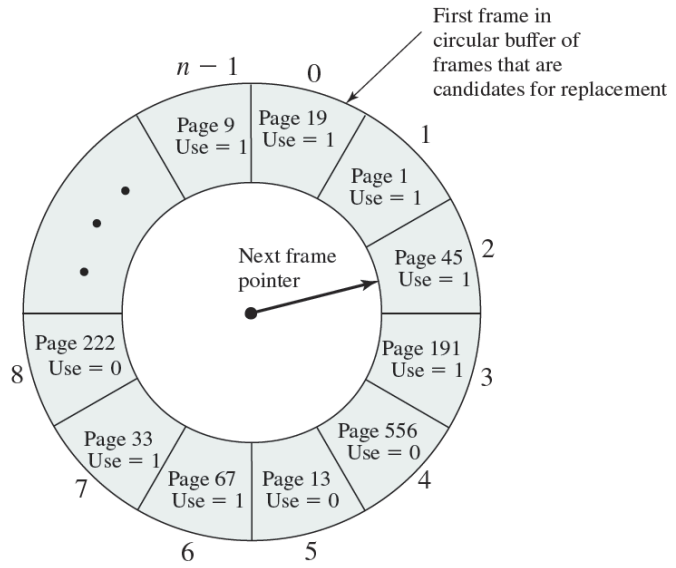
- Zamjenjuje stranicu koju se najduže ne koristi
- Po načelu lokaliteta, ovo bi trebala biti stranica za koju je najmanje vjerojatno da će se koristiti u bliskoj budućnosti
- Teško se provodi
  - Jedan od pristupa je označavanje svake stranice s vremenom posljednje reference
    - Zahtijeva vrijeme za obradu

Least Frequently Used (LFU)

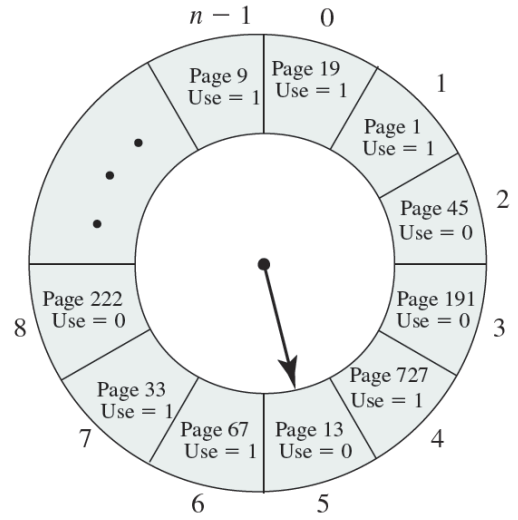
- Zamjenjuje stranicu najnižom referentnom frekvencijom
- Ovo bi trebala biti stranica za koju je najmanje vjerojatno da će se koristiti u bliskoj budućnosti
- U situaciji kada moramo birati između istih frekvencija, trebamo koristiti LRU algoritam
- Također, teško ga je provesti
-

Clock Policy

- Zahtijeva povezivanje dodatnog bita sa svakim okvirom
  - Naziva se bit upotrabe
- Kada se stranica prvi put učita u memoriju ili referencira, bit korištenja postavljen je na 1
- Skup okvira smatra se kružnim međuspremnikom
- Algoritam prenosi bilo koji okvir s korisnim bitom 1
- Okviri stranica kao raspoređeni u krugu



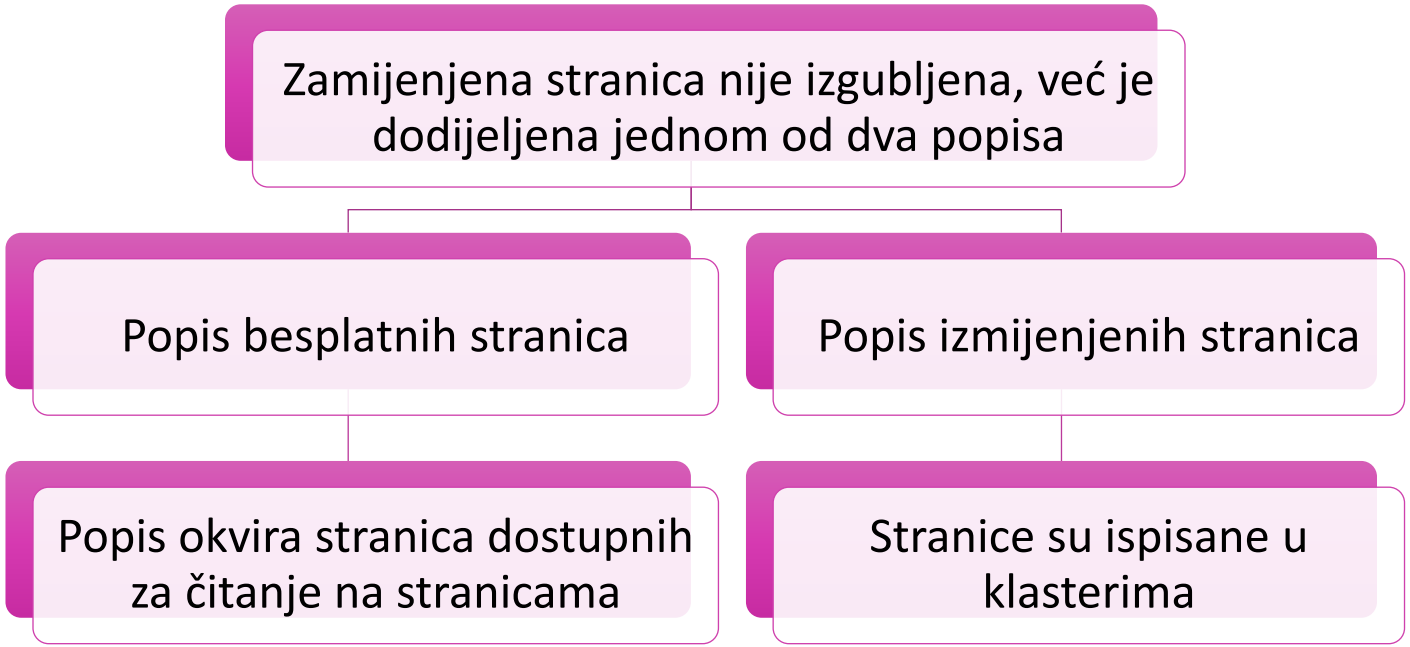
(a) State of buffer just prior to a page replacement



(b) State of buffer just after the next page replacement

Međuspremnik stranica

- Poboljšava performanse straničenja i omogućuje korištenje jednostavnijeg pravila zamjene stranice



Pravila zamjene i veličina predmemorije

- Uz velike predmemorije, zamjena stranica može imati učinak na performanse
  - Ako se okvir stranice odabran za zamjenu nalazi u predmemoriji, taj se blok predmemorije gubi kao i stranica koju drži
  - U sustavima koji koriste međuspremnik stranica performanse predmemorije mogu se poboljšati pravilima za smještaj stranice u međuspremniku stranica
  - Većina operacijskih sustava postavlja stranice odabirom proizvoljnog okvira stranice iz međuspremnika stranica

Kontrola opterećenja

- Određuje broj procesa koji će biti rezidentni u glavnoj memoriji
  - Razina multiprogramiranja
- Kritično u učinkovitom upravljanju memorijom
- Premalo procesa, mnogo prilika kada će svi procesi biti blokirani i puno vremena će se potrošiti na zamjenu
- Previše procesa dovest će do pogađanja

Obustava procesa

- Ako se želi smanjiti stupanj multiprogramiranja, jedan ili više trenutačno rezidentnih procesa mora se zamijeniti

Postoji šest mogućnosti:

- Proces najnižeg prioriteta
- Procesi s greškom
- Zadnji aktiviran proces
- Postupak s najmanjim rezidentnim skupom
- Najveći proces
- Postupak s najvećim preostalim prozorom izvršenja

Upravljanje memorijom - UNIX

- Namijenjeno da bude strojno neovisno, tako da će se njegove sheme upravljanja memorijom razlikovati
  - Rani UNIX: varijabilno particioniranje bez sheme virtualne memorije
  - Trenutne implementacije UNIX-a i Solarisa koriste virtualnu memoriju sa stranicama

SVR4 i Solaris koriste dvije zasebne sheme:

- Sustavstraničenja
- Aloktor memorije jezgre

Sustav straničenja i razdjelnik memorije jezgre

Sustav straničenja

Pruža mogućnost virtualne memorije koja dodjeljuje okvire stranica u glavnoj memoriji procesima

Dodjeljuje okvire stranica međuspremnikima bloka diska

Razdjelnik memorije jezgre

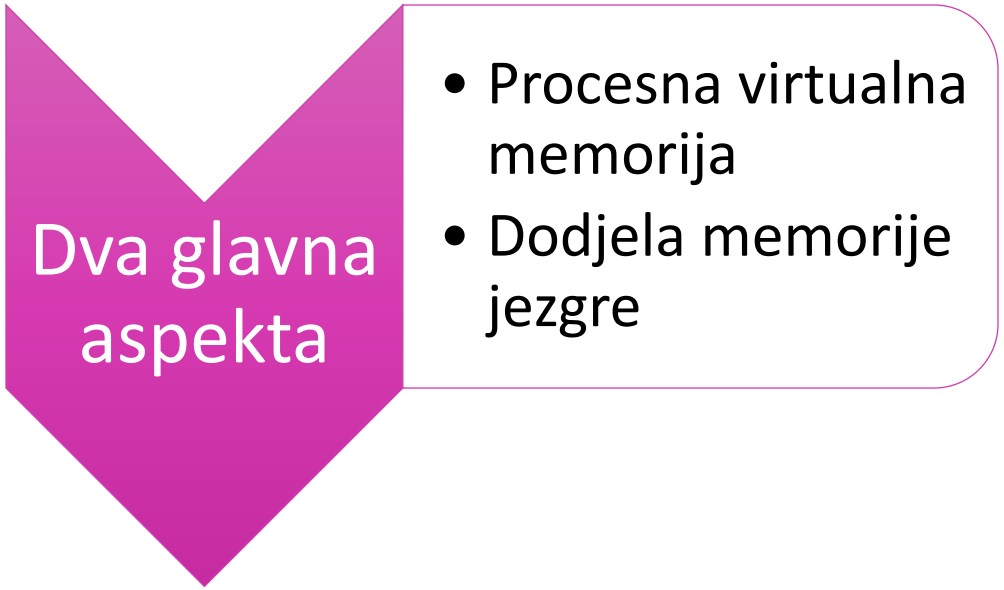
Dodjeljuje memoriju za jezgru

Zamjena stranica

- Tablica podataka okvira stranice koristi se za zamjenu stranice
- Pokazivači se koriste za stvaranje popisa unutar tablice
  - Svi dostupni okviri povezani su na popisu praznih okvira dostupnih za dovođenje stranica
  - Kada broj dostupnih okvira padne ispod određenog praga, jezgra će zauzeti brojne okvire kako bi to nadoknadila

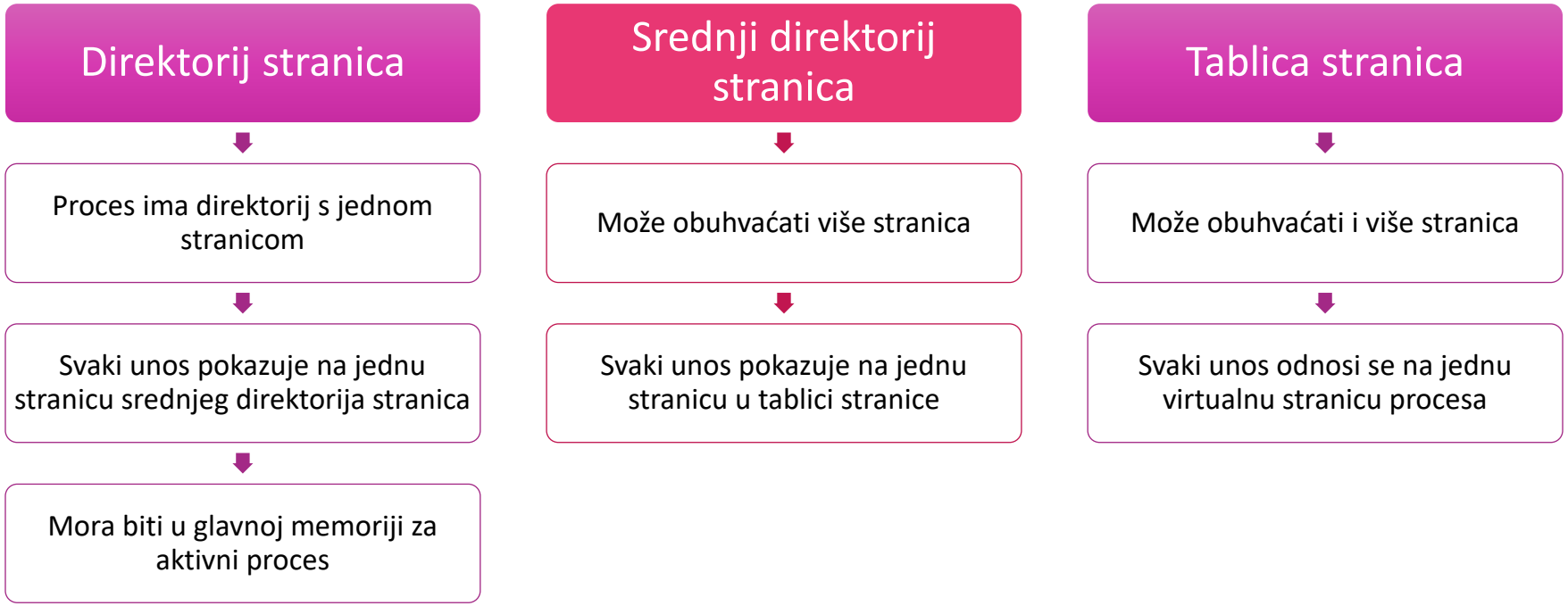
Upravljanje memorijom - Linux

- Dijeli mnoge karakteristike s UNIX-om
- Prilično je složeno



Linux virtualna memorija

- Struktura tablice stranice s tri razine:



Linux - zamjena stranica

- Na temelju algoritma sata
- Bit upotrebe zamjenjuje se 8-bitnom varijablom starosti
  - Povećava se svaki put kada se pristupi stranici
- Povremeno smanjuje dobne bitove
  - Stranica s dobi od 0 godina je "stara" stranica na koju se već neko vrijeme ne spominje i najbolji je kandidat za zamjenu
- Oblik najčešće korištenih pravila

Upravljanje memorijom u sustavu Windows

- Upravitelj virtualne memorije kontrolira kako se memorija dodjeljuje i kako se izvodi straničavanje
- Dizajniran za rad na raznim platformama
- Koristi veličine stranica u rasponu od 4 Kbytes do 64 Kbytes

Mapiranje virtualne adrese - Windows

- Na 32-bitnim platformama svaki korisnički proces vidi zaseban 32-bitni adresni prostor koji omogućuje 4 GB virtualne memorije po procesu
  - Prema zadanim postavkama polovica rezervirana je za OS
  - Velike memorijski intenzivne aplikacije rade učinkovitije pomoću 64-bitnog sustava Windows
  - Većina modernih računala koristi arhitekturu 64bitnih procesora koja se može pokretati kao 32-bitni ili 64-bitni sustav

Windows straničenje

- Prilikom stvaranja proces može iskoristiti cijeli korisnički prostor od gotovo 2 GB
- Taj je prostor podijeljen na stranice fiksne veličine od 64 KB
- Regije mogu biti u jednoj od tri stanja:

Rezidentni sustav upravljanja skupovima

- Windows koristi varijabilnu alokaciju, lokalni doseg
- Kada se aktivira, procesu se dodjeljuje struktura podataka za upravljanje radnim skupom
- Radni skupovi aktivnih procesa prilagođavaju se ovisno o dostupnosti glavne memorije

Androida - upravljanje memorijom

- Android uključuje niz proširenja na uobičajeni Linux kernel objekt za upravljanje memorijom
- To uključuje:
  - ASHMem
    - Ova značajka pruža anonimnu zajedničku memoriju koja apstrahira memoriju kao opisnike datoteka
    - Deskriptor datoteke može se proslijediti drugom procesu za zajedničko korištenje memorije
  - Pmem
    - Ova značajka dodjeljuje virtualnu memoriju tako da je fizički susjedna
    - Ova je značajka korisna za hardver koji ne podržava virtualnu memoriju
  - Low Memory Killer
    - Ova značajka omogućuje sustavu da obavijesti aplikaciju ili aplikacije da im mora uzeti dio memorije
    - Ako aplikacija ne otpusti dio memorije OS je prekida

Sažetak

- Preduvjeti za upravljanje memorijom
  - Preseljenje
  - Zaštita
  - Dijeljenje
  - Logička organizacija
  - Fizička organizacija
- Straničenje
- Particioniranje memorije
  - Fiksno particioniranje
  - Dinamičko particioniranje
  - Buddy sustav
  - Preseljenje
- Segmentacija
- Hardverske i upravljačke strukture
  - Lokalitet i virtualna memorija
  - Kombinirano straničenje i segmentacija
  - Zaštita i zajedničko korištenje
- Programi OS-a
  - Pravilo dohvaćanja
  - Pravila smještaja
  - Pravila zamjene
  - Upravljanje rezidentnim skupom
- UNIX upravljanje memorijom
  - Stranični sustav
- Linux - upravljanje memorijom
  - Linux virtualna memorija
  - Dodjela memorije jezgre
- Windows - upravljanje memorijom
  - Mapiranje virtualnih adresa sustava Windows
  - Windows strančenje
  - Zamjena u Windows sustavima
- Android - upravljanje memorijom

Thank you for your attention!