Operativni sistemi 1

Distribuirani sistemi

Nemanja Maček

Sadržaj

- Uvod u distribuirane sisteme
- Tipovi mrežno-orijentisanih operativnih sistema
- Sinhronizacija procesa u distribuiranim sistemima
- Atomske transakcije u distrubuiranim uslovima
- Upravljanje zastojima u distribuiranim uslovima

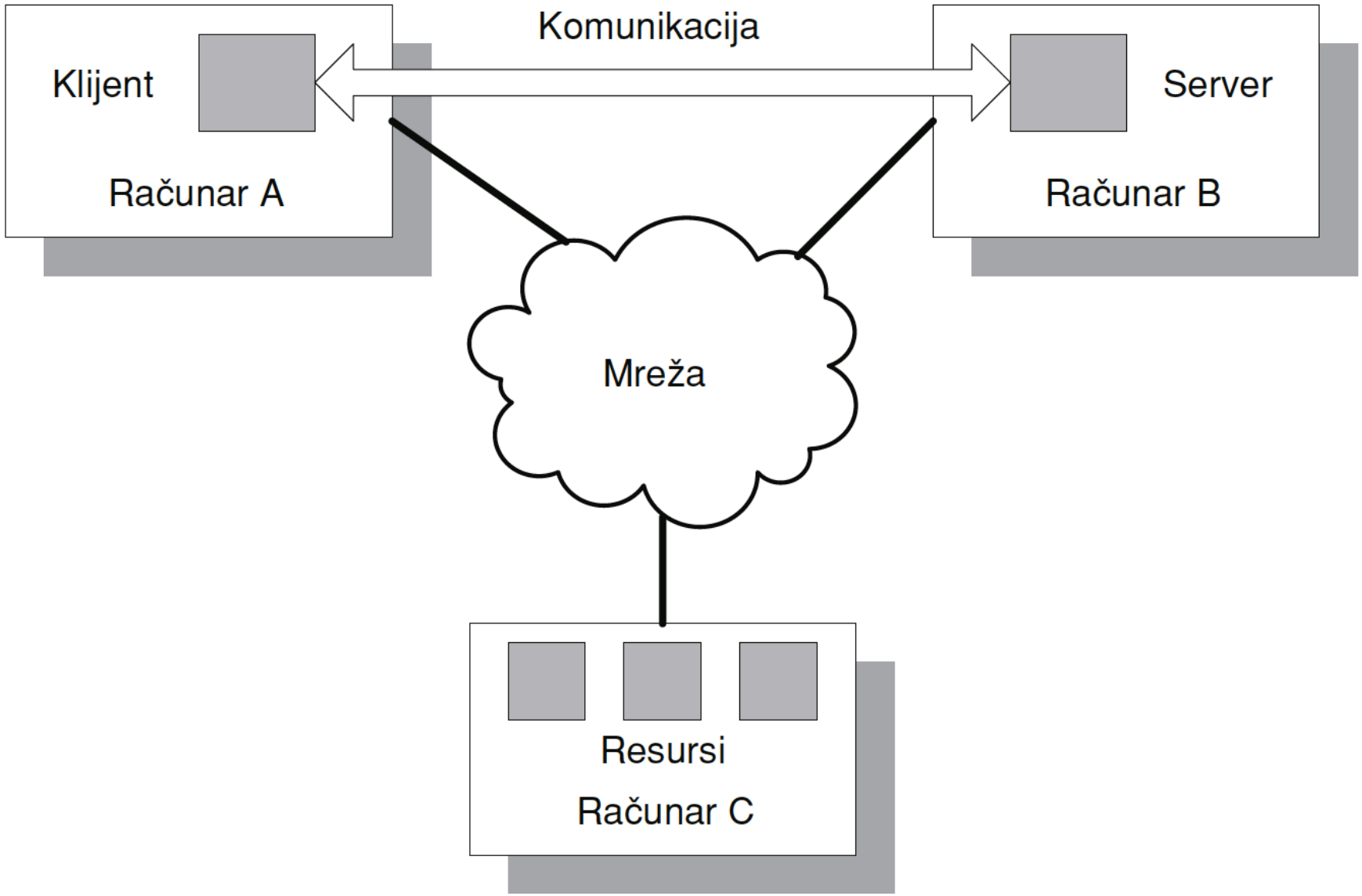
Uvod u distribuirane sisteme

- **Distribuirani sistem** (engl. *distributed system*) je kolekcija procesora odnosno računara koji ne dele zajedinčku memoriju i sistemski časovnik.
- U DS-u:
  - svaki procesor, odnosno računar ima sopstvenu lokanu memoriju,
  - međusobna komunikacija se ostvaruje putem računarske mreže LAN ili WAN tipa.
- **Osnovna namena** DS-a je da obezbedi efikasno i pogodno **deljenje resursa**.
- Najprostiji slučaj:
  - Distriburiani sistem se sastoji od servera, klijenata i sekundarnih memorija rapostranjenih na raznim mestima.
- DS obezbeđuju korisnicima:
  - visoke performance,
  - deljivost podataka,
  - visoku pouzdanost.

Uvod u distribuirane sisteme

- Osim podataka, datoteka i štampača, **distribuiraju se i procesi**.
- Zato se moraju obezbediti mehanizmi:
  - sinhronizacije procesa,
  - komunikacije između procesa,
  - rešavanja problema zastoja.
- Napomena: u slučaju DS-a mogu se pojaviti problemi koji nisu karakteristični za centralizovane OS!

- Procesori, odnosno računarski sistemi u DS-u se nazivaju:
  - sajt (engl. *site*)
  - čvor (engl. *node*)
  - računar (engl. *computer*, *machine*, *host*).
- U ovom izlaganju će se uglavnom koristiti termin **sajt**.
- Sa stanovišta jednog procesora:
  - drugi procesori i nihovi resursi su **udaljeni resursi** (engl. *remote resources*),
  - njegovi sopstveni resursi su **lokalni resursi** (engl. *local resources*).


Komunikacija
Klijent
Računar A
Server
Računar B
Mreža
Resursi
Računar C

- DS mogu biti realizovani kao:
  - **klijent-server sistemi**, koji se sastoje od **servera** (podataka, za izračunavanje, za štampu, itd.) i **klijenata** (računari koji koriste njihove usluge) ili
  - **ravnopravni računarski sistemi** koji po mreži dele resurse.

Karakteristike distribuiranih sistema

- **Transparentnost**.
  - DS korisniku treba da izgleda kao konvencionalni centralizovani sistem.
- **Otpornost na greške**.
  - DS treba da nastavi funkcionisanje u slučaju bilo kog otkaza.
  - DS mora da detektuje otkaz i da pronađe sajt koji će zameniti onoga ko je “ispao iz igre”.
- **Skalabilnost**.
  - Sa povećanjem zahteva DS treba lako da prihvati dodavanje novih računara i resursa.
- **Deljenje resursa**.
  - DS sistemi obezbeđuju mehanizme za deljenje datoteka, obradu informacija u distribuiranim bazama podataka, deljenje štampača i specijalizovanog hardvera.
- **Ubrzavanje izračunavanja**.
  - Može da se obavi takozvanim deljenjem opterećenja (engl. *load sharing*).
  - Proces se izdeli na celine koje se obrađuju na posebnim računarima u mreži.
  - Nakon toga, rezultati parcijalnih izračunavanja se spajaju.

Detekcija greške i oporavak

- U distribuiranim sistemima moguće su različite vrste hardverskih otkaza:
  - **otkaz sajta**,
  - **otkaz linka**,
  - **gubitak poruke**.
- Kako se može ustanoviti **da li je otkazao link ili host**?
  - Pretpostavka: sajtovi A i B imaju fizički link koji funkcioniše.
  - U fiksnim intervalima oba sajta šalju poruke tipa **<*I-am-up*>**.
  - Sajt A ne prima ovu poruku u propisnom intervalu i pretpostavlja da je nešto otkazalo.
    - Ako i dalje nema poruke sajt A šalje poruku **<*Are-you-up*>**.
    - Ako i dalje nema odgovora sajt A pošalje istu poruku **preko druge putanje**.
    - Ukoliko se **sajt B** javi zaključuje se da je **link otkazao**.
    - Šta možemo da zaključimo ako odgovora nema ni preko druge putanje?

Detekcija greške i oporavak

- Ako i preko druge putanje nema odgovora tada se doazi do **nepreciznog zaključaka**:
  - host B otkazao,
  - prvi link otkazao,
  - drugi link otkazao ili
  - poruka je izgubljena.
- Dakle:
  - jedan od ove četiri vrste otkaza se dogodio, ali
  - ne može se ustanoviti tačno koji.

Detekcija greške i oporavak

- Nakon detekcije greške otpočinje procedura za rekonfiguraciju sistema:
  - Ako je **direktni link između A i B otkazao**:
    - svaki sajt u sistemu mora da dobije tu informaciju,
    - razlog je ažuriranje tabela rutiranja.
  - Ako se pretpostavi da je **host otkazao**:
    - svaki sajt u sistemu mora da dobije tu informaciju;
    - razlog je sprečavanje pokušaja ostvarivanja konekcije sa tim sajtom.
- Oporavljeni link ili host se moraju **ponovo vratiti u sistem**.
- Šta se u tom slučaju čini?
  - Oporavljen link – link se unosi u tabele za rutiranje.
  - Oporavljen sajt – svi sajtovi se obaveštavaju da je prethodno otkazani host ponovo u fukciji.

Tipovi mrežno-orijentisanih operativnih sistema

- Mrežno-orijentisani OS se prema svojim karakteristikama mogu podeliti na:
  - mrežne OS,
  - distribuirane OS.

Mrežni operativni sistemi

- Mrežni OS obezbeđuju takvu okolinu u kojoj korisnik može pristupiti udaljenim resursima na dva načina:
  - procedurom prijavljivanja na udaljeni računar (engl. ***remote login***), kao što je SSH, Remote Desktop, itd.,
  - transferom datoteka sa udaljene mašine na sopstvenu (engl. ***remote file transfer***), kao što je SCP.

Distribuirani operativni sistemi

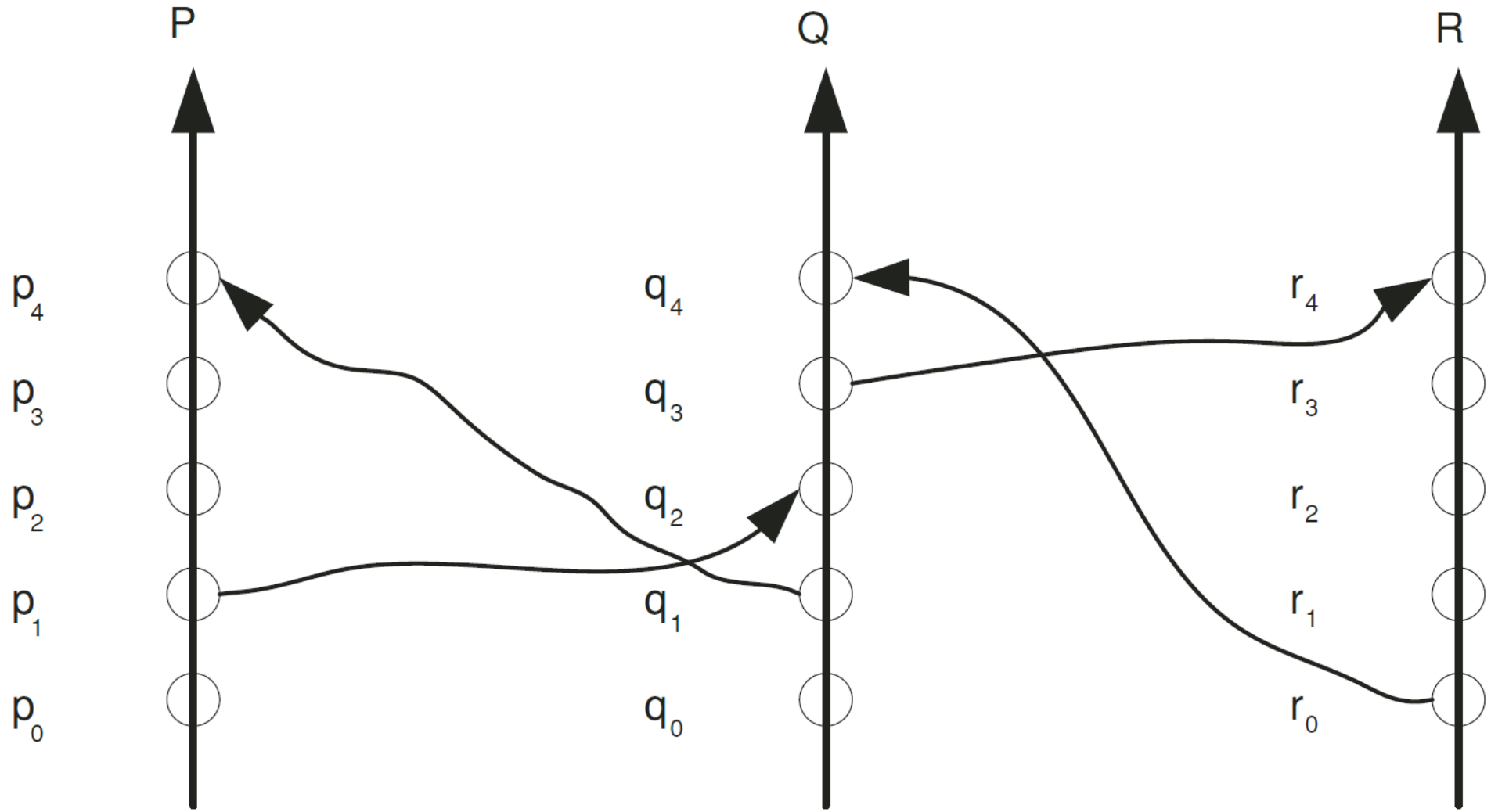
- U distribuiranim OS korisnik **pristupa udaljenim resursima kao da su lokalni**.
- Distribuirane OS karakterišu tri vrste migracija: migracija podataka, izračunavanja i procesa.
- **Migracija podataka**.
- **Migracija izračunavanja**.
  - Primer: proces inicirata obradu na više udaljenih strana a zatim sakuplja rezultate.
  - Kako se može odvijati komunikacija? RPC pozivima, slanjem poruka, itd.
- **Migracija procesa**.
  - Proširenje migracije izračunavanja.
  - Ideja: ceo proces ili neki njegovi delovi mogu se izvršavati na drugim računarima.
  - Pogodnosti:
    - balansirano opterećenje (engl. *load balancing*),
    - ubrzavanje obrade (engl. *computation speedup*),
    - izvršavanje na namenskom hardveru sa namenskim softverskom (preferenciranje),
    - brži pristup podacima.

Distribuirana sinhronizacija procesa

- Problem:
  - Veliki broj aplikacija zahteva da se poštuje redosled događaja.
  - U DS na različitim računarima postoje **različiti časovnici**.
  - Dva procesa koja se izvršavaju na različitim računarima ne mogu da odrede tačan redosled događaja.
- Kako rešavamo problem?

Distribuirana sinhronizacija procesa

- U distribuiranim sistemima uvodi se relacija ***happened-before***.
- Ova relacija pruža samo delimičnu informaciju o **redosledu događaja**.
- Relaciju *happened-before* označićemo sa $\rightarrow$.
- Ako je je A $\rightarrow$ B tada se se A mora izvršiti pre B.
- Kada važi A $\rightarrow$ B?
  - A i B su događaji istog procesa pri čemu je događaj A izvršen pre događaja B.
  - Događaj A je slanje poruke a događaj B primanje te poruke pri čemu različiti procesi šalju i primaju poruku.
- Šta je karakteristično za relaciju *happened-before*?
  - Ako je A $\rightarrow$ B i B $\rightarrow$ C tada je A $\rightarrow$ C (implikacija).
- Dva događaja A i B koji nisu povezana relacijom *happened-before* se izvršavaju **konkurentno**.


P
Q
R
p4
p3
p2
p1
p0
q4
q3
q2
q1
q0
r4
r3
r2
r1
r0

Distribuirana sinhronizacija procesa

- Sa prethodne slike vidimo:
  - Događaji $p_1 \rightarrow q_2$, $r_0 \rightarrow q_4$, $q_3 \rightarrow r_4$ itd. su povezani relacijom *happened-before*.
  - $p_1 \rightarrow r_4$ je implikacija ($p_1 \rightarrow q_2$ i $q_3 \rightarrow r_4$).
  - Neki događaji se odvijaju konkurentno (q_0, p_2), (r_0, q_3), (r_0, p_3).
    - U slučaju konkurentnih događaja ne znamo koji se dogodio prvi.

Distribuirana sinhronizacija procesa

- Redosled događaja mora se odrediti **bez fizičkih časovnika**.
- Zato ćemo svakom fizičkom događaju dodeliti **vremensku oznaku *TS*** (engl. *timestamp*).
- Definisaćemo relaciju *hapended-before* za svaki par događaja A i B na sledeći način:
  - Ako je **A** $\rightarrow$ **B** tada je ***TS*(*A*)<TS(*B*)**.
- Vrednosti TS mogu se dodeliti procesima na osnovu **logičkog časovnika *LC*** (engl. *logical clock*).
  - Za svaki proces P_i definiše se LC_i kao **brojač događaja**.
  - Brojač događaja je monotono rastuća nenegativna vrednost.
  - Ako se događaj A desi pre događaja B tada je $LC_i(A) < LC_i(B)$.
- Šta je problem?

Distribuirana sinhronizacija procesa

- Problem se javlja u slučaju dva procesa koji se izvršavaju na **dva različita računara** sa različitim procesorima i različitim taktovima.
  - Proces P_1 šalje poruku procesu P_2 na drugoj mašini (događaj A).
  - Proces P_2 prima poruku (događaj B).
  - Neka je $LC_1(A) = 200$ i $LC_2(B)=195$.
  - Situacija je moguća ali ovo nije saglasno sa onim što smo hteli.
  - Ako je $A \rightarrow B$ tada $LC_1(A)$ mora biti manji od $LC_2(B)$.
- Kako se problem rešava?
  - Uvođenjemm korekcije *LC* vrednosti procesa primaoca poruke u slučaju ovakve nesaglasnosti.
  - Proces primalac koriguje svoju *LC* vrednost tako što uzima *LC* vrednost procesa pošiljaoca uvećanu za 1.
  - U konkretnom slučaju $LC_2(B)$ mora da se koriguje i da postane $LC_2(B)=201$.

Međusobno isključenje

- Pretpostavimo da se sistem sastoji od *n* procesa i da se svaki izvršava na različitom procesoru.
- Postoje tri načina za rešavanje problema međusobnog isključenja:
  - centralizovani pristup,
  - slanje žetona,
  - puni distribuirani pristup.

Međusobno isključenje

- **Centralizovani pristup**.
  - Procesa određen da odobrava ulaz u kritičnu sekciju naziva se **koordinator**.
  - Opslužuje red čekanja za ulazak u kritičnu sekciju (KS).
  - U slučaju otkaza mora se zameniti drugim.

Međusobno isključenje

- **Slanje žetona**.
  - Zasniva se na specijalnoj poruci – **žetonu** (engl. *token*) koji kruži između svih procesa u sistemu.
  - Procesi obrazuju logički krug.
    - Proces koji je dobio žeton, ima pravo da uđe u svoju KS.
    - Ako proces ne želi da uđe u svoju kritičnu sekciju prosleđuje ga dalje.
  - Ako je kruženje žetona jednosmerno, nema zakucavanja.
  - Mogući problem: otkaz nekog procesa.
    - Nakon toga se mora formirati novi logički krug procesa.

Međusobno isključenje

- **Puni distribuirani pristup**.
  - **Proces *Pi*** koji želi da uđe u svoju KS generiše novi *timestamp* TS i šalje svim ostalim procesima poruku *request* (*Pi*, *TS*).
  - **Proces *Pj*** nakon primanja poruke *request*:
    - Odlaže slanje poruke *reply* za kasnije ukoliko se nalazi u KS.
    - Odgovara porukom *reply* ako nije u KS i nema nameru da uđe u nju.
    - Ako proces *Pj* ima nameru da uđe u KS:
      - Uporediće TS sa procesom koji traži dozvolu.
        - Ako je *TS*(*Pj*) > TS(*Pi*) poslaće *reply* poruku
        - U suprotnom se slanje poruke odlaže.
  - Proces *Pi* može ući u svoju KS kad primi *reply* poruke od svih drugih procesa u sistemu.
  - Kada napusti svoju KS proces šalje *reply* poruku svim procesima koji su mu se obratili.
  - Šta je problem ove šeme?
    - Proces mora da poznaje sve procese u sistemu i da prati dodavanje i ukljanjanje procesa iz sistema.

Pojam transakcije

- **Transakcija** je kolekcija instrukcija koje obavljaju jednu logičku funkciju.
- Transakcija obuhvata čitanje ili upis podataka.
- Transakcija se završava se sa dve moguće operacije:
  - **Commit**: označava da je transakcija obavila svoje izvršavanje uspešno
  - **Abort**: označava da je transakcija završila svoje izvršavanje neuspešno (greška).
- Od transakcija se traži da se obavljaju **atomski**.
  - Transakcija se ili izvršava ili se ne izvršava.
  - Stanje sistema u slučaju greške ili prekida transakcije mora biti svedeno na stanje sistema pre izvršavanja transakcije.
    - To se naziva **povratak unazad** (engl. *rollback*).

Pojam transakcije

- Da bi se obezbedila atomska priroda transakcije mora se voditi evidencija o svim koracima upisa!
- To se obavlja preko **dnevnika transakcija** smeštene na stabilnoj memoriji.
- Svaki **zapis u dnevniku** opisuje jednu operaciju upisa u transakciji i sadrži sledeća polja:
  - ime transakcije,
  - ime polja za upis,
  - stare podatke koji predstavljaju vrednost podataka pre operacije upisa,
  - nove podatke koji predstavljaju vrednost nakon operacije upisa.

Pojam transakcije

- Pre nego što transakcija *Ti* počne izvršavanje u dnevnik se upiše zapis **<*Ti starts*>**.
- U toku svake transakcije pre svake operacije upisa mora se upisati jedan zapis u dnevnik.
- Poslednji zapis u dnevniku je **<*Ti commit*>.**
- Transakcija *Ti* izvršena na ovaj način **može se poništiti**!
- Kako?

Pojam transakcije

- Uvode se dve operacije za rad sa transakcijama koje koriste dnevnik:
  - ***undo* (*Ti*)** koja vraća sve vrednosti koje je promenila transakcija na stare vrednosti
  - ***redo* (*Ti*)** koja postavlja sve vrednosti koje je transakcija promenila na nove vrednosti.
- Ako se dogodi otkaz sistema zbog havarije *log* tehika omogućava dve situacije:
  - Ako **ne postoji zapis <*Ti commit*>**
    - Transakcija *Ti* se nije završila.
    - Izvršava se operacija *undo* (*Ti*).
  - Ako **postoji zapis <*Ti commit*>**
    - Transakcija *Ti* se završila.
    - Treba je imati u oporavljenom sistemu.
    - Izvršava se operacija *redo* (*Ti*).

Pojam transakcije

- Kako se rad sa transakcijama može učiniti efikasnijim u slučaju otkaza i regeneracije sistema?
- U dnevnik se uvodi **kontrolna tačka** (oznaka *checkpoint*).
- **Kontrolna tačka** određuje sve transakcije završene na stabilnom medijumu.
  - Sve što se u dnevniku nalazi pre kontrolne tačke je u redu.
  - Sve što se nalazi iza nje treba obraditi na sledeći način:
    - Operacija *redo* (*Tk*) izvršava se za svaku *Tk* koja sadrži zapis <*Tk commit*>.
    - Operacija *undo* (*Tk*) izvršava se za svaku *Tk* koja ne sadrži zapis <*Tk commit*>.

Konkurentne atomske transakcije

- Svaka transakcija mora da bude atomska.
- Transakcije se izvršavaju konkurentno sa svojim procesima.
- Pravilan redosled izvršenja može se obezbediti izvršavanjem svake transakcije **u celosti unutar kritične sekcije**.
  - Ovaj način izvršavanja je isuviše restriktivan.
  - Serijsko raspoređivanje ne može dovesti do konfliktnih odnosa.
  - Povlači strogo serijsko nekonkurentno raspoređivanje transakcija i umanjuje performanse.
- Uvode se specijalne tehnike kojima se:
  - reguliše konkurentnost transakcija,
  - sprečavaju konflikti.

Konkurentne atomske transakcije

- **Konkurentne operacije** u transakcijama mogu biti u:
  - konfliktnom odnosu,
  - nekonfliktnom odnosu.
- Konkurentne operacije su **u konfliktnom odnosu** ukoliko se:
  - odnose na isti zapis,
  - pri tome je bar jedna operacija upis.
- Ukoliko transakcije preklapaju svoja izvršenja:
  - performanse se povećavaju,
  - mogući su konfliktni odnosi između operacija.
- **Konfliktne operacije ne smeju se izvršavati istovremeno**!
- Transakcije se mogu preklapati samo ako se izbegnu konflikti između operacija što se postiže:
  - protokolom za zaključavanje,
  - poredkom izvršavanja na bazi vremenske oznake (TS poredak).

Protokol za zaključavanje

- Transakcija *Ti* pre pristupa zapisu *Q* mora da zatraži odgovarajuće **pravo zaključavanja**.
- Transakcija pristupa zapisu **isključivo nakon zaključavanja**.
- Zapis se može zaključati na dva načina: deljivo i nedeljivo.
  - **Deljivo** (engl. *shared lock*).
    - Transakcija koja dobije pravo na deljivo zaključavanje zapisa *Q*:
      - Dobija pravo čitanja zapisa *Q*
      - Ne dobija pravo upisa zapisa *Q*.
  - **Ekskluzivno** (engl. *exclusive lock*).
    - Transakcija koja dobije pravo na ekskluzivno zaključavanje zapisa *Q* taj zapis može čitati i upisati.

Poredak izvršavanja na bazi vremenske oznake (TS poredak)

- Sinhronizacija između procesa može se ostvariti pomoću **protokola zasnovanog na vremenskim oznakama**.
- Svakoj transakciji dodeljujemo **TS** kao **vreme kada transakcija počinje da se izvršava**.
- Takođe svakom zapisu *Q* dodeljujemo dva vremenska parametra:
  - **W-timestamp** (*Q*) – vreme poslednje transakcije koja je uspešno obavila upis u Q.
  - **R-timestamp** (*Q*) – vreme poslednje transakcije koja je uspešno obavila čitanje iz Q.
- Ova dva parmetara se stalno ažuziraju.
- TS protokol obezbeđuje da konfliktno čitanje i upis obave u TS poretku koji isključuje preklapanje konflikta.

Poredak izvršavanja na bazi vremenske oznake (TS poredak)

- Pretpostavimo da transakcija *Ti* pošalje zahtev ***read*(Q)**.
- Moguće su dve situacije:
  - TS(*Ti*) ≥ W-timestamp(*Q*)
    - Zahtev je korektan.
    - Čitanje se obavlja.
    - Nakon toga se ažurira R-timestamp(*Q*).
  - TS(*Ti*) < W-timestamp(*Q*)
    - Transakcija traži vrednost Q iz prošlosti.
    - Ta vrednost je prepisana.
    - Čitanje se odbacuje.
    - Vrednost se može dobiti primenom metode *rollback* na transakciju *Ti*.

Poredak izvršavanja na bazi vremenske oznake (TS poredak)

- Pretpostavimo da je transakcija *Ti* pošalje zahtev ***write*(*Q*)**.
- Moguće su tri situacije:
  - TS(*Ti*) < R-timestamp(*Q*)
    - Transakcija pokušava da upiše nešto što je već trebalo da bude pročitano
    - Zahtev je nekorektan pa se upis odbacuje
    - Na transakciju Ti se primenjuje metoda *rollback*.
  - TS(*Ti*) < W-timestamp(*Q*)
    - Transakcija pokušava da upiše staru vrednost za *Q*
    - Upis se odbacuje
    - Na transakciju Ti se primenjuje metoda *rollback*.
  - U svim ostalim slučajevima upis se obavlja.
- Napomena: transakcija za koju se obavlja *rollback* dobija novu TS vrednost i restartuje se.

Konkurentne atomske transakcije u distribuiranim uslovima

- Mehanizmi koje smo definisali za sinhronizaciju procesa moraju se prilagoditi ili redefinisati za distrubiranu okolinu!
- Svaki sajt mora da ima sopstveni mehanizam za upravljanje transakcijama koji pored sinhronizacije obavezno vodi i dnevnik koji pomaže u slučaju opravaka od otkaza.
- Kao i u slučaju centralizovane okoline definisaćemo protokole za zaključavanje i *timestamp* metodu.

Protokoli za zaključavanje

- **Slučaj bez replikacije datoteka**.
  - Svaki sajt ima svoj mehanizam za zaključavanje i otključavanje podataka (engl. ***lock manager***).
  - Transakcija koja želi da zaključa zapis *Q* na sajtu *Si* šalje **poruku o zaključavanju**: *lock* (*Si*, *Q*).
  - *Lock manager* sajta *Si*:
    - Poslaće transakciji poruku da joj je zahtev ispunjen ako ima uslove da zaključa *Q.*
      - Kada transakcija odradi svoje slanjem poruke unlock (*Si*, *Q*) otključaće zapis *Q*.
    - U protivnom transakcija mora da čeka.
- **Slučaj sa više replika datoteke u sistemu**.
  - Protokoli za zaključavanje se mogu realizovati na više načina:
    - protokol za zaključavanje sa jednim koordinatorom,
    - protokol većine,
    - pristrasni protokol,
    - primarna kopija.

Timestamp protokoli u distrubuiranim uslovima

- Svaka transakcija ima **vremensku oznaku** (TS) koja omogućava serijalizaciju izvršavanja.
- Jedinstvena TS vrednost može se generisati **centralizovanom** ili **distrubuiranom metodom**.
  - Dodela TS vrednosti je centralizovana ukoliko **jedan sajt generiše i dodeljuje TS vrednosti** na osnovu vrednosti svog logičkog brojača ili sopstvenog časovnika.
  - Dodela TS vrednosti je distribuirana ukoliko se jedinstvena TS vrednost formira udruživanjem **jedinstvene lokalne TS vrednosti** koju svaki sajt generiše putem svog logičkog brojača i **identifikatora računara**.
    - Poredak udruživanja je bitan.
    - Problem različitih brzina računara rešava se sinhronizacijom dva logička brojača pri slanju poruka između sajtova.
    - Primer:
      - Kada jedan sajt poseti drugi sajt sa manjim *LC*, tada se *LC* bržeg sajta sinhroniše, odnosno postavlja na *LC* vrednost sporijeg uvećanu za 1.

Šema poretka vremenskih oznaka

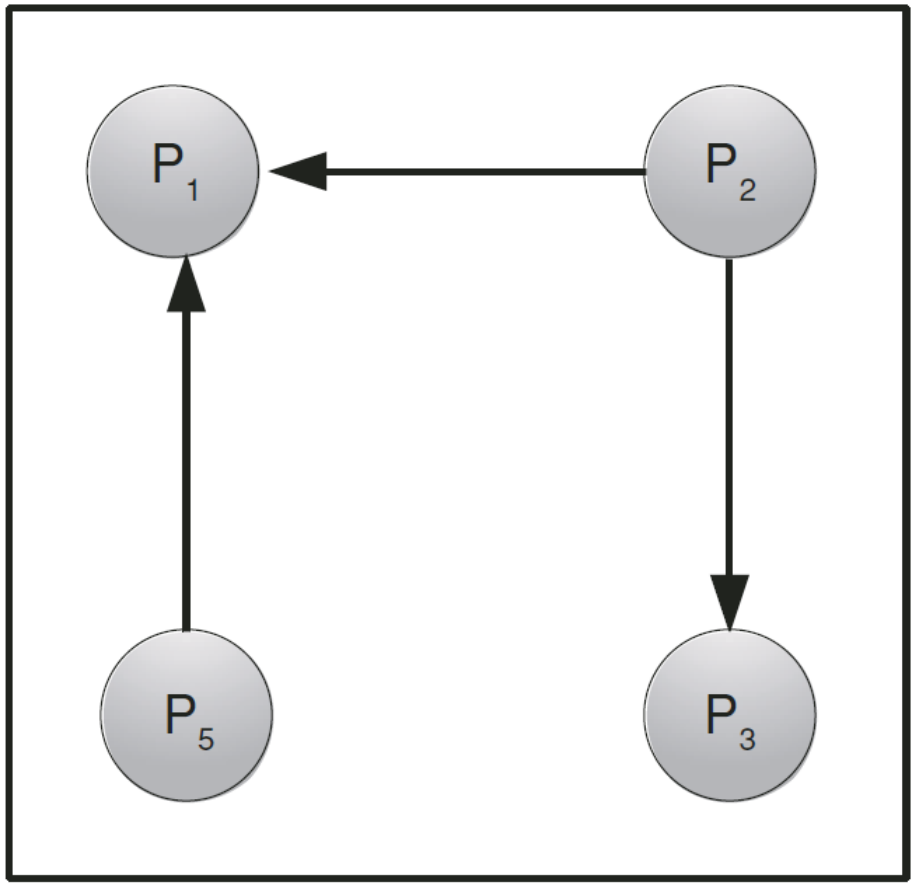
- Ova šema kombinuje centralizovanu *timestamp* metodu sa 2PC protokolom u cilju obezbeđivanja poretka bez velikog broja kaskadnih *roll-back* operacija.
- Različiti zahtevi za čitanje i upis se baferuju, a zatim izvršavaju u poretku definisanom na sledeći način:
  - Zahtev transakcije *Ti* **za čitanje podatka *x*** mora biti odložen ako postoji transakcija *Tj* koja treba da izvrši upis podatka *x* a pri tome je TS(*Tj*) < TS(*Ti*).
  - Zahtev transakcije *Ti* **za upis podatka *x*** mora biti odložen ukoliko postoji transakcija *Tj* koja treba da izvrši čitanje ili podatka x a pri tome je TS(Tj) < TS(Ti).

Upravljanje zastojima u distribuiranim uslovima

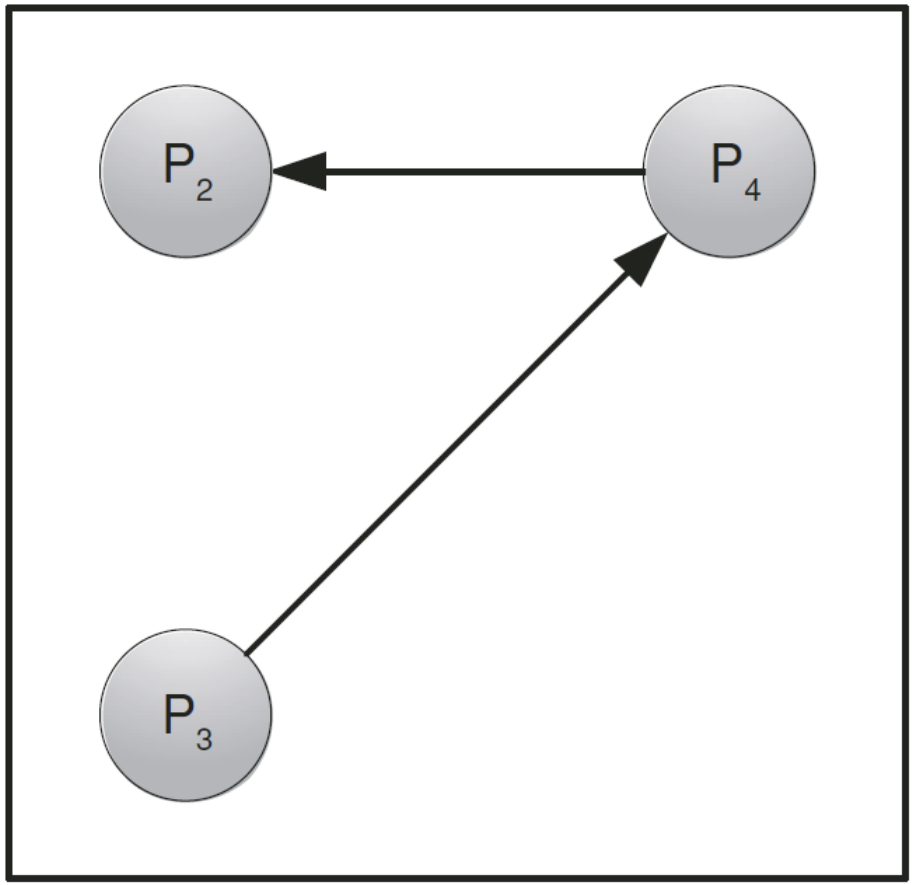
- **Prevencija zastoja**.
  - **Metoda *wait-die***.
    - Nema pretpražnjenja (nasilnog oduzimanja resursa).
    - Stariji proces čeka na mlađeg da otpusti resurs.
    - Proces *Pi* koji traži resurs dodeljen procesu *Pj* čekaće da proces *Pj* taj resurs otpusti samo ako je TS(*Pi*)>TS(*Pj*).
    - U protivnom proces *Pi* se podvrgava *rollback* operaciji.
  - **Metoda *wound-wait***.
    - Suprotna metodi *wait-die*.
    - Zasnovana je na tehnici pretpražnjenja.
    - Proces *Pi* će čekati na resurs dodeljen procesu *Pj* samo ako je *Pi* mlađi: TS(*Pi*)<TS(*Pj*).
    - U protivnom, *Pj* se podvrgava *rollback* operaciji, a resurs mu se oduzima i predaje procesu *Pi*.
    - Stariji proces nikada ne čeka na mlađe.

Upravljanje zastojima u distribuiranim uslovima

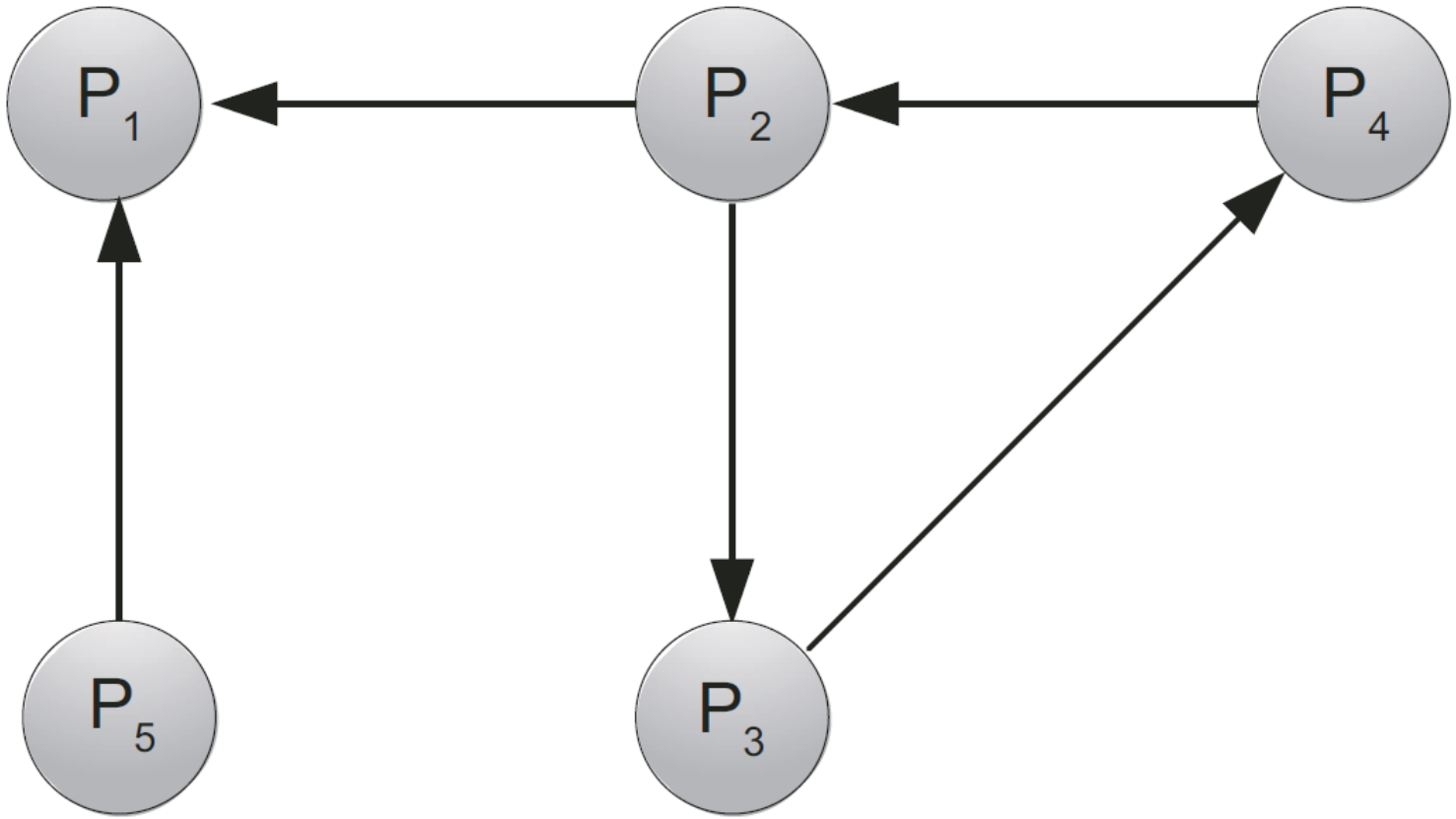
- **Detekcija zastoja**.
  - ***Wait-for grafovi* sajtova** spajaju se u jedan **zajednički graf**.
  - Detekcija zastoja u DS je složena procedura i može se obavljati:
  - **Centalizovano**.
    - Problem zastoja rešava jedan sajt na kome se izvršava proces **koordinator za detekciju zastoja** (*deadlock detection coordinator*).
    - Taj proces treba da proceni da li je DS u stanju zastoja ili ne.
    - Ovaj proces traži od ostalih sajtova da mu dostave svoj *wait-for* graf kako bi na osnovu toga konstruisao zajednički *wait-for* graf.
  - **Distribuirano**.
    - Svi sajtovi su zaduženi za detekciju zastoja.
    - Svaki sajt konstruiše svoj modifikovani *wait-for* graf uključujući Pex čvor (eksterni čvor).
    - Kada primeti mogućnot zastoja, sajt šalje poruku kritičnom sajtu sa kojim se može naći u stanju zastoja da oba sajta dodatno provere da li je sistem u zastoju.



Računar R_1



Računar R_2


P1
P2
P4
P5
P3

Literatura

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.

Hvala na pažnji

Pitanja su dobrodošla.