



## **Višeslojne i distribuirane arhitekture baza podataka**

---

*Distribuirana arhitektura*

# Sadržaj

---

- Motivacija
- Konceptcija distribuiranih BP
- Distribuirani sistemi za upravljanje BP

# Motivacija

---

- **Delom, ista kao i za pojavu K/S sistema**
- **Problemi i posledice**
  - osamdesete godine XX veka
    - sve veći "pritisak" korisničkih zahteva
    - poslovni sistemi su, često, rasprostranjeni na širi geografski prostor (državni, regionalni, ili internacionalni)
    - dugo vreme odziva centralizovanih sistema
      - pogotovo pri udaljenoj obradi podataka
    - dezintegracija IS
      - dezintegracija upravljanja razvojem i eksploatacijom IS
      - tehnološka dezintegracija IS

# Motivacija

---

- **Zaključak**

- nemoguć je povratak na potpuno centralizovanu arhitekturu IS
- postoje dobre tehnološke osnove za drugačiji pristup

- **Moguća rešenja**

- fizička distribucija logički jedinstvene arhitekture IS
- centralizovano upravljanje razvojem i eksploatacijom IS

# Motivacija

---

- **Fizička distribucija logički jedinstvene arhitekture IS**
  - distribucija funkcionalnosti programa i aplikacija
    - raspodela funkcionalnosti programa na više slojeva (računara) u mreži
      - omogućena uvođenjem **K-S arhitekture** programske podrške IS
  - distribucija podataka
    - raspodela delova BP na više servera (računara) u mreži
      - omogućena uvođenjem **distribuirane arhitekture BP**

# Motivacija

---

- **Distribucija podataka**
  - razlozi
    - podaci nastaju i koriste se na više, međusobno udaljenih lokacija realnog sistema
      - realni sistem je geografski razućen
    - prirodno očekivanje da arhitektura IS prati geografsku strukturu realnog sistema

# Motivacija

---

- **Distribucija podataka**
  - ciljevi
    - da potrebni podaci iz BP budu **zadovoljavajuće brzo raspoloživi** na više lokacija istovremeno
    - **efikasno ažuriranje BP** sa više lokacija, u isto vreme
    - očuvanje **svih teoretskih principa i praktičnih dostignuća**
      - na kojima su, generalno, zasnovani savremeni SUBP i modeli podataka
      - u uslovima distribucije BP na više lokacija

# Sadržaj

---

- Motivacija
- **Koncepcija distribuiranih BP**
- Distribuirani sistemi za upravljanje BP



# Koncepcija distribuiranih BP

---

- **Distribuirana BP**

- BP u kojoj su podaci fizički smešteni na **barem dva servera BP**
  - **logički jedinstvena BP**
    - opisana putem jedinstvene logičke šeme BP
  - **sa fizički distribuiranim delovima**
    - opis fizičke strukture uključuje specifikaciju distribucije delova BP
- **preduslov**
  - postojanje računarske mreže koja povezuje servere BP na barem trećem nivou ISO/OSI arhitekture

# Koncepcija distribuiranih BP

---

- **Distribuirana obrada podataka**

- obrada podataka nad distribuiranom BP, takva da
  - zadaci **logike podataka i upravljanja podacima** se, u opštem slučaju, **mogu raspodeliti** na sve servere
    - servere BP, koji participiraju u distribuiranoj arhitekturi
- primer koji ne predstavlja distribuiranu obradu podataka
  - delovi baze podataka su distribuirani na više računara
  - obrada podataka je centralizovana
    - nije moguće izvršiti distribuciju zadataka logike podataka i upravljanja podacima

# Koncepcija distribuiranih BP

---

- **Distribuirani IS**

- IS koji podržava distribuiranu (K/S) obradu podataka
  - nad distribuiranom BP
- čija je arhitektura distribuirana
- **cilj**
  - omogućiti da svaki korisnik može pokrenuti aplikaciju IS
    - koja mu je neophodna u realizaciji njegovog informacionog zahteva
    - s bilo koje, unapred predviđene lokacije

# Koncepcija distribuiranih BP

---

- **Distribuirani IS**

- osnovni preduslov

- postojanje računarske mreže

- koja povezuje sve elemente arhitekture IS u jedinstveni komunikacioni sistem

- » servere BP

- » aplikacione servere

- » klijente

- » ostale U/I (periferijske) uređaje

# Koncepcija distribuiranih BP

---

- **Distribuirani IS**

- očekivani efekti

- **viša raspoloživost IS-a**

- veća verovatnoća da će sistem korektno funkcionisati, kada je to korisnicima potrebno

- » otkaz jednog servera u sistemu ne znači i otkaz celog sistema, što je slučaj kod centralizovane arhitekture

- **bolje performanse IS-a**

- kraće vreme odziva IS-a, na predviđene zahteve korisnika

- » distribuirana arhitektura IS je, u opštem slučaju, bolje prilagođena potrebama geografski razuđenog realnog sistema, od centralizovane

# Koncepcija distribuiranih BP

---

- **Distribuirani IS**

- očekivani efekti

- **bolje osnove za očuvanje integriteta BP**

- veća verovatnoća da će validni podaci biti smešteni u BP, u okviru koje se kontrolišu ograničenja na podatke

- » uvođenje distribuirane arhitekture IS umanjuje težnju za dezintegracijom IS, kao što je to slučaj kod centralizovane arhitekture IS

# Koncepcija distribuiranih BP

---

- **Distribuirani IS**

- zahtevi, na današnjem stepenu razvoja
  - **obavezna upotreba distribuiranih SUBP**
  - **uključiti u metodologiju razvoja IS aktivnosti projektovanja distribucije IS**
  - **spровоđenje odgovarajućih organizaciono-tehničkih mera**
    - u cilju uspešnog uvođenja u upotrebu, eksploatacije i održavanja distribuiranog IS

# Koncepcija distribuiranih BP

---

- **Tipovi distribuiranih BP**
  - saglasno primenjenim SUBP
    - **homogeni**
      - na svim serverima BP je upotrebljen isti SUBP za podršku distribuirane BP
    - **heterogeni**
      - upotrebljeno je najmanje dva, bitno različita SUBP za podršku distribuirane BP



# Koncepcija distribuiranih BP

---

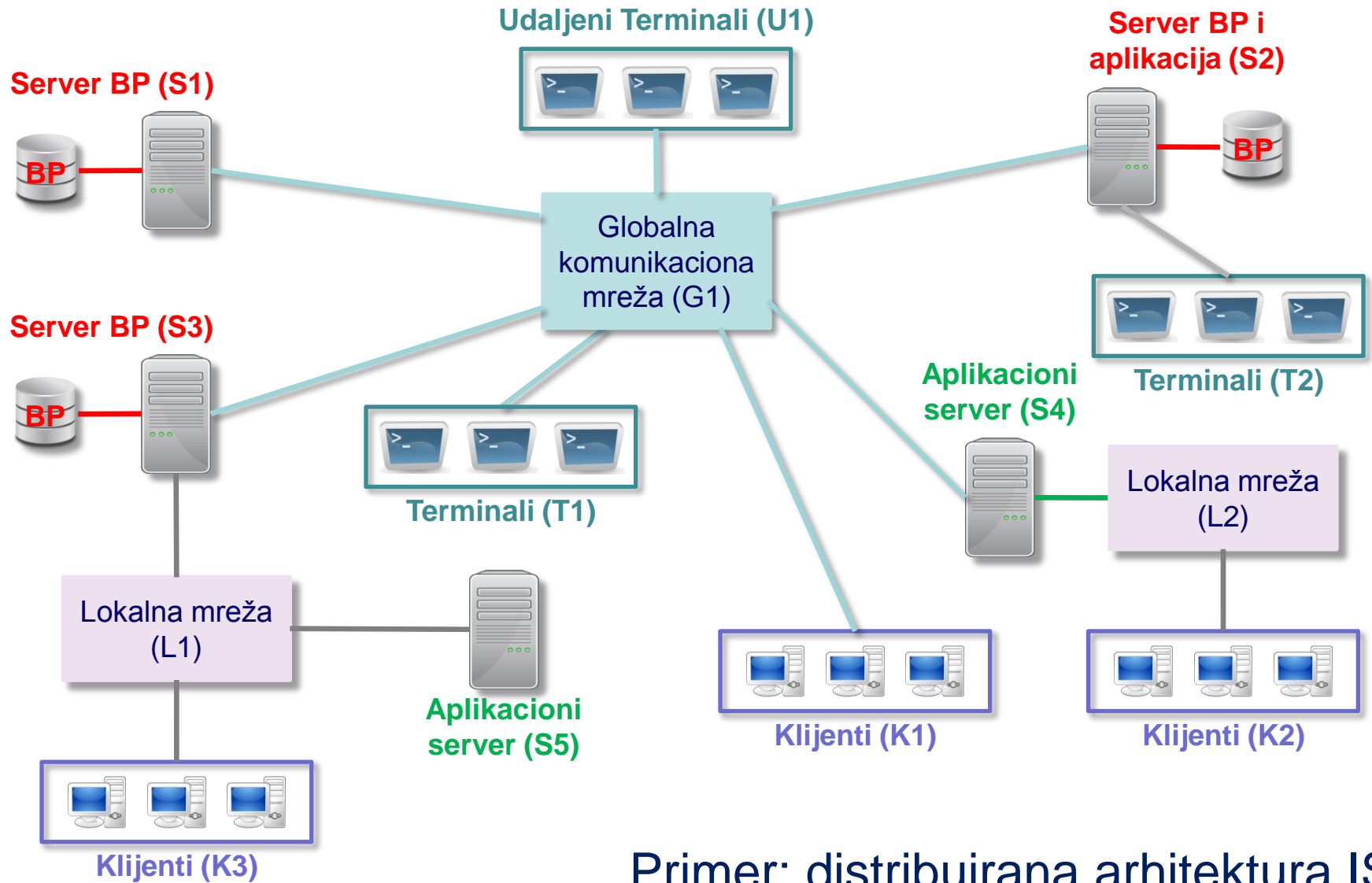
- **Nivoi rada nad distribuiranom BP**
  - **lokalni nivo podataka**
    - opredeljen participiranjem **tačno jednog servera** distribuirane BP, u obradi podataka
  - **globalni (distribuirani) nivo podataka**
    - opredeljen participiranjem **više od jednog servera** distribuirane BP, u obradi podataka

# Koncepcija distribuiranih BP

---

- **Nivoi rada nad distribuiranom BP**
  - **lokalni nivo podataka**
    - lokalna transakcija
    - lokalni upit
    - lokalno ažuriranje
    - lokalni korisnik
  - **globalni (distribuirani) nivo podataka**
    - globalna (distribuirana) transakcija
    - globalni (distribuirani) upit
    - globalno (distribuirano) ažuriranje
    - globalni korisnik

# Koncepcija distribuiranih BP



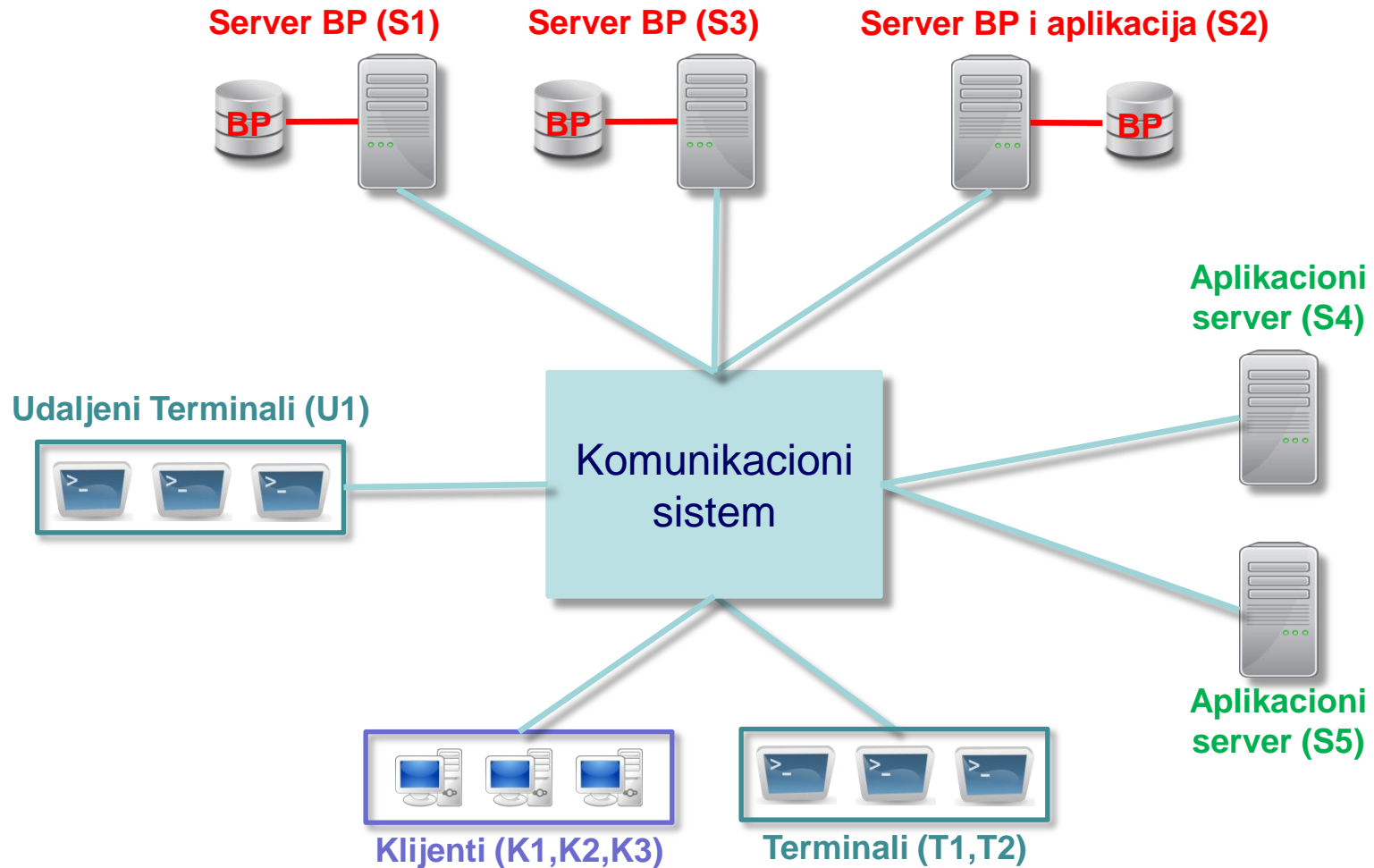
Primer: distribuirana arhitektura IS

# Koncepcija distribuiranih BP

---

- **Distribuirana arhitektura IS – opšti zahtev**
  - distribuciona nezavisnost programa i podataka
    - programi IS moraju biti **nezavisni od distribucije** delova BP po serverima
      - logički nivo
        - » jedinstvena, logička šema BP
      - fizički nivo
        - » šema distribucije BP po serverima
    - izmene u šemi distribucije BP po serverima ne smeju da utiču na logičku šemu BP, ili transakcione programe

# Koncepcija distribuiranih BP



Primer: distribuirana arhitektura IS

# Sadržaj

---

- Motivacija
- Konceptcija distribuiranih BP
- Distribuirani sistemi za upravljanje BP



# Distribuirani sistemi za upravljanje BP

---

- **Zadatak**

- da omogući efikasnu izgradnju, korišćenje i ažuriranje distribuiranih BP

# Distribuirani sistemi za upravljanje BP

---

- **Zahtevi**

- zadržavanje svih opštih, poželjnih karakteristika SUBP, vezanih za
  - upravljanje transakcijama
  - podršku višekorisničkog režima rada
  - zaštitu od neovlašćenog pristupa BP
  - zaštitu od oštećenja ili uništenja BP
  - obezbeđenje performantnog rada nad BP
    - algoritmi za podršku ovih funkcionalnosti kod distribuiranih SUBP su, u opštem slučaju, složeniji nego kod centralizovanih SUBP



# Distribuirani sistemi za upravljanje BP

---

- **Zahtevi**

- obezbeđenje upravljanja distribuiranim delovima BP
- obezbeđenje distribucione nezavisnosti
  - nezavisnosti programa od distribucije delova BP
- obezbeđenje replikacije podataka
  - namernog uvođenja redundance (multipliciranja) podataka
- obezbeđenje višeg stepena raspoloživosti sistema
  - robusnosti sistema na otkaze delova (servera BP)

# Distribuirani sistemi za upravljanje BP

---

- **Rečnik distribuiranog SUBP**
  - može biti, kao i sama BP, u određenoj meri, distribuiran
  - varijante distribucije rečnika SUBP
    - **potpuno centralizovani (nedistribuirani) rečnik**
      - kompletan sadržaj samo na jednom serveru BP
    - **potpuno autonomni (distribuirani) rečnik**
      - na svakom serveru BP se održava samo lokalni rečnik
    - **replicirani rečnik**
      - na svakom serveru BP se održava lokalni rečnik
      - repliciraju se na neke, ili sve servere BP delovi rečnika sa informacijama o distribuciji i replikaciji BP

# Distribuirani sistemi za upravljanje BP

---

- **Rečnik distribuiranog SUBP**
  - varijante distribucije opredeljuju stepen autonomnosti servera BP
    - **potpuno centralizovani (nedistribuirani) rečnik**
      - nizak stepen autonomnosti servera BP
      - otkaz servera BP na kojem je rečnik izaziva otkaz sistema u celini
      - jednostavnije administriranje i upravljanje sistemom
      - jednostavno ažuriranje rečnika SUBP

# Distribuirani sistemi za upravljanje BP

---

- **Rečnik distribuiranog SUBP**

- varijante distribucije opredeljuju stepen autonomnosti servera BP

- **potpuno autonomni (distribuirani) rečnik**

- visok stepen autonomnosti servera BP

- izvođenje globalne transakcije zahteva uvid u sve lokalne rečnike servera BP koji učestvuju u realizaciji transakcije

- **replicirani rečnik**

- visok stepen autonomnosti servera BP

- izvođenje globalne transakcije je podržano uvidom samo u lokalni rečnik servera BP na kojem je pokrenuta transakcija

- složeniji postupci ažuriranja rečnika SUBP



# Distribuirani sistemi za upravljanje BP

---

- Distribucija i distribuciona nezavisnost
- Upravljanje globalnom transakcijom
- Replikacija podataka
- Očuvanje konzistentnosti i replikacija

# Distribucija i distribuciona nezavisnost

---



- **Osnova distribuirane BP**

- instaliran distribuirani SUBP na svakom od servera BP u arhitekturi IS
- delovi šeme BP i BP se implementiraju na uobičajen način, korišćenjem naredbi
  - jezika za definiciju podataka (DDL)
  - jezika za manipulaciju podacima (DML)
- SUBP podržava mogućnost izvođenja jedne transakcije nad **više servera BP**

# Distribucija i distribuciona nezavisnost

---

- **Osnova distribuirane BP**
  - SUBP podržava **jedinstveno imenovanje** objekata šeme BP
    - tabela, pogleda, trigera, procedura, itd.
  - svi objekti moraju da imaju jedinstvenu identifikaciju, na nivou celokupne logičke šeme BP
  - formiranje **globalnih naziva** objekata šeme BP
  - korišćenje **globalnih naziva** objekata u DDL i DML naredbama SQL-a



- **Primer**

- **jedinstveno imenovanje objekata šeme BP**

- kvalifikovanjem lokalnog naziva putem identifikacione oznake servera BP

- naziv servera BP

**<domen>.<naziv\_BP>**

- naziv tabele u šemi BP

**<domen>.<naziv\_BP>.<naziv\_tabele>**



# Distribucija i distribuciona nezavisnost

---

- **Primer**

- **jedinstveno imenovanje objekata šeme BP u SUBP Oracle**

- server BP: **uns.ftn.nastava**
    - u lokalnoj BP nastava, kreirana je tabela **Student**
    - upisivanje u lokalni rečnik informacije o serveru BP

- CREATE DATABASE LINK uns.ftn.nastava**

- preuzimanje podataka iz tabele **Student**

- SELECT ...**

- FROM Student@uns.ftn.nastava**

- WHERE ...**

# Distribucija i distribuciona nezavisnost

---



- **Distribuciona nezavisnost**
  - mehanizmi **SUBP** za obezbeđenje nezavisnosti
    - SQL pogledi
    - sinonimi BP
    - procedure BP



- **Distribuciona nezavisnost**

- SQL pogledi

```
CREATE VIEW Student AS
```

```
SELECT ...
```

```
FROM Student@uns.ftn.nastava
```

```
WHERE ...
```

- upotreba pogleda u transakcionom programu

```
SELECT ...
```

```
FROM Student
```

```
WHERE ...
```

# Distribucija i distribuciona nezavisnost



- **Distribuciona nezavisnost**

- sinonimi BP

- CREATE SYNONYM Student FOR Student@uns.ftn.nastava**

- upotreba sinonima u transakcionom programu

- SELECT ...**

- FROM Student**

- WHERE ...**

# Distribucija i distribuciona nezavisnost



- **Distribuciona nezavisnost**

- procedure BP

```
CREATE PROCEDURE SelectStudent
    (selRecPod OUT Student%ROWTYPE) AS
BEGIN
    SELECT * INTO selRecPod
    FROM Student@uns.ftn.nastava
    WHERE ...
END;
```

- upotreba procedure u transakcionom programu
  - putem poziva procedure **SelectStudent(...)**



# Distribuirani sistemi za upravljanje BP

---

- Distribucija i distribuciona nezavisnost
- Upravljanje globalnom transakcijom
- Replikacija podataka
- Očuvanje konzistentnosti i replikacija

# Upravljanje globalnom transakcijom

---

- **Osnovni zahtevi**

- globalna transakcija može da se izvodi na **više** servera BP, koji međusobno komuniciraju
- logika (ispravnost) izvršenja transakcije **ne sme da zavisi** od toga da li je BP distribuirana, ili ne
- mehanizmi završetka transakcije su isti
  - COMMIT - potvrda transakcije
  - ROLLBACK - poništavanje transakcije
- mehanizmi zaključavanja podataka na serverima BP, obuhvaćenih globalnom transakcijom, isti su

# Upravljanje globalnom transakcijom

---



- **Izvođenje globalne transakcije**
  - **server inicijalizacije transakcije**
    - server BP, na kojem započinje izvođenje transakcije
    - transakcija, po potrebi, zahteva usluge drugih servera BP
  - **server globalne transakcije**
    - hijerarhijska struktura servera BP, koji učestvuju u izvođenju transakcije



# Upravljanje globalnom transakcijom

---

- **Izvođenje globalne transakcije**
  - **lokalni koordinator transakcije**
    - server BP, koji prima i prosleđuje
      - zahteve za izvođenje SQL naredbi
      - informacije o statusu transakcije
    - čvor u strukturi stabla transakcije, koji nije koren ili list
  - **uslužni server**
    - server BP, koji
      - prima zahteve za izvođenje SQL naredbi
      - prosleđuje odgovore saglasno izvršenim SQL naredbama
    - list u strukturi stabla transakcije

# Upravljanje globalnom transakcijom

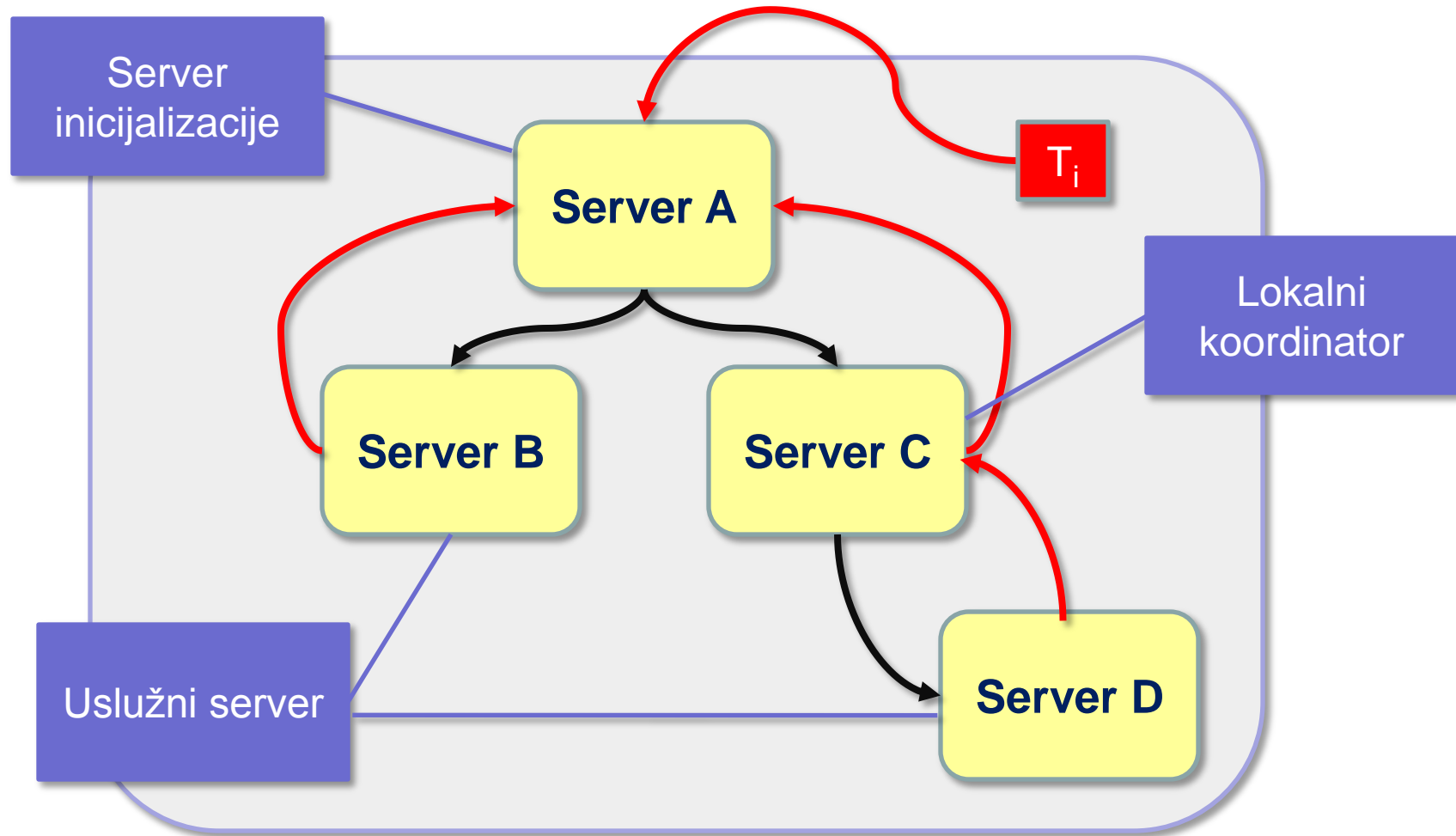
---



- **Izvođenje globalne transakcije**
  - **server globalne potvrde transakcije (globalni koordinator)**
    - server koji vrši koordinaciju **postupka završetka transakcije**
    - server, na kojem se obavlja **najveći deo** transakcije
    - uobičajeno, to je i server inicijalizacije transakcije
    - postoji kod nekih SUBP

# Upravljanje globalnom transakcijom

- **Stablo servera transakcije**



# Upravljanje globalnom transakcijom

---

- **Završetak transakcije u distribuiranom okruženju**
  - zahteva **sinhronizaciju servera BP** u stablu transakcije
  - **dvofazni protokol potvrđivanja transakcije** u distribuiranom okruženju
    - **faza pripreme** završetka transakcije
    - **faza realizacije** završetka transakcije

# Upravljanje globalnom transakcijom

---

- **Završetak transakcije u distribuiranom okruženju**
  - **faza pripreme završetka transakcije**
    - ako transakcija na serveru globalne potvrde transakcije može biti potvrđena
      - šalje svim ostalim serverima poruku tipa **Pripremi se za potvrdu - PREPARE**
      - očekuje odgovore ostalih servera
    - ako transakcija mora biti poništena
      - šalje svim ostalim serverima poruku tipa **ROLLBACK**
      - poništava transakciju u celini



- **Završetak transakcije u distribuiranom okruženju**
  - **faza pripreme završetka transakcije**
    - ako server BP dobije poruku tipa PREPARE
      - utvrđuje da li se dati deo transakcije može potvrditi ili se mora poništiti
      - šalje odgovor tipa **PREPARED** ili **ROLLBACK** serveru globalne potvrde transakcije
    - ako server BP dobije poruku tipa ROLLBACK
      - poništava transakciju
      - šalje poruku potvrde da je tražena operacija obavljena



- **Završetak transakcije u distribuiranom okruženju**
  - **faza realizacije završetka transakcije**
    - ako server globalne potvrde dobije pozitivan odgovor od svih servera BP transakcije
      - šalje svim ostalim serverima poruku tipa **COMMIT**
      - očekuje odgovore ostalih servera
      - ako dobije sve pozitivne odgovore, potvrđuje transakciju u celini



- **Završetak transakcije u distribuiranom okruženju**
  - **faza realizacije završetka transakcije**
    - ako server globalne potvrde transakcije dobije negativan odgovor od makar jednog servera BP
      - šalje svim ostalim serverima poruku tipa **ROLLBACK**
      - poništava transakciju u celini



# Upravljanje globalnom transakcijom

---

- **Završetak transakcije u distribuiranom okruženju**
  - postoji mogućnost pojave **greške** u toku vođenja ili završetka transakcije
    - trajni ili privremeni **otkaz nekog od servera BP**, obuhvaćenih globalnom transakcijom
    - trajno ili privremeno "**gubljenje**" **poruke / odgovora na poruku**
  - posledice
    - privremena greška može a ne mora izazvati zastoje u radu
    - trajna greška izaziva zastoje u radu sistema

# Upravljanje globalnom transakcijom

---

- **Završetak transakcije u distribuiranom okruženju**
  - **nerazrešeni deo transakcije**
    - deo transakcije, na jednom lokalnom serveru BP, u stanju spremnosti
      - poslata poruka tipa *PREPARED*
      - neizvesno dalje čekanje na poruku tipa *COMMIT* ili *ROLLBACK*
      - resursi BP (podaci) su zaključani (zauzeti) i druge transakcije ne mogu da im pristupe
    - posledica pojave greške u izvršenju transakcije

# Upravljanje globalnom transakcijom

---

- **Završetak transakcije u distribuiranom okruženju**
  - SUBP poseduje mehanizme za završetak nerazrešenih transakcija
    - **automatski oporavak od greške u transakciji**
    - **unilateralni ("nasilni", separadni) završetak nerazrešenog dela transakcije**
    - **dovođenje BP u konzistentno stanje, nakon unilateralnog završetka dela transakcije**

# Upravljanje globalnom transakcijom

---

- **Završetak transakcije u distribuiranom okruženju**
  - **automatski oporavak od greške u transakciji**
    - moguć u slučaju kratkotrajnih zastoja
    - ukoliko se komponenta u otkazu, zbog koje je nastala greška, vrati u ispravno stanje
      - u zadovoljavajuće kratkom vremenu
      - moguće je da krajnji korisnik efekte takve greške i ne primeti, jer se svode na nešto duže ukupno trajanje transakcije



- **Završetak transakcije u distribuiranom okruženju**
  - **automatski oporavak od greške u transakciji**
    - mehanizam **automatskog oporavka** servera BP
      - globalno poništavanje transakcije
        - » eventualno, ponovno pokretanje iste transakcije, ispočetka
    - mehanizam **automatskog oporavka** komunikacije između servera BP
      - nastavak izvršenja transakcije od mesta na kojem je prekinuta

# Upravljanje globalnom transakcijom

---

- **Završetak transakcije u distribuiranom okruženju**
  - **unilateralni ("nasilni", separadni) završetak nerazrešenog dela transakcije**
    - vrši se "ručno" poništavanje ili potvrđivanje lokalnog dela transakcije, od strane administratora lokalnog servera BP
      - u cilju oslobađanja zaključanih resursa
      - bez "znanja" globalnog koordinatora transakcije

# Upravljanje globalnom transakcijom

---

- **Završetak transakcije u distribuiranom okruženju**
  - **unilateralni ("nasilni", separadni) završetak nerazrešenog dela transakcije**
    - odluka o načinu završetka dela transakcije
      - uvidom u rečnik globalnog koordinatora
      - u dogovoru sa administratorima ostalih servera BP
    - postoji **rizik dovođenja BP u nekonzistentno stanje**



- **Završetak transakcije u distribuiranom okruženju**
  - **dovođenje BP u konzistentno stanje, nakon unilateralnog završetka dela transakcije**
    - moguće nakon vraćanja u ispravno stanje komponente čiji je otkaz izazvao grešku
    - **mogući načini**
      - globalno storniranje unilateralno završene transakcije i, eventualno, njeno ponovno pokretanje
      - lokalno storniranje potvrđenog dela transakcije
      - ponovno pokretanje lokalnog dela transakcije
        - » zahteva se postojanje posebnih procedura





# Distribuirani sistemi za upravljanje BP

---

- Distribucija i distribuciona nezavisnost
- Upravljanje globalnom transakcijom
- Replikacija podataka
- Očuvanje konzistentnosti i replikacija

# Replikacija podataka

---

- **Replikacija podataka u BP**
  - namerno uvođenje **kontrolisane redundance** u BP
- **Ciljevi**
  - povećanje raspoloživosti i pouzdanosti sistema
  - poboljšanje performansi
    - skraćenje vremena odgovora na upit
- **Zahtev**
  - SUBP mora da ima mehanizme za izgradnju i upravljanje repliciranim delovima BP

# Replikacija podataka

---

- **Replikaciona kopija (materijalizovani pogled)**
  - osnovni koncept replikacije podataka
  - relacija (tabela) koja se formira i ažurira preuzimanjem (kopiranjem) podataka iz jedne ili više drugih tabela
    - koje se, u principu, ne nalaze na istom serveru BP
    - ažurira se, u principu, posredno
      - propagacijom operacija ažuriranja nad osnovnim tabelama, od kojih je replikaciona kopija nastala
      - u zadatim vremenskim trenucima

# Replikacija podataka

---

- **Replikaciona kopija (materijalizovani pogled)**
  - **posredno ažuriranje kopije**
    - osvežavanje kopije
    - ažuriranje s propagacijom
      - osnovni način ažuriranja replikacione kopije
      - svako sprovođenje DML operacija nad osnovnim tabelama **izaziva izvođenje (propagaciju)** odgovarajućih DML operacija nad replikacionom kopijom
  - u opštem slučaju, dozvoljeno je i neposredno ažuriranje
    - putem DML naredbi nad samom kopijom

# Replikacija podataka

---

- **Replikaciona kopija (materijalizovani pogled)**
  - kreiranje kopije
    - SQL naredba  
**CREATE MATERIALIZED VIEW Naziv**  
**[FOR UPDATE]**  
**AS SELECT ...**

# Replikacija podataka

---

- **Replikaciona kopija**
  - klasifikacije
    - **prema mogućim načinima ažuriranja**
      - **statička** replikaciona kopija
      - **dinamička** replikaciona kopija
    - **prema strukturi SELECT naredbe za kreiranje kopije**
      - **osnovna** replikaciona kopija
      - **složena** replikaciona kopija

# Replikacija podataka

---

- **Replikaciona kopija**
  - **statička** replikaciona kopija
    - dozvoljeno je (i obavezno) samo **posredno ažuriranje** (ažuriranje s propagacijom, osvežavanje)
  - **dinamička** replikaciona kopija
    - obavezno je **posredno ažuriranje**
    - dozvoljeno je i **direktno ažuriranje**

# Replikacija podataka

---

- **Replikaciona kopija**

- **osnovna** replikaciona kopija

- predstavlja celokupnu, ili deo sadržaja **tačno jedne** osnovne tabele
      - koji se dobija primenom operacija **selekcije i/ili projekcije** podataka na osnovnu tabelu
    - skup obeležja kopije obuhvata **barem jedan ključ** osnovne tabele
    - naredba SELECT za formiranje ovakve vrste kopije mora da poštuje navedena pravila
      - nisu dozvoljene klauzule GROUP BY, HAVING, CONNECT BY, UNION, INTERSECT, itd.
      - zabranjena je upotreba skupovnih funkcija (SUM, AVG,...)



# Replikacija podataka

- **Replikaciona kopija**

- **složena** replikaciona kopija

- ne postoje posebni uslovi za formiranje naredbe SELECT, pri kreiranju kopije

- **moгуće kombinacije vrsta replikacionih kopija**

Vrste kopija	Osnovna	Složena
Statička	Da	Da
Dinamička	Da	Ne

# Replikacija podataka

---

- **Podržane vrste replikacije**
  - prema kriterijumima
    - **moгуćnosti ažuriranja BP**
    - **vremena osvežavanja**
    - **načina osvežavanja**
    - **logike izvođenja**
    - **sinhronizacije operacija osvežavanja**

# Replikacija podataka

---

- **Podržane vrste replikacije**
  - sa stavnovišta mogućnosti ažuriranja BP
    - **jednosmerna**
      - od osnovnih tabela ka kopijama
    - **simetrična**
      - dvosmerna

# Replikacija podataka

---

- **Podržane vrste replikacije**
  - sa stavnovišta mogućnosti ažuriranja BP
    - **jednosmerna**
      - dozvoljena upotreba samo **statičkih** replikacionih kopija
        - » dozvoljeno je samo ažuriranje, putem transakcija, matičnih tabela u BP
        - » replicirani delovi BP se ažuriraju isključivo tehnikom osvežavanja

# Replikacija podataka

---

- **Podržane vrste replikacije**
  - sa stavnovišta mogućnosti ažuriranja BP
    - **simetrična**
      - dozvoljena je upotreba i **statičkih** i **dinamičkih** replikacionih kopija
        - » dozvoljeno je ažuriranje, putem transakcija, i matičnih tabela u BP i repliciranih delova BP, istovremeno
        - » dodatno, replicirani delovi BP se mogu ažurirati i tehnikom osvežavanja

# Replikacija podataka

---

- **Podržane vrste replikacije**
  - sa stavnovišta vremena osvežavanja
    - **sinhrona**
      - trenutna
    - **asinhrona**
      - odložena

# Replikacija podataka

---

- **Podržane vrste replikacije**
  - sa stavnovišta vremena osvežavanja
    - **sinhrona**
      - osvežavanje kopije se sprovodi **u trenutku nastajanja** promene u osnovnim tabelama
      - **u okviru transakcije** koja ažurira podatke osnovne tabele

# Replikacija podataka

---

- **Podržane vrste replikacije**
  - sa stavnovišta vremena osvežavanja
    - **asinhrona**
      - osvežavanje kopije se sprovodi, naknadno, u odloženom režimu (nakon završetka osnovne transakcije)
        - » **automatski**, u zadatom vremenskom trenutku, ili vremenskim intervalima u budućnosti, ili
        - » **ručno**, po eksplicitnom zahtevu administratora



# Replikacija podataka

---

- **Podržane vrste replikacije**
  - sa stavnovišta načina osvežavanja
    - **replikacija s brzim osvežavanjem**
      - osvežavanje propagacijom promena
    - **replikacija s kompletnim osvežavanjem**
      - kompletno osvežavanje cele replikacione kopije

# Replikacija podataka

---

- **Podržane vrste replikacije**
  - sa stavnovišta načina osvežavanja
    - **replikacija s brzim osvežavanjem**
      - propagacijom ažuriranja prosleđuju se **samo promene ili promenjeni podaci** do replikacionih kopija
      - zahteva se **postojanje replikacionog dnevnika**
      - **replikacioni dnevnik**
        - » tabela promena
        - » evidentira, vrednosti ključa, trenutak nastanka promene, vrstu promene (operaciju), kao i stare i/ili nove vrednosti podataka

# Replikacija podataka

---

- **Podržane vrste replikacije**
  - sa stavnovišta načina osvežavanja
    - **replikacija s kompletnim osvežavanjem**
      - replikaciona kopija se **osvežava kompletno**, kao pri kreiranju
        - » prosleđuju se, ponovo, **svi podaci** koji čine replikacionu kopiju

# Replikacija podataka

- **Replikaciona kopija**
  - odnos: način osvežavanja / vrsta kopije
    - replikacija s brzim / kompletnim osvežavanjem
    - osnovna / složena replikaciona kopija

Vrste kopija	Osnovna	Složena
Kompletno osvežavanje	Da	Da
Brzo osvežavanje	Da	Ne

# Replikacija podataka

---

- **Podržane vrste replikacije**
  - sa stavnovišta logike izvođenja
    - **propagacija na nivou torke**
      - prosleđuju se naredbe ažuriranja, **za svaku torku pojedinačno**
        - » pogodna u slučaju kratkih transakcija
    - **proceduralna propagacija**
      - osvežavanje se vrši putem **posebno isprogramiranih procedura**
        - » koje obuhvataju sve promene jedne transakcije
        - » pogodnija u slučaju dužih transakcija

# Replikacija podataka

---

- **Podržane vrste replikacije**
  - sa stavnovišta sinhronizacije operacija osvežavanja
    - **serijska replikacija**
      - operacije ažuriranja se sprovode nad replikacionim kopijama serijski, u istom redosledu kao nad osnovnim tabelama
    - **paralelna replikacija**
      - dozvoljava se izmena redosleda i paralelizacija operacija ažuriranja replikacionih kopija

# Replikacija podataka

---

- **Poređenje sinhrona / asinhrona replikacija**
  - **sinhrona replikacija**
    - očuvanje globalne konzistentnosti celokupne BP **na nivou transakcije**
    - dovoljna je **primena opštih mehanizama** SUBP za očuvanje konzistentnosti BP u uslovima višekorisničkog režima rada
      - dvofazni protokol zaključavanja podataka
      - dvofazni protokol završetka globalne transakcije u distribuiranim BP
    - zahteva **visoku raspoloživost i pouzdanost** hardversko-komunikacione opreme IS-a
      - skuplje rešenje

# Replikacija podataka

---

- **Poređenje sinhrona / asinhrona replikacija**
  - **asinhrona replikacija**
    - očuvanje globalne konzistentnosti BP **samo do nivoa zadatih intervala** osvežavanja kopija
    - **nije dovoljna** primena opštih mehanizama SUBP za očuvanje konzistentnosti BP u uslovima višekorisničkog režima rada
    - **ne zahteva izuzetno visoku raspoloživost** hardversko-komunikacione opreme IS-a
      - jeftinije rešenje
      - u ne malom broju slučajeva, zadovoljavajuće sa stanovišta potreba korisnika





# Distribuirani sistemi za upravljanje BP

---

- Distribucija i distribuciona nezavisnost
- Upravljanje globalnom transakcijom
- Replikacija podataka
- Očuvanje konzistentnosti i replikacija

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Asinhrona replikacija**
  - problemi
    - uvodi **vremensko kašnjenje** u ažuriranje delova BP
      - ne ažuriraju se istovremeno sve kopije podataka
    - može izazvati **kolizije ažuriranja**
      - kopije istih podataka mogu biti različito ažurirane
  - posledica
    - izazivanje **privremene ili trajne globalne nekonzistencije** BP

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Asinhrona replikacija**
  - konvergencija podataka
    - postupak **postupnog dovođenja BP u globalno konzistentno** stanje
      - u zadatom intervalu vremena
      - prethodno narušenog zbog primene tehnike asinhronne replikacije
        - » jednosmerne, ili
        - » simetrične

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Asinhrona replikacija**
  - kolizija (konflikt) ažuriranja
    - nesinhronizovano, različito ažuriranje različitih kopija istih podataka u BP
      - u jednom vremenskom intervalu, između dva osvežavanja
  - tipovi kolizija ažuriranja
    - pretpostavka: zabranjuje se modifikacija vrednosti primarnog ključa torke, kao osnova identifikacije
      - **kolizija integriteta entiteta**
      - **kolizija brisanja**
      - **kolizija modifikacije**

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Asinhrona replikacija**
  - tipovi kolizija ažuriranja
    - **kolizija integriteta entiteta**
      - narušavanje jedinstvene identifikacije entiteta
        - » upis, na dva mesta, torke s istom vrednošću ključa
        - » upis torke na jednom, i modifikacija vrednosti neprimarnog ključa torke na drugom mestu, za torke s istom vrednošću primarnog ključa
        - » modifikacija vrednosti neprimarnih ključeva torke na dva mesta, sa istom vrednošću primarnog ključa

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Asinhrona replikacija**
  - tipovi kolizija ažuriranja
    - **kolizija brisanja**
      - brisanje torke na jednom mestu, i modifikacija iste torke (sa istom vrednošću ključa) na drugom
      - brisanje iste torke na dva mesta
    - **kolizija modifikacije**
      - modifikacija vrednosti istih obeležja na dva mesta, u torkama sa istim vrednostima primarnog ključa

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Asinhrona jednosmerna replikacija**
  - karakteristike
    - dozvoljeno je ažuriranje istih podataka **samo na jednom mestu**
    - kolizije ažuriranja **ne mogu biti izazvane**
    - izazvana globalna nekonzistentnost BP je **samo privremena**
      - ograničena je **trajanjem intervala** između dva osvežavanja replikacionih kopija
    - postupci asinhronog ažuriranja **garantuju konvergenciju podataka**

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Asinhrona simetrična replikacija**
  - karakteristike
    - dozvoljeno je ažuriranje istih podataka na **više mesta**
    - kolizije ažuriranja **mogu biti izazvane**
    - izazvana globalna nekonzistentnost BP **može biti i trajna**
      - **nije ograničena** trajanjem intervala između dva osvežavanja replikacionih kopija
    - postupci asinhronog ažuriranja a priori **ne garantuju konvergenciju podataka**



# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Asinhrona simetrična replikacija**
  - tehnike
    - izbegavanja dovođenja BP u stanje trajne nekonzistentnosti
    - garantovanja konvergencije podataka
      - preventivne
        - » **sprečavanje nastanka kolizija ažuriranja**
      - korektivne
        - » **dinamičko otkrivanje kolizija ažuriranja**
        - » **dinamičko razrešavanje kolizija ažuriranja**

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Asinhrona simetrična replikacija**
  - prava ažuriranja
    - **ekskluzivno pravo ažuriranja**
      - tačno jedan server BP ima pravo ažuriranja tabele, ili njene replikacione kopije
      - nije dozvoljen je prenos prava ažuriranja na drugi server
    - **dinamičko pravo ažuriranja**
      - tačno jedan server BP ima pravo ažuriranja tabele, ili njene replikacione kopije, u jednom trenutku vremena
      - dozvoljen je prenos prava ažuriranja sa servera na server
    - **deljeno pravo ažuriranja**
      - ne postoje ograničenja na prava ažuriranja tabele

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Sprečavanje nastanka kolizija ažuriranja**
  - **u potpunosti se postiže** primenom principa
    - ekskluzivnog prava ažuriranja
    - dinamičkog prava ažuriranja
  - **samo delimično se postiže** primenom principa
    - deljenog prava ažuriranja

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Sprečavanje nastanka kolizija ažuriranja**
  - **deljena prava ažuriranja**
    - moguće sprečavanje kolizije integriteta entiteta
      - „zoniranjem" mogućih vrednosti ključa
        - » svaka kopija podataka ima svoju, disjunktну zonu mogućih vrednosti ključa

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Sprečavanje nastanka kolizija ažuriranja**
  - **deljena prava ažuriranja**
    - **moгуće formalno sprečavanje** kolizije brisanja
      - podrškom isključivo **logičkog brisanja torki** na korisničkom nivou
        - » putem modifikacije indikatora aktuelnosti sloga
        - » fizičko brisanje se realizuje putem posebnih, **paketno orijentisanih procedura**, u određenim vremenskim intervalima
      - u formalnom smislu, kolizije brisanja, u ovom slučaju, nema
      - kolizija brisanja se, suštinski, **pretvara u koliziju modifikacije**
    - **nije moguće sprečavanje** kolizije modifikacije

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Dinamičko otkrivanje kolizija ažuriranja**
  - automatski podržano od strane distribuiranog SUBP
  - **postupak otkrivanja kolizija ažuriranja**
    - sprovodi se prilikom propagacije ažuriranja
      - sa **polaznog servera**
        - » servera BP na kojem je nastala promena
      - na **ciljni server**
        - » server BP, na koji se promena propagira

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Dinamičko otkrivanje kolizija ažuriranja**
  - logika otkrivanja kolizija
    - **kolizija integriteta entiteta**
      - pokušaj narušavanja ograničenja ključa na ciljnom serveru
    - **kolizija brisanja**
      - pokušaj modifikacije ili brisanja nepostojeće torke na ciljnom serveru
    - **kolizija modifikacije**
      - detekcija razlike vrednosti istog obeležja u istim torkama (tj. torkama sa istom vrednošću ključa)
        - » nove vrednosti obeležja na ciljnom serveru i
        - » stare vrednost obeležja na polaznom serveru

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Dinamičko otkrivanje kolizija ažuriranja**
  - svaka otkrivena kolizija ažuriranja se **evidentira u rečniku SUBP**
    - osnov za sprovođenje postupaka razrešavanja kolizija ažuriranja



# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Dinamičko razrešavanje kolizija ažuriranja**
  - automatski podržano od strane distribuiranog SUBP
  - načini razrešavanja kolizija ažuriranja
    - **ručno**
      - rešavaju ih sami administratori BP
      - u saradnji s krajnjim korisnicima
    - **automatski**
      - rešava ih SUBP, izborom neke od raspoloživih metoda
        - » predefinisane
        - » korisnički definisane

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Dinamičko razrešavanje kolizija ažuriranja**
  - zahtev za sve načine razrešavanja kolizija
    - da bude **garantovana konvergencija** podataka
  - logika razrešavanja kolizija ažuriranja
    - posebne metode (procedure) za
      - **koliziju integriteta entiteta**
      - **koliziju brisanja**
      - **koliziju modifikacije**

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Dinamičko razrešavanje kolizija ažuriranja**
  - logika razrešavanja kolizija integriteta entiteta
    - putem procedure koja
      - obezbeđuje generisanje nove vrednosti ključa umesto stare (nova vrednost garantovano nije koliziona)
        - » aktivni mehanizam, ili
      - poništava dejstvo naredbe (stornira promenu) koja je dovela do kolizije
        - » pasivni mehanizam

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Dinamičko razrešavanje kolizija ažuriranja**
  - logika razrešavanja kolizija integriteta entiteta
    - putem procedure koja poništava dejstvo naredbe
      - stornira brisanje koje je dovelo do kolizije
        - » pasivni mehanizam

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Dinamičko razrešavanje kolizija ažuriranja**
  - logika razrešavanja kolizija modifikacije
    - putem metoda sa obaveznim ulaznim argumentima
      - **nova vrednost**
        - » koja se prosleđuje kao modifikovana vrednost obeležja sa polaznog servera
      - **stara vrednost**
        - » aktuelna vrednost istog obeležja na ciljnom serveru

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Dinamičko razrešavanje kolizija ažuriranja**
  - logika razrešavanja kolizija modifikacije
    - putem **niza od jedne ili više** metoda (procedura) tipa
      - ***prepiši*** ili ***odbaci*** novu vrednost
      - ***minimalna vrednost*** ili ***maksimalna vrednost***
      - ***najranija vrednost*** ili ***najkasnija vrednost***
      - ***kumulirana vrednost*** ili ***srednja vrednost*** nove i stare vrednosti
      - izbora vrednosti po zadatom ***prioritetu servera*** ili ***prioritetu same vrednosti***
      - izbora vrednosti po **korisnički definisanom** kriterijumu

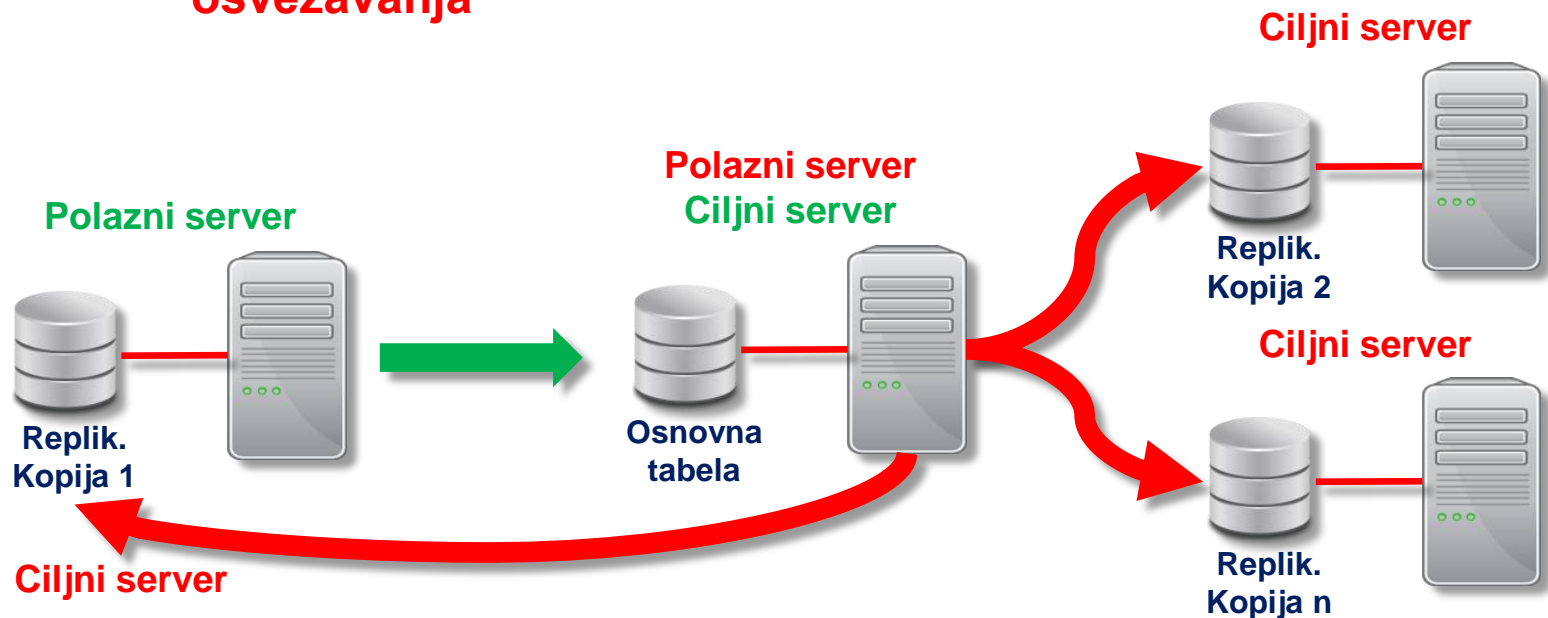
# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Dinamičko razrešavanje kolizija ažuriranja**
  - logika razrešavanja kolizija modifikacije
    - u opštem slučaju, ne garantuju sve nabrojane metode konvergenciju podataka
  - garancija konvergencije podataka
    - **restriktivni protokol modifikacije podataka**

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

- **Dinamičko razrešavanje kolizija ažuriranja**
  - garancija konvergencije podataka
    - **restriktivni protokol modifikacije podataka**
      - modifikacija podataka u jednoj replikacionoj kopiji se propagira **samo do servera na kojem se nalazi osnovna tabela**
      - sve replikacione kopije se, zatim, **ažuriraju tehnikom osvežavanja**





# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

---

- **Dinamičko razrešavanje kolizija ažuriranja**
  - garancija konvergencije podataka
    - **restriktivni protokol modifikacije podataka**
      - metode **najranija vrednost** ili **najkasnija vrednost** zahtevaju definisanje rezervne (druge) metode
        - » kada se dogodi da modifikacija iste torke **nastupi istovremeno u dve različite** replikacione kopije
      - sve ostale metode garantuju konvergenciju podataka
      - realno ostvariv u praksi

# Očuvanje konzistentnosti i replikacija

Replikacija		Konzist. BP	Kolizije ažuriranja	Konverg. podataka
Sinhtona		Trenutna	NE	DA
Asinhrona	Jednosmerna		Odložena	DA
	Simetrična	Ekskluzivno pravo ažuriranja	Odložena	DA
		Dinamičko pravo ažuriranja	Odložena	DA
		Deljeno pravo ažuriranja	Rest. Prot. Modifikacije	Odložena
	Bez ogran. modifikacije		Odložena	DA
			Inicijalno NE	



# Distribuirani sistemi za upravljanje BP

- Distribucija i distribuciona nezavisnost
- Upravljanje globalnom transakcijom
- Replikacija podataka
- Očuvanje konzistentnosti i replikacija

# Reference

---

- Mogin P, Luković I, Govedarica M, „Principi projektovanja baza podataka“, Drugo izdanje, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija, 2004, ISBN: 86-80249-81-5.
  - poglavlje 15.

# Pitanja i komentari

---



# Sadržaj

- Motivacija
- Konceptcija distribuiranih BP
- Distribuirani sistemi za upravljanje BP

Kraj prezentacije

# Sistemi baza podataka



## Višeslojne i distribuirane arhitekture baza podataka

---

*Distribuirana arhitektura*