

# Konkurentnost

Nenad Mitić

Matematički fakultet

`nenad@matf.bg.ac.rs`

Problemi u konkurentnom radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

### Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

- Termin **konkurentnost** označava činjenicu da SUBP dopušta većem broju transakcija pristup do istih podataka istovremeno
- Prednosti konkurentnog rada
  - kraće vreme odziva
  - maksimalna propusnost
- Problem: kako obezbediti da konkurentne transakcije ne smetaju jedna drugoj?

- 1 Problem izgubljenih ažuriranja (eng. *lost update problem*)
- 2 Problem zavisnosti od nepotvrdjenih podataka (eng. *uncommitted dependency problem*)
- 3 Problem neuzastopnih čitanja (eng. *non-repeatable reads problem*)
- 4 Problem pojavljivanja fantoma (eng. *phantom reads problem*)
- 5 Problem nekonzistentne analize (eng. *inconsistent analysis problem*)

# Problem izgubljenih ažuriranja

## Zaključavanje - napredne tehnike

| Transakcija A | vreme | Transakcija B |
|---------------|-------|---------------|
| -----         | ----- | -----         |
| ----          | --    | ----          |
| ----          | --    | ----          |
| FETCH R       | t1    | ----          |
| ----          | --    | ----          |
| ----          | t2    | FETCH R       |
| ----          | --    | ----          |
| UPDATE R      | t3    | ----          |
| ----          | --    | ----          |
| ----          | t4    | UPDATE R      |
| ----          | --    | ----          |

Transakcija A gubi svoja ažuriranja u trenutku t4

# Problem zavisnosti od nepotvrđenih podataka

## Prvi slučaj

| Transakcija A | vreme | Transakcija B |
|---------------|-------|---------------|
| -----         |       | -----         |
| ----          | --    | ----          |
| ----          | --    | ----          |
| ----          | t1    | UPDATE R      |
| ----          | --    | ----          |
| FETCH R       | t2    | ----          |
| ----          | --    | ----          |
| ----          | t3    | ROLLBACK      |
| ----          | --    | ----          |

Transakcija A u trenutku t2 zavisi od nepotvrđenih promena

# Problem zavisnosti od nepotvrđenih podataka

## Drugi slučaj

| Transakcija A | vreme | Transakcija B |
|---------------|-------|---------------|
| -----         |       | -----         |
| ----          | --    | ----          |
| ----          | --    | ----          |
| ----          | t1    | UPDATE R      |
| ----          | --    | ----          |
| UPDATE R      | t2    | ----          |
| ----          | --    | ----          |
| ----          | t3    | ROLLBACK      |
| ----          | --    | ----          |

Transakcija A u trenutku t2 ažurira podatke čija promena nije potvrđena, i učinjene promene se gube u trenutku t3

# Problem neuzastopnih čitanja

| Transakcija A | vreme | Transakcija B       |
|---------------|-------|---------------------|
| -----         | ----- | -----               |
| ----          | --    | ----                |
| ----          | --    | ----                |
| FETCH R       | t1    | ----                |
| ----          | --    | ----                |
| ----          | t2    | UPDATE R (DELETE R) |
| ----          | --    | ----                |
| ----          | t3    | COMMIT              |
| ----          | --    | ----                |
| FETCH R       | t4    | ----                |
| ----          | --    | ----                |

Transakcija A čita slog pre drugih zahteva. U međuvremenu, B menja/briše slog i potvrđuje promene. Ako A kasnije poželi da pročita originalni slog on će biti promenjen ili neće postojati

# Problem pojavljivanja fantoma

| Transakcija A      | vreme | Transakcija B                 |
|--------------------|-------|-------------------------------|
| -----              | ----- | -----                         |
| ----               | --    | ----                          |
| FETCH R where x=10 | t1    | ----                          |
| ----               | --    | ----                          |
| ---                | t2    | INSERT INTO R ... x=10        |
| ----               | --    | (UPDATE R SET X=10 WHERE....) |
| ----               | --    | ----                          |
| FETCH R where x=10 | t3    | ----                          |
| ----               | --    | ----                          |
| ---                | --    | ----                          |

Transakcija A čita tabelu po kriterijumu i dobija skup slogova. Aplikacija B unosi nove slogove ili ažurira postojeće tako da zadovoljavaju kriterijum zadat od A. Aplikacija A ponovo čita tabelu u okviru iste transakcije i dobija dodatne ("fantomske") slogove



# Problem nekonzistentne analize

| Transakcija A   | vreme | Transakcija B   |           |
|-----------------|-------|-----------------|-----------|
| -----           | --    | -----           |           |
| FETCH Rac1 (40) | t1    | -----           |           |
| sum=40          | --    |                 |           |
| -----           | --    | -----           |           |
| FETCH Rac2 (50) | t2    | -----           |           |
| sum=90          | --    |                 |           |
| -----           | --    | -----           |           |
| -----           | t3    | FETCH Rac3 (30) |           |
| -----           | --    | -----           |           |
| -----           | t4    | UPDATE Rac3     | (30-->20) |
| -----           | --    | -----           |           |
| -----           | t5    | FETCH Rac1 (40) |           |
| -----           | --    | -----           |           |
| -----           | t6    | UPDATE Rac1     | (40-->50) |
| -----           | --    | -----           |           |
| -----           | t7    | COMMIT          |           |
| -----           | --    | -----           |           |
| FETCH Rac3 (20) | t8    | -----           |           |
| sum=110         | --    |                 |           |
| -----           | --    | -----           |           |

# Problem nekonzistentne analize

Tri računa sa stanjem

Račun 1: 40 Račun 2: 50 Račun 3: 30

Transakcija A sabira stanje na sva tri računa, dok transakcija B prenosi 10 sa računa 3 na račun 1.

Transakcija A primenjuje nekonzistentnu analizu: posledica je dobijanje pogrešne vrednosti za zbir (110 umesto 120)

## Problemi koji se javljaju u prethodnim primerima su

| Termin                                   | Opis   |
|--|--|
| Prljavo pisanje                          | Transakcija menja nepotvrđene podatke koje je promenila druga transakcija koja još nije dala COMMIT ili ROLLBACK |
| Prljavo čitanje                          | Transakcija čita podatke modifikovane od strane druge transakcije koja još nije dala COMMIT ili ROLLBACK         |
| Rasplinuto čitanje / Neuzastopno čitanje | Transakcija koja čita podatke ne vidi iste podatke kao u prethodnom čitanju (u okviru te iste transakcije)       |
| Čitanje fantoma                          | Transakcija koja čita podatke vidi nove podatke u odnosu na prethodno čitanje                                    |

Prethodni problemi mogu da budu rešeni preko mehanizma koji se naziva **zaključavanje** (postavljanje katanaca, eng. *locking*)

Osnovna ideja:

- kada transakcija želi da radi sa nekim resursom ona zahteva zaključavanje tog resursa (postavlja katanac nad tim resursom)
- kada se transakcija završi resurs se oslobadja



## Elementarni pristup

- Sistem podržava bar dve vrste katanaca: privatni (ekskluzivni, X) i deljivi (S)
- Ako je transakcija A postavila X katanac nad resursom t tada zahtev bilo koje druge transakcije B za postavljanje bilo kog katanca nad t biva odbijen
- Ako je transakcija A postavila deljivi katanac nad torkom t tada zahtev bilo koje druge transakcije B za postavljanje
  - S katanca nad t može biti ispunjen
  - X katanca nad t biva odbijen

## Matrica kompatibilnosti načina zaključavanja

|               |   | Transakcija A |   |   |
|---------------|---|---------------|---|---|
|               |   | X             | S | – |
| Transakcija B | X | N             | N | Y |
|               | S | N             | Y | Y |
|               | – | Y             | Y | Y |

Katanac: X - privatni, S - deljivi, – ne postoji

N oznacava konflikt

Y oznacava kompatibilnost

Striktni dvofazni protokol zaključavanja garantuje da se problemi konkurentnosti ne javljaju

- 1) Transakcija koja želi da pročita torku mora prvo nad njom da postavi S katanac
- 2) Transakcija koja želi da ažurira torku mora prvo nad njom da postavi X katanac. Alternativno, ako već drži S katanac nad tom torkom, transakcija mora da zahteva unapređenje S katanca u X katanac

- 3) Ako je zahtev za postavljanjem katanca od strane transakcije B odbijen jer je u konfliktu sa već postavljenim katancem od strane transakcije A, transakcija B ide u stanje čekanja. B čeka dok A ne oslobodi ključ (sistem mora da garantuje da B neće zauvek da ostane u stanju čekanja!)
- 4) X katanac se zadržava do kraja transakcije (COMMIT ili ROLLBACK). S katanac se, uobičajeno, takodje zadržava (najduže) do kraja transakcije



# Problem izgubljenih ažuriranja - rešenje

| Transakcija A | vreme | Transakcija B |                           |
|---------------|-------|---------------|---------------------------|
| -----         | ----- | -----         |                           |
| ----          | --    | ----          |                           |
| ----          | --    | ----          |                           |
| FETCH R       | t1    | ----          | (zahteva S katanac nad R) |
| ----          | --    | ----          |                           |
| ----          | t2    | FETCH R       | (zahteva S katanac nad R) |
| ----          | --    | ----          |                           |
| UPDATE R      | t3    | ----          | (zahteva X katanac nad R) |
| čeka          | --    | ----          |                           |
| čeka          | t4    | UPDATE R      | (zahteva X katanac nad R) |
| čeka          | --    | čeka          |                           |
| čeka          | --    | čeka          |                           |

Transakcija A gubi svoja ažuriranja u trenutku t4

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

### Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

# Problem izgubljenih ažuriranja - rešenje

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

### Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

- U trenutku T1 transakcija A postavlja S katanac
- U trenutku T2 transakcija B postavlja S katanac
- U trenutku T3 transakcija A ne može da postavi X katanac i ide u stanje čekanja
- U trenutku T4 transakcija B ne može da postavi X katanac i ide u stanje čekanja
- Ni jedna transakcija ne može da nastavi rad, obe čekaju jedna na drugu - mrtva petlja (eng. *deadlock*)

# Problem zavisnosti od nepotvrđenih podataka - rešenje

## Prvi slučaj

| Transakcija A | vreme | Transakcija B   |
|---------------|-------|---|
| -----         | ---   | -----   |
| ----          | --    | ----  |
| ----          | --    | ----  |
| ----          | t1    | UPDATE R (zahteva X katanac nad R)                                |
| ----          | --    | ----  |
| FETCH R       | t2    | ---- (zahteva S katanac nad R)                                    |
| čeka          | --    | ----  |
| čeka          | --    | ----  |
| čeka          | t3    | ROLLBACK (tačka sinhronizacije,<br>oslobadja se X katanac sa R-a) |
| čeka          | --    | ----  |
| FETCH R       | t4    | ---- (ponovo se izvršava i postavlja<br>S katanac nad R)          |

Transakcija A je sprečena da pročita nepotvrđene promene u trenutku t2

### Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

#### Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

### Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

# Problem zavisnosti od nepotvrđenih podataka - rešenje

## Drugi slučaj

| Transakcija A | vreme | Transakcija B   |
|---------------|-------|---|
| -----         |       | -----   |
| ----          | --    | ----  |
| ----          | --    | ----  |
| ----          | t1    | UPDATE R (zahteva X katanac nad R)                                |
| ----          | --    | ----  |
| UPDATE R      | t2    | ---- (zahteva X katanac na R)                                     |
| čeka          | --    | ----  |
| čeka          | t3    | ROLLBACK (tačka sinhronizacije,<br>oslobadja se X katanac sa R-a) |
| čeka          | --    | ----  |
| UPDATE R      | t4    | ---- (ponovo se izvršava i postavlja<br>X katanac nad R)          |

Transakcija A je sprečena da ažurira nepotvrđene promene u trenutku t2

### Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

#### Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

### Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

# Problem neuzastopnih čitanja - rešenje

| Transakcija A | vreme | Transakcija B                  |
|---------------|-------|--------------------------------|
| -----         |       | -----                          |
| ----          | --    | ----                           |
| ----          | --    | ----                           |
| FETCH R       | t1    | ---- (zahteva S katanac nad R) |
| ----          | --    | ----                           |
| ----          | t2    | UPDATE R (DELETE R)            |
| ----          | --    | čeka                           |
| ----          | t3    | čeka                           |
| ----          | --    | čeka                           |
| FETCH R       | t4    | čeka                           |
| ----          | --    | čeka                           |

Transakcija A čita slog i postavlja S katanac na R.  
Transakcija B ne može da dobije X katanac i čeka,  
dok A u kasnijem čitanju dobija istu vrednost sloga

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

### Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

### Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

# Problem pojavljivanja fantoma - rešenje

| Transakcija A      | vreme | Transakcija B                 |                          |
|--------------------|-------|-------------------------------|--------------------------|
| -----              | ---   | -----                         |                          |
| FETCH R where x=10 | t1    | -----                         | (zahteva S katanac na R) |
| -----              | --    | -----                         |                          |
| ---                | t2    | INSERT INTO R ... x=10        |                          |
| -----              | --    | (UPDATE R SET X=10 WHERE....) |                          |
| -----              | --    | čeka                          |                          |
| FETCH R where x=10 | t3    | čeka                          |                          |
| -----              | --    | čeka                          |                          |
| -----              | --    | čeka                          |                          |

Transakcija A čita slog i postavlja S katanac na R.  
 Transakcija B ne može da dobije X katanac i čeka. A  
 u ponovljenom čitanju dobija isti skup slogova (bez  
 "fantoma")

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

### Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objele zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

# Problem nekonzistentne analize - rešenje

| Transakcija A                  | vreme          | Transakcija B                                       |
|--------------------------------|----------------|---|
| -----                          | -----          | -----   |
| ----                           | --             | ----  |
| ----                           | --             | ----  |
| FETCH Rac1(40)<br>sum=40       | t1<br>--       | ---- (postavlja S katanac nad Rac1)                 |
| ----                           | --             | ----  |
| FETCH Rac2(50)<br>sum=90       | t2<br>--       | ---- (postavlja S katanac nad Rac2)                 |
| ----                           | --             | ----  |
| ----                           | t3             | FETCH Rac3(30) (postavlja S katanac nad Rac3)       |
| ----                           | --             | ----  |
| ----                           | t4             | UPDATE Rac3(30-->20) (postavlja X katanac nad Rac3) |
| ----                           | --             | ----  |
| ----                           | t5             | FETCH Rac1(40) (postavlja S katanac nad Rac1)       |
| ----                           | --             | ----  |
| ----                           | t6             | UPDATE Rac1(40-->50) (zahteva X katanac nad Rac1)   |
| ----                           | --             | čeka  |
| ----                           | --             | čeka  |
| FETCH Rac3(20)<br>čeka<br>čeka | t7<br>--<br>-- | čeka (zahteva S katanac nad Rac3)<br>čeka<br>čeka   |

Nekonzistentna analiza je sprečena ali se u trenutku t7 javila mrtva petlja

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

### Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

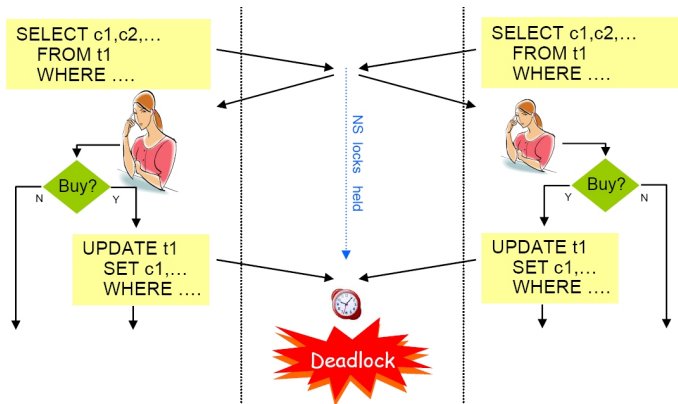
Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

# Mrtva petlja



Ko će od korisnika uspeti da obavi kupovinu?

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška



- Mrtva petlja (eng. *deadlock*) je situacija kada dve ili više transakcija imaju postavljen katanac nad resursom koji je potreban onoj drugoj tako da ni jedna ne može da nastavi sa radom.
- Mrtva petlja može da uključi dve ili više transakcija
- Otkriva se grafom čekanja
- Razrešava se tako što se izabere žrtva čiji se efekti ponište i tako oslobode resursi

- Kriterijum korektnosti izvršavanja datog skupa transakcija
- Izvršavanje datog skupa transakcija je korektno ako je serijalizabilno, tj. ako proizvodi isti rezultat kao i serijsko izvršavanje istog skupa transakcija
- Efekat zaključavanja je da isforsira serijalizabilnost transakcija
- **Serijalizabilnost skupa transakcija ne garantuje redosled transakcija pri izvršavanju!**

Važi sledeća teorema

*Ako sve transakcije primenjuju dvofazni protokol zaključavanja tada su svi mogući rasporedi izvršavanja transakcija serijalizabilni*

Nacin rada:

- Pre rada sa bilo kojim objektom transakcija mora da zahteva katanac nad tim objektom
- Po oslobadjanju katanca transakcija ne sme više da zahteva bilo koji katanac

# Dvofazni protokol zaključavanja - nastavak

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

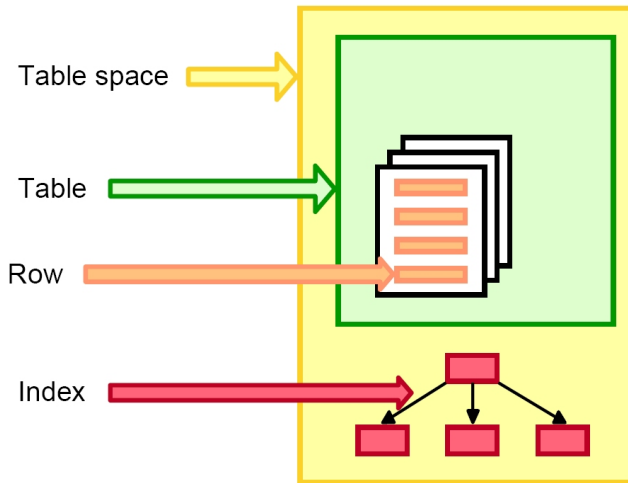
SQL podrška

Transakcije koje se ponašaju u skladu sa ovim protokolom imaju dve faze

- faza zahteva za katanacima
- faza ukidanja katanaca tj. oslobađanja resursa

Druga faza se često komprimuje u jednu operaciju (COMMIT ili ROLLBACK)

# Objekti zaključavanja



## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

Zbog performansi i povećanja nivoa konkurentnosti (mogućnosti za istovremeno izvršavanje više programa) proširuje se elementarni koncept zaključavanja resursa:

- RSUBP podržava tri opšte kategorije katanaca: S, U (ažuriranje sa namerom), X i više načina za njihovo korišćenje
- uvodi se koncept *nivoa izolacije*
- uvode se dodatne tehnike za povećanje nivoa konkurentnosti

- Termin **nivo izolacije** se koristi za opis stepena ometanja koje tekuća transakcija može da podnese pri konkurentnom izvršavanju
- Ako su transakcije serijalizabilne stepen ometanja ne postoji, tj. nivo izolacije je maksimalan
- Realni sistemi zbog različitih razloga (npr. performanse) dopuštaju rad sa nivoom izolacije koji je manji od maksimalnog
- Što je veći nivo izolacije manje su dopuštene smetnje i obratno

## Mogući nivoi izolacije u DB2 su

- **RR** - Repeatable Read - zaključava sve slogove koji su referisani u okviru transakcije
- **RS** - Read Stability - zaključava slogove koji su pročitani u okviru transakcije
- **CS** - Cursor Stability (predefinisan) - zaključava se svaki slog kome se pristupilo dok se kursor nalazi na njemu. Katanci se drže dok se ne pristupi narednom slogu
  - **CC** - currently committed - ukoliko neko čita slog, ne čeka da se oslobodi ključ već se čita prethodno potvrđena verzija podataka
- **UR** - Uncommitted Read - dopušta čitanje nepotvrđenih podataka druge transakcije



# Nivoi izolacije u DB2

Karakteristike nivoa izolacije se mogu videti u DB2 SQL Reference

SET CURRENT ISOLATION - promena nivoa izolacije za dinamičke SQL naredbe

SQL kod koji se vraća u slučaju mrtve petlje je -911

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

### Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

# Načini zaključavanja

- Pod načinom zaključavanja podrazumeva se vrsta pristupa zaključanom objektu koja je dostupna konkurentnoj transakciji.
- Protokol zaključavanje sa namerom (eng. *intent locking protocol*) - transakciji nije dozvoljeno da zahteva katanac nad torkom pre prvog zahteva za postavljanjem katanca uopšte
- Konflikt između zahteva se otkriva na nivou tabela a ne na nivou torki

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

# Načini zaključavanja - nastavak

| Način zaključavanja   | Objekat                                       | Opis   |
|-----------------------|---|--|
| IN (Intent None)      | Prostor za tabele, blokovi, tabele, particije | Vlasnik katanca može da čita sve (i nepotvrđene) podatke u objektu, ali ne može da ih menja. Ostale aplikacije mogu da čitaju ili ažuriraju tabelu. Ne postavlja ni jedan katanac.   |
| IS (Intent Share)     | Prostor za tabele, blokovi, tabele, particije | Vlasnik katanca može da čita podatke u zaključanoj tabeli ali ne može da ih menja. Postavlja S katanac. Ostale aplikacije mogu da čitaju ili ažuriraju tabelu sve dok ne ažuriraju slog nad kojim je postavljen S katanac    |
| IX (Intent Exclusive) | Prostor za tabele, blokovi, tabele, particije | Vlasnik katanca može da čita (ako dobije S ili U katanac) i menja podatke (ako dobije X katanac) nad slogom. Ostale aplikacije mogu da čitaju i ažuriraju tabelu sve dok ne ažuriraju slog nad kojim je postavljen X katanac |

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

# Načini zaključavanja - nastavak

| Način zaključavanja               | Objekat                             | Opis  |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| NS (Scan Share)                   | Slog                                | Vlasnik katanca može da ali ne i ažurira slog. Katanac se postavlja nad slogovima tabele umesto S katanca, kada je nivo izolacije RS ili CS. Ostale aplikacije mogu da čitaju i ažuriraju tabelu sve dok ne ažuriraju slog nad kojim je postavljen NS katanac |
| NW (Next Key Weak Exclusive)      | Slog                                | Kada se slog unet u indeks, na naredni slog se postavlja NW katanac, ako je sledeći slog zaključan sa RR pretraživanjem. Vlasnik katanca može da čita ali ne i da ažurira zaključani slog. Katanac je sličan X katanacu, ali je kompatibilan sa NS katanacem  |
| S (Share)                         | Slogovi, blokovi, tabele, particije | Vlasnika katanaca i sve konkurentne aplikacije mogu da čitaju podatke ali ne i da ih ažuriraju niti da dobiju katanac nad slogovima. Postavlja se S katanac nad tabelom   |
| SIX (Share with Intent Exclusive) | Tabele, blokovi, particije          | Vlasnik katanca može da čita i ažurira podatke ako dobije X katanac. Kod čitanja se ne postavljaju katanaci nad slogovima. Ostale aplikacije mogu da čitaju podatke ali ne i da ih menjaju. SIX katanac se dobija konverzijom IX kada se zahteva S, i obratno |

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

## Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

# Načini zaključavanja - nastavak

| Način zaključavanja | Objekat  | Opis  |
|---------------------|--|---|
| U (Update)          | Slogovi,<br>blokovi, tabele,<br>particije                | Vlasnik katanca može da čita zaključani objekat i može da unapredi U katanac u X katanac. Dok se promena ne ostvari, ostale aplikacije mogu da čitaju ali ne i da ažuriraju objekat                                       |
| X (Exclusive)       | Slogovi,<br>blokovi, tabele,<br>pul bafera,<br>particije | Vlasnik katanca može da čita i ažurira objekat. Ostale aplikacije mogu da čitaju podatke jedino sa UR nivoom izolacije  |
| Z (Super Exclusive) | Prostori<br>tabela, tabele,<br>particije,<br>blokovi     | Katanac se postavlja nad tabelom u slučaju posebnih događaja (tabela je promenjena ili izbrisana, indeks nad tabelom je formiran ili izbrisan, ili je tabela u re-organizaciji. Ostale aplikacije ne mogu da priđu tabeli |

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

# Načini zaključavanja - nastavak

## Načini zaključavanja slogova

| Row Lock  |                         | Minimum* Supporting Table Lock |
|-----------|-------------------------|--------------------------------|
| <b>S</b>  | Share                   | <b>IS</b>                      |
| <b>U</b>  | Update                  | <b>IX</b>                      |
| <b>X</b>  | eXclusive               | <b>IX</b>                      |
| <b>W</b>  | Weak exclusive          | <b>IX</b>                      |
| <b>NS</b> | Next key Share          | <b>IS</b>                      |
| <b>NW</b> | Next key Weak exclusive | <b>IX</b>                      |

An application does not acquire  
if it is using Table Locks of

Row locks

S, U, X, or Z

### Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

### Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

### Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

# Načini zaključavanja - nastavak

## Načini zaključavanja tabela

|     |                             |
|-----|-----------------------------|
| IN  | Intent None                 |
| IS  | Intent Share                |
| IX  | Intent eXclusive            |
| SIX | Share with Intent eXclusive |
| S   | Share                       |
| U   | Update                      |
| X   | eXclusive                   |
| Z   | superexclusive              |

Row Locking also used

(See next page)

Strict Table Locking

### Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

### Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

### Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

# Kompatibilnost načina zaključavanja

Matrica kompatibilnosti načina zaključavanja za tabele i slogove

| MODE OF LOCK A | MODE OF LOCK B |     |     |     |     |     |     |    |
|----------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
|                | IN             | IS  | S   | IX  | SIX | U   | X   | Z  |
| IN             | YES            | YES | YES | YES | YES | YES | YES | NO |
| IS             | YES            | YES | YES | YES | YES | YES | NO  | NO |
| S              | YES            | YES | YES | NO  | NO  | YES | NO  | NO |
| IX             | YES            | YES | NO  | YES | NO  | NO  | NO  | NO |
| SIX            | YES            | YES | NO  | NO  | NO  | NO  | NO  | NO |
| U              | YES            | YES | YES | NO  | NO  | NO  | NO  | NO |
| X              | YES            | NO  | NO  | NO  | NO  | NO  | NO  | NO |
| Z              | NO             | NO  | NO  | NO  | NO  | NO  | NO  | NO |

Table Locks

Row Locks

| LOCK A MODE | MODE OF LOCK B |     |    |     |     |     |
|-------------|----------------|-----|----|-----|-----|-----|
|             | S              | U   | X  | W   | NS  | NW  |
| S           | YES            | YES | NO | NO  | YES | NO  |
| U           | YES            | NO  | NO | NO  | YES | NO  |
| X           | NO             | NO  | NO | NO  | NO  | NO  |
| W           | NO             | NO  | NO | NO  | NO  | YES |
| NS          | YES            | YES | NO | NO  | YES | YES |
| NW          | NO             | NO  | NO | YES | YES | NO  |

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

## Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška



# Kompatibilnost načina zaključavanja

## Matrica kompatibilnosti načina zaključavanja

|     | IN | IS | NS | S | IX | SIX | U | NW | X | Z |
|-----|----|----|----|---|----|-----|---|----|---|---|
| IN  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓ | ✓  | ✓   | ✓ | ✓  | ✓ | ✗ |
| IS  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓ | ✓  | ✓   | ✓ | ✗  | ✗ | ✗ |
| NS  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓ | ✗  | ✗   | ✓ | ✓  | ✗ | ✗ |
| S   | ✓  | ✓  | ✓  | ✓ | ✗  | ✗   | ✓ | ✗  | ✗ | ✗ |
| IX  | ✓  | ✓  | ✗  | ✗ | ✓  | ✗   | ✗ | ✗  | ✗ | ✗ |
| SIX | ✓  | ✓  | ✗  | ✗ | ✗  | ✗   | ✗ | ✗  | ✗ | ✗ |
| U   | ✓  | ✓  | ✓  | ✓ | ✗  | ✗   | ✗ | ✗  | ✗ | ✗ |
| NW  | ✓  | ✗  | ✓  | ✗ | ✗  | ✗   | ✗ | ✗  | ✗ | ✗ |
| X   | ✓  | ✗  | ✗  | ✗ | ✗  | ✗   | ✗ | ✗  | ✗ | ✗ |
| Z   | ✗  | ✗  | ✗  | ✗ | ✗  | ✗   | ✗ | ✗  | ✗ | ✗ |

### Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

### Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

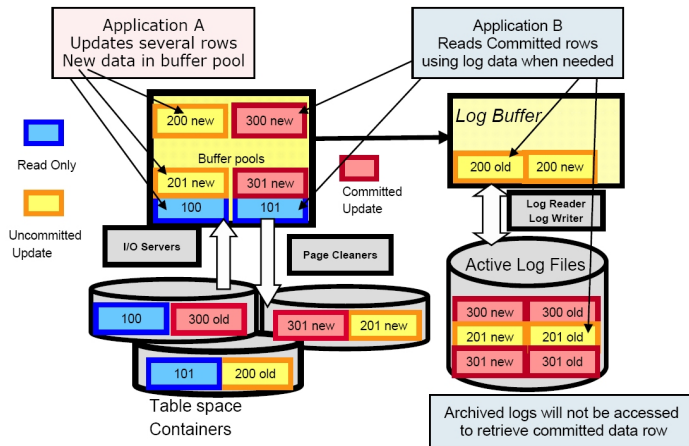
Nivo izolacije

### Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

# Trenutno potvrđeni (Currently Committed)



## Konkurentnost

- Uvod
- Problemi u konkurentnom radu
- Zaključavanje
- Mrtva petlja
- Serijalizabilnost
- Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

- Objekti zaključavanja
- Zaključavanje i performanse
- Nivo izolacije
- Načini zaključavanja
- Dodatne tehnike**
- SQL podrška

# Trenutno potvrđeni - eliminacija mrtve petlje

## Client 1 (Cursor Stability)

Update T1 set col1 = 50  
where col2 = 100



Select col1, col3,  
col4 from T2  
where col2  
between 40 and 60  
FOR READ ONLY

NO row locks  
needed

## DB2 Server

X Row locks held

## Client 2 (Cursor Stability)

Update T2 set col1 = ?  
where col2 = 50



Select col1, col5,  
from T1  
where col1 > 0  
and col2 = 100  
FOR READ ONLY

NO row locks  
needed

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom  
radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol  
zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

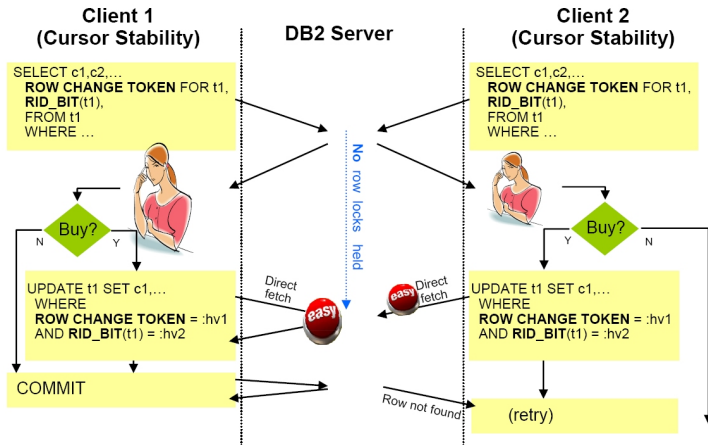
# Optimističko zaključavanje

## Konkurentnost

- Uvod
- Problemi u konkurentnom radu
- Zaključavanje
- Mrtva petlja
- Serijalizabilnost
- Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

- Objekti zaključavanja
- Zaključavanje i performanse
- Nivo izolacije
- Načini zaključavanja
- Dodatne tehnike**
- SQL podrška



# Eskalacija katanaca

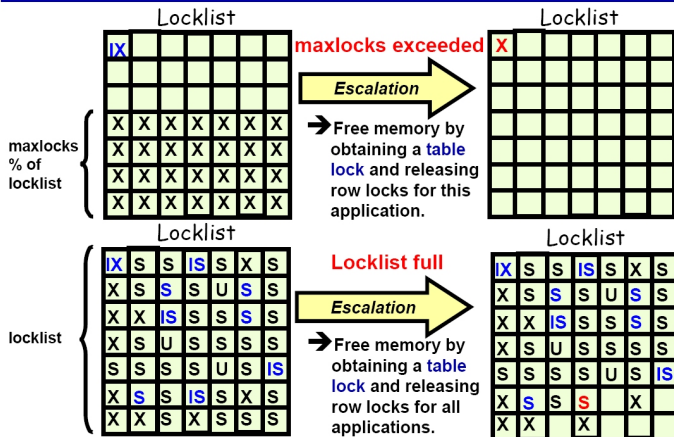
## Konkurentnost

Uvod  
 Problemi u konkurentnom radu  
 Zaključavanje  
 Mrtva petlja  
 Serijalizabilnost  
 Dvofazni protokol zaključavanja

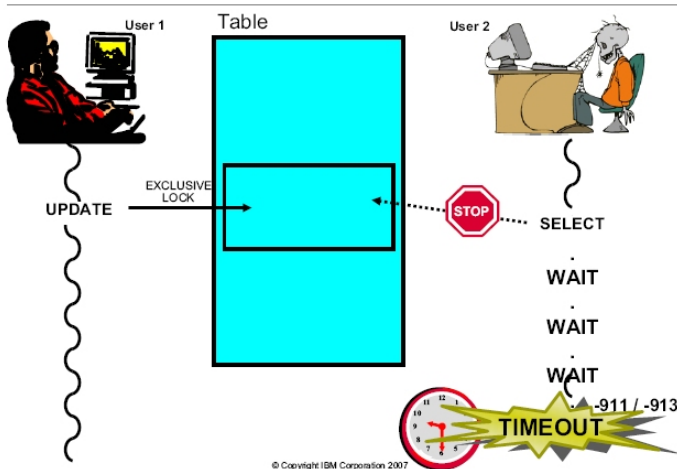
## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja  
 Zaključavanje i performanse  
 Nivo izolacije  
 Načini zaključavanja  
 Dodatne tehnike  
 SQL podrška

**Legend:** Row locks (black) Table locks (blue) Escalated table locks (red)



# Timeout



Parametri baze koji se odnose na zaključavanje:  
LOCKTIMEOUT, DLCHKTIME, MAXLOCKS, ....

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

## SQL standard

- ne propisuje eksplicitno mogućnosti zaključavanja
- zahteva od implementacija da obezbede mogućnost konkurentnog izvršavanja transakcija
- zahteva da ažuriranja izvedena od strane jedne ne budu vidljiva drugim transakcijama sem u slučaju da prva transakcija završi sa COMMIT-om

### Zaključavanje - napredne tehnike

Standard definiše sledeće nivoe izolacije

- READ UNCOMMITTED
- READ COMMITED
- REPEATABLE READ
- SERIALIZABLE (predefinisan)



# SQL podrška - nastavak

## Konkurentnost

Uvod

Problemi u konkurentnom radu

Zaključavanje

Mrtva petlja

Serijalizabilnost

Dvofazni protokol zaključavanja

## Zaključavanje - napredne tehnike

Objekti zaključavanja

Zaključavanje i performanse

Nivo izolacije

Načini zaključavanja

Dodatne tehnike

SQL podrška

| Nivo izolacije |                  | Priljavo pisanje | Priljavo čitanje | Neuzastopno čitanje | Fantomi |
|----------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|---------|
| DB2            | ANSI             |                  |                  |                     |         |
| UR             | READ UNCOMMITTED | N                | Y                | Y                   | Y       |
| CS             | READ COMMITTED   | N                | N                | Y                   | Y       |
| RS             | REPEATABLE READ  | N                | N                | N                   | Y       |
| RR             | SERIALIZABLE     | N                | N                | N                   | N       |

## Zaključavanje tabele

- Korisnik
  - LOCK TABLE <ime tabele> IN SHARE MODE
  - LOCK TABLE <ime tabele> IN EXCLUSIVE MODE
- Administrator
  - ALTER TABLE <ime tabele> LOCKSIZE ROW
  - ALTER TABLE <ime tabele> LOCKSIZE TABLE
  - ALTER TABLE <ime tabele> LOCKSIZE BLOCKINSERT (samo za MDC)

## Primeri zaključavanja - 15.primeri.sql

- Čekanje na resurs
- Mrtva petalja
- Eksplicitne naredbe za zaključavanje
- SQL naredbe za analizu
- ...