

# Uvod

Motivacija, SUBP i konceptualizacija SBP

Sistemi baza podataka; dr Vladimir Dimitrieski

1

## Sadržaj

- SUBP - Motivacija i koncepcija
- SUBP - Funkcije i struktura
- SUBP - Arhitektura
- Sistemi baza podataka
- Sadržaj predmeta

2

2

## SUBP - Motivacija i koncepcija

3

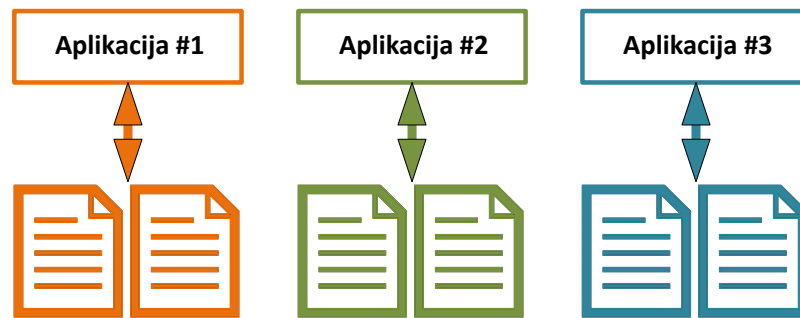
### Klasična organizacija datoteka

- Najstarije rešenje
  - IS "na karticama", bez podrške računara
    - medijum za trajno memorisanje struktura podataka - papir
- Naprednije rešenje
  - IS organizovani nad sistemima datoteka
    - medijum za trajno memorisanje struktura podataka – sistem diskova
  - IS je sačinjavao skup nezavisnih aplikacija
    - svaka aplikacija - sopstvene datoteke
    - "skladište podataka" - skup datoteka
    - podaci o istom entitetu u različitim datotekama
    - vremenom, takav IS dolazi u kontradikciju sa samim sobom

4

4

## Klasična organizacija datoteka



5

5

## Klasična organizacija datoteka

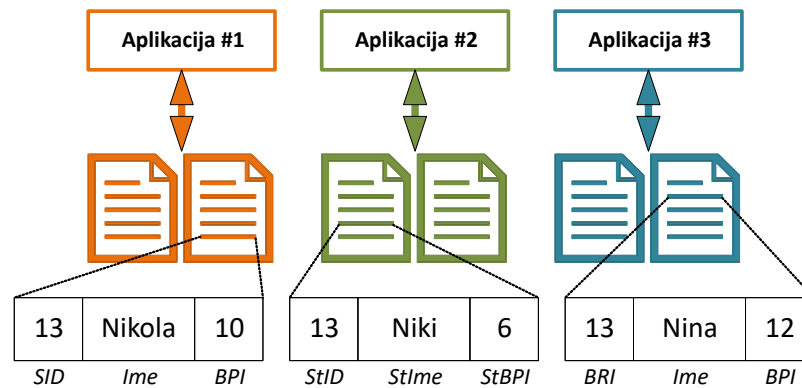
- Osnovni nedostaci
  - **nepovezanost aplikacija**
    - potreba ručnog prepisivanja istih ili sličnih podataka
  - **redundantnost podataka**
    - potreba višestrukog memorisanja istih ili sličnih podataka
  - **čvrsta povezanost programa i podataka**
    - program vodi računa o FSP datoteke, kako u opisu, tako i u proceduri
  - nedostatak podrške za konkurentni pristup više korisnika
- Posledice
  - otežano održavanje IS-a
  - otežan dalji razvoj IS-a

6

6

## Klasična organizacija datoteka

- Primer - nepovezanost i redundantnost



7

7

## Klasična organizacija datoteka

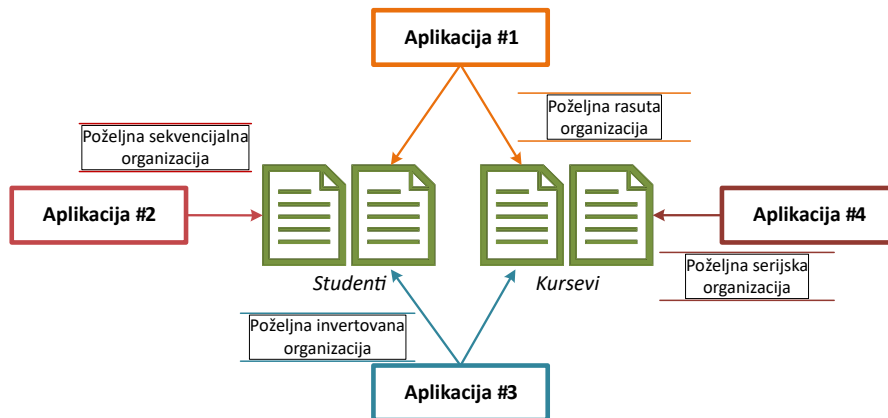
- Problemi koji se mogu ublažiti, ili čak razrešiti u klasičnoj organizaciji
  - nepovezanost aplikacija
  - redundantnost
- Problem koji je gotovo nemoguće ublažiti ili razrešiti u klasičnoj organizaciji
  - čvrsta povezanost programa i podataka

8

8

## Klasična organizacija datoteka

- Primer - čvrsta povezanost programa i podataka



9

9

## Baze podataka i SUBP

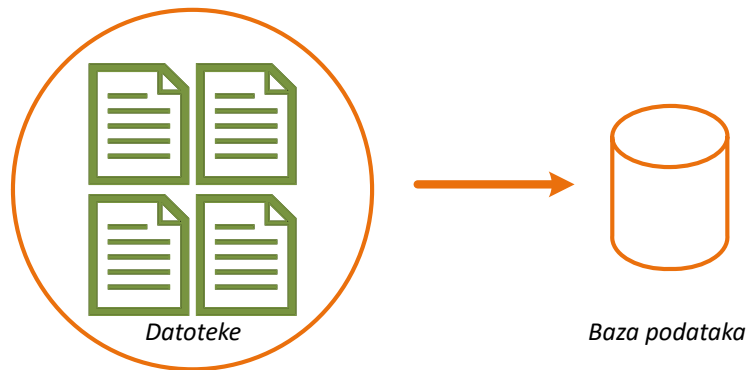
- Osnovne ideje:
  - da se svi podaci jednog IS integrišu u jednu veliku "datoteku"
    - nastanak pojma **baze podataka**
  - nereduntantno memorisanje podataka
    - izbegavanje nepotrebnog višestrukog memorisanja istih ili sličnih podataka
  - da se uvede poseban softverski proizvod za podršku kreiranja i korišćenja baze podataka
    - **sistem za upravljanje bazama podataka (SUBP)**
    - da svi programi koriste podatke iz baze podataka, ili je ažuriraju koristeći isključivo usluge SUBP
  - transakcijska obrada
    - teška implementacija nad sistemom datoteka
    - SUBP ima ugrađenu podršku
  - višekorisnički konkurentni pristup
  - autorizacija korisnika

10

10

## Baze podataka i SUBP

- Svi podaci jednog IS integrišu se u jednu veliku "datoteku" – bazu podataka

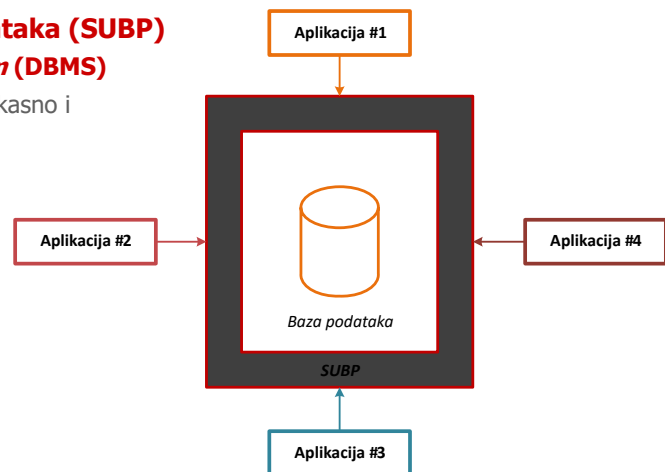


11

11

## Namena SUBP / DBMS

- **Sistem za upravljanje bazama podataka (SUBP)**
  - engl. ***Database Management System (DBMS)***
  - programski proizvod koji omogućava efikasno i pouzdano:
    - formiranje,
    - korišćenje i
    - menjanje BP



12

12

## Koncepcija SUBP

- Karakteristike SUBP
  - mora biti zasnovan na nekom implementacionom **modelu podataka**
    - idealno, treba da podrži sve koncepte i sve karakteristike, tj. prednosti izabranog modela podataka
    - npr. **relacioni model podataka, objektno-orijentisani, objektno-relacioni, graf, vremenske serije, XML, kolonski orijentisan, dokument orijentisan ...**
  - mora da poseduje jezik (ili jezike) za obezbeđenje upravljanja BP, tj. komunikacije
    - programer - SUBP
    - administrator BP - SUBP
    - krajnji korisnik - SUBP

13

13

## Koncepcija SUBP

- Karakteristike SUBP
  - **funkcionalnost**
    - treba da je u mogućnosti da podrži sve predviđene funkcije, za koje je namenjen
  - **adaptivnost**
    - mogućnost lakih izmena definisanih (implementiranih) koncepata BP
    - mogućnost lakog prilagođavanja SUBP konkretnim uslovima
  - **performantnost**
    - mogućnost podešavanja performansi upotrebe BP
  - **pouzdanost**
    - visoka verovatnoća bezotkaznog rada u realnom vremenu

14

14

## Koncepcija SUBP

- Karakteristike SUBP
  - **pogodnost za korišćenje**
    - lakoća korišćenja SUBP, za realizaciju predviđenih zadataka
    - automatizacija postupaka realizacije zadataka
  - **pogodnost za održavanje**
    - lakoća održavanja proizvoda u funkciji
    - sledljivost verzija SUBP u vremenu
  - **postojanje rečnika (kataloga) BP**
    - rečnik (katalog) BP - baza podataka samog SUBP
    - SUBP treba da radi nad sopstvenom BP - rečnikom, na isti način kako opslužuje i korisničku BP
  - **dugovečnost**
    - zadržavanje svih poželjnih karakteristika za duži niz godina

15

15

## Koncepcija SUBP

- Zasnovanost na modelu podataka (MP)
  - poželjne karakteristike implementacionih MP
    - logička i fizička nezavisnost podataka
    - strukturalna jednostavnost koncepata MP
    - visoka deklarativnost jezika za definiciju i manipulisanje podacima
    - zasnovanost na teoretski "dobrim" modelima

16

16

## Koncepcija SUBP

- Zasnovanost na modelu podataka (MP)
  - nisu svi **implementacioni MP** pokazivali iste osobine po pitanju poželjnih osobina
  - danas, pretežno u komercijalnoj upotrebi
    - **relacioni SUBP (RSUBP) i objektno-relacioni SUBP (ORSUBP)**
      - kombinuju dobre osobine relacionih i objektno-orijentisanih SUBP
      - jezik za komunikaciju sa RSUBP i ORSUBP
        - **SQL - Structured Query Language**
    - **NoSQL SUBP**
      - nisu zasnovani na relacionom modelu
      - često zasnovani na objektnom ili mrežnom (graf) modelu
      - XML SUBP u razvoju (od 2009)
        - XML SUBP i povezivanje sa ORSUBP
        - jezici za komunikaciju sa XML SUBP
          - XML, XML Schema, XPath, XQuery, veza sa SQL

17

17

## SUBP - Funkcije i struktura

18

## Struktura SUBP

- Posедуje komponente i mehanizme za
  - implementaciju šeme BP u izabranom modelu podataka
    - implementacione šeme BP i pravila poslovanja
    - interne šeme BP (fizičke strukture BP)
    - distribucione i replikacione šeme BP
  - formiranje, korišćenje i ažuriranje BP
  - upravljanje podacima
  - oblikovanje naprednih arhitektura BP
  - upravljanje transakcijama
  - upravljanje višekorisničkim režimom rada
  - zaštitu BP od neovlašćenog pristupa
  - zaštitu BP od uništenja / oštećenja
  - upravljanje distribuiranim BP i replikacijom
  - obezbeđenje performantnog korišćenja BP

19

19

## Struktura SUBP

- Posедуje komponente i mehanizme za
  - implementaciju šeme BP u izabranom modelu podataka
    - implementacione šeme BP i pravila poslovanja
    - interne šeme BP (fizičke strukture BP)
    - distribucione i replikacione šeme BP
  - formiranje, korišćenje i ažuriranje BP
  - upravljanje podacima
  - oblikovanje naprednih arhitektura BP
  - upravljanje transakcijama
  - upravljanje višekorisničkim režimom rada
  - zaštitu BP od neovlašćenog pristupa
  - zaštitu BP od uništenja / oštećenja
  - upravljanje distribuiranim BP i replikacijom
  - obezbeđenje performantnog korišćenja BP

20

20

## Implementacione šeme BP i pravila poslovanja

- Implementacija skupa šema relacija
  - kreiranje i brisanje domena – osnovnog tipa podatka
    - CREATE DOMAIN, DROP DOMAIN
  - kreiranje i brisanje složenog tipa podatka
    - CREATE TYPE, DROP TYPE
  - kreiranje, modifikovanje i brisanje tabele (šeme relacije)
    - CREATE TABLE, ALTER TABLE, DROP TABLE
  - dodavanje, modifikovanje i brisanje kolone tabele (atributa šeme relacije)
    - ALTER TABLE / ADD, MODIFY, DROP

21

21

## Implementacione šeme BP i pravila poslovanja

- Implementacija ograničenja šeme BP
  - **zadaju se parametri ograničenja**
    - definiše se ograničenje, datog tipa
    - definišu se operacije (događaji) nad BP koje mogu dovesti do narušavanja ograničenja
    - za svaku operaciju, definiše se aktivnost (akcija) očuvanja konzistentnosti BP, u slučaju pokušaja narušavanja ograničenja
  - SUBP obezbeđuje **centralnu i automatsku** proveru važenja ograničenja
    - saglasno definisanim parametrima
    - **ne može je zaobići ni jedan program ili korisnik**
    - korisnici nisu svesni postojanja ograničenja, dok ne dođe do njegovog narušavanja
    - u slučaju pokušaja narušavanja ograničenja nekom operacijom ažuriranja, SUBP
      - aktivnim mehanizmom dovodi stanje BP u konzistentno
        - automatski, nakon izvođenja kritične operacije za ograničenje
      - ili izaziva grešku i prekida operaciju
        - prosleđuje korisničkom programu poruku o grešci
        - program obrađuje tu poruku i prosleđuje je korisniku

22

22

## Implementacione šeme BP i pravila poslovanja

- Implementacija ograničenja šeme BP
  - **deklarativni mehanizmi**
    - aktivnosti provere važenja ograničenja i očuvanja konzistentnosti se, većim delom, podrazumevaju
      - SQL klauzula CONSTRAINT
      - CREATE DOMAIN, CREATE ASSERTION
  - **proceduralni mehanizmi**
    - aktivnosti provere važenja ograničenja i očuvanja konzistentnosti se, većim delom, programiraju
      - CREATE TRIGGER
      - CREATE PROCEDURE, CREATE FUNCTION

23

23

## Struktura SUBP

- Posедуje komponente i mehanizme za
  - implementaciju šeme BP u izabranom modelu podataka
    - implementacione šeme BP i pravila poslovanja
    - interne šeme BP (fizičke strukture BP)
    - distribucione i replikacione šeme BP
  - formiranje, korišćenje i ažuriranje BP
  - upravljanje podacima
  - oblikovanje naprednih arhitektura BP
  - upravljanje transakcijama
  - upravljanje višekorisničkim režimom rada
  - zaštitu BP od neovlašćenog pristupa
  - zaštitu BP od uništenja / oštećenja
  - upravljanje distribuiranim BP i replikacijom
  - obezbeđenje performantnog korišćenja BP

24

24

## Interne šeme BP (fizičke strukture BP)

- Realizacija interne šeme - fizičke strukture BP
  - podrška različitih načina fizičke organizacije podataka i metoda pristupa
    - serijska organizacija podataka (PILE, LOG)
    - indeksne organizacije podataka (B+ ili B stabla, različite varijante)
    - rasute organizacije podataka (HASH)
    - indeks-sekvencijalna organizacija podataka
    - klasteraska organizacija podataka (CREATE CLUSTER)
  - zadavanje parametara fizičke organizacije datoteka operativnog sistema (OS), nad kojima SUBP funkcioniše
  - raspodela delova baze podataka po datotekama operativnog sistema
    - particioniranje sadržaja tabele podataka na više datoteka i više disk jedinica
  - zadavanje parametara upravljanja fizičkim prostorom, dodeljenom bazi podataka

25

25

## Struktura SUBP

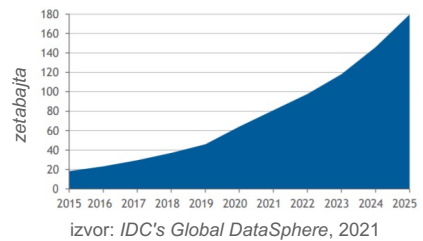
- Posедуje komponente i mehanizme za
  - implementaciju šeme BP u izabranom modelu podataka
    - implementacione šeme BP i pravila poslovanja
    - interne šeme BP (fizičke strukture BP)
    - ➡ ■ distribucione i replikacione šeme BP
  - formiranje, korišćenje i ažuriranje BP
  - upravljanje podacima
  - oblikovanje naprednih arhitektura BP
  - upravljanje transakcijama
  - upravljanje višekorisničkim režimom rada
  - zaštitu BP od neovlašćenog pristupa
  - zaštitu BP od uništenja / oštećenja
  - upravljanje distribuiranim BP i replikacijom
  - obezbeđenje performantnog korišćenja BP

26

26

## Distribucione i replikacione šeme BP

- Naglo uvećanje ("eksplozija") količine podataka
  - usled pojave Interneta i povećanja broja korišćenih uređaja
  - dovodi do problema skladištenja, očuvanja podataka i performansi
  - **problem 1:**
    - *količina uskladištenih podataka prevazilazi memorijske kapacitete pojedinačnih uređaja*
    - **potrebno distribuirati podatke na više uređaja**
      - uz očuvanje nezavisnosti aplikacija od fizičke distribucije podataka
      - uz očuvanje svih poželjnih karakteristika SUBP
  - **problem 2:**
    - *otkazi hardvera i udaljenost podataka utiču na performanse sistema*
    - **potrebno replicirati podatke**
      - kako bi se smanjio uticaj otkaza na integritet podataka
      - kako bismo povećali propusnu moć celokupnog sistema

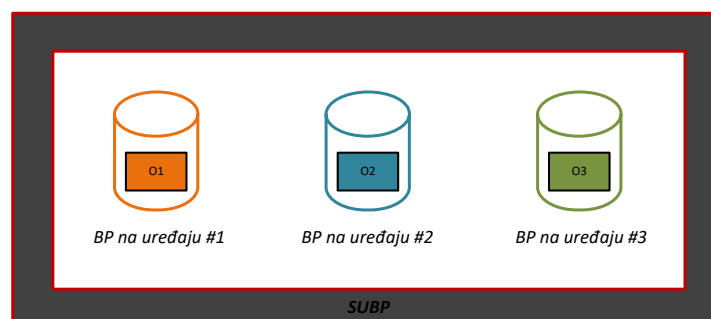


27

27

## Distribucione i replikacione šeme BP

- **Realizacija distribucione šeme BP**
  - potreba da logički jedinstvena BP bude distribuirana ("fragmentirana") na više računara - servera BP
  - svaki server BP poseduje instaliran SUBP, istog ili različitog tipa i proizvođača
  - serveri BP su povezani u jedinstven računarsko-komunikacioni sistem
  - program može, u opštem slučaju, pristupiti podacima na bilo kojem serveru BP u sistemu



28

28

## Distribucione i replikacione šeme BP

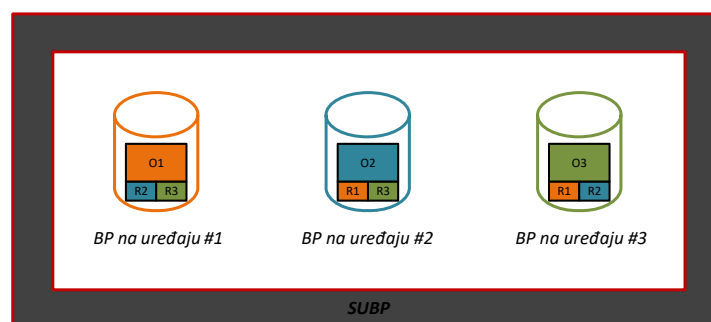
- Realizacija distribucione šeme BP
  - mehanizmi za
    - obezbeđenje globalnog označavanja (imenovanja) servera BP i objekata distribucione šeme BP
    - implementaciju disjunktne fragmenta distribucione šeme BP
      - CREATE TABLE
    - obezbeđenje lokacijske nezavisnosti distribucione šeme BP od programa
      - CREATE DATABASE LINK, CREATE SYNONYM, CREATE VIEW
    - obezbeđenje nezavisnosti distribucione šeme BP i programa od tipa i proizvođača SUBP
      - protokoli: JDBC, ODBC

29

29

## Distribucione i replikacione šeme BP

- Realizacija replikacione šeme BP
  - potreba da se u BP uvede kontrolisana **redundansa podataka**
  - u cilju obezbeđenja
    - performantnog rada distribuirane BP (povećanja stepena dostupnosti podataka korisniku na datoj lokaciji)
    - izgradnje *data warehouse* sistema
    - obezbeđenja performantnog izveštavanja korisnika, odnosno korišćenja podataka iz BP



30

30

## Distribucione i replikacione šeme BP

- Realizacija replikacione šeme BP
  - mehanizmi za
    - definisanje **materijalizovanih pogleda** - tabela s repliciranim (redundantnim) podacima
      - CREATE MATERIALIZED VIEW
    - definisanje načina, postupaka i intervala ažuriranja, tj. "osvežavanja" sadržaja materijalizovanih pogleda
    - definisanje grupa tabela sa međusobno identičnim sadržajem
    - definisanje grupa materijalizovanih pogleda sa identičnim parametrima osvežavanja

31

31

## Struktura SUBP

- Posедуje komponente i mehanizme za
  - implementaciju šeme BP u izabranom modelu podataka
    - implementacione šeme BP i pravila poslovanja
    - interne šeme BP (fizičke strukture BP)
    - distribucione i replikacione šeme BP
  - **formiranje, korišćenje i ažuriranje BP**
  - upravljanje podacima
  - oblikovanje naprednih arhitektura BP
  - upravljanje transakcijama
  - upravljanje višekorisničkim režimom rada
  - zaštitu BP od neovlašćenog pristupa
  - zaštitu BP od uništenja / oštećenja
  - upravljanje distribuiranim BP i replikacijom
  - obezbeđenje performantnog korišćenja BP

32

32

## Formiranje, korišćenje i ažuriranje BP

- **Formiranje BP**
  - kreiranje datoteka i fizičkog prostora BP
    - CREATE DATABASE
  - inicijalno punjenje ili preuzimanje podataka iz drugih BP ili datoteka
    - Programi tipa *Import*, ili *Loader*
- **Korišćenje BP**
  - izvršavanje upita nad BP
    - QL naredbe: SELECT, CREATE VIEW
  - predaja podataka iz BP u okruženje
    - Programi tipa *Export*
- **Ažuriranje BP**
  - upis, modifikacija i brisanje podataka iz BP
    - DML naredbe: INSERT, UPDATE, DELETE, MERGE

33

33

## Struktura SUBP

- Posедуje komponente i mehanizme za
  - implementaciju šeme BP u izabranom modelu podataka
    - implementacione šeme BP i pravila poslovanja
    - interne šeme BP (fizičke strukture BP)
    - distribucione i replikacione šeme BP
  - formiranje, korišćenje i ažuriranje BP
  - ➡ ○ upravljanje podacima
  - oblikovanje naprednih arhitektura BP
  - upravljanje transakcijama
  - upravljanje višekorisničkim režimom rada
  - zaštitu BP od neovlašćenog pristupa
  - zaštitu BP od uništenja / oštećenja
  - upravljanje distribuiranim BP i replikacijom
  - obezbeđenje performantnog korišćenja BP

34

34

## Upravljanje podacima

- Podrška različitih metoda pristupa podacima
  - saglasno deklariranoj fizičkoj organizaciji podataka
    - obezbeđenje pristupa podacima i razmene podataka između
      - datoteka i radne memorije SUBP
      - radne memorije SUBP i radne memorije korisničkog programa
- Podrška različitih metoda uređivanja (sortiranja) podataka
- Podrška fizičke nezavisnosti BP
  - nezavisnosti BP od njene fizičke organizacije
    - obezbeđenje mogućnosti da program koristi ili ažurira BP, nezavisno od njene fizičke organizacije
- Upravljanje prostorom i blokovima BP
- Upravljanje prostorom radne memorije SUBP
- Upravljanje datotekama OS, dodeljenih bazi podataka

35

35

## Upravljanje podacima

- Podrška različitih načina adresiranja podataka
  - relativno adresiranje
    - korišćenje relativnih adresa bloka ili torki u prostoru BP
    - korišćenje identifikacionih oznaka objekata (*oid*) u ORSUBP i OOSUBP
    - transformisanje relativnih adresa ili *oid*-ova u "fizičke" adrese lokacija (blokova) u datotekama koje određuju prostor BP
  - simboličko (asocijativno) adresiranje
    - korišćenje vrednosti ključa kao simboličke adrese torke u RSUBP
    - transformacija simboličkih adresa u relativne adrese torki ili *oid*-ove

36

36

## Struktura SUBP

- Posедуje komponente i mehanizme za
  - implementaciju šeme BP u izabranom modelu podataka
    - implementacione šeme BP i pravila poslovanja
    - interne šeme BP (fizičke strukture BP)
    - distribucione i replikacione šeme BP
  - formiranje, korišćenje i ažuriranje BP
  - upravljanje podacima
  - **oblikovanje naprednih arhitektura BP**
  - upravljanje transakcijama
  - upravljanje višekorisničkim režimom rada
  - zaštitu BP od neovlašćenog pristupa
  - zaštitu BP od uništenja / oštećenja
  - upravljanje distribuiranim BP i replikacijom
  - obezbeđenje performantnog korišćenja BP

37

37

## Oblikovanje naprednih arhitektura BP

- Upravljanje naprednim arhitekturama BP
  - **klasterske arhitekture SUBP**
    - klasterski sistemi diskova računara
      - više disk jedinica sa sopstvenim kontrolerima u jedinstvenom sistemu, s jedinstvenim adresnim prostorom
      - nizovi diskova (RAID disk jedinice)
    - klasterski računarski sistemi
      - više računarskih jedinica s jedinstvenim upravljanjem prostorom operativne memorije
        - NUMA i MPP računarske arhitekture
      - jedan SUBP s jednom BP i jedinstvenim prostorom radne memorije, na klsterskoj arhitekturi

38

38

## Oblikovanje naprednih arhitektura BP

- Upravljanje naprednim arhitekturama BP
  - **grid arhitekture SUBP**
    - više nezavisnih računarskih jedinica
      - sa sopstvenim hardverskim resursima (memorija, diskovi)
      - povezanih računarskom mrežom
      - s mogućnošću jedinstvenog upravljanja celokupnim prostorom operativne memorije
      - jedan SUBP s jednom BP i jedinstvenim prostorom radne memorije, na grid arhitekturi
    - mogućnost dinamičkih izmena hardverske arhitekture
      - dodavanje novih računara u arhitekturu
      - uklanjanje ili otkaz postojećih računara u arhitekturi
        - bez narušavanja funkcionalnosti SUBP i BP

39

39

## Struktura SUBP

- Posедуje komponente i mehanizme za
  - implementaciju šeme BP u izabranom modelu podataka
    - implementacione šeme BP i pravila poslovanja
    - interne šeme BP (fizičke strukture BP)
    - distribucione i replikacione šeme BP
  - formiranje, korišćenje i ažuriranje BP
  - upravljanje podacima
  - oblikovanje naprednih arhitektura BP
  - **upravljanje transakcijama**
    - upravljanje višekorisničkim režimom rada
    - zaštitu BP od neovlašćenog pristupa
    - zaštitu BP od uništenja / oštećenja
    - upravljanje distribuiranim BP i replikacijom
    - obezbeđenje performantnog korišćenja BP

40

40

## Upravljanje transakcijama

- **Transakcija**

- najmanja jedinica obrade podataka
  - koja prevodi BP iz jednog u drugo, ne nužno različito, konzistentno stanje
- jedno izvršenje nekog **transakcionog programa** nad BP
  - sačinjenog od operacija upita i/ili ažuriranja BP
  - **koje u celosti uspeva**, ili
  - **čiji se efekti u celosti poništavaju** (odbacuju)
- **obrađa podataka u BP se odvija isključivo putem transakcija**

41

41

## Upravljanje transakcijama

- **ACID osobine**

- skraćenica od *engl. Atomicity, Consistency, Isolation, Durability*
- skup osobina BP
  - garantuju pravilno izvršenje transakcija
- definisane od strane *Jim Gray-a*
  - krajem 1970-ih godina
  - prilikom definisanja pouzdanog transakcionog sistema
- **karakteristične za relacione SUBP**
  - često nisu podržane u SUBP-ovima koji nisu zasnovani na relacionom modelu
  - npr. NoSQL baze podataka sa svojim skupom osobina BASE

42

42

## Upravljanje transakcijama

- ACID osobine
  - **atomičnost**
    - u slučaju uspešnog izvršenja transakcije
      - sve operacije obuhvaćene transakcijom će biti uspešno izvršene
      - baza podataka ostaje u konzistentnom stanju
    - u slučaju neuspešnog izvršenja transakcije
      - efekti izvršenja operacija obuhvaćenih transakcijom neće biti sačuvani u bazi podataka
      - baza podataka takođe ostaje u konzistentnom stanju
        - one, koje je prethodilo datoj transakciji

43

43

## Upravljanje transakcijama

- ACID osobine
  - **konzistentnost**
    - ukoliko su se podaci pre izvršenja transakcije nalazili u konzistentnom stanju, nalaziće se i po okončanju transakcije
      - moguće automatizovano proveravati formalnu konzistentnost podataka
      - nije moguće proveravati suštinsku konzistentnost
      - nije moguće proveravati da li je došlo do greške usled konkurentnog pristupa
        - zato se konzistentnost može definisati i preko osobine izolacije, tj. nivoa izolacije
  - **izolacija**
    - operacije tekuće transakcije ne utiču na druge transakcije
      - koje se istovremeno izvršavaju
    - postoji **više nivoa izolacije**
      - viši nivoi izolacije osiguravaju viši nivo konzistentnosti uz negativan uticaj na performanse sistema
  - **trajnost**
    - promene koje nastaju nakon završetka transakcije ostaju trajno sačuvane
      - čak i u slučaju pada čitavog sistema

44

44

## Upravljanje transakcijama

- **Transakcija**

- ima svoj **početak**
  - eksplicitno označen
    - BEGIN TRANSACTION
  - ili implicitno podrazumevan, nailaskom prve operacije ažuriranja
    - nakon prethodno završene transakcije, ili
    - nakon prijavljivanja korisnika za rad sa BP i
      - kreiranja nove **sesije** korisnika

45

45

## Upravljanje transakcijama

- **Transakcija**

- ima svoj **kraj**
  - označen zahtevom
    - za potvrđivanje transakcije
      - COMMIT
    - ili za poništavanje transakcije
      - ROLLBACK
  - ili implicitno podrazumevan
    - dolaskom do greške u obradi podataka
      - koja izaziva automatsko poništavanje transakcije
    - implicitni ROLLBACK

46

46

## Upravljanje transakcijama

- **Transakcija**
  - poseduje mogućnost **delimičnog poništavanja**
    - isključivo u toku njenog izvršavanja
    - označen zahtevom za delimično poništavanje
      - do označene tačke u vremenskom napredovanju transakcije
        - SAVEPOINT
      - ROLLBACK TO *savepoint*

47

47

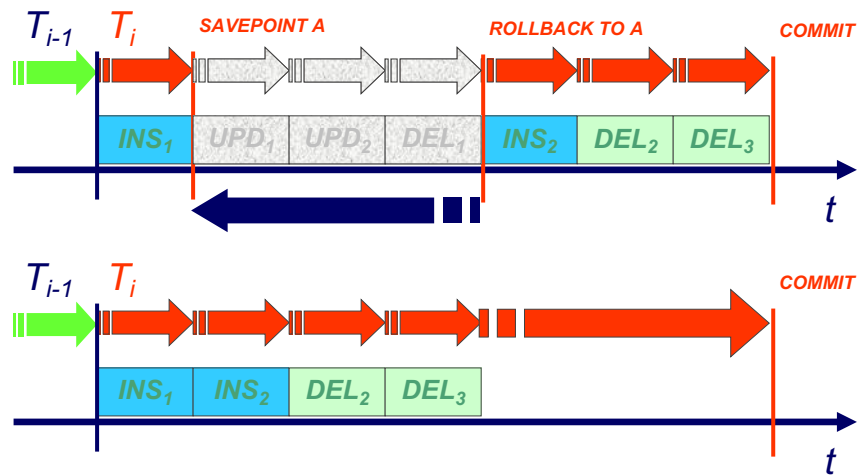
## Upravljanje transakcijama

- **Transakcija**
  - **biće uspešno izvršena** - potvrđena, ako je
    - to u transakcionom programu eksplicitno zahtevano (zahtevom tipa COMMIT) i
    - ako SUBP tu potvrdu može uspešno da realizuje
    - **BP, u tom slučaju, prelazi u novo konzistentno stanje**
      - koje se, u opštem slučaju, razlikuje od stanja na početku izvođenja transakcije, a
      - moguće je i da bude identično prethodnom stanju
  - **biće u celosti poništena**, u svim ostalim slučajevima
    - kada SUBP ne može da je potvrdi, iako je potvrda zahtevana
    - kada je eksplicitno zahtevano poništenje (zahtevom tipa ROLLBACK)
    - kada se pojavi greška koja izaziva automatsko poništenje transakcije
    - **BP, u tom slučaju, ostaje u konzistentnom stanju koje je važilo na početku transakcije**

48

48

## Upravljanje transakcijama



49

49

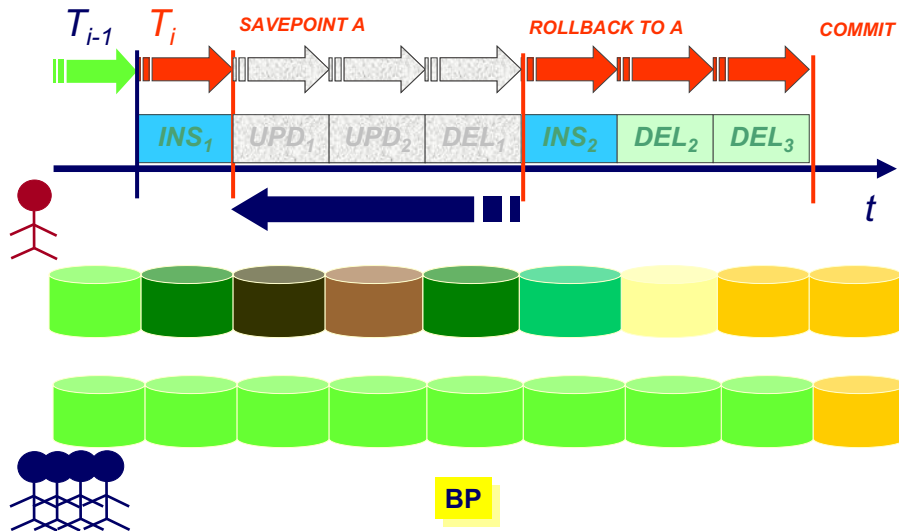
## Upravljanje transakcijama

- Vidljivost efekata izvođenja transakcije
  - **za korisnika koji je pokrenuo transakciju**
    - **vidljiva je svaka promena podataka**
      - od trenutka njenog nastajanja
      - u toku samog izvođenja transakcije
  - **za ostale korisnike sistema**
    - **vidljivo je stanje BP koje je važno neposredno pre početka izvođenja transakcije**
      - u toku izvođenja transakcije,
      - trajno, u slučaju njenog poništenja
    - vidljivo je novo stanje BP
      - neposredno nakon obavljenog potvrđivanja transakcije

50

50

## Upravljanje transakcijama



51

51

## Upravljanje transakcijama

- Upravljanje transakcijama u distribuiranim sistemima
  - potrebni posebni mehanizmi za upravljanje transakcijama **u distribuiranim ACID sistemima**
    - globalne i lokalne transakcije
    - **dvofazni protokol potvrđivanja transakcije**
  - **CAP teorema**
    - **pokazuje da ACID skup osobina u pravim distribuiranim sistemima nije adekvatan**
    - uvodi se novi **skup osobina transakcionih sistema nazvan BASE**

52

52

## NoSQL baze podataka

- BASE osobine
  - **suštinski raspoloživ** (engl. *Basically Available*)
    - većina podataka je dostupna veći deo vremena
    - sistem uvek mora biti u mogućnosti da prihvati izvršenje nove transakcije
      - inicijator transakcije mora primiti potvrdu da je transakcija započeta
        - bez garancije da će transakcija uspešno biti izvršena
  - **nekonzistentno stanje** (engl. *Soft state*)
    - baza podataka ne mora biti konzistentna u svakom trenutku
      - kao posledica, delimični rezultati izvršenja transakcija mogu biti vidljivi drugim transakcijama
  - **konvergentna konzistencija** (engl. *Eventually consistent*)
    - dodatkom novog čvora u sistem sadržaj se može replicirati na njega
    - ne postoji garancija da će u svakom trenutku svi čvorovi sadržati identične kopije podataka
      - teži se vremenskoj tački u kojoj će svi čvorovi sadržati konzistentne podatke

53

53

## Struktura SUBP

- Posедуje komponente i mehanizme za
  - implementaciju šeme BP u izabranom modelu podataka
    - implementacione šeme BP i pravila poslovanja
    - interne šeme BP (fizičke strukture BP)
    - distribucione i replikacione šeme BP
  - formiranje, korišćenje i ažuriranje BP
  - upravljanje podacima
  - oblikovanje naprednih arhitektura BP
  - upravljanje transakcijama
  - **upravljanje višekorisničkim režimom rada**
  - zaštitu BP od neovlašćenog pristupa
  - zaštitu BP od uništenja / oštećenja
  - upravljanje distribuiranim BP i replikacijom
  - obezbeđenje performantnog korišćenja BP

54

54

## Višekorisnički režim rada

- BP predstavlja deljeni resurs u vremenu
  - BP konkurentno koristi više programa za selekciju ili menjanje dela sadržaja BP
- Svaki program pravi svoje "privatne" kopije podataka, nad kojima operativno radi
- Konkurentno pravljenje više od jedne kopije istih podataka iz BP dovodi do problema
  - **narušavanja konzistentnosti BP, kao deljenog resursa, u realnom vremenu**

55

55

## Višekorisnički režim rada

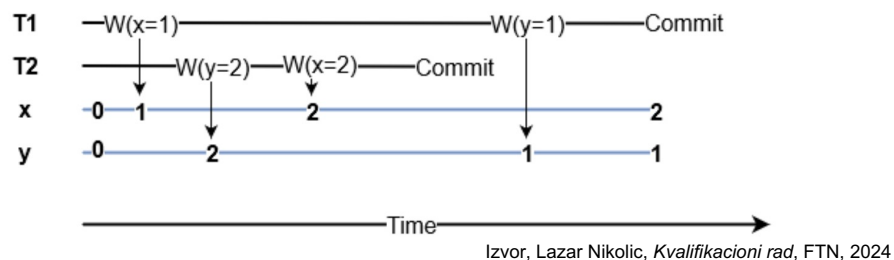
- Uočene anomalije u višekorisničkom režimu rada
  - **A0 - dozvoljeno ažuriranje međurezultata transakcije** (engl. *dirty write*)
  - **A1 – dozvoljeno čitanje međurezultata transakcije** (engl. *dirty read*)
  - **A2 – nekonzistentnost ponovljenog čitanja** (engl. *non-repeatable read*)
  - **A3 – fantomsko čitanje** (engl. *phantom read*)
  - **A4(s/c) - gubitak ažuriranja** (engl. *lost update*)
  - **A5 – nekonzistentno čitanje** (engl. *read skew*)
  - **A6 – nekonzistentno ažuriranje** (engl. *write skew*)

56

56

## Višekorisnički režim rada

- Uočene anomalije u višekorisničkom režimu rada
  - **A0 – dozvoljeno ažuriranje međurezultata transakcije** (engl. *dirty write*)
    - transakcija upisuje vrednost promenljive koja se ažurira od strane druge, aktivne transakcije
    - primer
      - postoji ograničenje referencijalnog integriteta  $x=y$
      - postoje dve konkurentne transakcije T1 i T2
        - T1 pokušava da upiše  $x=y=1$  a T2 pokušava da upiše  $x=y=2$

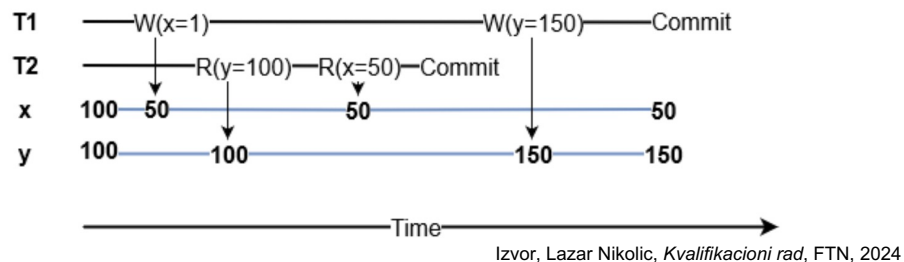


57

57

## Višekorisnički režim rada

- Uočene anomalije u višekorisničkom režimu rada
  - **A1 – dozvoljeno čitanje međurezultata transakcije** (engl. *dirty read*)
    - transakcija čita upisane vrednosti druge, aktivne transakcije
    - primer
      - x i y su dva bankovna računa
      - transakcija T1 prebacuje sredstva sa x na y, T2 očitava stanje na oba računa
        - postoji ograničenje da stanje na oba računa mora biti isto pre i posle prebacivanja sredstava

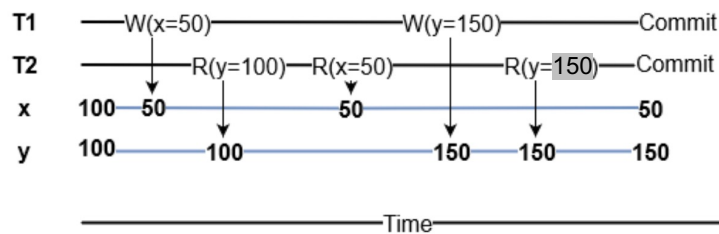


58

58

## Višekorisnički režim rada

- Uočene anomalije u višekorisničkom režimu rada
  - **A2 – nekonzistentnost ponovljenog čitanja** (engl. *non-repeatable read*)
    - ponovljeno čitanje neke promenljive od strane iste transakcije, rezultuje drugačijom iščitanom vrednosti
    - primer
      - x i y su dva bankovna računa
      - transakcija T1 prebacuje sredstva sa x na y, T2 očitava stanje na oba računa
        - postoji ograničenje da stanje na oba računa mora biti isto pre i posle prebacivanja sredstava
        - T2 očitava stanje pre i posle završetka T1



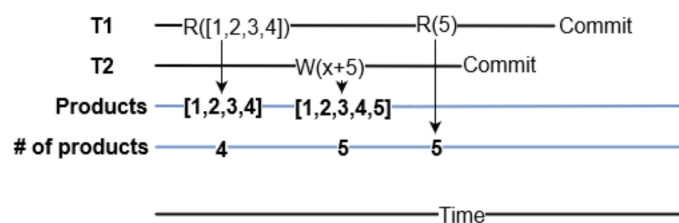
Izvor, Lazar Nikolic, *Kvalifikacioni rad*, FTN, 2024

59

59

## Višekorisnički režim rada

- Uočene anomalije u višekorisničkom režimu rada
  - **A3 – fantomsko čitanje** (engl. *phantom read*)
    - ponovljeno čitanje zasnovano na ispunjenosti nekog predikata, rezultuje drugačijom iščitanom vrednosti
      - usled uticaja druge transakcije na vrednost osnovnog skupa
      - primer
        - transakcija T1 prikazuje broj proizvoda i listu proizvoda koji zadovoljavaju neki predikat
        - T2 dodaje u BP novi proizvod koji zadovoljava predikat T1
          - nakon što T1 pročita listu proizvoda ali pre nego što T1 pročita broj proizvoda



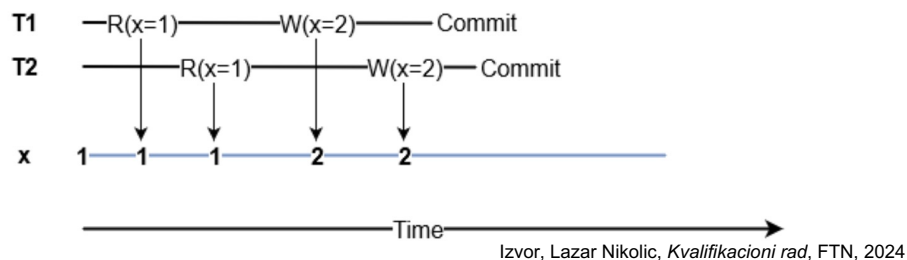
Izvor, Lazar Nikolic, *Kvalifikacioni rad*, FTN, 2024

60

60

## Višekorisnički režim rada

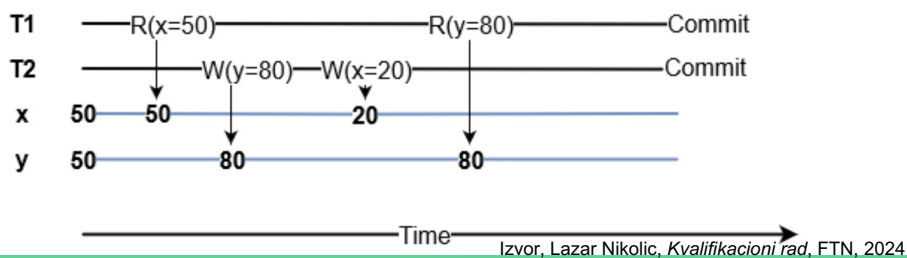
- Uočene anomalije u višekorisničkom režimu rada
  - **A4(s/c) - gubitak ažuriranja** (engl. *lost update*)
    - oštećenje dela sadržaja BP, usled višestrukog kopiranja i ažuriranja istih podataka
    - primenjivo i na operacije (**A4s**) SQL DML i na (**A4c**) kursoru
    - primer
      - transakcije T1 i T2 prvo čitaju vrednost promenljive x, pa pokušavaju da je inkrementuju



61

## Višekorisnički režim rada

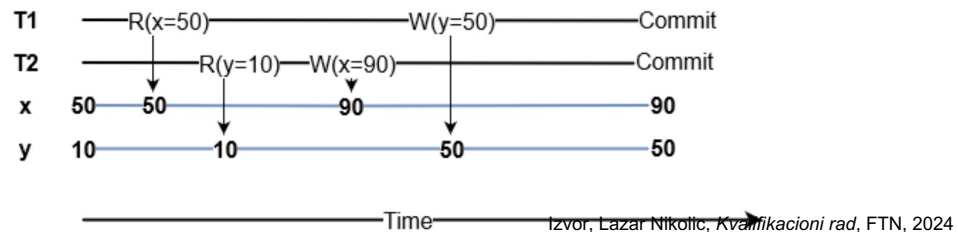
- Uočene anomalije u višekorisničkom režimu rada
  - **A5 – nekonzistentno čitanje** (engl. *read skew*)
    - ukoliko postoje ograničenja integriteta između različitih promenljivih
    - nakon sekvence operacija čitanja i pisanja, transakcija iščitava nekonzistentno stanje dok je BP u konzistentnom stanju
    - primer
      - postoji ograničenje  $x+y=100$
      - transakcija T1 čita, redom, vrednosti promenljivih x i y
      - transakcija T2 upisuje vrednosti x i y između dva čitanja T1



62

## Višekorisnički režim rada

- Uočene anomalije u višekorisničkom režimu rada
  - **A6 – nekonzistentno ažuriranje** (engl. *write skew*)
    - ukoliko postoje ograničenja integriteta između različitih promenljivih
    - nakon sekvence operacija čitanja i pisanja, transakcija ostavlja BP u nekonzistentnom stanju
      - iako pri završetku svake od transakcija, sa njihove tačke gledišta, izgleda kao da je BP ostala u konzistentnom stanju
    - primer
      - postoji ograničenje  $x+y \leq 100$
      - T1 čita vrednost x pre T2 koja čita vrednost y, a zatim upisuju nove vrednosti u istom redosledu



63

63

## Višekorisnički režim rada

- Jedan od mehanizama postizanja izolacije transakcija
  - **zaključavanje resursa** - podataka
  - **dvofazni protokol zaključavanja resursa**
- **Zaključavanje resursa**
  - zabrana (blokada) pristupa resursu - podatku
  - sprovodi se u toku izvođenja transakcije
    - automatski, od strane SUBP, ili
    - eksplicitno, od strane transakcionog programa
  - snižava stepen mogućeg paralelizma u izvođenju transakcija

64

64

## Višekorisnički režim rada

- **Vrste zaključavanja** po nivou restriktivnosti
  - **deljeno** (engl. *shared*) - zaključavanje "čitalaca"
    - zabranjuje
      - ekskluzivno zaključavanje resursa, tj.
      - ažuriranje resursa svim transakcijama
    - u cilju obezbeđenja konzistentnosti pri čitanju (korišćenju) podataka iz BP
  - **ekskluzivno** (engl. *exclusive*) - zaključavanje "pisca"
    - zabranjuje
      - deljeno ili drugo ekskluzivno zaključavanje resursa, tj.
      - ažuriranje resursa od strane drugih transakcija
    - može da zabrani i čitanje resursa
      - ako čitanje resursa automatski zahteva deljeno zaključavanje
    - u cilju obezbeđenja konzistentnosti pri ažuriranju podataka u BP

65

65

## Višekorisnički režim rada

- **Granularnost zaključavanja**
  - nivo ("opštost") resursa zaključavanja
    - nivo pojedinačnog podatka - vrednosti obeležja
    - nivo torke
    - nivo bloka BP
    - nivo tabele (relacije)
    - nivo baze podataka

66

66

## Višekorisnički režim rada

- **Dvofazni protokol zaključavanja resursa**
  - **I faza - "širenje transakcije"**
    - sprovodi se tokom izvođenja transakcije
    - pre izvođenja "kritičnih" operacija, vrši se zaključavanje traženih resursa
    - ako resurs nije dostupan, transakcija se
      - stavlja u red čekanja zahteva za zaključavanje datog resursa, ili se
      - poništava i ponovo pokreće nakon izvesnog vremena
    - **deljeno zaključani resurs može da se ekskluzivno zaključa** - "nadogradnja" zaključavanja
      - ekskluzivno zaključavanje resursa ne može da se "degradira" u deljeno zaključavanje istog resursa
    - zabranjeno je otključavanje resursa

67

67

## Višekorisnički režim rada

- **Dvofazni protokol zaključavanja resursa**
  - **II faza - "sakupljanje transakcije"**
    - sprovodi se u postupku završetka transakcije
      - bilo da je reč o proceduri potvrđivanja, ili poništavanja transakcije
    - automatski, bez uticaja korisnika, tj. transakcionog programa
    - zabranjeno je novo zaključavanje resursa
    - vrši se otključavanje svih prethodno zaključanih resursa
    - po završetku transakcije, resursi se oslobađaju za dalju upotrebu

68

68

Višekorisnički režim rada

### Zaključavanje - očuvanje konzistentnosti BP

A u BP	2	2	1	1
A u radnoj zoni $T_1$	2	1	1	1
A u radnoj zoni $T_2$				
$T_1$	Lock (A) Read(A)	$A \leftarrow A-1$	Write(A)	Commit Unlock (A)
$T_2$		Lock (A)		

69

69

Višekorisnički režim rada

### Zaključavanje - očuvanje konzistentnosti BP

A u BP	1	1	0	0
A u radnoj zoni $T_1$				
A u radnoj zoni $T_2$	1	0	0	0
$T_1$				
$T_2$	Read(A)	$A \leftarrow A-1$	Write(A)	Commit Unlock (A)

70

70

## Višekorisnički režim rada

- Savremeni SUBP
  - obezbeđuju automatsko sprovođenje dvofaznog protokola zaključavanja
    - čime se otklanjaju problemi gubitka i privremenosti ažuriranja, kao i narušavanja serijabilnosti
  - uobičajeno obezbeđuju minimalno restriktivan stepen zaključavanja
    - koji garantuje očuvanje konzistentnosti BP u višekorisničkom režimu rada
    - **"optimističko zaključavanje"**
  - korisnik SUBP može sprovesti eksplicitno zaključavanje resursa i pri tome
    - **samo može pooštriti restriktivnost zaključavanja**, koju nameće SUBP
      - LOCK TABLE
      - **"pesimističko zaključavanje"**
    - ne može ublažiti restriktivnost zaključavanja koju nameće SUBP
      - time bi nastao rizik mogućnosti narušavanja konzistentnosti BP u višekorisničkom režimu upotrebe BP

71

71

## Višekorisnički režim rada

- Problemi koncepta zaključavanja
  - **izgladnjavanje transakcije ("starving")**
    - transakcija nedozvoljeno dugo čeka da dobije pravo zaključavanja resursa
    - ne može da dođe na red, usled stalnog postojanja transakcija višeg prioriteta
    - **rešenje problema izgladnjavanja**
      - transakcije se opslužuju po redosledu zahtevanja zaključavanja resursa (FIFO princip)
  - **međusobna blokada transakcija ("deadlock")**
    - uzajamno zaključavanje podataka u barem dve transakcije
    - transakcije čekaju na događaj otključavanja traženog resursa, koji se nikada sam od sebe neće dogoditi
  - moguća rešenja problema blokade transakcija
    - preventivna
      - sprečavaju pojavu blokade
    - korektivna
      - otkrivaju i razrešavaju blokadu

72

72

## Višekorisnički režim rada

- **Preventivna rešenja**

- zahtev da se svi kritični resursi zaključaju odjednom
- zahtev da se kritični resursi uvek zaključavaju po unapred definisanom redosledu
  - bez obzira na redosled pristupanja resursu u toku transakcije
  - svi mogući resursi zaključavanja dobijaju poziciju (redni broj) u redosledu zaključavanja

- **Korektivna rešenja**

- SUBP, u određenim vremenskim intervalima, proverava da li je došlo do međusobne blokade
  - dinamičkim formiranjem grafa zavisnosti transakcija po zaključavanju i podacima
  - proverom da li u takvom grafu postoje ciklusi
- ako se međusobna blokada detektuje, jedna od transakcija u ciklusu blokiranih transakcija se automatski poništava

73

73

## Višekorisnički režim rada

- Nivoi izolacije

- **I0 – nivo čitanja međurezultata transakcije** (engl. *read uncommitted*)
  - najniži nivo izolacije, koji sprečava A0 ali je dozvoljeno A1
  - pogodno za visokoperformantne sisteme u kojima se toleriše mali broj grešaka
- **I1 – nivo čitanja konačnih rezultata transakcije** (engl. *read committed*)
  - sprečava i A0 i A1 onemogućavanjem čitanja nekomitovanih izmena
  - implementirano je zaključavanje resursa za upis tokom trajanja transakcije
    - zaključavanje resursa za čitanje traje samo tokom operacije SELECT
- **I2 – nivo zaključavanja kursora** (engl. *cursor stability*)
  - unapređenje I1, uvođenjem kursora koji sprečavaju ažuriranje zauzetog kursorskog područja
- **I3 – nivo ponovljivog čitanja** (engl. *repeatable read*)
  - implementiraju se i zaključavanje za upis i za čitanje podataka
- **I4 – nivo operativnih kopija slika stanja BP** (engl. *snapshot*)
  - svaka transakcija radi nad svojom, konzistentnom kopijom podataka
  - slično kao i I3 ali su druge anomalije dozvoljene
- **I5 – nivo serijalizacije izvršenja transakcija** (engl. *serializable*)
  - najviši nivo izolacije, implementiraju se i zaključavanje za upis i za čitanje podataka
  - implementira se zaključavanje dela podataka, pokrivenih WHERE klauzulom (što eliminiše i A3)

74

74

## Višekorisnički režim rada

- Nivoi izolacije
  - **I0 – nivo čitanja međurezultata transakcije** (engl. *read uncommitted*)
  - **I1 – nivo čitanja konačnih rezultata transakcije** (engl. *read committed*)
  - **I2 – nivo zaključavanja kursora** (engl. *cursor stability*)
  - **I3 – nivo ponovljivog čitanja** (engl. *repeatable read*)
  - **I4 – nivo operativnih kopija slika stanja BP** (engl. *snapshot*)
  - **I5 – nivo serijalizacije izvršenja transakcija** (engl. *serializable*)

	A0	A1	A2	A3	A4s	A4c	A5	A6
I0	✓	x	x	x	x	x	x	x
I1	✓	✓	x	x	x	x	x	x
I2	✓	✓	?	?	?	✓	x	x
I3	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
I4	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	x
I5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

75

75

## Struktura SUBP

- Posедуje komponente i mehanizme za
  - implementaciju šeme BP u izabranom modelu podataka
    - implementacione šeme BP i pravila poslovanja
    - interne šeme BP (fizičke strukture BP)
    - distribucione i replikacione šeme BP
  - formiranje, korišćenje i ažuriranje BP
  - upravljanje podacima
  - oblikovanje naprednih arhitektura BP
  - upravljanje transakcijama
  - upravljanje višekorisničkim režimom rada
  - ➡ ○ zaštitu BP od neovlašćenog pristupa
  - zaštitu BP od uništenja / oštećenja
  - upravljanje distribuiranim BP i replikacijom
  - obezbeđenje performantnog korišćenja BP

76

76

## Zaštita od neovlašćenog pristupa

- **Bezbednost (engl. *security*)**

- Mehanizmi zaštite
  - **preventivni**
    - sprečavaju neovlašćene načine upotrebe BP
      - sprečavaju pokušaj krađe
      - sprečavaju pokušaj namernog ili slučajnog oštećenja ili uništenja delova BP
  - **korektivni**
    - omogućavaju evidentiranje i ispitivanje načina upotrebe BP od strane ovlašćenih i neovlašćenih lica
      - u cilju otkrivanja i otklanjanja destrukcija i utvrđivanja odgovornosti
- Ciljevi i politika zaštite
- Upravljanje bezbedonosnim rizicima
- Organizacione mere zaštite

77

77

## Zaštita od neovlašćenog pristupa

- **Preventivni mehanizmi zaštite**

- zaštita na nivou SUBP
  - SUBP Username/Password
    - sprečavanje neovlašćenih lica da pristupe bazi podataka
  - privilegije korisnika SQL / GRANT, REVOKE
    - sprečavanje neovlašćenog korišćenja tabela u BP, bilo direktno ili posredno, putem poziva procedura BP
    - sprečavanje neovlašćenih načina korišćenja tabela u BP (operacija nad tabelama u BP)
    - sprečavanje neovlašćenog korišćenja sistemskih resursa, kojima SUBP upravlja
    - sprečavanje neovlašćene primene SQL naredbi nad BP
  - obezbeđenje selektivnog pristupa podacima u BP
    - SQL / CREATE VIEW, CREATE TRIGGER, CREATE PROCEDURE
    - sprečavanje neovlašćenog korišćenja konkretnih podataka u BP, bilo direktno ili posredno, putem poziva procedura BP
    - sprečavanje neovlašćenih načina korišćenja konkretnih podataka u BP (operacija nad delovima BP)
  - kriptovanje perzistentnih podataka BP ili rečnika SUBP

78

78

## Zaštita od neovlašćenog pristupa

- **Korektivni mehanizmi zaštite**

- **praćenje rada korisnika (engl. *auditing*)**
- zaštita na nivou SUBP
  - mogućnost evidentiranja načina upotrebe BP od strane ovlašćenih i neovlašćenih lica
  - evidentiranje sprovedenih operacija nad podacima u BP
    - ko je i kada je sproveo datu operaciju
  - evidentiranje pokušaja sprovođenja operacija nad podacima u BP
    - ko je i kada je napravio pokušaj
  - mehanizmi SUBP
    - AUDIT TABLE
    - CREATE TRIGGER, CREATE PROCEDURE
    - izgradnja tzv. "*journal*" tabela

79

79

## Struktura SUBP

- Posедуje komponente i mehanizme za
  - implementaciju šeme BP u izabranom modelu podataka
    - implementacione šeme BP i pravila poslovanja
    - interne šeme BP (fizičke strukture BP)
    - distribucione i replikacione šeme BP
  - formiranje, korišćenje i ažuriranje BP
  - upravljanje podacima
  - oblikovanje naprednih arhitektura BP
  - upravljanje transakcijama
  - upravljanje višekorisničkim režimom rada
  - zaštitu BP od neovlašćenog pristupa
  - **zaštitu BP od uništenja / oštećenja**
  - upravljanje distribuiranim BP i replikacijom
  - obezbeđenje performantnog korišćenja BP

80

80

## Zaštita od uništenja i oštećenja

- **Sigurnost (engl. *safety*)**

- Mehanizmi zaštite
  - preventivni
    - obezbeđuju zadovoljavajući stepen pouzdanosti i gotovosti (raspoloživosti) sistema za upotrebu
    - sprečavaju pokušaje uništenja ili oštećenja delova BP
  - korektivni
    - omogućavaju efikasan
      - oporavak od greške i/ili
      - vraćanje oštećenih ili uništenih delova BP u stanje gotovosti za upotrebu (operativno stanje)
- Ciljevi i politika zaštite
- Upravljanje sigurnosnim rizicima
- Organizacione mere zaštite

81

81

## Zaštita od uništenja i oštećenja

- **Preventivni mehanizmi zaštite**

- zaštita na nivou SUBP
  - svi mehanizmi bezbednosne zaštite
    - SUBP Username/Password, GRANT, REVOKE, itd.
  - **arhiviranje BP** putem mehanizama SUBP
    - arhiviranje celokupne BP, ili delova BP
      - BACKUP DATABASE / DATAFILE / LOGFILE
    - **"hladno" arhiviranje** (engl. *offline backup*)
      - arhiviranje u odloženom (otkaznom) režimu rada SUBP
    - **"vruće" arhiviranje** (engl. *online backup*)
      - arhiviranje u režimu operativnog rada SUBP
    - stvaranje mogućnosti za kompletnu ili delimičnu restauraciju sadržaja BP, kada je to potrebno

82

82

## Zaštita od uništenja i oštećenja

- **Preventivni mehanizmi zaštite**

- zaštita na nivou SUBP
  - vođenje **transakcionog dnevnika**
    - *Transaction Log (Journal)* datoteka
    - sekvencijalno organizovana datoteka
    - dnevnik (istorija) svih promena BP u vremenu, iniciranih operacijama ažuriranja BP
    - čuva zapise o prethodnim i o novim (izmenjenim) podacima
      - **before image**
        - slika "starog" (prethodnog) stanja - stanja pre izvedene operacije nad BP
      - **after image**
        - slika "novog" (izmenjenog) stanja - stanja nakon izvedene operacije nad BP
    - osnova za sprovođenje postupka oporavka BP, u slučaju pojave sistemskih grešaka ili oštećenja BP
    - mehanizam za obračun vremena pri "napredovanju" BP
    - osnova za osiguranje konzistentnosti BP na fizičkom nivou, do što bliže tačke u vremenu, pri "napredovanju" BP u vremenu

83

83

## Zaštita od uništenja i oštećenja

- **Preventivni mehanizmi zaštite**

- zaštita na nivou SUBP
  - obezbeđenje postupka poništenja transakcije - **ROLLBACK**
    - vođenje "*before image*" i "*after image*" podataka u toku transakcije
    - mehanizam za povratak BP u konzistentno stanje, koje je važno na početku transakcije
    - mogućnost "bezbolnog" otklanjanja grešaka, povratkom na "staro" stanje, ali samo u još uvek nezavršenoj transakciji
    - **"oporavak unazad"**, u okvirima nezavršene transakcije
  - aktiviranje **FLASH BACK** mehanizma
    - trajno vođenje "*before image*" i "*after image*" podataka u posebnim strukturama podataka
    - mogućnost "bezbolnog" otklanjanja grešaka, povratkom na "staro" stanje
    - **"oporavak unazad"**, do zadate tačke u vremenu

84

84

## Zaštita od uništenja i oštećenja

- **Korektivni mehanizmi zaštite**

- zaštita na nivou SUBP
  - **restauracija stanja BP**
    - mogućnost restauracije celokupnog sadržaja, ili dela sadržaja BP
    - sprovodi se na osnovu postojeće arhivske kopije
      - RESTORE DATABASE / DATAFILE / LOGFILE
    - moguća restauracija BP do tačke u vremenu koja odgovara trenutku formiranja arhivske kopije

85

85

## Zaštita od uništenja i oštećenja

- **Korektivni mehanizmi zaštite**

- zaštita na nivou SUBP
  - **"oporavak unazad", do zadate tačke u vremenu**
    - upotreba **FLASH BACK** mehanizma
  - **oporavak BP unapred, do zadate tačke u vremenu**
    - RECOVERY DATABASE (FORWARD RECOVERY)
    - mogućnost oporavka sadržaja BP do zadate tačke u vremenu
    - najkasnije do poslednje tačke u vremenu, zabeležene u transakcionom dnevniku
    - primenjuje se kada je potrebno
      - "vratiti" BP u poslednje moguće konzistentno stanje, kao čin oporavka od systemske greške
      - "vratiti" BP u željeno istorijsko stanje, kao čin oporavka od korisničke greške

86

86

## Zaštita od uništenja i oštećenja

- **Korektivni mehanizmi zaštite**

- zaštita na nivou SUBP
  - **oporavak BP do zadate tačke u vremenu**
    - sprovodi se na osnovu postojeće arhivske kopije i
      - RESTORE DATABASE / DATAFILE / LOGFILE
    - transakcionog dnevnika, koji mora da uključi
      - tačku u vremenu, jednaku ili stariju od trenutka nastajanja arhivske kopije i
      - tačku u vremenu, jednaku ili noviju od tražene vremenske tačke oporavka BP
    - na restaurirano stanje BP primenjuju se sve promene nad BP
    - u hronološkom redosledu nastanka, saglasno redosledu zapisa u transakcionom dnevniku
    - sve završene i potvrđene transakcije se, ponovo, potvrđuju
    - sve nezavršene ili poništene transakcije se automatski poništavaju

87

87

## Struktura SUBP

- Posедуje komponente i mehanizme za
  - implementaciju šeme BP u izabranom modelu podataka
    - implementacione šeme BP i pravila poslovanja
    - interne šeme BP (fizičke strukture BP)
    - distribucione i replikacione šeme BP
  - formiranje, korišćenje i ažuriranje BP
  - upravljanje podacima
  - oblikovanje naprednih arhitektura BP
  - upravljanje transakcijama
  - upravljanje višekorisničkim režimom rada
  - zaštitu BP od neovlašćenog pristupa
  - zaštitu BP od uništenja / oštećenja
  - **upravljanje distribuiranim BP i replikacijom**
  - obezbeđenje performantnog korišćenja BP

88

88

## Upravljanje distribuiranim BP

- Mehanizmi SUBP za izgradnju i upravljanje distribuiranim BP
  - globalno upravljanje nazivima objekata i obezbeđenje lokacijske transparentnosti
  - obezbeđenje komunikacije (prosleđivanje poruka) između servera BP
  - upravljanje distribucijom rečnika SUBP-a

89

89

## Upravljanje distribuiranim BP

- Podrška SUBP svim ostalim funkcionalnostima, ali u distribuiranom okruženju
  - zaštita podataka od oštećenja ili uništenja
    - arhiviranje BP
    - restauracija BP
    - oporavak BP
  - zaštita podataka od neovlašćenog pristupa
  - obezbeđenje komunikacije program – SUBP
    - koja je nezavisna od proizvođača i tipa SUBP (ODBC, JDBC)
  - očuvanje konzistentnosti BP
  - upravljanje transakcijama
  - sa stanovišta krajnjeg korisnika
    - **jednaka funkcionalnost** kao u nedistribuiranom okruženju
  - sa stanovišta SUBP
    - potreba postojanja **posebnih mehanizama** za obezbeđenje date funkcionalnosti

90

90

## Upravljanje distribuiranim BP

- Vođenje transakcije u distribuiranom okruženju
  - na isti način kao u nedistribuiranom okruženju
    - COMMIT, ROLLBACK, ROLLBACK TO *savepoint*
    - **dvofazni protokol zaključavanja**
      - uobičajeno se sprovodi, na svakom serveru BP
  - transakcija se, u opštem slučaju, može sprovoditi na više servera BP odjednom, koji međusobno komuniciraju
  - SUBP poseduje **poseban mehanizam**
    - za **sinhronizaciju postupka završetka transakcije na više servera** BP odjednom

91

91

## Upravljanje replikacijom BP

- Mehanizmi SUBP
  - podržavaju višestruke vrste replikacije
  - obezbeđuju očuvanje konzistentnosti BP do na zadate intervale vremena osvežavanja repliciranih delova BP
    - provera važenja implementiranih ograničenja u repliciranim delovima BP
    - podrška postupaka za razrešavanje konflikata ažuriranja
      - nastaju, kada se isti podaci simetrično ažuriraju u toku jednog intervala osvežavanja repliciranih delova BP

92

92


## Upravljanje distribuiranim BP i replikacijom BP

- Performanse SUBP u prisustvu distribucije i replikacije
  - **Relacioni SUBP**
    - normalizovana skladišta, samo za strukturirane podatke
    - *data warehouse* sa denormalizovanom šemom
    - ne skaliraju dobro zbog normalizacije podatka i potrebe za čestim spajanjem podataka
      - performanse opadaju sa porastom količine podataka
  - **NoSQL SUBP**
    - uobičajeno denormalizovana skladišta, namenjena za skaliranje i skladištenje velike količine podataka
    - podržavaju i strukturirane i nestrukturirane podatke
    - problemi sa obezbeđenjem konzistentnosti uz održanje performansi
  - **Sistemi velikih skupova podataka (engl. *big data systems*)**
    - podržavaju napredne tehnike distribuirane obrade podataka
      - mogu da obuhvataju NoSQL SUBP, distribuirane sisteme datoteka kao i relacione baze podataka
    - najčešće nemaju centralizovan SUBP ili pristupnu tačku
      - aplikacije su svesne distribucije

93

93

## Struktura SUBP

- Posедуje komponente i mehanizme za
  - implementaciju šeme BP u izabranom modelu podataka
    - implementacione šeme BP i pravila poslovanja
    - interne šeme BP (fizičke strukture BP)
    - distribucione i replikacione šeme BP
  - formiranje, korišćenje i ažuriranje BP
  - upravljanje podacima
  - oblikovanje naprednih arhitektura BP
  - upravljanje transakcijama
  - upravljanje višekorisničkim režimom rada
  - zaštitu BP od neovlašćenog pristupa
  - zaštitu BP od uništenja / oštećenja
  - upravljanje distribuiranim BP i replikacijom
  -  obezbeđenje performantnog korišćenja BP

94

94

## Obezbeđenje performansi

- Obezbeđenje performantnog rada SUBP
  - obezbeđenje zadovoljavajućeg vremena odziva sistema na unapred predviđene funkcionalne zahteve
  - uslovljeno je
    - karakteristikama instalirane računarsko-komunikacione infrastrukture
    - karakteristikama i performansama instaliranih operativnih sistema
    - karakteristikama (mogućnostima) samog SUBP
    - **prilagođenošću SUBP konkretnoj računarskoj arhitekturi i potrebama aplikacija IS**

95

95

## Obezbeđenje performansi

- Parametri performantnog rada SUBP
  - efikasnost korišćenja memorijskog prostora, dodeljenog BP
  - prilagođenost fizičke strukture BP potrebama transakcionih programa
  - prilagođenost distribucije i replikacije BP potrebama transakcionih programa
  - složenost logičke strukture BP i samih transakcionih programa
  - efikasnost realizacije upita nad BP
  - efikasnost ažuriranja BP
  - stepen zahtevane pouzdanosti rada SUBP i raspoloživosti za upotrebu BP
  - stepen zahtevane zaštite BP od neovlašćenog pristupa i uništenja ili oštećenja

96

96

## Obezbeđenje performansi

- Mehanizmi obezbeđenja performantnog rada SUBP
  - **efikasnost korišćenja memorijskog prostora, dodeljenog BP**
    - mogućnost praćenja i podešavanja parametara fizičke organizacije datoteka, dodeljenih BP
    - mogućnost praćenja i podešavanja parametara zauzeća prostora BP na jedinicama diskova
    - mogućnost praćenja i podešavanja parametara zauzeća prostora u OM, dodeljenog SUBP
  - **prilagođenost fizičke strukture BP potrebama transakcionih programa**
    - mogućnost izbora različitih načina fizičke organizacije podataka i metoda pristupa
    - mogućnost praćenja i podešavanja parametara
      - zauzeća prostora unutar blokova BP
      - rezervacije i oslobađanja blokova unutar prostora dodeljenog delovima BP (tabelama)
  - **prilagođenost distribucije i replikacije BP potrebama transakcionih programa**
    - mogućnost izbora različitih načina distribucije fragmenata BP po serverima BP
    - mogućnost izbora različitih tehnika za replikaciju podataka u BP
    - mogućnost praćenja i podešavanja parametara koji definišu vreme, način i tehnike osvežavanja (ažuriranja) repliciranih delova BP

97

97

## Obezbeđenje performansi

- Mehanizmi obezbeđenja performantnog rada SUBP
  - **složenost logičke strukture BP i samih transakcionih programa**
    - mogućnost izbora različitih načina i tehnika za realizaciju
      - ograničenja šeme BP
      - ostalih pravila poslovanja, koja se ugrađuju u BP
      - procedura obrade podataka u BP
      - zaključavanja podataka u toku transakcija
  - **efikasnost realizacije upita nad BP**
    - mogućnost izbora različitih načina i tehnika za realizaciju upita nad BP
    - mogućnost izbora različitih načina fizičke organizacije podataka i metoda pristupa
    - mogućnost distribuiranja BP na više servera BP
    - mogućnost uvođenja replikacije (materijalizovanih pogleda) u šemu BP
    - mogućnost praćenja i podešavanja parametara koji utiču na efikasnost mehanizma za pripremu i sintaksnu analizu upita
    - **obavezna upotreba optimizatora upita**

98

98

## Obezbeđenje performansi

- **Optimizacija upita**
  - postupak pronalaženja puta (tj. formiranja procedure) za što efikasniju realizaciju upita
- **Optimizator upita**
  - mehanizam SUBP za analizu upita i sprovođenje optimizacije upita
    - potpuno automatski - bez "saradnje" s programerom
    - automatizovano - u "saradnji" s programerom
  - mora ga posedovati svaki RSUBP/ORSUBP
  - njegova egzistencija je posledica neproceduralnosti jezika SQL, tj. naredbe SELECT
    - programer definiše samo "šta" treba selektovati
    - optimizator određuje kako da se upit izvrši

99

99

## Obezbeđenje performansi

- **Ulazne specifikacije za optimizator upita**
  - tekst sintaksno korektne SELECT naredbe upita
  - opis fizičke strukture potrebnog dela BP
    - posebno, specifikacija potencijalno korisnih indeksa
      - struktura tipa B+ stabla
  - brojevi torki u relevantnim tabelama i indeksima za upit
  - histogrami raspodele aktuelnih vrednosti ključa ili sekundarnog ključa u definisanom domenu
    - ANALYZE TABLE
  - programerska direktiva
    - opcionalna
    - programersko uputstvo ("pomoć") optimizatoru upita

100

100

## Obezbeđenje performansi

- **Opšti postupak optimizacije upita**
  - generisanje svih mogućih **planova** (procedura) izvršenja upita
  - ocena svakog plana, sa stanovišta efikasnosti
  - izbor plana s najboljom ocenom efikasnosti
- **Alternativni postupak optimizacije**
  - semantičko prerađivanje upita
    - dolazak do potpuno nove, ali ekvivalentne forme SELECT naredbe upita
    - koja omogućava efikasnije izvršavanje upita

101

101

## Obezbeđenje performansi

- Vrste optimizatora upita
  - zasnovanih na generisanju mogućih planova izvršenja upita
    - sintaksni
    - zasnovani na ceni
    - statistički

102

102

## Obezbeđenje performansi

- **Sintaksni optimizator**

- ***syntax-based / rule-based*** optimizator
- koristi ulazne specifikacije
  - tekst sintaksno korektne SELECT naredbe
  - specifikaciju indeksa nad relevantnim tabelama
  - opcionalno, programersku direktivu
- koristi statička, unapred definisana i nepromenljiva pravila optimizacije
- rezultat optimizacije je, u visokoj meri, opredeljen načinom konstruisanja SELECT naredbe
- u određenoj meri zahteva da programer vodi računa o fizičkoj organizaciji podataka
  - posledica: smanjenje stepena fizičke nezavisnosti programa od podataka

103

103

## Obezbeđenje performansi

- **Optimizator zasnovan na ceni**

- ***cost-based*** optimizator
- nasleđuje pravila rezonovanja sintaksnog optimizatora
- koristi, dodatno, podatke o
  - brojevima torki u relevantnim tabelama i indeksima za upit
- koristi dinamička pravila optimizacije, zasnovana na proceni cene izvođenja pojedinačnih operacija
  - izračunava se cena primene svakog operatora sadržanog u upitu, saglasno broju torki u tabeli koje operator koristi
  - pravilo: restriktivniji operator ima manju cenu
  - analiziraju se operatori
    - spoja, selekcije, projekcije, dekartovog proizvoda, itd.
    - poređenja (<, >, ≤, ≥, ≠, =, LIKE, BETWEEN AND)

104

104

## Obezbeđenje performansi

- **Statistički optimizator**
  - nasleđuje pravila rezonovanja optimizatora zasnovanog na ceni
  - dodatno koristi
    - histograme raspodele aktuelnih vrednosti ključa ili sekundarnog ključa u definisanom domenu
    - prethodno pripremljene u postupku analiziranja sadržaja tabela i indeksa
  - koristi dinamička pravila optimizacije zasnovana na proceni cene izvođenja pojedinačnih operacija
    - izračunava se cena primene svakog operatora sadržanog u upitu, saglasno
      - procenjenoj restriktivnosti vrednosti ključa / sekundarnog ključa
      - pravilima koja koriste i optimizatori zasnovani na ceni

105

105

## Obezbeđenje performansi

- Mehanizmi obezbeđenja performantnog rada SUBP
  - **efikasnost ažuriranja BP**
    - mogućnost izbora različitih načina i tehnika za realizaciju operacija ažuriranja nad BP
    - mogućnost izbora različitih načina fizičke organizacije podataka i metoda pristupa
    - mogućnost distribuiranja BP na više servera BP
    - mogućnost uvođenja simetrične replikacije (*updateable* materijalizovanih pogleda) u šemu BP

106

106

## Obezbeđenje performansi

- Mehanizmi obezbeđenja performantnog rada SUBP
  - **efikasnost ažuriranja BP**
    - mogućnost izbora različitih mehanizama za realizaciju
      - ograničenja i pravila poslovanja, ugrađenih u BP
      - zaključavanja na nivou transakcionog programa
    - mogućnost praćenja i podešavanja parametara koji utiču na efikasnost mehanizma za pripremu i sintaksnu analizu naredbi za ažuriranje BP
    - način realizacije fizičkog ažuriranja datoteka, dodeljenih BP
      - moguće tehnike
        - **direktno ažuriranje**, tj. ažuriranje unapred (*forward update*)
        - **odloženo ažuriranje**, tj. ažuriranje unazad (*backward update*)

107

107

## Obezbeđenje performansi

- Tehnike fizičkog ažuriranja datoteka BP
  - **direktno ažuriranje**
    - datoteke s podacima se u toku transakcije direktno ažuriraju
    - stari podaci (*before image*) se posebno memorišu
    - favorizacija operacije COMMIT
  - **odloženo ažuriranje**
    - datoteke s podacima se ažuriraju nakon uspešnog potvrđivanja transakcije
    - novi podaci (*after image*) se posebno memorišu
    - favorizacija operacije ROLLBACK

108

108

## Obezbeđenje performansi

- Mehanizmi obezbeđenja performantnog rada SUBP
  - **stepen zahtevane pouzdanosti rada SUBP i raspoloživosti za upotrebu BP**
    - raspoređivanje datoteka kojima upravlja SUBP na više fizički posebnih disk jedinica
    - udvajanje servera BP
    - formiranje klusterske arhitekture SUBP
    - formiranje grid arhitekture SUBP
    - udvajanje datoteka transakcionog dnevnika
    - opredeljenje za izostavljanje evidentiranja operacija u transakcionom dnevniku
    - povišenje stepena pouzdanosti rada SUBP može dovesti do degradacije performansi
      - efekat višestrukog obavljanja istih operacija
    - povišenje stepena pouzdanosti rada SUBP može dovesti do poboljšanja performansi
      - efekat rasterećenja H/S resursa, uvođenjem u upotrebu novih H/S resursa

109

109

## Obezbeđenje performansi

- Mehanizmi obezbeđenja performantnog rada SUBP
  - **stepen zahtevane zaštite BP od neovlašćenog pristupa i uništenja ili oštećenja**
    - korektivne mere zaštite BP od neovlašćenog pristupa, po pravilu, degradiraju performanse rada SUBP
    - većina preventivnih i korektivnih mera zaštite BP od uništenja ili oštećenja degradira performanse rada SUBP
    - povišenje stepena zahtevane zaštite BP, po pravilu, utiče na degradaciju performansi rada SUBP

110

110

## SUBP - Arhitektura

111

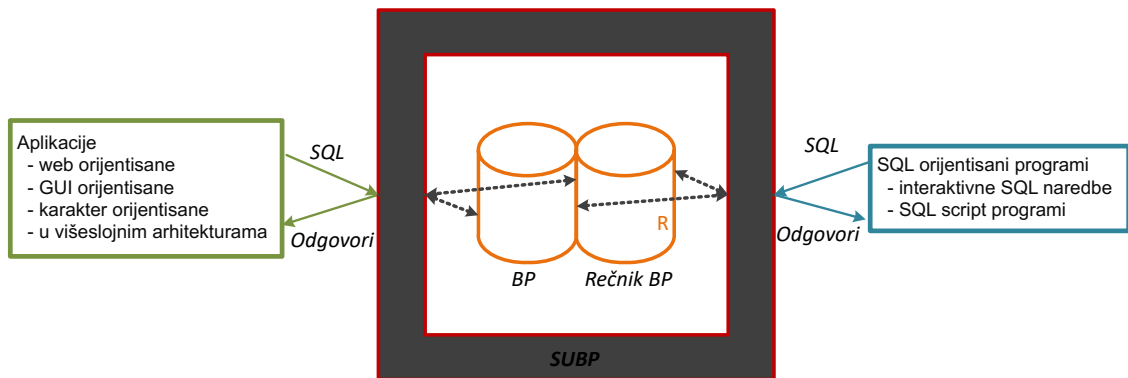
### Arhitektura RSUBP / ORSUBP

- Podrazumeva obezbeđenje karakteristika
  - obavezna upotreba rečnika podataka SUBP
  - nezavisnost programa od podataka
  - fleksibilnost SUBP u primeni

112

112

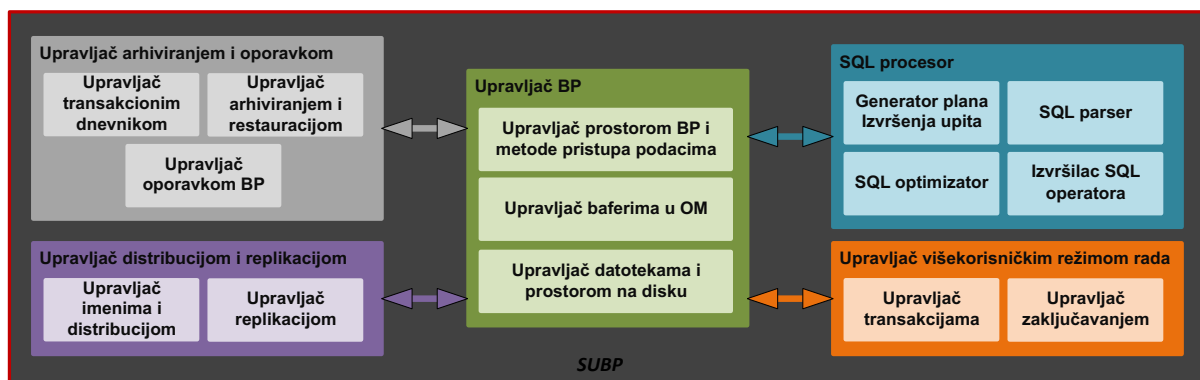
## Arhitektura RSUBP / ORSUBP



113

113

## Arhitektura RSUBP / ORSUBP



114

114

## Sistemi baza podataka

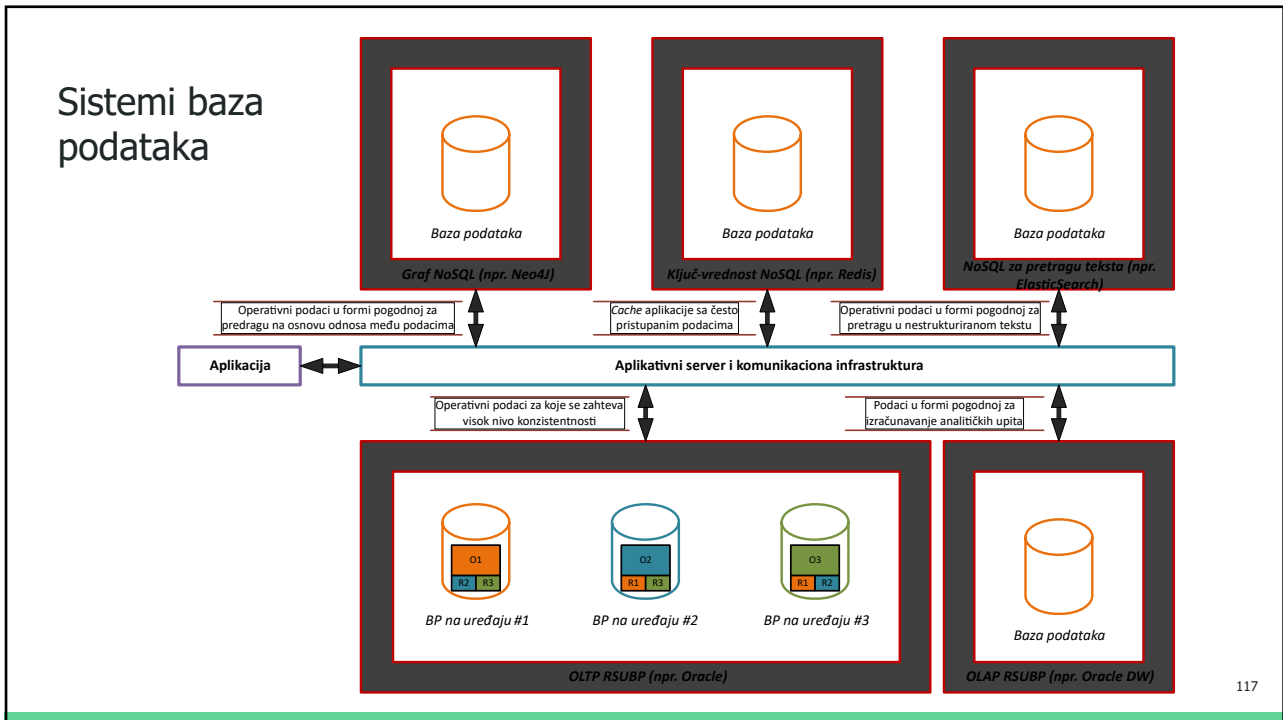
115

### Sistemi baza podataka

- Sistem baze podataka
  - u užem smislu obuhvata
    - bazu podataka
      - implementiranu na jednom uređaju ili distribuiranu na više računara
    - sistem za upravljanje bazom podataka (SUBP)
    - šemu baze podataka, implementiranu na SUBP
    - jezike i operacije za kreiranje, ažuriranje i korišćenje BP
    - sistemski softver i računare (servere) na kojima je BP kreirana
  - u širem smislu obuhvata
    - više baza podataka integrisanog informacionog sistema
      - potencijalno zasnovanih na različitim modelima podataka
    - više SUBP-ova koji predstavljaju logičku celinu
      - **više instanci istog SUBP = homogen SBP**
      - **više instanci različitih SUBP = heterogen SBP**
    - sa svim pratećim softverom i hardverom
      - koji omogućava rad i korišćenje SBP

116

116



117

# Sadržaj predmeta

118

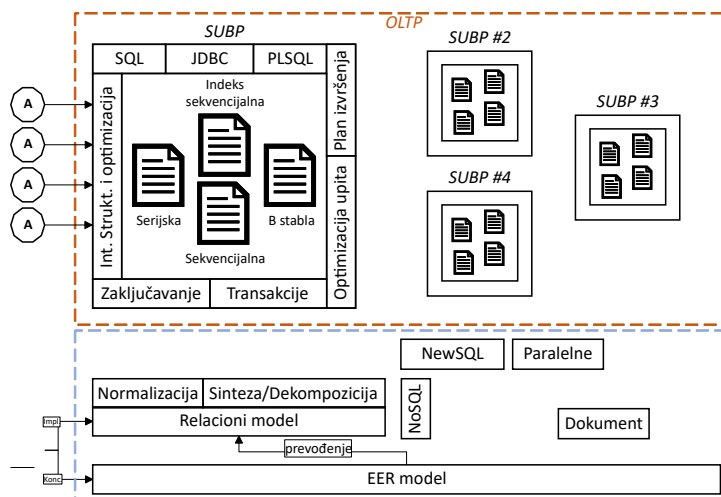
## Sadržaj predmeta

- Napredni mehanizmi RSUBP
  - implementacija ograničenja u relacionom modelu podataka
  - indeksi i optimizacija upita
- Distribucija podataka i funkcionalnosti u RSUBP
  - klijent - server arhitekture
  - distribucija relacionih baza podataka i mehanizmi distribuiranih SUBP
  - NoSQL baze podataka
- Ostale vrste modela i baza podataka
  - NoSQL baze podataka
  - Sistemi velikih skupova podataka

119

119

## Sadržaj predmeta



120

120