

Alternativni pristupi u izgradnji sistema baza podataka

Ugrađene i temporalne baze podataka

Sistemi baza podataka, dr Vladimir Dimitrieski

1

Sadržaj

- Ugrađene baze podataka
- Temporalne baze podataka

2

2

Ugrađene baze podataka

3

Ugrađene baze podataka

- Motivacija
 - razvoj mobilnih i specijalizovanih uređaja
 - ograničene mogućnosti hardvera
 - specifične softverske platforme
 - zahtev za organizacijom podataka
 - količina podataka ima trend stalnog rasta
 - tradicionalni sistemi baza podataka
 - nisu pogodni za upotrebu na ovim uređajima
 - nedovoljno jak hardver
 - nisu podržani od strane softverske platforme

4

4

Ugrađene baze podataka

- Ugrađene baze podataka
 - engl. *embedded database*
 - softverska biblioteka
 - povezana sa klijentskom aplikacijom
 - koriste isti adresni prostor
 - aplikacija postaje jedinstvena programska celina
 - rad sa malim brojem korisnika

5

5

Ugrađene baze podataka

- Osnovne karakteristike i zahtevi
 - **minimizacija memorijskih zahteva**
 - sistemi imaju skromne memorijske resurse
 - dva aspekta
 - memorijski otisak
 - engl. *memory footprint*
 - memorija koju baza zauzima bez podataka
 - prekoračenje podacima
 - engl. *data overhead*
 - nesvrshodna potrošnja resursa ili vremena potrebnog za pribavljanje traženog podatka

6

6

Ugrađene baze podataka

- Osnovne karakteristike i zahtevi
 - **redukovanje alokacije resursa**
 - ugrađena BP mora odgovoriti na ograničenja postavljena od strane tehnologije ugrađenog sistema u kojem egzistira
 - obezbediti integritet i kontinuiran rad
 - prilagoditi resurse trenutnim ograničenjima
 - predefinisani limiti
 - trenutno dostupni resursi
 - ručno konfigurisanje upravljanja resursima je neprihvatljivo

7

7

Ugrađene baze podataka

- Osnovne karakteristike i zahtevi
 - **brzina izvršavanja i predvidivost performansi**
 - varijacije u frekvenciji pristupa i dostupnosti resura
 - ugrađena BP mora biti u mogućnosti da se prilagodi svakoj situaciji
 - sprovode se temeljni test slučajevi
 - ugrađuju se mehanizmi za brz oporavak
 - brzina izvršavanja je od ključnog značaja
 - veliki broj ugrađenih sistema obrađuje podatke u realnom vremenu
 - u cilju postizanja što boljih performansi, ugrađena BP tipično mora koristiti sve raspoložive resurse namenskog hardvera

8

8

Ugrađene baze podataka

- Osnovne karakteristike i zahtevi
 - **visoka pouzdanost i raspoloživost**
 - ne postoji administrator kao kod tradicionalnih SBP
 - ugrađena BP sama inicira pojedine operacije
 - indeksiranje, pravljenje rezervne kopije, podešavanje parametara sistema
 - iniciranje operacija može biti delegirano aplikaciji
 - potrebna je brza reakcija na greške
 - procedura oporavka podataka mora biti vrlo brzo pokrenuta

9

9

Ugrađene baze podataka

- Osnovne karakteristike i zahtevi
 - **interoperabilnost, prenosivost i podrška različitih operativnih sistema**
 - ugrađeni sistemi poseduju namenske operativne sisteme
 - ugrađena BP mora da podržava takav operativni sistem
 - interoperabilnost sa drugim sistemima BP
 - prenosivost na druge hardverske platforme

10

10

Ugrađene baze podataka

- Osnovne karakteristike i zahtevi
 - **upotreba fleš memorije**
 - primarni medijum za skladištenje podataka u mobilnim uređajima i uređajima specijalizovane namene
 - trajna memorija, razumnog kapaciteta po prihvatljivoj ceni
 - nema mehaničkih delova
 - koji prouzrokuju kašnjenja
 - manja potrošnja energije od hard diskova

11

11

Ugrađene baze podataka

- Kriterijumi izbora odgovarajućeg sistema ugrađene BP
 - izbor platforme
 - podržani operativni sistem
 - izvorni kôd baze podataka
 - zauzeće resursa
 - ocena performansi
 - konkurentnost i skalabilnost
 - zahtevani servisi

12

12

Ugrađene baze podataka

- Tipovi ugrađenih baza podataka
 - BP integrisane sa aplikacijom na klasičnim računarskim platformama
 - BP integrisane u mobilne uređaje i uređaje specijalizovane namene

13

13

Ugrađene baze podataka

- BP integrisane sa aplikacijom na klasičnim računarskim platformama
 - tradicionalni sistemi
 - K/S arhitekture
 - aplikacija preko servera komunicira sa BP
 - BP integrisane sa aplikacijom
 - BP je ugrađena u aplikaciju
 - kao softverska komponenta
 - visoke performanse
 - smanjena kompleksnost komunikacije
 - mali broj korisnika BP

14

14

Ugrađene baze podataka

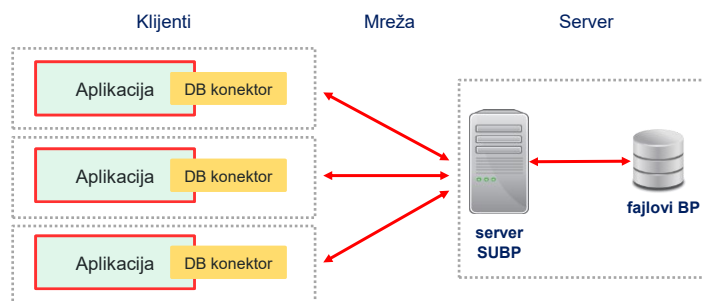
- BP integrisane sa aplikacijom na klasičnim računarskim platformama
 - implementacija BP integrisane sa aplikacijom
 - referenciranjem softverske biblioteke
 - koja sadrži implementaciju baze podataka
 - jednostavna ponovna iskoristivost implementacije BP
 - proširenje izvornog koda aplikacije
 - kodom koji implementira BP
 - eliminiše potrebu za postojanjem eksterne softverske biblioteke
 - pojednostavljena distribucija i instalacija

15

15

Ugrađene baze podataka

- Tradicionalna arhitektura sistema BP

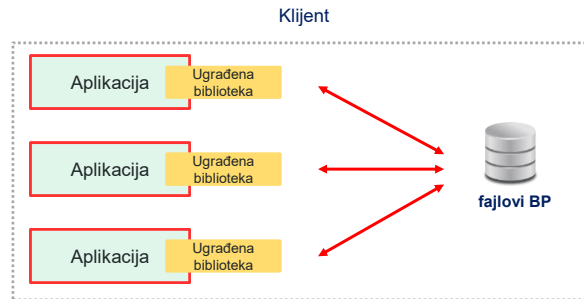


16

16

Ugrađene baze podataka

- Arhitektura sistema BP integrisane sa aplikacijom



17

17

Ugrađene baze podataka

- BP integrisane u mobilne uređaje i uređaje specijalizovane namene
 - uređaji striktnih hardverskih ograničenja
 - aplikacije namenjenje za rešavanje specifičnih problema
 - potreba za ugrađenim bazama podataka
 - prednosti
 - redukovanje troškova razvoja
 - poboljšanje kvaliteta dizajna ugrađenih sistema
 - lakše održavanje i povećana pouzdanost

18

18

Ugrađene baze podataka

- BP integrisane u mobilne uređaje i uređaje specijalizovane namene
 - koriste se u
 - mobilnom računarstvu
 - inteligentnim uređajima i ugrađenim sistemima
 - smart karticama

19

19

Ugrađene baze podataka

- Pregled postojećih ugrađenih BP
 - *Berkley DB*
 - najpopularnija NoSQL ugrađena BP
 - softverska biblioteka
 - visoke performanse sa podacima tipa ključ-vrednost
 - napisana u C-u
 - poseduje API-je za većinu modernih programskih jezika
 - podržana većina modernih OS-a
 - visoka konkurentnost i skalabilnost
 - hiljade simultanih upravljačkih niti
 - veličina BP do 256 terabajta
 - memorijski otisak 700 KB – 1.6 MB

20

20

Ugrađene baze podataka

- Pregled postojećih ugrađenih BP
 - *Hamster DB*
 - mala NoSQL ugrađena BP tipa ključ-vrednost
 - napisana u C/C++-u
 - poseduje API-je za Javu, Python, .Net i Erlang
 - podržana većina modernih OS-a
 - *Google Android* i *Apple iOS*
 - visoka konkurentnost i skalabilnost
 - memorijski otisak 600 KB

21

21

Ugrađene baze podataka

- Pregled postojećih ugrađenih BP
 - *Raptor DB*
 - vrlo mala NoSQL ugrađena BP
 - u formi perzistentnog rečnika podataka
 - realizovana kao softverska biblioteka
 - dizajnirana za podatke u JSON formatu
 - prihvata i sve ostale vrste podataka
 - dizajnirana samo da dodaje podatke
 - poseduje istorijske/duplicirane podatke
 - visoka konkurentnost i skalabilnost
 - memorijski otisak **40 KB**

22

22

Ugrađene baze podataka

- Pregled postojećih ugrađenih BP
 - *SQLite*
 - softverska biblioteka
 - zasnovana na relacionom modelu podataka
 - podržava transakcioni režim i očuvanje ACID svojstava
 - nema potrebu za podešavanjem ili administriranjem
 - smeštena u jedinstvenu datoteku
 - moguć prenos na bilo koju platformu
 - napisana u C-u
 - poseduje API-je za C i C++
 - podržana većina modernih OS-a
 - visoka skalabilnost
 - veličina BP do reda veličine terabajta
 - veliki objekti reda veličine gigabajta
 - memorijski otisak 200 KB – 350 KB

23

23

Ugrađene baze podataka

- Pregled postojećih ugrađenih BP
 - *PicoDBMS*
 - baza podataka za smart kartice
 - podržava moćan podskup SQL standarda
 - vrši autentifikaciju korisnika
 - dozvoljava pristup isključivo dozvoljenom sadržaju
 - koristi EEPROM
 - kao primarnu memoriju

24

24

Temporalne baze podataka

25

Temporalne baze podataka

- Temporalne baze podataka
 - sve baze podataka koje poseduju vreme kao aspekt u organizovanju podataka
 - uvode temporalne koncepte
 - na nivou baze podataka
 - aplikacije koriste ove temporalne koncepte

26

26

Temporalne baze podataka

- Reprezentacija vremena
 - vreme je **uređeni niz trenutaka** u **granularnosti** definisanoj od strane aplikacije
 - **kronon**
 - minimalna granularnost za neku aplikaciju
 - svi događaji u okviru kronona se posmatraju kao istovremeni događaji
 - u realnom sistemu to ne mora da bude slučaj

27

27

Temporalne baze podataka

- Kalendar
 - organizuje vreme u različite vremenske jedinice
 - lakše za rukovanje
 - npr. minut, sat, dan, mesec, itd.
 - omogućava merenje vremena od neke početne tačke
 - razlikuje se u zavisnosti od kulture, npr:
 - Gregorijanski kalendar
 - Kineski kalendar
 - Islamski kalendar

28

28

Temporalne baze podataka

- Vremenski tipovi u SQL-u
 - DATE
 - godina, mesec i dan
 - YYYY-MM-DD
 - TIME
 - sat, minut i sekund
 - HH:MM:SS
 - TIMESTAMP
 - kombinacija TIME i DATE
 - YYYY-MM-DD HH:MM:SSS

29

29

Temporalne baze podataka

- Vremenski tipovi u SQL-u
 - INTERVAL
 - relativni vremenski period
 - 10 dana
 - 250 minuta
 - PERIOD
 - fiksirani vremenski period
 - fiksirana početno vreme
 - 10 dana od 1. januara 2013. do 10. januara 2013. godine

30

30

Temporalne baze podataka

- Vrste događaja u temporalnim BP
 - **jedinični događaji (činjenice)**
 - obuhvataju jedinstveni vremenski trenutak
 - u definisanoj granularnosti
 - **događaji (činjenice) koji traju**
 - obuhvataju određen vremenski period
 - definisan početnom i krajnjom tačkom u vremenu
 - obuhvata i sve trenutke između
 - u definisanoj granularnosti

31

31

Temporalne baze podataka

- Interpretacija vremena u BP
 - kako interpretiramo vreme povezano sa podacima u BP
 - podaci predstavljaju događaje ili činjenice
 - **validno vreme**
 - vreme kada se događaj zbio
 - vreme kada je činjenica bila tačna
 - u **realnom svetu**
 - **transakciono vreme**
 - vreme kada je podatak upisan u bazu podataka
 - vreme kada je informacija **validna u sistemu**

32

32

Temporalne baze podataka

- Interpretacija vremena u BP
 - validno vreme i transakciono vreme nazivaju se **vremenskim dimenzijama**
 - moguće i ostale interpretacije vremena
 - **korisnički definisano vreme**
 - korisnik
 - daje semantiku interpretaciji
 - programira aplikaciju da je podrži

33

33

Temporalne baze podataka

- Interpretacija vremena u BP
 - pristupi implementiranju temporalnih baza podataka
 - **verzionisanje torki**
 - kod relacionih sistema
 - dodaje se vreme svakoj torki
 - prilikom promene torke kopiraju se i atributi koji nisu promenjeni
 - **verzionisanje atributa**
 - kod sistema koji podržavaju složene objekte
 - objektno-orijentisane BP
 - objektno-relacione BP

34

34

Temporalne baze podataka

- Interpretacija vremena u BP
 - podela baza podataka u odnosu na vremenske dimenzije
 - **baze podataka sa validnim vremenom**
 - sadrže samo validno vreme
 - **baze podataka sa transakcionim vremenom**
 - sadrže samo transakciono vreme
 - **bitemporalne baze podataka**
 - sadrže i validno i transakciono vreme

35

35

Temporalne baze podataka

- Relaciona baza podataka – primer
 - šeme relacije Radnik i Departman
 - torke predstavljaju **trenutno stanje** entiteta u realnom svetu

36

36

Temporalne baze podataka

- Relaciona baza podataka – primer

- Radnik

| | | | | |
|-----|-------------|-----|-------|---------|
| Ime | <u>JMBG</u> | Plt | DepID | RukJMBG |
|-----|-------------|-----|-------|---------|

- Departman

| | | |
|-------|--------------|---------|
| Naziv | <u>DepID</u> | RukJMBG |
|-------|--------------|---------|

37

37

Temporalne baze podataka

- BP sa validnim vremenom

- zahtev za praćenjem istorije promena nad nekim entitetom
 - uvode se početno i krajnje vreme validnosti entiteta u realnom svetu
 - obeležja s nazivima: Vpv i Vkv
 - trenutno stanje entiteta u temporalnim BP sa validnim vremenom
 - temporalna konstanta **NOW** se dodeljuje obeležju Vkv
 - označava trenutno vreme
 - uzimajući u obzir napredovanje vremena

38

38

Temporalne baze podataka

- BP sa validnim vremenom
 - primarni ključ šeme relacije sa validnim vremenom
 - vreme početka validnosti (Vpv)
 - ostala obeležja koja jedinstveno identifikuju entitet
 - ukoliko su netemporalna obeležja u primarnom ključu podložna promenama
 - umesto njih se uvodi jedno obeležje koje predstavlja surogatni ključ
 - njemu se pridružuje Vpv

39

39

Temporalne baze podataka

- BP sa validnim vremenom - primer
 - Radnik_VV

| | | | | | | |
|-----|-------------|-----|-------|---------|------------|-----|
| Ime | <u>JMBG</u> | Plt | DepID | RukJMBG | <u>Vpv</u> | Vkv |
|-----|-------------|-----|-------|---------|------------|-----|

- Departman_VV

| | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|-----|
| Naziv | <u>DepID</u> | RukJMBG | <u>Vpv</u> | Vkv |
|-------|--------------|---------|------------|-----|

40

40

Temporalne baze podataka

- BP sa validnim vremenom
 - brisanje torki
 - torci koja se briše se upisuje vrednost Vkv obeležja
 - torca se zatvara
 - logičko brisanje
 - dodavanje torki
 - upisivanjem nove torke u relaciju
 - Vkv dobija vrednost NOW

41

41

Temporalne baze podataka

- BP sa validnim vremenom
 - ažuriranje torki
 - „staroj“ torci se upisuje vrednost Vkv obeležja
 - **zatvorena (istorijska) torca**
 - upisuje se nova torca sa izmenjenim vrednostima
 - Vpv označava vreme izmene entiteta u ralnom svetu
 - Vkv sadrži promenljivu NOW

42

42

Temporalne baze podataka

- BP sa validnim vremenom
 - tipovi ažuriranja
 - **proaktivno ažuriranje**
 - ažuriranje se obavlja **pre** promene u realnom sistemu
 - početno vreme se postavlja na datum u **budućnosti**
 - **retroaktivno ažuriranje**
 - ažuriranje se obavlja **nakon** promene u realnom sistemu
 - početno vreme se postavlja na datum u **prošlosti**
 - **simultano ažuriranje**
 - ažuriranje se obavlja **paralelno** sa promenom u realnom sistemu
 - početno vreme se postavlja na trenutni datum
 - **ne postoji informacija o promeni stanja baze podataka**

43

43

Temporalne baze podataka

- BP sa validnim vremenom – primer

| Ime | JMBG | Plt | DepID | RukJMBG | Vpv | Vkv |
|-------|---------|-------|-------|---------|------------|------------|
| Petar | 0901251 | 25000 | 5 | 9851244 | 2002-06-15 | 2003-05-31 |
| Petar | 0901251 | 30000 | 5 | 9851244 | 2003-06-01 | NOW |
| Marko | 3654211 | 25000 | 4 | 9851244 | 1999-08-20 | 2001-01-31 |
| Marko | 3654211 | 30000 | 5 | 9851244 | 2001-02-01 | 2010-03-31 |
| Marko | 3654211 | 40000 | 5 | 9851244 | 2010-04-01 | NOW |
| Dejan | 9851244 | 28000 | 4 | 3241545 | 2001-05-01 | 2002-08-10 |
| Ivan | 3241545 | 38000 | 5 | NULL | 2014-08-01 | NOW |

44

44

Temporalne baze podataka

- BP sa validnim vremenom – primer

| Naziv | DeplD | RukJMBG | Vpv | Vkv |
|-------|-------|---------|------------|------------|
| E1 | 4 | 9851244 | 2001-09-20 | NOW |
| E2 | 5 | 9851244 | 2001-09-20 | 2002-03-31 |
| E2 | 5 | 3241545 | 2002-04-01 | NOW |

45

45

Temporalne baze podataka

- BP sa transakcionim vremenom
 - zahtev za praćenjem promene stanja sistema BP
 - svakoj torci se pridružuje vremenski otisak
 - za početak transakcije (Vpt)
 - za kraj transakcije (Vkt)
 - uobičajeni tip podataka je TIMESTAMP
 - **rollback baze podataka**
 - moguća primena operacija logičkog poništavanja (logički *rollback*, tj. *flashback*)
 - u cilju vraćanja stanja određenog dela baze podataka u stanje željenog vremenskog trenutka

46

46

Temporalne baze podataka

- BP sa transakcionim vremenom
 - trenutno stanje entiteta u temporalnim BP sa transakcionim vremenom
 - temporalna konstanta **UNTIL CHANGED** (UC) se dodeljuje obeležju Vkt
 - označava trenutno transakciono vreme
 - dok torku ne promeni neka druga transakcija
 - primarni ključ šeme relacije sa validnim vremenom
 - vreme početka transakcije (Vpt)
 - ostala obeležja koja jedinstveno identifikuju entitet

47

47

Temporalne baze podataka

- BP sa validnim vremenom - primer
 - Radnik_TV

| | | | | | | |
|-----|-------------|-----|-------|---------|------------|-----|
| Ime | <u>JMBG</u> | Plt | DepID | RukJMBG | <u>Vpt</u> | Vkt |
|-----|-------------|-----|-------|---------|------------|-----|

- Departman_TV

| | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|-----|
| Naziv | <u>DepID</u> | RukJMBG | <u>Vpt</u> | Vkt |
|-------|--------------|---------|------------|-----|

48

48

Temporalne baze podataka

- Bitemporalne baze podataka
 - zahtev za praćenjem promene stanja sistema BP kao i promene podataka u realnom svetu
 - svaka šema relacije sadrži **obe vremenske dimenzije**
 - primarni ključ bitemporalne šeme relacije
 - vreme početka transakcije (Vpt)
 - vreme početka validnosti (Vpv)
 - ostala obeležja koja jedinstveno identifikuju entitet
 - trenutno stanje entiteta u bitemporalnim BP
 - Vkv ima vrednost NOW
 - Vkt ima vrednost UC

49

49

Temporalne baze podataka

- BP sa validnim vremenom - primer

- Radnik_BT

| | | | | | | | | |
|-----|-------------|-----|-------|---------|------------|-----|------------|-----|
| Ime | <u>JMBG</u> | Plt | DepID | RukJMBG | <u>Vpv</u> | Vkv | <u>Vpt</u> | Vkt |
|-----|-------------|-----|-------|---------|------------|-----|------------|-----|

- Departman_BT

| | | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|-----|------------|-----|
| Naziv | <u>DepID</u> | RukJMBG | <u>Vpv</u> | Vkv | <u>Vpt</u> | Vkt |
|-------|--------------|---------|------------|-----|------------|-----|

50

50

Temporalne baze podataka

- Bitemporalne baze podataka
 - modifikacija torki
 - nijedno obeležje se fizički **ne menja** osim V_{kv} i V_{kt}
 - za svaku izmenu se dodaje nova torke
 - nova verzija entiteta
 - postupak modifikacije
 - elementi modifikacije
 - trenutna verzija torke v koja se modifikuje
 - $v[V_{kv}] = NOW$
 - $v[V_{kt}] = UC$
 - transakcija T koja modifikuje torku
 - $TS(T)$ vremenski otisak transakcije T
 - VT trenutak u vremenu kada je entitet promenio stanje u relanom sistemu
 - VT - trenutak neposredno pre VT

51

51

Temporalne baze podataka

- Bitemporalne baze podataka
 - postupak modifikacije
 - koraci modifikacije
 1. dodati novu torku v_2 u relaciju
 - v_2 je kopija torke v
 - $v_2[V_{kv}] = VT$ -
 - $v_2[V_{pt}] = TS(T)$
 - $v_2[V_{kt}] = UC$
 2. dodati novu torku v_3 u relaciju
 - v_3 je kopija torke v
 - $v_3[V_{pv}] = VT$
 - $v_3[V_{kv}] = NOW$
 - modifikuju se vrednosti polja koja se menjaju
 - $v_3[V_{pt}] = TS(T)$
 - $v_3[V_{kt}] = UC$

52

52

Temporalne baze podataka

- Bitemporalne baze podataka
 - postupak modifikacije
 - koraci modifikacije
 3. $v_2[Vkt] = TS(T)$
 - torka v_3 predstavlja trenutnu verziju entiteta u bazi podataka

53

53

Temporalne baze podataka

- Bitemporalne baze podataka
 - brisanje torki
 - logičko brisanje torke v
 - dodaje se nova torka v_2
 - kopija torke v
 - $v_2[Vpt] = TS(T)$
 - $v_2[Vkv] = VT$
 - $v[Vkt] = TS(T)$
 - dodavanje torki
 - dodaje se nova torka v_n
 - $v_n[Vpt] = TS(T)$
 - $v_n[Vkt] = UC$
 - $v_n[Vpv] = VT$
 - $v_n[Vkv] = NOW$

54

54

Temporalne baze podataka

- BP sa validnim vremenom – primer

| Ime | JMBG | Plt | DeplID | RukJMBG | Vpv | Vkv | Vpt | Vkt |
|-------|---------|-------|--------|---------|------------|------------|----------------------|----------------------|
| Petar | 0901251 | 25000 | 5 | 9851244 | 2002-06-15 | NOW | 2002-06-08, 13:05:58 | 2003-06-04, 08:56:12 |
| Petar | 0901251 | 30000 | 5 | 9851244 | 2002-06-15 | 2003-05-31 | 2003-06-04, 08:56:12 | UC |
| Petar | 0901251 | 30000 | 5 | 9851244 | 2003-06-01 | NOW | 2003-06-04, 08:56:12 | UC |
| Dejan | 9851244 | 28000 | 4 | 3241545 | 2001-05-01 | NOW | 2001-04-27, 16:22:05 | 2002-08-12, 10:11:07 |
| Dejan | 9851244 | 28000 | 4 | 3241545 | 2001-05-01 | 2002-08-10 | 2002-08-12, 10:11:07 | UC |
| Ivan | 3241545 | 38000 | 5 | NULL | 2003-08-01 | NOW | 2003-07-28, 09:25:37 | UC |

55

55

Temporalne baze podataka

- BP sa validnim vremenom – primer

| Ime | JMBG | Plt | DeplID | RukJMBG | Vpv | Vkv | Vpt | Vkt |
|-------|---------|-------|--------|---------|------------|------------|----------------------|----------------------|
| Marko | 3654211 | 25000 | 4 | 9851244 | 1999-08-20 | NOW | 1999-08-20, 11:18:23 | 2001-01-07, 14:33:02 |
| Marko | 3654211 | 30000 | 5 | 9851244 | 1999-08-20 | 2001-01-31 | 2001-01-07, 14:33:02 | UC |
| Marko | 3654211 | 40000 | 5 | 9851244 | 2001-02-01 | NOW | 2001-01-07, 14:33:02 | 2002-03-28, 09:23:57 |
| Marko | 3654211 | 25000 | 4 | 9851244 | 2001-02-01 | 2002-03-31 | 2002-03-28, 09:23:57 | UC |
| Marko | 3654211 | 30000 | 5 | 9851244 | 2002-04-01 | NOW | 2002-03-28, 09:23:57 | UC |

56

56

Temporalne baze podataka

- BP sa validnim vremenom – primer

| Naziv | DeplD | RukJMBG | Vpv | Vkv | Vpt | Vkt |
|-------|-------|---------|------------|------------|-------------------------|-------------------------|
| E1 | 4 | 9851244 | 2001-09-20 | NOW | 2001-09-20, 13:14:55 | UC |
| E2 | 5 | 9851244 | 2001-09-20 | NOW | 2001-09-15, 14:52:12 | 2002-03-28, 09:23:57 |
| E2 | 5 | 3241545 | 2001-09-20 | 2002-03-31 | 2002-03-28, 09:23:57 | UC |
| E2 | 5 | 3241545 | 2002-04-01 | NOW | 2002-03-28, 09:23:57 | UC |

57

57

Temporalne baze podataka

- Bitemporalne baze podataka
 - načini implementacije bitemporalnih relacija
 - **jedna relacija**
 - sve torke pripadaju jednoj relaciji
 - **dve relacije**
 - trenutno aktuelne torke pripadaju jednoj relaciji
 - istorijske torke u drugoj

58

58

Temporalne baze podataka

- Interpretacija vremena u BP
 - verzionisanje atributa
 - jedan složeni objekat se koristi kako objedinio sve vremenske promene
 - **atribut zavisan od vremena**
 - svaki atribut koji se menja u toku vremena
 - vrednosti su mu verzionisane dodavanjem temporalnih atributa
 - validno vreme, transakciono vreme ili bitemporalni
 - **atribut nezavisan od vremena**
 - svaki atribut koji se ne menja u toku vremena
 - ne sadrže temporalne attribute

59

59

Temporalne baze podataka

- Interpretacija vremena u BP
 - verzionisanje atributa
 - atributi se menjaju nezavisno jedni od drugih
 - nema potrebe za kopiranjem celog objekta
 - već samo atributa koji se menjaju
 - poseban atribut za definisanje validnosti celog objekta
 - **atribut koji opisuje životni vek**
 - označava periode validnosti objekta kao celine
 - kako u realnom svetu tako i u sistemu baze podataka
 - logičko brisanje objekta se obavlja zatvaranjem životnog veka
 - postavljanje vremena u Vkv i Vtv atribut
 - ograničenje
 - **svaki vremenski period važenja atributa mora biti podskup životnog veka objekta**

60

60

Temporalne baze podataka

- Interpretacija vremena u BP

```
class TEMPORAL_PLATA
{
    attribute Date      Vpv;
    attribute Date      Vkv;
    attribute float      Plata;
};

class TEMPORAL_DEPARTMAN
{
    attribute Date      Vpt;
    attribute Date      Vkv;
    attribute DEPARTMAN_VT Dep;
};
```

61

61

Temporalne baze podataka

- Interpretacija vremena u BP

```
class TEMPORAL_RUKOVODILAC
{
    attribute Date      Vpv;
    attribute Date      Vkv;
    attribute EMPLOYEE_VT Rukovodilac;
};

class TEMPORAL_ZIVOTNI_VEK
{
    attribute Date      Vpv;
    attribute Date      Vkv;
};
```

62

62

Temporalne baze podataka

- Interpretacija vremena u BP

```
class RADNIK_VT
( extent RADNICI )
{
    attribute list< TEMPORAL_ZIVOTNI_VEK > Zivotni_vek;
    attribute string Ime;
    attribute string JMBG;
    attribute list<TEMPORAL_SALARY> Plt_istorija;
    attribute list<TEMPORAL_DEPT> Dep_istorija;
    attribute list <TEMPORAL_SUPERVISOR> Ruk_istorija;
};
```

63

63

Temporalne baze podataka

- TSQL jezik
 - obuhvata proširenja SQL-a
 - za rad nad bazama podataka sa temporalnim proširenjima
 - tradicionalni uslovi selekcije
 - obuhvataju samo trenutna stanja entiteta
 - temporalni uslovi selekcije
 - obuhvataju sva stanja entiteta
 - trenutna i istorijska stanja
 - uključuje se i vremensko obeležje
 - **čist vremenski uslov**
 - obuhvata samo vremenska obeležja

64

64

Temporalne baze podataka

- TSQL jezik
 - temporalni uslovi selekcije
 - selektuje torke koje su validne
 - u trenutku u vremenu T
 - u vremenskom periodu $[T_1, T_2]$
 - skup trenutaka u vremenu između T_1 i T_2
 - uključujući T_1 i T_2
 - Alenova algebra
 - obuhvata skup operacija nad vremenskim podacima

65

65

Temporalne baze podataka

- TSQL jezik – operacije

| | |
|--|---------------------------------------|
| $[T.Vpv, T.Vkv]$ INCLUDES $[T_1, T_2]$ | $T_1 \geq T.Vpv$ AND $T_2 \leq T.Vkv$ |
| $[T.Vpv, T.Vkv]$ INCLUDED_IN $[T_1, T_2]$ | $T_1 \leq T.Vpv$ AND $T_2 \geq T.Vkv$ |
| $[T.Vpv, T.Vkv]$ OVERLAPS $[T_1, T_2]$ | $T_1 \leq T.Vkv$ AND $T_2 \geq T.Vpv$ |
| $[T.Vpv, T.Vkv]$ BEFORE $[T_1, T_2]$ | $T_1 \geq T.Vkv$ |
| $[T.Vpv, T.Vkv]$ AFTER $[T_1, T_2]$ | $T_2 \leq T.Vpv$ |
| $[T.Vpv, T.Vkv]$ MEETS_BEFORE $[T_1, T_2]$ | $T_1 = T.Vkv + 1$ |
| $[T.Vpv, T.Vkv]$ MEETS_AFTER $[T_1, T_2]$ | $T_2 + 1 = T.Vpv$ |

66

66

Temporalne baze podataka

- TSQL jezik – operacije
 - rezultat operacija nad vremenskim intervalima može biti
 - vremenski trenutak
 - vremenski period
 - temporalni element
 - boolean vrednost

67

67

Temporalne baze podataka

- TSQL jezik – operacije
 - **temporalni element**
 - skup disjunktih vremenskih perioda
 - za svaka dva perioda $[T_1, T_2]$ i $[T_3, T_4]$ važi
 - $[T_1, T_2] \cap [T_3, T_4] = \emptyset$
 - T_3 nije naredni trenutak u vremenu nakon T_2
 - u datoj granularnosti
 - T_1 nije naredni trenutak u vremenu nakon T_4
 - u datoj granularnosti

68

68

Temporalne baze podataka

- TSQL jezik – primer
 - čist vremenski uslov
 - *Prikazati sve verzije entiteta radnik koje su bile validne u bilo kom trenutku u 2011 godini.*

```
SELECT *
FROM Radnik T
WHERE [T.Vpv, T.Vkv] OVERLAPS [2011-01-01, 2011-12-31]
```

69

69

Temporalne baze podataka

- TSQL jezik – primer
 - uslov sa atributima i vremenom
 - *Prikazati sve verzije entiteta radnik koje su bile validne u bilo kom trenutku u 2011 godini. Radnici moraju da pripadaju departmanu 5.*

```
SELECT *
FROM Radnik T
WHERE [T.Vpv, T.Vkv] OVERLAPS [2011-01-01, 2011-12-31]
      and T.Dep = 5
```

70

70

Temporalne baze podataka

- TSQL jezik
 - omogućava kreiranje temporalnih relacija
 - opcione AS klauzule CREATE TABLE naredbe
 - AS VALID STATE <GRANULARITY>
 - relacija sa validnim vremenom, vreme izraženo kroz periode
 - AS VALID EVENT <GRANULARITY>
 - relacija sa validnim vremenom, vreme izraženo kroz trenutke u vremenu
 - AS TRANSACTION
 - relacija sa transakcionim vremenom, vreme izraženo kroz periode
 - AS VALID STATE <GRANULARITY> AND TRANSACTION
 - bitemporalna relacija, vreme izraženo kroz periode
 - AS VALID EVENT <GRANULARITY> AND TRANSACTION
 - bitemporalna relacija, vreme izraženo kroz trenutke u vremenu

71

71

Temporalne baze podataka

- Podaci o vremenskim serijama
 - engl. *Time Series Data*
 - vremenska serija
 - predefinisana sekvenca trenutaka u vremenu
 - specijalan slučaj **validnih vremenskih podataka**
 - trenuci predefinisani u nekom kalendaru
 - koriste se u finansijskim aplikacijama

72

72

Temporalne baze podataka

- Podaci o vremenskim serijama
 - SUBP-ovi
 - moraju da omogućće upravljanje serijama podataka
 - operacije nad vremenskim podacima
 - definisanje kalendara
 - kreiranje kalendara na osnovu koga će se definisati vremenska serija

73

73

Reference

- Tiwari S, „*Professional NoSQL*“, John Wiley & Sons, Inc., SAD, 2011
- Todorić B, „*Primena specijalizovanih baza podataka u oblasti upravljanja dokumentima*“, Master rad, FTN, 2012.
- Elmasri R, Navathe S B, „*Fundamentals of Database Systems*“, Šesto izdanje, Addison-Wesley, SAD, 2011
 - poglavlje 26

74

74