

Teorija baza podataka Aktivne baze podataka

Izv. prof. dr. sc. Markus Schatten

Fakultet organizacije i informatike,
Sveučilište u Zagrebu
Pavlinska 2, 42000 Varaždin
markus.schatten@foi.hr

Uvod

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Uvođenjem aktivne komponente u relacijske baze podataka korištenjem produkcijskih pravila omogućava se niz naprednih karakteristika baza podataka kao što su to napredna integritetna ograničenja, održavanje deriviranih podataka, okidači, upozorenja, zaštita, upravljanje inačicama i sl. ali i izgradnju naprednijih sustava poput baza znanja i ekspernih sustava.

Uvodni primjeri

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijnska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Razmotrimo sljedeće (motivacijske) primjere poslovnih pravila.

p_1 : Menadžerska plaća može biti veća od radničke za maksimalno 50%

p_2 : Dnevni profit jednak je sumi dnevnih profita svih poslovnica

p_3 : Kako bi se obavio novčani transfer s bankovnog računa, na njemu mora biti dovoljno sredstava

p_4 : Kada je stanje na bankovnom računu negativno, tada počni računati kamate

p_5 : Prilikom kreiranja nove inačice dokumenta, deaktiviraj zadnju aktivnu inačicu i aktiviraj novu.

Ovakva i slična pravila moguće je implementirati korištenjem aktivnih baza podataka.

Događaji nad BP

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijnska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Postoje različite vrste događaja koji se mogu dogoditi nad bazom podataka:

- ažuriranje podataka (upisivanje, brisanje)
- pristup podacima
- operacija transakcije (početak, dovršavanje, prekid)
- temporalni događaj (absolutni, relativni, periodični)
- složeni događaj (bilo koja kombinacija prethodno navedenih uz korištenje logičkih veznika \vee , \wedge , \neg)
- sekvenca događaja (određeni događaji se moraju dogoditi u točno određenom redoslijedu)
- implicitni događaj (nije zadan konkretan događaj već uvjet koji događaj mora zadovoljiti kako bi se pokrenula akcija)

Akcije

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Akcije nad bazom podataka najčešće se definiraju kao akcije ažuriranja (upisivanje, brisanje slogova), akcije pristupa podacima (upiti) i akcije transakcija (dovršavanje, prekid transakcije) odnosno nizovi takvih akcija te temporalno određene akcije.

U realnim sustavima za upravljanje bazom podataka akcije mogu biti i pohranjene procedure u nekom proceduralnom programskom jeziku.

Događaj ažuriranja

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

(Događaji ažuriranja)

Sa BP_i označavamo stanje baze podataka BP u trenutku i (pretpostavljamo diskretno vrijeme T izomorfno skupu prirodnih brojeva N). Dalje, $\alpha(BP_i) = BP_{i+1}$ indicira da je BP_{i+1} rezultat ažuriranja BP_i . Neka je t slog u r .

Tada

$+r(t)$ vrijedi ako i samo ako je slog (t) upisan u r (događaj upisivanja sloga)

$-r(t)$ vrijedi ako i samo ako je slog (t) brisan iz r (događaj brisanja sloga)

Primjer

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Primjer

Neka su zadane BP_1 i BP_2 :

$$BP_1 : \begin{array}{c|cc} r & A & B \\ \hline & 1 & 2 \\ & 2 & 3 \end{array}$$
$$\begin{array}{c|cc} s & B & C \\ \hline & 2 & 1 \\ & 2 & 2 \end{array}$$
$$BP_2 : \begin{array}{c|cc} r & A & B \\ \hline & 1 & 2 \end{array}$$
$$\begin{array}{c|cc} s & B & C \\ \hline & 2 & 1 \\ & 2 & 2 \\ & 4 & 6 \end{array}$$

U BP_2 obzirom na BP_1 vrijedi $-r(2,3)$ i $+s(4,6)$. Dakle, u vremenskom trenutku t_2 dogodile su se dvije akcije ažuriranja BP.

Događaj pristupa

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

(Događaj pristupa)

Neka je zadana BP koja sadrži relaciju r i neka je U upit primjenjiv na BP.

Kažemo da je slogu $t \in r$ pristupano od strane upita u (notacija $t \blacktriangleright U$), ako je t korišten za dobivanje bilo kojeg sloga u odgovoru na upit $o(U)$.

Primjer I

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Neka je zadana baza podataka BP_3 :

r	A	C
t_1	2	2
t_2	2	4
t_3	5	1

Neka je u trenutku t_4 postavljen upit U :

$$U : \Pi_C \sigma_{A=2}(r)$$

Primjer II

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Rezultat upita je:

$o(U)$	C
o_1	2
o_2	4

Vidimo da je slog o_1 dobiven kao primjena upita U na slog t_1 . Slog o_2 dobiven je primjenom upita na slog t_2 .

Stoga vrijede događaji:

$t_1 \triangleright U$

$t_2 \triangleright U$

jer su slogovi iz $o(U)$ dobiveni na temelju slogova t_1 i t_2 .

Primjer III

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Ne vrijedi događaj:

$$t_3 \blacktriangleright U$$

jer se u $o(U)$ ne pojavljuje niti jedan slog koji je dobiven na temelju t_3 .

Akcija

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

(Akcija)

Akcija a u trenutku i nad bazom podataka BP je bilo koje upisivanje sloga, brisanje sloga ili pristup slogu u odnosu na stanje BP_{i-1} .

Ostale akcije, osim akcija ažuriranja i pristupa, definirati ćemo posebno prema potrebi.

Transakcija

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijnska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

(Transakcija)

Neka je zadan skup akcija nad bazom podataka $A(BP_i) = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$.

Neka je \odot akcija početka transakcije. Neka je \square akcija dovršavanja transakcije, $a \boxtimes$ akcija prekida transakcije. Transakcija je bilo koji niz akcija

$T(BP_i) = (\odot, a_i | a_i \in A(BP_i), \square \vee \boxtimes)$.

Transakcije u proceduralnim programskim jezicima mogu imati mnoge vrste programskih konstrukata poput selekcija, raznih vrsta iteracija, skokova i sl. Mi ćemo se, radi jednostavnosti, zadržati samo na sekvencionalnom izvođenju atomarnih operacija.

Semantika transakcije

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

(Semantika transakcije)

Akcije u transakciji $T(BP_i)$ izvršavaju se serijski jedna za drugom. Ako transakcija završi akcijom \square tada sve promjene postignute nad BP_i vrijede u BP_{i+1} . Nasuprot tomu, ako transakcija završava akcijom \boxtimes tada sve promjene koje je postigla transakcija $T(BP_i)$ ne vrijede, tj. ukoliko između stanja BP_i i BP_{i+1} nije bilo drugih akcija, vrijedi $BP_i = BP_{i+1}$. Možemo reći i da se transakcija izvršava ili u svojoj potpunosti ili uopće ne, zbog čega ju smatramo atomarnom.

Prema konvenciji akcije i transakcije izvršavat ćemo sekvencionalno prema redu navođenja.

Primjer I

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Neka je zadana BP_1 :

r	A	B	C
1	2	2	2
2	2	2	4
3	5	1	1

Neka su zadane transakcije:

$$T_1(BP_1) : \odot, +r(5, 1, 1), -r(1, 2, 2), \square$$

$$T_2(BP_1) : \odot, -r(3, 5, 1), \boxtimes$$

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Primjer II

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Stanje BP_2 bit će:

r	A	B	C
	2	2	4
	3	5	1
	5	1	1

Neka je zadana BP_2 kao u prethodnom primjeru i upit:

$$U : \sigma_{B < 4}(r)$$

Izračunajmo stanje BP_3 nakon transakcije:

$$T : \odot, +r(o(U)_A, 7, o(U)_B), -r(5, 1, 1), \square$$

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Primjer III

Kako bi izvršili drugu akciju transakcije T moramo izračunati odgovor na upit U .

$o(U)$	A	B	C
	2	2	4
	5	1	1

Izraz $+r(o(U)[A], 7, o(U)[B])$ pretvara se u transakciju $\odot, +r(2, 7, 2), +r(5, 7, 1), \square$. Stoga valja izračunati:

$$T' : \odot, \odot, +r(2, 7, 2), +r(5, 7, 1), \square, -r(5, 1, 1), \square$$

Primjer IV

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Stanje BP_3 je onda:

r	A	B	C
	2	2	4
	3	5	1
	2	7	2
	5	7	1

Događaji transakcije

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

(Događaji transakcije)

Ako između dva stanja baze podataka BP_i i BP_{i+1} dođe do dovršavanja transakcije T , tada u BP_{i+1} vrijedi događaj $\square(T)$. Sukaldno tome, ako dođe do prekida transakcije vrijedi događaj $\boxtimes(T)$.

Temporalni događaji

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

(Temporalni događaji)

Neka je zadana baza podataka BP. Definiramo temporalne događaje kao što slijedi:

- $\odot_i(BP)$ vrijedi ako i samo ako je BP trenutno u stanju i (absolutni vremenski događaj)
- $\odot_{i+k}(BP)$ vrijedi ako i samo ako je BP trenutno u stanju l i postoji trenutak i takav da vrijedi $i + k = l$ (relativni vremenski događaj)
- $\odot_{\%j}(BP)$ vrijedi ako i samo ako je BP trenutno u stanju i i vrijedi $i \equiv 0\%j$ (periodični vremenski događaj)

Za razliku od događaja ažuriranja i pristupa, transakcijski i temporalni događaji nisu definirani nad pojedinim slogovima. Za takve događaje odgovarajući slog je nedefiniran.

Primjer

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Primjer

Neka je zadana proizvoljna baza podataka BP u stanju BP_{10} . U zadanom stanju vrijede sljedeći događaji:

- $\ominus_{10}(BP)$
- $\ominus_{2+8}(BP)$
- $\ominus_{\%5}(BP)$

Trenutak događaja

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

Neka je zadano stanje baze podataka BP_i i tom stanju vrijedeći događaj d . Definiramo funkciju trenutka događaja, notacija $\tau(d) = i$. Čitamo događaj d vrijedi u trenutku i .

Primjer

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Primjer

Neka je u stanju BP_1 vrijedio događaj $+r(t)$. U BP_4 vrijedi događaj:

$$\ominus_{T(+r(t))+3}(BP)$$

Temporalno određene transakcije

Definicija

(Temporalno određene transakcije)

Neka je zadana transakcija T . Definiramo sljedeće načine temporalno određenog izvršavanja transakcije:

- $\oplus_i(T)$ - transakcija T će se izvršiti ako i samo ako je BP trenutno u stanju i (absolutna vremenska određenost)
- $\oplus_{i+k}(T)$ - transakcija T će se izvršiti ako i samo ako je BP trenutno u stanju l i postoji trenutak i takav da vrijedi $i + k = l$ (relativna vremenska određenost)
- $\oplus_{0\%j}(T)$ - transakcija T će se izvršiti ako i samo ako je BP trenutno u stanju i i vrijedi $i \equiv 0\%j$ (periodička vremenska određenost)

Primjer

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Primjer

Neka su zadane sljedeće temporalno određene transakcije:

$$\begin{aligned} & \oplus_5(T_1) \\ & \oplus_{T(d)+3}(T_2) \\ & \oplus_{\%4}(T_3) \end{aligned}$$

Neka je trenutno stanje baze podataka BP_1 u kojem vrijedi događaj d . Odredimo vrijeme izvršavanja zadanih transakcija:

- *Transakcija T_1 izvršit će se u stanju BP_5 .*
- *Transakcija T_2 izvršit će se u stanju BP_4 .*
- *Transakcija T_3 izvršit će se u stanjima $BP_4, BP_8, BP_{12}, BP_{16}, \dots$*

Složeni događaj

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

(Složeni događaj)

Neka je zadan skup mogućih atomarnih događaja nad bazom podataka $\Omega^A(BP)$. Skup svih mogućih događaja nad bazom podataka $\Omega(BP)$ zadan je na sljedeći način:

- *ako $d \in \Omega^A(BP)$ tada $d \in \Omega(BP)$*
- *ako $d \in \Omega(BP)$ tada $\neg d \in \Omega(BP)$*
- *ako $d_1, d_2 \in \Omega(BP)$ tada $d_1 \wedge d_2, d_1 \vee d_2, d_1 \Rightarrow d_2, d_1 \Leftrightarrow d_2 \in \Omega(BP)$*

Semantika složenih događaja

Definicija

(Semantika složenih događaja)

Semantika složenih događaja je definirana kao što slijedi:

- *Događaj $\neg d$ vrijedi u stanju BP_i akko u stanju BP_i ne vrijedi događaj d .*
- *Događaj $d_1 \wedge d_2$ vrijedi u stanju BP_i akko u stanju BP_i vrijedi i događaj d_1 i događaj d_2 .*
- *Događaj $d_1 \vee d_2$ vrijedi u stanju BP_i akko u stanju BP_i vrijedi događaj d_1 ili vrijedi događaj d_2 .*
- *Događaj $d_1 \Rightarrow d_2$ ne vrijedi u stanju BP_i akko u stanju BP_i vrijedi događaj d_1 , a istovremeno ne vrijedi događaj d_2 .*
- *Događaj $d_1 \Leftrightarrow d_2$ vrijedi u stanju BP_i akko u stanju BP_i ili istovremeno vrijede oba događaja d_1 i d_2 , ili istovremeno ne vrijede oba događaja.*

Primjer I

Teorija baza podataka
Aktivne baze podataka

Neka su zadana dva stanja baze podataka BP :

$$BP_1 : \begin{array}{c|ccc} r & A & B & C \\ \hline & 1 & 2 & 4 \\ & 2 & 3 & 5 \end{array}$$
$$s \begin{array}{c|cc} & B & C \\ \hline & 2 & 1 \\ & 2 & 2 \end{array}$$
$$BP_2 : \begin{array}{c|ccc} r & A & B & C \\ \hline & 1 & 2 & 3 \end{array}$$
$$s \begin{array}{c|cc} & B & C \\ \hline & 2 & 1 \\ & 2 & 2 \\ & 4 & 6 \end{array}$$

U BP_2 vrijede sljedeći (atomarni) događaji:

$$-r(1, 2, 4)$$

$$-r(2, 3, 5)$$

$$+r(1, 2, 3)$$

$$+s(4, 6)$$

Uvod

Akcije i događaji

Transakcije

Transakcijski i temporalni događaji

Složeni događaji

Produkcijaska pravila

Implicitni događaji

Konflikti

Pitanja?

Primjer II

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Isto tako vrijede sljedeći složeni događaji:

$$\begin{aligned} & \neg +r(5, 5, 5) \\ & -r(1, 2, 4) \wedge -r(2, 3, 5) \\ & -s(2, 1) \vee +s(4, 6) \\ & +s(2, 2) \Rightarrow -r(2, 3, 5) \\ & -r(2, 3, 5) \Leftrightarrow +r(1, 2, 3) \end{aligned}$$

Sekvenca događaja

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

(Sekvenca događaja)

Neka je zadan niz događaja d_1, d_2, \dots, d_n te neka vrijedi da je

$\tau(d_1) < \tau(d_2) < \dots < \tau(d_n)$, tada kažemo da su se događaji d_1, d_2, \dots, d_n dogodili u sekvenci, oznaka $d_1 \triangleleft d_2 \triangleleft \dots \triangleleft d_n$.

Primjer I

Neka su zadana sljedeća stanja baze podataka BP :

$$BP_1 : \begin{array}{c|ccc} r & A & B & C \\ \hline & 1 & 2 & 4 \\ & 2 & 3 & 5 \end{array}$$
$$s \begin{array}{c|cc} B & C \\ \hline 2 & 1 \\ 2 & 2 \end{array}$$
$$BP_2 : \begin{array}{c|ccc} r & A & B & C \\ \hline & 1 & 2 & 4 \\ & 2 & 3 & 5 \end{array}$$
$$s \begin{array}{c|cc} B & C \\ \hline 2 & 1 \\ 2 & 2 \\ 4 & 6 \end{array}$$
$$BP_3 : \begin{array}{c|ccc} r & A & B & C \\ \hline & 1 & 2 & 4 \end{array}$$
$$s \begin{array}{c|cc} B & C \\ \hline 2 & 1 \\ 2 & 2 \\ 4 & 6 \end{array}$$
$$BP_4 : \begin{array}{c|ccc} r & A & B & C \\ \hline & 1 & 2 & 3 \end{array}$$
$$s \begin{array}{c|cc} B & C \\ \hline 2 & 1 \\ 2 & 2 \\ 4 & 6 \end{array}$$

Primjer II

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

U BP_4 vrijede sljedeće sekvence događaja:

$$+s(4, 6) \triangleleft -r(2, 3, 5) \triangleleft -r(1, 2, 4)$$

$$+s(4, 6) \triangleleft -r(2, 3, 5) \triangleleft +r(1, 2, 3)$$

$$+s(4, 6) \triangleleft -r(2, 3, 5) \triangleleft -r(1, 2, 4) \wedge +r(1, 2, 3)$$

Akcija zabrane

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

(Akcija zabrane)

Posebno definiramo akciju zabrane događaja $\times(d)$ koja ne dopušta da se dogodi događaj d . Svaka akcija koja vodi do događaja d ne smije se izvršiti, tj. ona se poništava. Posljedica akcije zabrane je događaj $\times(d)$ (pokušaj narušavanja integritetnog ograničenja).

Primjer I

Teorija baza podataka
Aktivne baze podataka

Neka su zadana baza podataka BP_1 :

$$BP_1 : \begin{array}{c|ccc} r & A & B & C \\ \hline & 4 & 6 & 4 \\ & 1 & 2 & 3 \end{array}$$

Neka je zadana transakcija:

$$T : \odot, +r(1, 2, 5), -r(1, 2, 3), \square$$

Neka je zadana akcija zabrane:

$$A : \times(-r(1, 2, 3))$$

Uvod

Akcije i događaji

Transakcije

Transakcijski i temporalni događaji

Složeni događaji

Produkcijaska pravila

Implicitni događaji

Konflikti

Pitanja?

Primjer II

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Izračunajmo stanje BP_2 . Prvo će se izvesti transakcija T te ćemo dobiti sljedeće međustanje BP'_1 :

$$BP'_1 : \begin{array}{c|ccc} r & A & B & C \\ \hline & 4 & 6 & 4 \\ & 1 & 2 & 5 \end{array}$$

U kojem će vrijediti događaji:

$+r(1, 2, 5)$

$-r(1, 2, 3)$

$\square(T)$

Primjer III

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Tada se izvodi akcija zabrane A . Obzirom da vrijedi događaj $-r(1, 2, 3)$, akcija A poništava akciju koja je dovela do događaja, što je u ovom slučaju akcija dovršavanja \boxtimes transakcije T . Obzirom da je svaka transakcija atomarna, poništavaju se sve akcije unutar transakcije T . Stoga je stanje $BP_2 = BP_1$. U stanju BP_2 vrijede događaji:

$$\begin{aligned} &\times(-r(1, 2, 3)) \\ &\quad \boxtimes(T) \end{aligned}$$

Primjer

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Neka je zadana stanje baze podataka BP_1

$$BP_1 : \begin{array}{c|ccc} r & A & B & C \\ \hline & & \emptyset & \end{array}$$

Neka je u trenutku t_2 pokrenuta akcija:

$$-r(1, 2, 3)$$

Obzirom da akcija nije primjenjiva na stanje BP_1 u stanju BP_2 vrijedit će događaj:

$$\times(-r(1, 2, 3))$$

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Produksijska pravila

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produksijska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Aktivne baze podataka temelje se na tzv. produkcijskim pravilima.

Definicija

Neka je zadan skup mogućih događaja nad bazom podataka $\Omega(BP)$ i skup mogućih transakcija nad bazom podataka $\mathbb{T}(BP)$. Izraz

$$p : d \rightarrow T$$

nazivamo produkcijskim pravilom p nad BP ako vrijedi $d \in \Omega(BP)$ i $T \in \mathbb{T}(BP)$. d nazivamo glavom, a T tijelom produkcijskog pravila. Pravilo p ima sljedeću semantiku: Ako se dogodi događaj d tada će se pokrenuti transakcija T .

Primjer I

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Neka je zadana aktivna baza podataka BP_1 :

r	A	B	s	A	B
	1	2		4	3
	2	1		3	1

$$p: -r(t) \rightarrow +s(t)$$

Pravilo p možemo interpretirati na sljedeći način: ako se iz relacije r obriše slog t tada u relaciju s dodaj taj slog. Obzirom da je kod transakcije u tijelu produkcijskog pravila riječ o atomarnoj akciji ispustili smo početak i dovršavanje transakcije radi jednostavnosti.

Neka se nadalje u trenutku t_2 izvrši transakcija:

$$T: \odot, +r(2, 3), -r(2, 1), \square$$

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Primjer II

Teorija baza podataka
Aktivne baze podataka

Uvod

Akcije i događaji

Transakcije

Transakcijski i temporalni događaji

Složeni događaji

Produkcijaska pravila

Implicitni događaji

Konflikti

Pitanja?

Rezultat transakcije bit će međustanje baze podataka BP'_1 :

r	A	B	s	A	B
	1	2		4	3
	2	3		3	1

U kojem vrijede događaji:

$$+r(2, 3)$$

$$-r(2, 1)$$

$$\square(T)$$

Obzirom da vrijedi događaj $-r(t)$ za $t = (2, 1)$ okinut će se produkcijsko pravilo p i izvršiti transakcija u tijelu pravila.

Primjer III

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Stoga će stanje BP_2 biti:

r	A	B
	1	2
	2	3

s	A	B
	4	3
	3	1
	2	1

Uvjeti

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijnska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

(Proširenje produkcijskih pravila uvjetima)

Neka je zadano produkcijsko pravilo $p' : d \rightarrow T$ nad bazom podataka BP i uvjet u koji je primjenjiv na BP . Pravilo s uvjetom, notacija $p : d \xrightarrow{u} T$, okinut će ako vrijedi događaj d te ako je zadovoljen uvjet u .

Uočimo da sada produkcijska pravila dobivaju svoj standardni ECA (engl. event - condition - action) odnosno DUA (događaj - uvjet - akcija) oblik.

Primjer I

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Neka je zadana aktivna baza podataka BP_1 kao što slijedi:

r	A	B	C	s	A	B
	3	1	2		1	4
	5	2	1		2	3

$$p: -r(t) \xrightarrow{t_A > 4} +s(t_{AB})$$

Pravilo p možemo interpretirati na sljedeći način: ako se iz relacije r obriše slog t , te ukoliko je za taj slog zadovoljen uvjet $t_A > 4$, tada u relaciju s dodaj restrikciju tog sloga na AB .

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Primjer II

Neka su nadalje zadane transakcije u naznačenim trenucima:

$$T_1 : \odot, -r(3, 1, 2), \square \quad (t_2)$$

$$T_2 : \odot, -r(5, 2, 1), \square \quad (t_3)$$

Izračunajmo stanja BP_2 i BP_3 . Prvo se izvršava transakcija T_1 i slog $(3, 1, 2)$ se briše iz relacije r . U trenutku t_2 vrijede sljedeći događaji:

$$\begin{aligned} & -r(3, 1, 2) \\ & \square(T_1) \end{aligned}$$

Primjer III

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Obzirom da glava pravila p korespondira s događajem $-r(3, 1, 2)$ za $t = (3, 1, 2)$ pokušavamo okinuti pravilo. Provjeravamo uvjet $t_A > 4 \equiv 3 > 4 \equiv \perp$. Obzirom da uvjet nije zadovoljen, pravilo se ne okida. Stoga je stanje BP_2 :

r	A	B	C	s	A	B
	5	2	1		1	4
					2	3

$$p: -r(t) \xrightarrow{t_A > 4} +s(t_{AB})$$

Primjer IV

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

U trenutku t_3 izvršava se transakcija T_2 . U stanju BP_3 vrijede stoga događaji:

$$\begin{aligned} & -r(5, 2, 1) \\ & \square(T_2) \end{aligned}$$

I u ovom slučaju glava pravila p korespondira s događajem $-r(5, 2, 1)$ za $t = (5, 2, 1)$. Provjeravamo uvjet $t_A > 4 \equiv 5 > 4 \equiv \top$. Obzirom da je i uvjet zadovoljen, okida se pravilo p .

Primjer V

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Stanje BP_3 je tada:

r	A	B	C
		\emptyset	

s	A	B
	1	4
	2	3
	5	2

$$p: -r(t) \xrightarrow{t_A > 4} +s(t_{AB})$$

Primjer I

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Neka je zadana aktivna baza podataka:

r	A	B	C	s	D	E
	2	1	3		3	5
	1	2	4		4	1

$$p_1 : +r(t) \xrightarrow{t_A > 2 \vee t_B > 2} \times(+r(t))$$

Pravilo p_1 možemo interpretirati na sljedeći način: zabrani unos sloga u relaciju r ako su vrijednosti nad atributima A i B u njemu veći od 2 (ograničenje domene atributa).

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijnska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Primjer II

Neka je nad istom aktivnom bazom podataka zadano pravilo p_2 :

$$p_2 : +r(t) \xrightarrow{\exists \sigma_{A=t_A}(r)} \times(+r(t))$$

Pravilo p_2 možemo ovako interpretirati: zabrani unos sloga u relaciju ako postoji slog koji ima istu vrijednost nad atributom A (ograničenje jedinstvenosti atributa).

Primjer III

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Neka je nad istom *ABP* zadano pravilo p_3 .

$$p_3 : +r(t) \xrightarrow{t_A=?} \times(+r(t))$$

U ovom i sljedećem pravilu pretpostavljamo da znak ? predstavlja NULL vrijednost. Pravilo p_3 interpretiramo kao: zabrani unos znaka ? pod atributom *A* (ograničenje potpunosti informacije - engl. not null).

Primjer IV

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Neka je nad istom *ABP* zadano pravilo p_4 :

$$p_4 : +r(t) \xrightarrow{t_C=?} -r(t), +r(t_A, t_B, 3)$$

Interpretacija: ako se pokuša unesti slog koji pod atributom *C* ima vrijednost ?, unesi vrijednost 3 umjesto tog znaka (ograničenje uobičajene vrijednosti - engl. default).

Primjer V

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Neka je nad istom *ABP* zadano pravilo p_5 :

$$p_5 : +r(t) \xrightarrow{\neg \exists \sigma_{D=t_C}(s)} \times(+r(t))$$

Interpretacija: vrijednost sloga pod atributom *C* koji se unosi u relaciju *r*, mora postojati u relaciji *s* pod atributom *D* (ograničenje vanjskog ključa).

Primjer VI

Neka je zadan upit U :

$$U : \sigma_{C=t_D}(r)$$

Razmotrimo pravila p_6 , p_7 i p_8 :

$$p_6 : -s(t) \xrightarrow{\exists o(U)} \times(-s(t))$$

$$p_7 : -s(t) \xrightarrow{\exists o(U)} -r(o(U))$$

$$p_8 : -s(t) \xrightarrow{\exists o(U)} -r(o(U)), +r(o(U)_A, o(U)_B, ?)$$

Primjer VII

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Pravila p_6 , p_7 i p_8 predstavljaju različite strategije upravljanja referencijalnim integritetom prilikom brisanja (engl. restrict, cascade i set null/default respektivno).

Implicitni događaji

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijnska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

(Implicitni događaj)

Neka je zadano produkcijsko pravilo definirano nad bazom podataka BP:

$$\sqcup \xrightarrow{u} T$$

Transakcija T izvršit će u bilo kojem stanju BP ako postoji bilo kakav događaj koji je primjenjiv i zadovoljava uvjet u. \sqcup nazivamo implicitnim događajem jer je određen uvjetom u.

Skupovi događaja

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

(Skupovi događaja)

Neka je zadan skup $\Omega(BP)$ svih mogućih događaja nad bazom BP. Definiramo podskupove događaja kao što slijedi:

- $\Omega_A(BP)$ - skup svih događaja ažuriranja
- $\Omega_{A^+}(BP)$ - skup svih događaja upisivanja
- $\Omega_{A^-}(BP)$ - skup svih događaja brisanja
- $\Omega_P(BP)$ - skup svih događaja pristupa
- $\Omega_T(BP)$ - skup svih transakcijskih događaja
- $\Omega_V(BP)$ - skup svih temporalnih (vremenskih) događaja
- $\Omega_{\times}(BP)$ - skup svih događaja zabrane

Konvencija

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

U nastavku ćemo slijediti sljedeću konvenciju: umjesto $\Omega_X(BP) \cup \Omega_Y(BP)$ pisat ćemo $\Omega_{XY}(BP)$. Stoga vrijedi:

$$\Omega_{TV}(BP) = \Omega_T(BP) \cup \Omega_V(BP)$$

$$\Omega_{APV}(BP) = \Omega_A(BP) \cup \Omega_P(BP) \cup \Omega_V(BP)$$

$$\Omega_{APT \times V}(BP) = \Omega(BP)$$

Pomoćne funkcije

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

Neka je zadan događaj $d \in \Omega_{AP}(BP)$ nad bazom podataka BP . Definiramo funkcije $rel(d)$ i $slog(d)$ za koje vrijedi:

- *Ako je d događaj upisivanja oblika $+r(t)$, tada je $rel(d) = r$, a $slog(d) = t$*
- *Ako je d događaj brisanja oblika $-r(t)$, tada je $rel(d) = r$, a $slog(d) = t$*
- *Ako je d događaj pristupa oblika $t \blacktriangleright U$ i neka je $t \in r$, tada je $rel(d) = r$, a $slog(d) = t$*

Za transakcijske i temporalne događaje funkcije $rel(d)$ i $slog(d)$ nisu definirane.

Primjer

Neka je zadana BP_5 kao što slijedi:

r	A	B	C
	2	1	3

s	D
	1
	2
	4

$$p : \sqcup \xrightarrow{\sqcup \in \Omega_{AP} \wedge rel(\sqcup) = r} +s(\tau(\sqcup))$$

Pravilo p možemo interpretirati na sljedeći način: Ako se dogodi bilo koji događaj ažuriranja ili pristupa nad relacijom r tada upiši trenutak tog događaja u relaciju s . Odnosno jednostavnije, pravilo bilježi vremena pristupa relaciji r .

Konflikti u aktivnim bazama podataka I

Razmotrimo sljedeću aktivnu bazu podataka ABP_1 :

r	A	B	C	s	D
	5	4	2		5

$$p: +r(t) \xrightarrow{t_A > 3} +s(t_A)$$

$$q: +r(t) \xrightarrow{t_B = 2} -s(t_A)$$

Neka u trenutku t_2 vrijedi događaj $d = +r(4, 2, 1)$. Vidimo da su oba pravila primjenjiva na d . Potrebno je odrediti redoslijed okidanja pravila p i q :

- 1 prvo se okida pravilo p zatim pravilo q
- 2 prvo se okida pravilo q zatim pravilo p
- 3 pravila p i q okidaju se paralelno.

Konflikti u aktivnim bazama podataka II

Teorija baza podataka
Aktivne baze podataka

Razmotrimo situaciju 1. U ovoj situaciji stanje ABP_2^1 bit će:

r	A	B	C	s	D
	5	4	2		5
	4	2	1		

Stanje za situaciju 2, ABP_2^2 za razliku od toga bit će:

r	A	B	C	s	D
	5	4	2		5
	4	2	1		4

Uvod

Akcije i događaji

Transakcije

Transakcijski i temporalni događaji

Složeni događaji

Produkcijaska pravila

Implicitni događaji

Konflikti

Pitanja?

Konflikti u aktivnim bazama podataka III

Teorija baza podataka
Aktivne baze podataka

Uvod

Akcije i događaji

Transakcije

Transakcijski i temporalni događaji

Složeni događaji

Produkcijaska pravila

Implicitni događaji

Konflikti

Pitanja?

U situaciji pod 3 oba pravila okidaju istovremeno i rade nad početnim podacima. Dva paralelna stanja ABP_2^p (ekvivalentno stanju pod 2) i ABP_2^q (ekvivalentno stanju pod 1) zatim se unificiraju na način da se rade unije odgovarajućih relacija. Stoga imamo stanje ABP_2^3 :

r	A	B	C	s	D
	5	4	2		5
	4	2	1		4

Vidimo da u ovisnosti o redoslijedu okidanja pravila imamo različita stanja, što je nepoželjan efekt. Ovdje je riječ o konfliktu u aktivnoj bazi podataka.

Prioritet okidanja pravila

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

Neka je zadana aktivna baza podataka ABP i neka je $\mathbb{P}(ABP)$ skup svih pravila definiranih nad ABP. Uvodimo parcijalni uređaj

$\forall p, q \in \mathbb{P}(ABP) : p \prec q \vee q \prec p \vee q \simeq p$. Izraz $p \prec q$ znači p ima manji od q , a izraz $p \simeq q$ da p i q imaju jednak prioritet.

Strategije razrješenja konflikta

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Definicija

(Strategije razrješenja konflikata)

Neka je zadana aktivna baza podataka ABP i neka su p i q dva pravila definirana nad ABP. Ukoliko dođe do konflikta u bilo kojem stanju ABP tada se on razrješava na jedan od sljedećih načina:

- *p se izvodi prije q akko $p \succ q$ (p ima veći prioritet)*
- *q se izvodi prije p akko $q \succ p$ (q ima veći prioritet)*
- *p i q se izvode paralelno akko $p \simeq q$ (p i q imaju jednak prioritet)*

Zadaci

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijnska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Zadatak

Neka je zadano stanje baze podataka BP_1 :

r	A	B	C
	1	2	1
	4	6	4
	2	1	1

Neka se u trenutku t_2 izvrši transakcija:

$$T : \odot, +r(1, 1, 1), -r(o(U)_A, o(U)_B, 1), \square$$

Provjerite koji će događaji vrijediti u BP_2 ako je upit U zadan kao:

- $U : \Pi_{AB}(r)$
- $U : \sigma_{A < B}(r)$
- $U : \Pi_A \bowtie \Pi_B$

Pitanja?

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Izvor

Teorija baza
podataka
Aktivne baze
podataka

Uvod

Akcije i
događaji

Transakcije

Transakcijski i
temporalni
događaji

Složeni
događaji

Produkcijaska
pravila

Implicitni
događaji

Konflikti

Pitanja?

Maleković, M., Schatten, M. (2017) Teorija i primjena baza podataka, Fakultet organizacije i informatike, Varaždin.