



Oporavak od kvara transakcija Baze podataka 2

dr Miloš CVETANOVIĆ



Oporavak od kvara transakcija

- Mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Odloženim Upisom
 - Mogući pristup nepotvrđenim podacima (uncommitted data – dirty read) ?
- Mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Neodloženim Upisom
 - Konsultovanje mehanizma za obezbeđivanje serijalizovanosti (oporavljiv redosled)
- Mehanizam Prateće Stranice
 - Osnovni protokol
 - Mogući pristup nepotvrđenim podacima (uncommitted data – dirty read)
- Osobina idempotentnosti
- Kontrolne tačke



Dnevnik sa odloženim upisom

- Za oporavak od kvara se koristi Mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Odloženim Upisom. Podaci A, B, C, D i E nalaze se na različitim stranicama na disku (podatak A u stranici 1, ..., E u stranici 5). Sistemski Dnevnik može stati u jednu stranicu u operativnoj memoriji.
- Prikazati izgled Sistemskog Dnevnika, koji formira mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Odloženim Upisom, u relevantnim trenucima.
- Koje operacije mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Odloženim Upisom zadaje posle popravke sistema, u cilju vraćanja baze u konzistentno stanje:
 - Ako je kvar nastao neposredno posle trenutka t_{18} ?
 - Ako je kvar nastao neposredno posle trenutka t_{27} ?



Dnevnik sa odloženim upisom

Vreme	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
t1					Rd(E)
t2					E=E-1
t3					Wr(E)
t4					Rd(D)
t5					D=D-1
t6					Wr(D)
t7					Commit
t8	Rd(A)				
t9	A=A-1				
t10	Wr(A)				
t11		Rd(B)			
t12		B=B-1			
t13		Rd(A)			
t14		A=B*2			
t15		Wr(A)			
t16		Commit			
t17			Rd(C)		
t18			C=C+1		
t19			Wr(C)		
t20			Commit		
t21				Rd(D)	
t22				D=D-5	
t23				Rd(C)	
t24				C=D*2	
t25				Wr(C)	
t26				Wr(D)	
t27				Commit	

- < T₅, starts >
- < T₅, E, E1 >
- < T₅, D, D1 >
- < T₅, commits >
- < T₁, starts >
- < T₁, A, A1 >
- < T₂, starts >
- < T₂, A, A2 >
- < T₂, commits >
- < T₃, starts >
- < T₃, C, C1 >
- < T₃, commits >
- < T₄, starts >
- < T₄, C, C2 >
- < T₄, D, D2 >
- < T₄, commits >

- **Kvar neposredno posle trenutka t₁₈**
 - Redo {T₅, T₂}, Restart {T₁, T₃}
- **Kvar neposredno posle trenutka t₂₇**
 - Redo {T₅, T₂, T₃, T₄}, Restart {T₁}

- **Dozvoljeno čitanje nepotvrđenih podataka?**
 - Ekvivalentan serijski redosled T₅ → T₃ → T₄ → T₁ → T₂
 - Kvar u t₂₇: Redo {T₅, T₃, T₄}, Restart {T₁, T₂}



Dnevnik sa odloženim upisom

Vreme	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
t1					Rd(E)
t2					E=E-1
t3					Wr(E)
t4					Rd(D)
t5					D=D-1
t6					Wr(D)
t7					Commit
t8	Rd(A)				
t9	A=A-1				
t10	Wr(A)				
t11		Rd(B)			
t12		B=B-1			
t13		Rd(A)			
t14		A=B*2			
t15		Wr(A)			
t16		Commit			
t17			Rd(C)		
t18			C=C+1		
t19			Wr(C)		
t20			Commit		
t21				Rd(D)	
t22				D=D-5	
t23				Rd(C)	
t24				C=D*2	
t25				Wr(C)	
t26				Wr(D)	
t27				Commit	

- Prikazati izgled relevantnih delova operative memorije u karakterističnim trenucima izvršavanja transakcija. U operativnoj memoriji su rezervisane najviše tri stranice za date transakcije, ne računajući sistemski dnevnik. Zamena stranica se vrši po LRU (Least Recently Used) strategiji.

Vreme	Transakcija	Operacija	M1	M2	M3
▪ t ₁	T ₅	Read(E)	E		
▪ t ₄	T ₅	Read(D)	E	D	
▪ t ₇	T ₅	Write(E1)	E1	D	
▪ t ₇	T ₅	Write(D1)	E1	D1	
▪ t ₈	T ₁	Read(A)	E1	D1	A
▪ t ₁₁	T ₂	Read(B)	B	D1	A
▪ t ₁₃	T ₂	Read(A)	B	D1	A
▪ t ₁₆	T ₂	Write(A2)	B	D1	A2
▪ t ₁₇	T ₃	Read(C)	B	C	A2
▪ t ₂₀	T ₃	Write(C1)	B	C1	A2
▪ t ₂₁	T ₄	Read(D1)	D1	C1	A2
▪ t ₂₃	T ₄	Read(C1)	D1	C1	A2
▪ t ₂₇	T ₄	Write(C2)	D1	C2	A2
▪ t ₂₇	T ₄	Write(D2)	D2	C2	A2



Dnevnik sa odloženim upisom

Vreme	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
t1					Rd(E)
t2					E=E-1
t3					Wr(E)
t4					Rd(D)
t5					D=D-1
t6					Wr(D)
t7					Commit
t8	Rd(A)				
t9	A=A-1				
t10	Wr(A)				
t11		Rd(B)			
t12		B=B-1			
t13		Rd(A)			
t14		A=B*2			
t15		Wr(A)			
t16		Commit			
t17			Rd(C)		
t18			C=C+1		
t19			Wr(C)		
t20			Commit		
t21				Rd(D)	
t22				D=D-5	
t23				Rd(C)	
t24				C=D*2	
t25				Wr(C)	
t26				Wr(D)	
t27				Commit	

- Pre početka posmatranog redosleda vrednosti podataka A, B, C, D i E imaju vrednosti 10, 20, 30, 40 i 50 respektivno. Koje su moguće vrednosti svakog od podataka u bazi (pretpostaviti da se celokupni sistemski dnevnik do tog trenutka nalazi na disku):
 - Neposredno posle trenutka t₁₈?
 - Neposredno posle trenutka t₂₆?

Vreme	Podatak	Moguće vrednosti
▪ t ₁₈	A	10, 38
▪ t ₁₈	B	20
▪ t ₁₈	C	30
▪ t ₁₈	D	40, 39
▪ t ₁₈	E	50, 49

Vreme	Podatak	Moguće vrednosti
▪ t ₂₆	A	10, 38
▪ t ₂₆	B	20
▪ t ₂₆	C	30, 31
▪ t ₂₆	D	40, 39
▪ t ₂₆	E	50, 49



Dnevnik sa odloženim upisom

Vreme	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
t1					Rd(E)
t2					E=E-1
t3					Wr(E)
t4					Rd(D)
t5					D=D-1
t6					Wr(D)
t7					Commit
t8	Rd(A)				
t9	A=A-1				
t10	Wr(A)				
t11		Rd(B)			
t12		B=B-1			
t13		Rd(A)			
t14		A=B*2			
t15		Wr(A)			
t16		Commit			
t17			Rd(C)		
t18			C=C+1		
t19			Wr(C)		
t20			Abort		
t21				Rd(D)	
t22				D=D-5	
t23				Rd(C)	
t24				C=D*2	
t25				Wr(C)	
t26				Wr(D)	
t27				Commit	

- Prikazati izgled Sistemskog Dnevnika, koji formira mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Odloženim Upisom, ukoliko transakcija T₃, u trenutku t₂₀, umesto Commit obavila operaciju Abort.
- Koje operacije mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Odloženim Upisom zadaje posle popravke sistema, u cilju vraćanja baze u konzistentno stanje:
 - Ako je kvar nastao neposredno posle trenutka t₁₈?
 - Ako je kvar nastao neposredno posle trenutka t₂₇?

- < T₅, starts >
- < T₅, E, E1 >
- < T₅, D, D1 >
- < T₅, commits >
- < T₁, starts >
- < T₁, A, A1 >
- < T₂, starts >
- < T₂, A, A2 >
- < T₂, commits >
- < T₃, starts >
- < T₃, C, C1 >
- < T₃, aborts >
- < T₄, starts >
- < T₄, C, C2 >
- < T₄, D, D2 >
- < T₄, commits >

Kvar neposredno posle trenutka t₁₈

- Redo {T₅, T₂}, Restart {T₁, T₃}

Kvar neposredno posle trenutka t₂₇

- Redo {T₅, T₂, T₄}, Restart {T₁}



Dnevnik sa odloženim upisom

Vreme	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
t1					Rd(E)
t2					E=E-1
t3					Wr(E)
t4					Rd(D)
t5					D=D-1
t6					Wr(D)
t7					Commit
t8	Rd(A)				
t9	A=A-1				
t10	Wr(A)				
t11		Rd(B)			
t12		B=B-1			
t13		Rd(A)			
t14		A=B*2			
t15		Wr(A)			
t16		Commit			
t17			Rd(C)		
t18			C=C+1		
t19			Wr(C)		
t20			Commit		
t21				Rd(D)	
t22				D=D-5	
t23				Rd(C)	
t24				C=D*2	
t25				Wr(D)	
t26				Wr(C)	
t27				Commit	

- Prikazati izgled Sistemskog Dnevnika, koji formira mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Odloženim Upisom, ukoliko je u trenutku t_{23} urađena kontrolna tačka koja je završena u trenutku t_{25} .
- Koje operacije mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Odloženim Upisom zadaje posle popravke sistema, u cilju vraćanja baze u konzistentno stanje:
 - Ako je kvar nastao neposredno posle trenutka t_{18} ?
 - Ako je kvar nastao neposredno posle trenutka t_{27} ?
- $\langle T_{5, \text{starts}} \rangle$
- $\langle T_{5, E, E1} \rangle$
- $\langle T_{5, D, D1} \rangle$
- $\langle T_{5, \text{commits}} \rangle$
- $\langle T_{1, \text{starts}} \rangle$
- $\langle T_{1, A, A1} \rangle$
- $\langle T_{2, \text{starts}} \rangle$
- $\langle T_{2, A, A2} \rangle$
- $\langle T_{2, \text{commits}} \rangle$
- $\langle T_{3, \text{starts}} \rangle$
- $\langle T_{3, C, C1} \rangle$
- $\langle T_{3, \text{commits}} \rangle$
- $\langle T_{4, \text{starts}} \rangle$
- $\langle \text{CHK}(T_{1, T_4}) \rangle$
- $\langle T_{4, D, D2} \rangle$
- $\langle \text{CHK END} \rangle$
- $\langle T_{4, C, C2} \rangle$
- $\langle T_{4, \text{commits}} \rangle$

Kvar neposredno posle trenutka t_{18}

- Redo $\{T_5, T_2\}$, Restart $\{T_1, T_3\}$

Kvar neposredno posle trenutka t_{27}

- Redo $\{T_4\}$, Restart $\{T_1\}$



Dnevnik sa odloženim upisom

Vreme	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
t1					Rd(E)
t2					E=E-1
t3					Wr(E)
t4					Rd(D)
t5					D=D-1
t6					Wr(D)
t7					Commit
t8	Rd(A)				
t9	A=A-1				
t10	Wr(A)				
t11		Rd(B)			
t12		B=B-1			
t13		Rd(A)			
t14		A=B*2			
t15		Wr(A)			
t16		Commit			
t17			Rd(C)		
t18			C=C+1		
t19			Wr(C)		
t20			Commit		
t21				Rd(D)	
t22				D=D-5	
t23				Rd(C)	
t24				C=D*2	
t25				Wr(C)	
t26				Wr(D)	
t27				Commit	

- Pre početka posmatranog redosleda vrednosti podataka A, B, C, D i E imaju vrednosti 10, 20, 30, 40 i 50 respektivno. Koje su moguće vrednosti svakog od podataka u bazi neposredno posle trenutka t_{26} , ukoliko je u trenutku t_{22} urađena kontrolna tačka koja je završena u trenutku t_{25} ?

Vreme	Podatak	Moguće vrednosti
▪ t_{26}	A	38
▪ t_{26}	B	20
▪ t_{26}	C	31
▪ t_{26}	D	39
▪ t_{26}	E	49



Dnevnik sa neodloženim upisom

- Za oporavak od kvara se koristi Mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Neodloženim Upisom. Podaci A, B, C, D i E nalaze se na različitim stranicama na disku (podatak A u stranici 1, ..., E u stranici 5). Sistemski Dnevnik može stati u jednu stranicu u operativnoj memoriji.
- Prikazati izgled Sistemskog Dnevnika, koji formira mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Neodloženim Upisom, u relevantnim trenucima.
- Koje operacije mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Neodloženim Upisom zadaje posle popravke sistema, u cilju vraćanja baze u konzistentno stanje:
 - Ako je kvar nastao neposredno posle trenutka t_{18} ?
 - Ako je kvar nastao neposredno posle trenutka t_{27} ?



Dnevnik sa neodložnim upisom

Vreme	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
t1					Rd(E)
t2					E=E-1
t3					Wr(E)
t4					Rd(D)
t5					D=D-1
t6					Wr(D)
t7					Commit
t8	Rd(A)				
t9	A=A-1				
t10	Wr(A)				
t11		Rd(B)			
t12		B=B-1			
t13		Rd(A)			
t14		A=B*2			
t15		Wr(A)			
t16		Commit			
t17			Rd(C)		
t18			C=C+1		
t19			Wr(C)		
t20			Commit		
t21				Rd(D)	
t22				D=D-5	
t23				Rd(C)	
t24				C=D*2	
t25				Wr(C)	
t26				Wr(D)	
t27				Commit	

- < T₅, starts >
- < T₅, E, E0, E1 >
- < T₅, D, D0, D1 >
- < T₅, commits >
- < T₁, starts >
- < T₁, A, A0, A1 >
- < T₂, starts >
- < T₂, A, A1, A2 >
- < T₂, commits >
- < T₃, starts >
- < T₃, C, C0, C1 >
- < T₃, commits >
- < T₄, starts >
- < T₄, C, C1, C2 >
- < T₄, D, D1, D2 >
- < T₄, commits >

- **Kvar neposredno posle trenutka t₁₈**
 - Undo {T₃, T₁}, Redo {T₅, T₂}, Restart {T₁, T₃}
- **Kvar neposredno posle trenutka t₂₇**
 - Undo {T₁}, Redo {T₅, T₂, T₃, T₄}, Restart {T₁}

- **Uz konsultovanje mehanizma za obezbeđivanje serijalizovanosti?**
 - Ekvivalentan serijski redosled T₅ → T₃ → T₄ → T₁ → T₂
 - Kvar u t₂₇: Undo {T₂, T₁}, Redo {T₅, T₃, T₄}, Restart {T₁, T₂}



Dnevnik sa neodložnim upisom

Vreme	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
t1					Rd(E)
t2					E=E-1
t3					Wr(E)
t4					Rd(D)
t5					D=D-1
t6					Wr(D)
t7					Commit
t8	Rd(A)				
t9	A=A-1				
t10	Wr(A)				
t11		Rd(B)			
t12		B=B-1			
t13		Rd(A)			
t14		A=B*2			
t15		Wr(A)			
t16		Commit			
t17			Rd(C)		
t18			C=C+1		
t19			Wr(C)		
t20			Commit		
t21				Rd(D)	
t22				D=D-5	
t23				Rd(C)	
t24				C=D*2	
t25				Wr(C)	
t26				Wr(D)	
t27				Commit	

- Prikazati izgled relevantnih delova operative memorije u karakterističnim trenucima izvršavanja transakcija. U operativnoj memoriji su rezervisane najviše tri stranice za date transakcije, ne računajući sistemski dnevnik. Zamena stranica se vrši po LRU (Least Recently Used) strategiji.

Vreme	Transakcija	Operacija	M1	M2	M3
▪ t ₁	T ₅	Read(E)	E		
▪ t ₃	T ₅	Write(E1)	E1		
▪ t ₄	T ₅	Read(D)	E1	D	
▪ t ₆	T ₅	Write(D1)	E1	D1	
▪ t ₈	T ₁	Read(A)	E1	D1	A
▪ t ₁₀	T ₁	Write(A1)	E1	D1	A1
▪ t ₁₁	T ₂	Read(B)	B	D1	A1
▪ t ₁₃	T ₂	Read(A1)	B	D1	A1
▪ t ₁₅	T ₂	Write(A2)	B	D1	A2
▪ t ₁₇	T ₃	Read(C)	B	C	A2
▪ t ₁₉	T ₃	Write(C1)	B	C1	A2
▪ t ₂₁	T ₄	Read(D1)	D1	C1	A2
▪ t ₂₃	T ₄	Read(C1)	D1	C1	A2
▪ t ₂₅	T ₄	Write(C2)	D1	C2	A2
▪ t ₂₆	T ₄	Write(D2)	D2	C2	A2



Dnevnik sa neodložnim upisom

Vreme	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
t1					Rd(E)
t2					E=E-1
t3					Wr(E)
t4					Rd(D)
t5					D=D-1
t6					Wr(D)
t7					Commit
t8	Rd(A)				
t9	A=A-1				
t10	Wr(A)				
t11		Rd(B)			
t12		B=B-1			
t13		Rd(A)			
t14		A=B*2			
t15		Wr(A)			
t16		Commit			
t17			Rd(C)		
t18			C=C+1		
t19			Wr(C)		
t20			Commit		
t21				Rd(D)	
t22				D=D-5	
t23				Rd(C)	
t24				C=D*2	
t25				Wr(C)	
t26				Wr(D)	
t27				Commit	

- Pre početka posmatranog redosleda vrednosti podataka A, B, C, D i E imaju vrednosti 10, 20, 30, 40 i 50 respektivno. Koje su moguće vrednosti svakog od podataka u bazi (pretpostaviti da se celokupni sistemski dnevnik do tog trenutka nalazi na disku) :
 - Neposredno posle trenutka t_{18} ?
 - Neposredno posle trenutka t_{26} ?

Vreme	Podatak	Moguće vrednosti
▪ t_{18}	A	10, 9, 38
▪ t_{18}	B	20
▪ t_{18}	C	30
▪ t_{18}	D	40, 39
▪ t_{18}	E	50, 49

Vreme	Podatak	Moguće vrednosti
▪ t_{26}	A	10, 9, 38
▪ t_{26}	B	20
▪ t_{26}	C	30, 31, 68
▪ t_{26}	D	40, 39, [34]
▪ t_{26}	E	50, 49



Dnevnik sa neodloženim upisom

Vreme	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
t1					Rd(E)
t2					E=E-1
t3					Wr(E)
t4					Rd(D)
t5					D=D-1
t6					Wr(D)
t7					Commit
t8	Rd(A)				
t9	A=A-1				
t10	Wr(A)				
t11		Rd(B)			
t12		B=B-1			
t13		Rd(A)			
t14		A=B*2			
t15		Wr(A)			
t16		Commit			
t17			Rd(C)		
t18			C=C+1		
t19			Wr(C)		
t20			Abort		
t21				Rd(D)	
t22				D=D-5	
t23				Rd(C)	
t24				C=D*2	
t25				Wr(C)	
t26				Wr(D)	
t27				Commit	

- Prikazati izgled Sistemskog Dnevnika, koji formira mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Neodloženim Upisom, ukoliko transakcija T₃, u trenutku t₂₀, umesto Commit obavila operaciju Abort.
- Koje operacije mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Neodloženim Upisom zadaje posle popravke sistema, u cilju vraćanja baze u konzistentno stanje:
 - Ako je kvar nastao neposredno posle trenutka t₁₈?
 - Ako je kvar nastao neposredno posle trenutka t₂₇?

- < T₅, starts >
- < T₅, E, E0, E1 >
- < T₅, D, D0, D1 >
- < T₅, commits >
- < T₁, starts >
- < T₁, A, A0, A1 >
- < T₂, starts >
- < T₂, A, A1, A2 >
- < T₂, commits >
- < T₃, starts >
- < T₃, C, C0, C1 >
- < T₃, aborts >
- < T₄, starts >
- < T₄, C, C0, C2 >
- < T₄, D, D1, D2 >
- < T₄, commits >

Kvar neposredno posle trenutka t₁₈

Undo {T₃, T₁}, Redo {T₅, T₂}, Restart {T₁, T₃}

Kvar neposredno posle trenutka t₂₇

Undo {T₁, T₃}, Redo {T₅, T₂, T₄}, Restart {T₁}



Dnevnik sa neodloženim upisom

Vreme	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
t1					Rd(E)
t2					E=E-1
t3					Wr(E)
t4					Rd(D)
t5					D=D-1
t6					Wr(D)
t7					Commit
t8	Rd(A)				
t9	A=A-1				
t10	Wr(A)				
t11		Rd(B)			
t12		B=B-1			
t13		Rd(A)			
t14		A=B*2			
t15		Wr(A)			
t16		Commit			
t17			Rd(C)		
t18			C=C+1		
t19			Wr(C)		
t20			Commit		
t21				Rd(D)	
t22				D=D-5	
t23				Rd(C)	
t24				C=D*2	
t25				Wr(C)	
t26				Wr(D)	
t27				Commit	

- Prikazati izgled Sistemskog Dnevnika, koji formira mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Neodloženim Upisom, ukoliko je u trenutku t_{22} urađena kontrolna tačka koja je završena u trenutku t_{25} .
 - Koje operacije mehanizam Sistemskog Dnevnika sa Neodloženim Upisom zadaje posle popravke sistema, u cilju vraćanja baze u konzistentno stanje:
 - Ako je kvar nastao neposredno posle trenutka t_{18} ?
 - Ako je kvar nastao neposredno posle trenutka t_{27} ?
 - < T₅, starts >
 - < T₅, E, E0, E1 >
 - < T₅, D, D0, D1 >
 - < T₅, commits >
 - < T₁, starts >
 - < T₁, A, A0, A1 >
 - < T₂, starts >
 - < T₂, A, A1, A2 >
 - < T₂, commits >
 - < T₃, starts >
 - < T₃, C, C0, C1 >
 - < T₃, commits >
 - < T₄, starts >
 - < CHK (T₁, T₄) >
 - < T₄, C, C1, C2 >
 - <CHK END>
 - < T₄, D, D1, D2 >
 - < T₄, commits >
- Kvar neposredno posle trenutka t₁₈**
Undo {T₃, T₁}, Redo {T₅, T₂}, Restart {T₁, T₃}
- Kvar neposredno posle trenutka t₂₇**
Undo {T₁}, Redo {T₄}, Restart {T₁}



Dnevnik sa neodložnim upisom

Vreme	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
t1					Rd(E)
t2					E=E-1
t3					Wr(E)
t4					Rd(D)
t5					D=D-1
t6					Wr(D)
t7					Commit
t8	Rd(A)				
t9	A=A-1				
t10	Wr(A)				
t11		Rd(B)			
t12		B=B-1			
t13		Rd(A)			
t14		A=B*2			
t15		Wr(A)			
t16		Commit			
t17			Rd(C)		
t18			C=C+1		
t19			Wr(C)		
t20			Commit		
t21				Rd(D)	
t22				D=D-5	
t23				Rd(C)	
t24				C=D*2	
t25				Wr(C)	
t26				Wr(D)	
t27				Commit	

- Pre početka posmatranog redosleda vrednosti podataka A, B, C, D i E imaju vrednosti 10, 20, 30, 40 i 50 respektivno. Koje su moguće vrednosti svakog od podataka u bazi neposredno posle trenutka t₂₆, ukoliko je u trenutku t₂₂ urađena kontrolna tačka koja je završena u trenutku t₂₄?

Vreme	Podatak	Moguće vrednosti
t ₂₆	A	38
t ₂₆	B	20
t ₂₆	C	31, 68
t ₂₆	D	39, [34]
t ₂₆	E	49



Mehanizam Prateće Stranice

- Dat je redosled izvršavanja skupa transakcija $\{ T_1, T_2, T_3, T_4 \text{ i } T_5 \}$ kao na slici. Za oporavak od kvara se koristi mehanizam *Prateće stranice*. Podaci A, B, C, D, E, F i G nalaze se u različitim stranicama na disku.
- Prikazati izgled relevantnih delova sistema u trenutku kvara, ako je kvar nastao neposredno posle trenutka t_{32} ? Koje operacije mehanizam *Prateće Stranice* vrši posle popravke sistema u cilju vraćanja baze u konzistentno stanje? (čitanje nepotvrđenih podataka nije dozvoljeno).



Mehanizam Prateće Stranice

Vreme	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
t_1					Read (E)
t_2					$E := E - 1$
t_3					Write (E)
t_4					Read (F)
t_5					$F := F - 1$
t_6					Write (F)
t_7					Commit
t_8				Read (A)	
t_9				$A := A - 1$	
t_{10}				Write (A)	
t_{11}		Read (B)			
t_{12}		Read (A)			
t_{13}		$A := B / 2$			
t_{14}		Write (A)			
t_{15}		Commit			
t_{16}			Read (C)		
t_{17}			$C := C + 1$		
t_{18}			Write (C)		
t_{19}	Read (D)				
t_{20}	$D := D / 5$				
t_{21}	Read (C)				
t_{22}	$C := D * 2$				
t_{23}	Write (C)				
t_{24}	Write (D)				
t_{25}			Read (F)		
t_{26}			$F := F - 1$		
t_{27}			Write (F)		
t_{28}			Commit		
t_{29}	Read (G)				
t_{30}	$G := G - 1$				
t_{31}	Write (G)				
t_{32}	Commit				

T_5	5 8
	6 9
T_4	1 10
T_2	2
	1 11
T_3	3 12
	9 15
T_1	4 14
	3 13
	7 16

TTS

1	A
2	B
3	C
4	D
5	E
6	F
7	G
8	E1
9	F1
10	A1
11	A2
12	C1
13	C2
14	D1
15	F2
16	G1
17	
18	
19	
20	
21	

8 5	T_5
9 6	
1	T_4
2 2	T_2
11 1	
12 3	T_3
15 9	
14 4	T_1
13 3	
16 7	

TPS

Restart $\{T_4\}$



Mehanizam Prateće Stranice

- Dat je redosled izvršavanja skupa transakcija $\{ T_1, T_2, T_3, T_4 \text{ i } T_5 \}$ kao na slici. Za oporavak od kvara se koristi mehanizam *Prateće stranice*. Podaci A, B, C, D, E, F i G nalaze se u različitim stranicama na disku.
- Prikazati izgled relevantnih delova sistema u trenutku kvara, ako je kvar nastao neposredno posle trenutka t_{32} ? Koje operacije mehanizam *Prateće Stranice* vrši posle popravke sistema u cilju vraćanja baze u konzistentno stanje? (čitanje nepotvrđenih podataka je dozvoljeno).
- Da li bi se nešto promenilo, ako se sve promenljive nalaze u istoj stranici na disku, objasniti? Koje operacije mehanizam *Prateće Stranice* vrši posle popravke sistema u cilju vraćanja baze u konzistentno stanje? (čitanje nepotvrđenih podataka je dozvoljeno).

Mehanizam Prateće Stranice



Vreme	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
t_1					Read (E)
t_2					$E := E - 1$
t_3					Write (E)
t_4					Read (F)
t_5					$F := F - 1$
t_6					Write (F)
t_7					Commit
t_8				Read (A)	
t_9				$A := A - 1$	
t_{10}				Write (A)	
t_{11}		Read (B)			
t_{12}		Read (A)			
t_{13}		$A := B / 2$			
t_{14}		Write (A)			
t_{15}		Commit			
t_{16}			Read (C)		
t_{17}			$C := C + 1$		
t_{18}			Write (C)		
t_{19}	Read (D)				
t_{20}	$D := D / 5$				
t_{21}	Read (C)				
t_{22}	$C := D * 2$				
t_{23}	Write (C)				
t_{24}	Write (D)				
t_{25}			Read (F)		
T_{26}			$H := H - 1$		
t_{27}			Write (F)		
t_{28}			Commit		
t_{29}	Read (G)				
t_{30}	$G := G - 1$				
t_{31}	Write (G)				
t_{32}	Commit				

T_5	5 8
	6 9
T_4	1 10
T_2	2
	10 11
T_3	3 12
	9 15
T_1	4 14
	12 13
	7 16

TTS

1	A
2	B
3	C
4	D
5	E
6	F
7	G
8	E1
9	F1
10	A1
11	A2
12	C1
13	C2
14	D1
15	F2
16	G1
17	
18	
19	
20	
21	

8 5	T_5
9 6	
1	T_4
2	
10	T_2
12 3	T_3
15 9	
14 4	T_1
13 12	
16 7	

TPS

[TTS(T_4):=TPS(T_4)] Restart $\{T_2, T_4\}$



Mehanizam Prateće Stranice

T₅	1 2 3
T₄	3 4
T₂	4 5
T₃	5 6 9
T₁	6 7 8 10

TTS

1	A, B, C, D, E, F, G
2	A, B, C, D, E1, F, G
3	A, B, C, D, E1, F1, G
4	A1, B, C, D, E1, F1, G
5	A2, B, C, D, E1, F1, G
6	A2, B, C1, D, E1, F1, G
7	A2, B, C2, D, E1, F1, G
8	A2, B, C2, D1, E1, F1, G
9	A2, B, C1, D, E1, F2, G
10	A2, B, C2, D1, E1, F1, G1
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	

3 1	T₅
3	T₄
4	T₂
5	T₃
6	T₁

TPS

[TTS(T₄) := TPS(T₄)]
 Restart {T₁, T₂, T₃, T₄}