



Trinaesta Nedelja

– Transakcije: Oporavak od kvara –

Autori: Miloš Cvetanović

- **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**

Primer 1 – Dnevnik sa odloženim upisom (1)

- **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} ?

Primer 1 – Dnevnik sa odloženim upisom (2)

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}

Primer 1 – Dnevnik sa odloženim upisom (3)

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

Primer 1 – Dnevnik sa odloženim upisom (4)

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

Primer 1 – Dnevnik sa odloženim upisom (5)

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}

Primer 1 – Dnevnik sa odloženim upisom (6)

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 Odloženim Upisom, ukoliko je u trenutku t₂₂ urađena kontrolna tačka koja je završena u trenutku t₂₅.
- 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, commits >
- < T₄ starts >
- < CHK (T₁, T₄) >
- < T₄, C, C2 >
- < CHK END >
- < T₄, D, D2 >
- < T₄, commits >

Kvar neposredno posle trenutka t₁₈
 • Redo {T₅, T₂}, Restart {T₁, T₃}

Kvar neposredno posle trenutka t₂₇
 • Redo {T₄}, Restart {T₁}

Primer 1 – Dnevnik sa odloženim upisom (7)

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

 Primer 2 – Dnevnik sa neodloženim upisom (1)

- **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} ?

Primer 2 – Dnevnik sa neodloženim upisom (2)

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}

Primer 2 – Dnevnik sa neodloženim upisom (3)

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

Primer 2 – Dnevnik sa neodloženim upisom (4)

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, 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

Primer 2 – Dnevnik sa neodloženim upisom (5)

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}

Primer 2 – Dnevnik sa neodloženim upisom (6)

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 t₂₂, urađena kontrolna tačka koja je završena u trenutku t₂₅.
- 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, 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}

Primer 2 – Dnevnik sa neodloženim upisom (7)

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_{24} ?

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