

PL/SQL (2)

Výhody

- kombinace procedurální logiky a SQL
- méně přenášených dat
- sdílení kódu mezi aplikacemi, nezávislost na platformě

Nevýhody

- horší přenositelnost mezi jinými DBS (ale jak často to potřebujeme?)

PL/SQL blok

```
declare -- nepovinná deklarace lokálních proměnných
begin -- povinné otevření bloku příkazů
exception -- nepovinné zachytávání výjimek
end -- povinné ukončení bloku
|| -- operátor konkatenace (sjednocení řetězců)
v_lg Student.login%TYPE -- proměnná v_lg bude stejného typu co Student login
%ROWTYPE -- strukturovaný datový typ
```

Vyjímky

- s set autocommit on bude každý příkaz jedna transakce, takže operace commit a rollback nemají smysl
- s set autocommit off začíná transakce koncem té předchozí a je ukončena commit nebo rollback

Příklady výjimek

- NO_DATA_FOUND - select nevrátil žádný řádek
- TOO_MANY_ROWS - select into vrátilo více než jeden řádek
- VALUE_ERROR - chybná manipulace s hodnotou

Procedury (3)

Několik typů procedur: - Anonymní procedury - víceméně **begin ... end;** blok
- Pojmenované procedury - Pojmenované funkce - vrací hodnotu, narozdíl od procedur

Trigger

- spouští se v závislosti na nějakém příkazu (např. insert, update, delete)
 - before - před provedením příkazu
 - after - po provedení příkazu
 - instead of - místo provedení příkazu

Cykly (4)

- `loop` - nekonečný cyklus
- `while` - cyklus s podmínkou na začátku
- `for` - cyklus s podmínkou na začátku a s inkrementací na konci

Kurzory

- Implicitní kurzor
 - vytváří se automaticky po provedení příkazů jako `insert`, `update`, `delete`
- Explicitní kurzor
 - `open jmeno_kurzu` - otevření kurzoru
 - `fetch jmeno_kurzu` - načítá aktuální záznam kurzoru do proměnné a posune se na další záznam
 - `close jmeno_kurzu` - uzavření kurzoru

Balíky

- Něco jako knihovny v jiných jazycích
- Seskupují procedury, funkce, proměnné, výjimky do jednoho jmeného prostoru
- Specifikace a tělo

Bulk operace

- `bulk collect` - načtení více záznamů do kolekce
- `forall` - provedení operace nad všemi záznamy v kolekci

Statické a dynamické SQL (5)

- V PL/SQL bloku můžeme přímo volat pouze statické příkazy
 - `select`, `insert`, `update`, `delete`, `merge`
 - `lock table`, `commit`, `rollback`, `savepoint`, `set transaction`

Dynamické SQL

- umožňuje sestavit a volat jakékoliv SQL příkazy (na které má uživatel právo) za běhu aplikace
- Nevýhoda je, že nelze ověřit syntaktickou správnost
- Nebezpečí sql injection
- **Používáme jen tehdy, když není možno použít statické PL/SQL**

Zpracování dotazu

- DBS kontroluje, zda už nebyl příkaz dříve zaslán

- Pokud byl zaslán poprvé:
 - 1) Je naparsován a vytvoří se plán vykonávání dotazu
 - 2) Dotaz může být vykonán mnoha způsoby, DBS hledá ten nejlepší
 - 3) Tento proces může trvat déle, než samotné vykonání dotazu
- Pokud by již dříve zaslán, použije se dříve vytvořený plán vykonávání
- Při kontrole zda už nebyl vykonán se kontroluje cel řetězec
 - `select * from student where login = 'x' a select * from student where login = 'y'` se budou lišit
- Používání **vázaných proměnných** (bind variables) umožňuje využít již vytvořený plán vykonávání
 - `select * from student where login = :lg a select * from student where login = :lg` se budou shodovat
 - Snižuje se tím zátěž na DBS a čas vykonávání
- PL/SQL používá vázané proměnné automaticky
- *Vázané proměnné můžeme použít pouze u literálů (např. hodnoty atributu.. né jména tabulky)*
- Porovnání výkonu
 - bez vázaných proměnných: 65.48s
 - s vázanými proměnnými: 0.25s

SQL injection

Ochrana

- Používání statických dotazů
- V dynamických dotazech používat vázané proměnné
- Správné řízení přístupu (přístupová práva)
- Nepoužívat hodnotu přímo (třeba prvně převést na číslo)

Má smysl psát logiku aplikace v PL/SQL?

- rozhodně **ANO**

Transakce (6)

Zotavení databáze

Zotavení (recovery) => zotavení databáze z nějaké chyby (přetečení hodnoty atributu, pád systému)

- Základní jednotkou zotavení je transakce
- Né všechny DBS zotavení podporují
- Výsledkem zotavení musí být korektní stav
- Pro zotavení se používá **redundatní informace**
- Komponenta SRBD, která se stará o řízení transakcí je **manager transakcí**

Korektní vs Konzistentní stav?

- Korektní stav - stav, který odpovídá omezením (např. hodnota atributu musí být v intervalu) ????
- TBD.. pm me

Transakce

- Logická jednotka práce s db (taky jednotkou zotavení)
- Transakce nemůže být uvnitř jiné transakce => Atomická, nedělitelná
- Začíná operací **begin transaction** a končí **commit** nebo **rollback**
- Programátor je řídí pomocí příkazů **commit**(potvrzení) a **rollback**(vrácení)

Klasifikace chyb

- Lokální chyby
 - Chyba v dotazu, přetečení dotazu
- Globální chyby
 - Systémové (soft crash) - Vpadek proudu, nebo pád systému
 - Chyba HW (hard crash) - Poškození disku, nebo ztráta dat

Potvrzovací bod

- Operace **commit** zavádí potvrzovací bod
- Operace **rollback** vrací databázi do stavu posledního potvrzovacího bodu
- V okamžiku potvrzení:
 - Všechny změny jsou trvale uloženy v databázi
 - Všechny adresace a zámky entit uvolněny

Vlastnost ACID

- **A** => Atomičnost - transakce je nedělitelná => musí být provedeny všechny operace, nebo žádná
- **C** => Korektnost- transakce převádí korektní stav db do jiného korektního stavu (mezi začátkem a koncem nemusí být db v korektním stavu)
- **I** => Izolovanost - transakce jsou navzájem izolovány => změny provedené jednou transakcí jsou pro ostatní viditelné až po **COMMIT**
- **D** => Trvalost - změny provedené transakcí jsou trvale uloženy v db
- (*atomicity, consistency, isolation, durability*)

Implementační detaily

- Všechny změny musí být zapsány do logu před samotným zápisem změn do db
 - Po **commit** je zapsán do logu **commit záznam**
- Říká se tomu **pravidlo dopředného zápisu (write-ahead log rule)**

Zotavení systému

- Zotavení není vázáno pouze na jednu transakci, ale na celou databázi
- Hlavní problémem při systémové chybě, je ztráta obsahu vlastní paměti
- Během zotavení se po restartu provádí:
 - Přesný stav transakce přerušné chybou není znám
 - * Musí být zrušena (UNDO)
 - Transakce byla úspěšně ukončena, ale změny nebyly přeneseny z logu do db
 - * Musí být přepracována (REDO)

Základní techniky zotavení

- Odložená (NO-UNDO/REDO) *deferred update*
 - Neprovádí aktualizaci logu a db až do potvrzení transakce
 - Všechny aktualizace jsou zapsány do paměti
 - Po **commitu** jsou aktualizace nejprve zaznamenány do logu a pak do db
 - Pokud transakce selže, není **nutné provést UNDO** (protože db nebyla aktualizována)
 - **REDO** bude provedeno, jestli DBS zapsal aktualizace do logu, ale ne do db
 - Používá se pouze u krátkých transakcí, jinak **hrozí přetečení** (používá se In-Memory DBS)

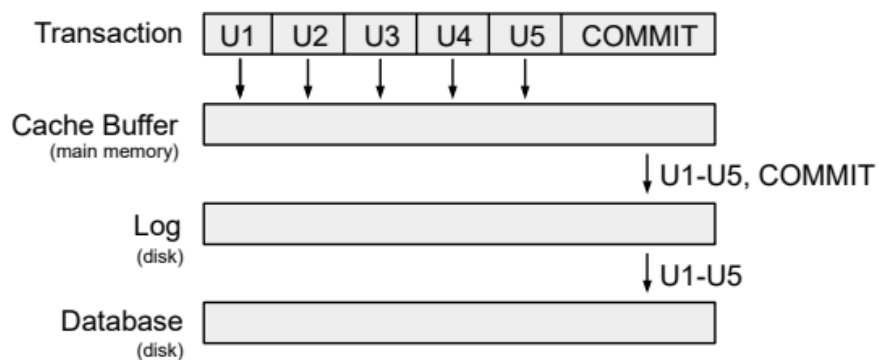


Figure 1: deferred_update

- Okamžitá (UNDO/NO-REDO) *immediate update*
 - Provádí aktualizaci logu po každé aktualizaci transakce
 - Aktualizace jsou zapsány do logu, poté do db
 - Pokud transakce selže, je nutné provést **UNDO** (na disk byly zapsány aktualizace, které musí být zrušeny)
 - Do logu se *ukládají původní hodnoty*, což umožňuje UNDO

- **REDO** není nutné, protože aktualizace byly zapsány do db
- (UNDO/NO-REDO), protože aktualizace byly zapsány do db před potvrzením transakce
- **Nízký výkon**

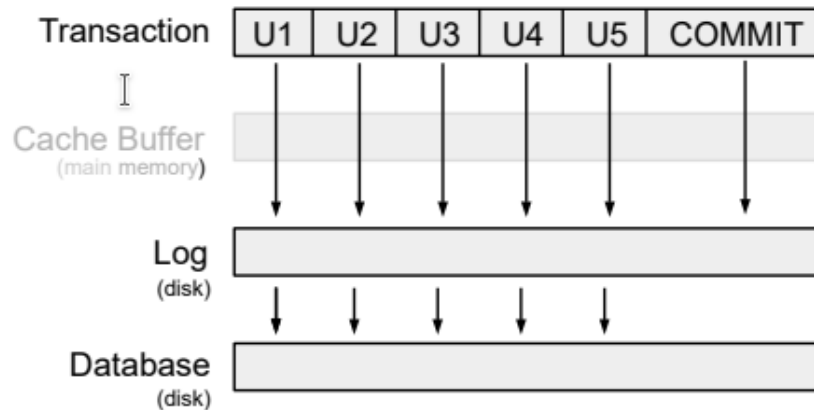


Figure 2: immediate_update

- Kombinovaná (UNDO/REDO)
 - Aktualizace jsou zapisovány do logu po commitu
 - K aktualizaci dochází v určitých časových intervalech - **Kontrolní body (checkpoint)**
 - Kontrolní body jsou vytvářeny třeba po určitém počtu záznamů
 - * Zápis dosud provedených aktualizací do db
 - * Zápis záznamu o kontrolním bodu do logu
 - Aktualizace db se týká všech transakcí vykonávaných v době kontrolního bodu, a transakcích před
- T1 => úspěšně dokončena před Tc, aktualizace byly do logu zapsány při COMMITu => zapsána do db
- T2 => DBMS provede **redo** pro aktualizace provedené po Tc
- T3 => DBMS provede **undo** pro aktualizace provedené před Tc
- T4 => DBMS provede **redo** pro všechny aktualizace (ty byly při COMMITu zapsány do logu)
- T5 => Neřešímě.. COMMIT nebyl proveden a žádné aktualizace nebyly zapsány do db v čase Tc

Po restartu DBS spustí tento algoritmus:

- 1) Vytvoř 2 seznamy transakcí: UNDO a REDO

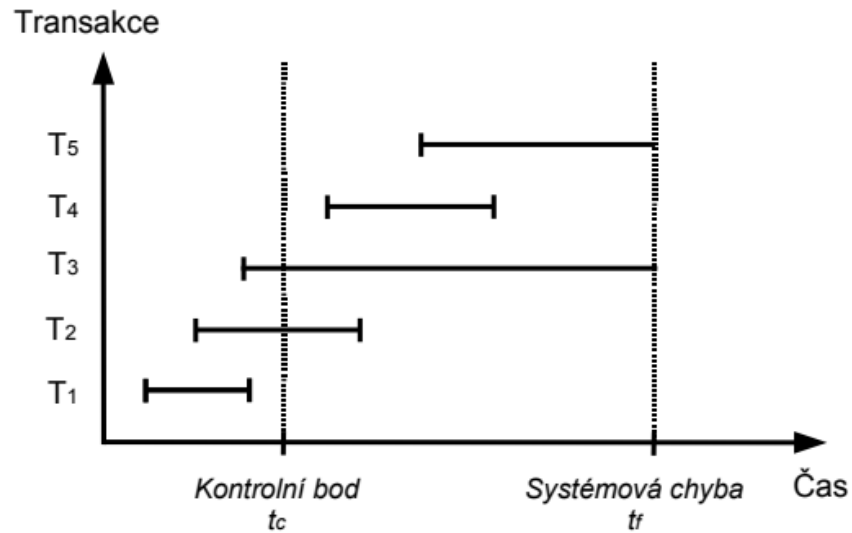


Figure 3: combined_update

- 2) Do UNDO vlož všechny transakce, které nebyly potvrzeny před posledním kontrolním bodem (REDO je prázdné)
- 3) Začni procházet záznamy v logu od posledního kontrolního bodu
 - 1) Pokud je pro transakci T nalezen v logu záznam COMMIT, přesuň T z UNDO do REDO
- 4) DBS prochází log zpětně a ruší aktualizace transakcí ze seznamu UNDO
- 5) DBS prochází log dopředu a přepracovává aktualizace transakcí ze seznamu REDO
- 6) Databáze je v korektním stavu *eyyy ø/*

Záchranné body (savepoints)

- Koncept záchranných bodů byl zaveden v SQL99, ale transakci **rozděluje na menší části**
- Při ROLLBACK dochází k návratu na záchranný bod
- Záchranný bod není ekvivalentní s potvrzením změn pomocí COMMIT

Transakce (idk)

- Všechny SQL příkazy jsou atomické, až na (CALL a RETURN)
- S AUTOCOMMIT ON rollback nedává smysl

Zotavení vs. Souběh

- V NO-SQL DBMS nejsou podporovány transakce pro řešení paralelního přístupu
- Programátor má zaručeno, že potvrzené aktualizace se z db neztratí
- V DBS většinou nejde izolovanost transakcí vypnout

7 skipped

Řízení souběhu (8)

- Možná klasifikace DBS:
 - Jednouživatelská - může jí používat jenom jeden uživatel v daném čase
 - Víceuživatelská - může jí používat více uživatelů současně

Problémy souběhu

Ztráta aktualizace (lost update)

Čas	Transakce A	Transakce B
t1	READ t	
t2		READ t
t3	WRITE t	
t4		WRITE t

- Dojde ke ztrátě aktualizace provedené transakcí A, v čase t3

Nepotvrzená závislost (uncommitted dependency)

- Problém nastává, když transakce A načte nebo aktualizuje záznam, který byl aktualizován doposud nepotvrzenou transakcí B
- Jelikož transakce nebyla potvrzená, může se stát, že se stane ROLLBACK
 - V tomto případě transakce A pracuje s hodnotami, které nejsou platné

Čas	Transakce A	Transakce B
t1		WRITE t
t2	READ t	
t3		ROLLBACK

- Transakce A pracuje s daty z t2, ačkoli platné hodnoty jsou hodnoty z t1

Nekonzistentní analýza (inconsistent analysis)

Čas	Data	Transakce A	Transakce B
t1	acc1=30 acc2=20 acc3=50	READ acc1 suma=30	
t2	acc1=30 acc2=20 acc3=50	READ acc2 suma=50	
t3	acc1=30 acc2=20 acc3=60		WRITE acc3=60
t4	acc1=20 acc2=20 acc3=60		WRITE acc1=20
t5	acc1=20 acc2=20 acc3=60		COMMIT
t6	acc1=20 acc2=20 acc3=60	READ acc3 suma=110 ne 100	

- Transakce A počítá součet zůstatků na účtech, Transakce B převádí částku 10 z účtu acc1 na acc3
- Transakce A má k dispozici nekonzistentní db., proto vykoná nekonzistentní analýzu (místo součtu 100 dostane 110)
- Není to problém nepotvrzené závislosti, protože transakce B potvrdí všechny aktualizace předtím, než si A vyžádá acc3

Konflikty čtení a zápisu

(*R-Read, W-Write*)

- RR
 - Je v pohodě, nenastává žádný problém
- RW
 - Může nastat problém nekonzistentní analýzy => **problém nekonzistentní analýzy je zapříčiněn RW konfliktem:**

Čas	Transakce A	Transakce B
t1	READ t	
t2		WRITE t
t3	(...)	

- Pokud B udělá aktualizaci a A načte znovu t, pak A získá odlišné hodnoty
- Tomuto jevu říkáme **Neopakovatelné čtení** (non-repeatable read):

Čas	Transakce A	Transakce B
t1	READ t	
t2		WRITE t
t3	READ t	

- WR
 - A zapíše t a B pak chce číst t
 - Pokud B něco přečte, může nastat problém **nepotvrzené závislosti**
 - Tomuto jevu říkáme **Špinavé čtení** (dirty read):

Čas	Transakce A	Transakce B
t1	WRITE t	
t2		READ t
t3	ROLLBACK??	

- WW
 - A zapíše **t** a B pak chce zapisovat **t**
 - Pokud B něco zapíše, může nastat jak problém **ztráty aktualizace** tak problém **nepotvrzené závislosti**
 - Tomuto jevu říkáme **Špinavý zápis** (dirty write):

Čas	Transakce A	Transakce B
t1	WRITE t	
t2		WRITE t
t3	ROLLBACK??	

Techniky řízení souběhu

- **Zamykání** (locking) - používá většina DBMS
 - Pesimistický přístup k souběžnému zpracování (Předpoklad, že se paralelní transakce budou navzájem ovlivňovat)
 - Systém má jednu kopii data jednotlivým transakcím přiděluje zámky
 - * (*Funguje to prostě jak mutex/locking v pythonu, c# .. 8 - slide 22*)
- **Správa verzí** (multiversion) - používá většina DBMS
 - Optimistický přístup k souběžnému zpracování (Předpoklad, že se paralelní transakce nebudou navzájem ovlivňovat)
 - Vytváří kopie dat, a systém sleduje, která z verzí má být viditelná pro ostatní transakce
- Časová razítka (timestamps)
- Validace

Typy zámků

- **Výlučný zámek** (exclusive lock, write lock) - označujeme X
 - Když A drží výlučný zámek na záznam **t**, pak požadavek paralelní transakce B na zámek libovolného typu na **t** není proveden
- **Sdílený zámek** (shared lock, read lock) - označujeme S
 - Požadavek paralelní transakce B na zámek **X** na záznam **t** **není proveden**
 - Požadavek paralelní transakce B na zámek **S** na záznam **t** **je proveden** + B bude držet S na **t**
- Zámky jsou (*většinou*) přidělovány **implicitně**

Zamykací protokol (data access protocol, locking protocol)

- 1) Transakce, která chce **získat záznam** z db musí nejprve požadovat **Sdílený zámek (S)**
- 2) Transakce, která chce **aktualizovat záznam** v db musí nejprve požadovat **Výlučný zámek (X)**, pokud tato transakce drží S, jej změněn na X
- 3) Jestliže zámek požadovaný transakcí B nemůže být přidělen, B přejde do **stavu čekání (wait state)**
 - Transakce B v tomto stavu setrvává minimálně do doby, než transakce A uvolní zámek
 - Systém se musí postarat o to, aby transakce B nesetřvala v tomto stavu navždy (*livelock* nebo *starvation*)
- 4) **Výlučné** zámky jsou **automaticky uvolněny na konci transakce**, **Sdílené** zámky jsou také nejčastěji uvolněny na konci transakce
 - Tomuto se říká **Přísné dvoufázové zamykání** (strict two-phase locking)
 - 1) Zamykání zámků
 - 2) Uvolňování zámků

Řešení problémů ztráty aktualizace

Čas	Transakce A	Transakce B
t1	READ tZískán zámek S na t	
t2		READ tZískán zámek S na t
t3	WRITE tPožadavek na zámek X na t	
t4	wait	WRITE tPožadavek na zámek X na t
t5	wait	wait
t6	wait	wait

- Aktualizace transakce A v t3 není akceptována, kvůli implicitnímu požadavku na zámek X, který koliduje s S přidělený B
- Transakce A přejde do stavu čekání. Ze stejného důvodu i B a obě transakce nepokračují v činnosti
- Vyřešili jsme problém ztráty aktualizace, ale vznikl problém **uváznutí (deadlock)**

Řešení problémů nepotvrzené závislosti

Čas	Transakce A	Transakce B
t1		WRITE tZískán zámek X na t
t2	READ tPožadavek na zámek S na t	
t3	wait	COMMIT/ROLLBACKUvolnění zámku X na t
t4	opakuje: READ tZískán zámek S na t	

Čas	Transakce A	Transakce B
t1		WRITE tZískán zámek X na t
t2	WRITE tPožadavek na zámek X na t	
t3	wait	COMMIT/ROLLBACKUvolnění zámku X na t
t4	opakuj: WRITE tZískán zámek X na t	

- Jelikož transakce A není závislá na nepotvrzené aktualizaci transakce B, tento problém souběhu je vyřešen

Řešení problému nekonzistentní analýzy

- To jsem moc lazy psát..
- Vyřešíme problém nekonzistentní analýzy, ale vznikne problém uváznutí (deadlock)

Řešení problému uváznutí

- 1) Detekce uváznutí:
 - 1) Nastavení časových limitů
 - 2) Detekce cyklů v grafu *Wait-for*
- 2) Prevence uváznutí pomocí časových razítek

Řešení uváznutí

- Snažíme se uváznutí předejít úpravou uzamykacího protokolu
- 1) Každé transakci je přiděleno časové razítko - čas začátek transakce - **je unikátní**
 - 2) Pokud transakce A požaduje zámek na záznam, který už je uzamčený transakcí B
 - **Wait-Die:** pokud je A starší než B, pak A čeká. Pokud je A mladší, A je zrušená pomocí ROLLBACK a spuštěna znovu
 - **Wound-Wait:** pokud je A starší než B, pak B je zrušená pomocí ROLLBACK a spuštěna znovu. Pokud je A mladší, A čeká
 - 3) Pokud je transakce spuštěna znovu, nechává si původní timestamp
- (wait-die: A čeká, wound-wait: B je zabito.. vždycky je zabito mladší)

Sériový a serializovatelný plán (10)

- Pokud jsou transakce provedeny za sebou, mluvíme o **sériovém plánu**
- Sériový plán zapisujeme jako entici uspořádanou podle pořadí vykonávání .. (A, B) ..

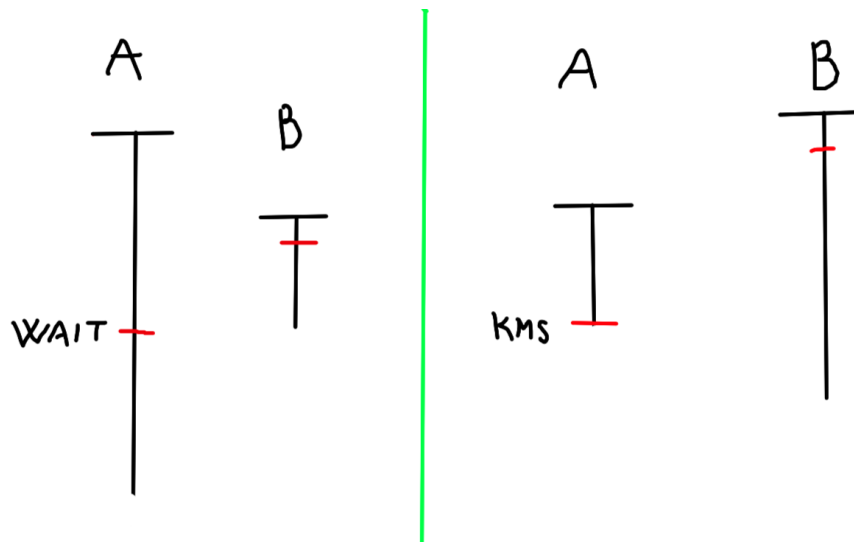


Figure 4: wait-die

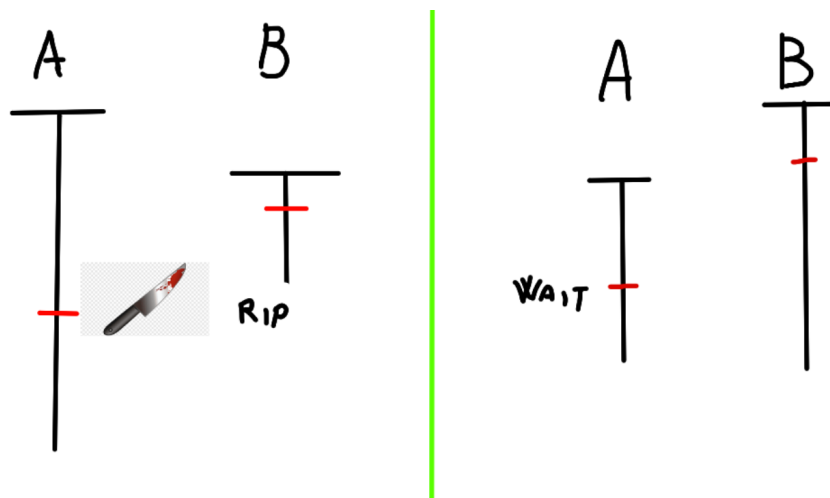


Figure 5: wound-wait

- Serializovatelnost => Míra korektnosti
- 1) Ekvivalentní plány
 - Dva plány pro stejné transakce jsou ekvivalentní, když dávají stejné výsledky
 - 2) Serializovatelný plán
 - Plán je serializovatelný, pokud je ekvivalentní s nějakým sériovým plánem
- Dvoufázové zamykání zajišťuje serializovatelnost plánu

Věta o dvoufázovém uzamykání?

- Pokud transakce dodržují přísné dvoufázové uzamykání, pak všechny možné souběžné plány jsou serializovatelné

Transfer Processing Performance

- Měří se propustnost (počet transakcí za vteřinu)

Úroveň izolace

- Serializovatelnost garantuje izolaci transakcí ve smyslu podmínky ACID
- Za izolovatelnost transakcí musíme zaplatit .. (*nižším výkonem*)
- SŘBD proto umožňují nastavit úroveň izolace transakcí
- 4 úrovně izolace:
 - READ UNCOMMITTED (RU) - Můžu uvolnit S a X předkoncem
 - READ COMMITTED (RC) - Můžu uvolnit S před koncem
 - REPEATABLE READ (RR)
 - SERIALIZABLE (S)

Úroveň izolace	Špinavé čtení	Neopakovatelné čtení	Výskyt fantomů
READ UNCOMMITTED	ano	ano	ano
READ COMMITTED	ne	ano	ano
REPEATABLE READ	ne	ne	ano
SERIALIZABLE	ne	ne	ne

Neopakovatelné čtení

- vyskytuje se od READ COMMITTED a níž
- SELECT požaduje zámek S, ale nedodrží dvoufázové zamykání.. může zámek uvolnit před ukončením transakce
- X zámky jsou uvolněny až po ukončení transakce

Čas	Transakce A	Transakce B
t1	SELECT t	
t2		UPDATE t
t3		COMMIT
t4	SELECT t	
t5	COMMIT	

- Kde se SELECT a UPDATE týkají stejného záznamu t

Výskyt fantomů

- Vyskytuje se od REPEATABLE READ a níž

Čas	Transakce A	Transakce B
t1	SELECT <t0-t2>	
t2		INSERT t
t3		COMMIT
t4	SELECT <t0-t2>	
t5	COMMIT	

- Kde se SELECT a INSERT týkají stejné množiny záznamů

Správa verzí

- Nevýhodou je zvýšený požadavek na paměť
- Pokud převažují čtení, je výhodnější použít správu verzí
- SRBD proto často používají kombinaci obou

Granularita zámků

- Zámky mohou být udělovány na různých úrovních
 - Databáze, Tabulka, Záznam, Hodnota atributu
- Důvodem zavedení je zvýšená propustnost
- U malých objektů => jemná granularita
- U velkých objektů => hrubá granularita

Fyzická implementace (11)

- Záznamy v tabulce nejsou nijak uspořádány
- Záznamy nejsou fyzicky mazány, ale jen označeny jako smazané
 - Teoreticky O(1), ale záznam se musí najít, takže O(n)
 - Počet blok haldy se po operaci nesnižuje
- Vkládání je teoreticky O(1), ale musí se kontrolovat primární klíče.. takže O(n)

Cena operací plánu

- IO Cost - počet přístupů ke stránkám
- CPU Cost - počet operací s daty
- Čas operace (Processing time) - záleží na konkrétním serveru, méně často používaný

Index

- Datová struktura **B-strom**, poskytuje $O(\log n)$ složitost základních operací
- Automaticky vytvořen pro primární klíč
- Index je dvojice (hodnota pk, odkaz na záznam do haldy)
- Tomu odkazu se říká RID nebo ROWID
- Urychluje vysoce selektivní dotazy (malý počet záznamů)

Složený klíč

- Pokud klíč obsahuje více atributů, říkáme mu složený klíč
- Lexikografické uspořádání