Транзакции и параллелизм

*свойство (**И**) - изолированность транзакций*

Изолированность

- Современные СУБД являются **многопользовательскими системами**, т.е. допускают параллельную одновременную работу большого количества пользователей. При этом пользователи не должны мешать друг другу.
- СУБД должна быть организована так, чтобы у пользователя складывалось **впечатление**, что их транзакции выполняются **независимо от транзакций других пользователей**.

Изолированность

- Простейший способ обеспечить такую иллюзию у пользователя - все поступающие транзакции выстраивать в **единую очередь** и выполнять строго по очереди, но это **не параллельная работа**
- Таким образом, транзакции необходимо выполнять **одновременно**, но так, чтобы результат был бы такой же, как если бы транзакции выполнялись по очереди.

Условия

СУБД гарантирует, что, с точки зрения пользователя, будут выполнены **два условия**:

- Эта операция будет выполнена **целиком** или не выполнена вовсе (*атомарность* - все или ничего).
- Во время выполнения этой операции не выполняются никакие другие операции других транзакций (**строгая очередность *элементарных операций***).

Работа транзакций в смеси

- Элементарные операции различных транзакций могут выполняться в произвольной очередности. Например, если есть несколько транзакций, состоящих из последовательности операций элементарных:

T= {T1, T2, T3, … Tn} Q={Q1, Q2, Q3, …, Qm}

- то реальная последовательность, в которой СУБД выполняет эти транзакции может быть, например, такой:

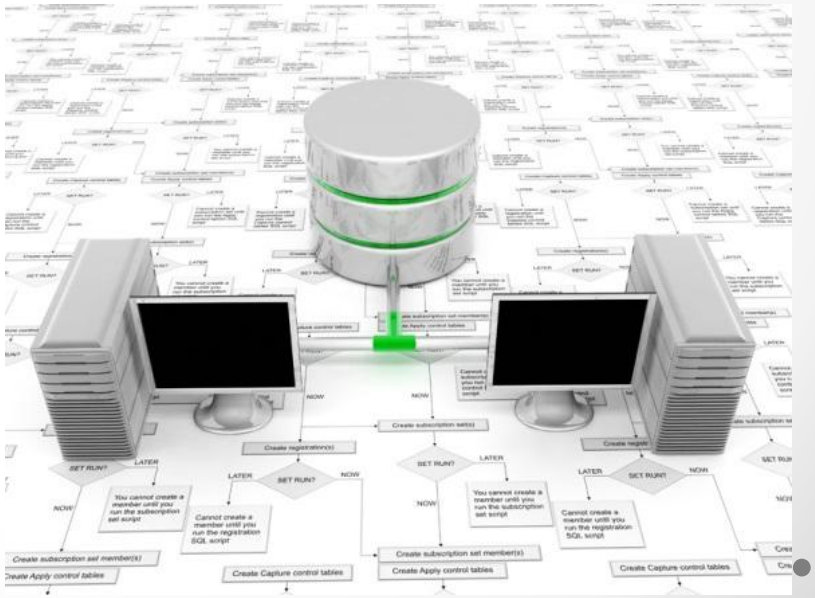
{T1, Q1, T2, T3, Q2, T4, Q3, Q4, Q5, T5, T6, … }

Смесь транзакций

- Определение: Набор из нескольких транзакций, элементарные операции которых чередуются друг с другом, называется **смесью транзакций**.
- Определение: Последовательность, в которой выполняются элементарные операции заданного набора транзакций, называется **графиком запуска набора транзакций**.

Требование к графику запуска транзакций

- График запуска должен быть **оптимальным**, то есть давать минимальное среднее время выполнения транзакций каждым пользователем.



Проблемы параллельной работы транзакций (параллелизма)

1) Проблема потери результатов обновления
2) Проблема незафиксированной зависимости (чтение "грязных" данных)
3) Проблема несовместимого анализа

Обозначения:

- Рассмотрим две транзакции, A и B, запускающиеся в соответствии с некоторыми графиками.
- Пусть транзакции работают с некоторыми объектами базы данных, например со строками таблицы.
- Операцию **чтения строки** P будем обозначать **P=P0** , где P0 - прочитанное значение.
- Операцию **записи** значения P1 в строку P будем обозначать **P1->P**.

Проблема потери результатов обновления

Две транзакции по очереди записывают некоторые данные в одну и ту же строку и фиксируют изменения.

Транзакция A	**Время**	**Транзакция B**
Чтение $P = P_0$	t_1	---
---	t_2	Чтение $P = P_0$
Запись $P_1 \rightarrow P$	t_3	---
---	t_4	Запись $P_2 \rightarrow P$
Фиксация транзакции	t_5	---
---	t_6	Фиксация транзакции
Потеря результата обновления		

Результат

- После окончания обеих транзакций, строка содержит значение , занесенное более поздней транзакцией B.
- Транзакция A ничего не знает о существовании транзакции B, и естественно ожидает, что в строке содержится значение .
- Таким образом, транзакция A **потеряла результаты своей работы.**

Проблема незафиксированной зависимости

(чтение "грязных" данных или неаккуратное считывание)

- Транзакция B изменяет данные в строке
- После этого транзакция A читает измененные данные и работает с ними
- Транзакция B откатывается и восстанавливает старые данные

Проблема незафиксированной зависимости

Транзакция A	Время	Транзакция B
---	t_1	Чтение $P = P_0$
---	t_2	Запись $P_1 \rightarrow P$
Чтение $P = P_1$	t_3	---
Работа с прочитанными данными P_1	t_4	---
---	t_5	Откат транзакции $P_0 \rightarrow P$
Фиксация транзакции	t_6	---
Работа с "грязными" данными		

Результат

- Транзакция А в своей работе использовала данные, которых ***нет и не было*** в базе данных.
- После отката транзакции В, должна восстановиться ситуация, как если бы транзакция В вообще *никогда не выполнялась*.
- Таким образом, результаты работы транзакции А некорректны, т.к. она работала с данными, ***отсутствовавшими в базе данных.***

Проблема несовместимого анализа

Проблема несовместимого анализа включает следующие варианты:

- **Неповторяемое считывание**
- **Фиктивные элементы (фантомы)**
- **Собственно несовместимый анализ**

Неповторяемое считывание

Транзакция A дважды читает одну и ту же строку. Между этими чтениями вклинивается транзакция B, которая изменяет значения в строке.

Транзакция A	Время	Транзакция B
Чтение $P = P_0$	t_1	---
---	t_2	Чтение $P = P_0$
---	t_3	Запись $P_1 \rightarrow P$
---	t_4	Фиксация транзакции
Повторное чтение $P = P_1$	t_5	---
Фиксация транзакции	t_6	---
Неповторяемое считывание		

Результат

Транзакция A работает с данными, которые, с точки зрения транзакции A, самопроизвольно изменяются.

Фиктивные элементы (фантомы)

Транзакция А дважды выполняет выборку строк с одним и тем же условием. Между выборками вклинивается транзакция В, которая добавляет новую строку, удовлетворяющую условию отбора.

Фиктивные элементы

Транзакция A	Время	Транзакция B
Выборка строк, удовлетворяющих условию α. (Отобрано n строк)	t_1	---
---	t_2	Вставка новой строки, удовлетворяющей условию α.
---	t_3	Фиксация транзакции
Выборка строк, удовлетворяющих условию α. (Отобрано n+1 строк)	t_4	---
Фиксация транзакции	t_5	---
Появились строки, которых раньше не было		

Результат. Транзакция A в двух одинаковых выборках строк получила разные результаты.

Собственно несовместимый анализ

- в смеси присутствуют две транзакции - одна *длинная*, другая *короткая*.
- Длинная транзакция выполняет некоторый анализ по всей таблице, например, подсчитывает общую сумму денег на счетах клиентов банка для главного бухгалтера. Пусть на всех счетах находятся одинаковые суммы, например, по $100. Короткая транзакция в этот момент выполняет перевод $50 с одного счета на другой так, что общая сумма по всем счетам не меняется.

Собственно несовместимый анализ

Транзакция А	Время	Транзакция В
Чтение счета $P_1 = 100$ и суммирование. $SUM = 100$	t_1	---
---	t_2	Снятие денег со счета P_3. $P_3 : 100 \rightarrow 50$
---	t_3	Помещение денег на счет P_1. $P_1 : 100 \rightarrow 150$
---	t_4	Фиксация транзакции
Чтение счета $P_2 = 100$ и суммирование. $SUM = 200$	t_5	---
Чтение счета $P_3 = 50$ и суммирование. $SUM = 250$	t_6	---
Фиксация транзакции	t_7	---
Сумма S250 по всем счетам неправильная - должно быть S300		

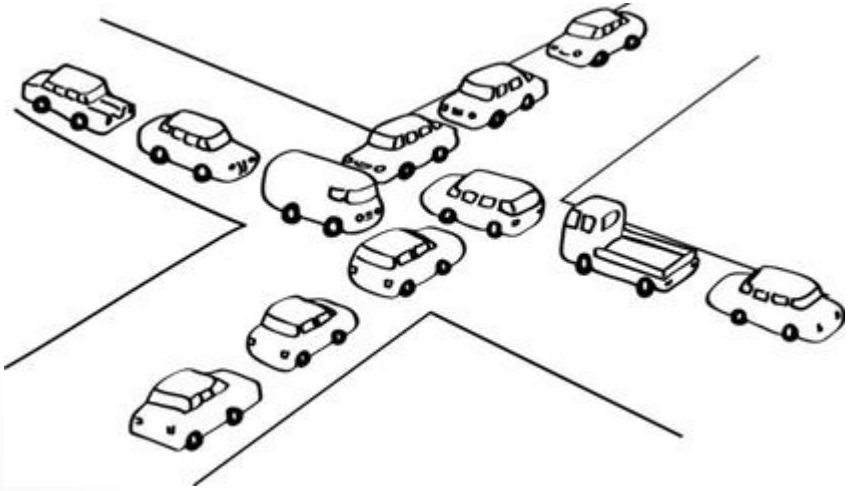
Результат. Хотя транзакция В все сделала правильно - деньги переведены без потери, но в результате транзакция А подсчитала неверную общую сумму.

Конфликты между транзакциями

- при работе в смеси нарушается свойство (И) транзакций - изолированность. Транзакции реально мешают друг другу получать правильные результаты.
- Однако не всякие транзакции мешают друг другу.
- Транзакции не мешают друг другу, если они обращаются к *разным данным* или выполняются в *разное время*.

Конфликты между транзакциями

- Транзакции называются **конкурирующими**, если они пересекаются по времени и обращаются к одним и тем же данным.



Виды конфликтов

1. **W-W *(Запись - Запись)***. Первая транзакция изменила объект и не закончилась. Вторая транзакция пытается изменить этот объект. Результат - потеря обновления.
2. **R-W *(Чтение - Запись)***. Первая транзакция прочитала объект и не закончилась. Вторая транзакция пытается изменить этот объект. Результат - несовместимый анализ (неповторяемое считывание).
3. **W-R *(Запись - Чтение)***. Первая транзакция изменила объект и не закончилась. Вторая транзакция пытается прочитать этот объект. Результат - чтение "грязных" данных.

Конфликты типа R-R (Чтение - Чтение) отсутствуют, т.к. данные при чтении не изменяются.

Способы разрешения конкуренции транзакций

Притормаживание некоторых транзакций

Блокировки

Предоставление транзакциям разных версий данных

Журнал транзакций

Блокировки

- Основная идея блокировок заключается в том, что если для выполнения некоторой транзакции необходимо, чтобы объект не изменялся, то этот объект должен быть **заблокирован**, т.е. доступ к нему со стороны других транзакций ограничивается на время выполнения транзакции, вызвавшей блокировку.

Типы блокировок

- **Монопольные блокировки (*X-блокировки, X-locks* -** eXclusive locks) - блокировки без взаимного доступа (блокировка **записи**).
- **Разделяемые блокировки (*S-блокировки, S-locks* -** Shared locks) - блокировки с взаимным доступом (блокировка **чтения**).

Блокировки

- Если транзакция A блокирует объект при помощи **X-блокировки,** то всякий доступ к этому объекту со стороны других транзакций отвергается.
- Если транзакция A блокирует объект при помощи **S-блокировки**, то

a. запросы со стороны других транзакций на X-блокировку этого объекта будут отвергнуты,
b. запросы со стороны других транзакций на S-блокировку этого объекта будут приняты.

Матрица совместимости блокировок

	Транзакция B пытается наложить блокировку:	
Транзакция A наложила блокировку:	S-блокировку	X-блокировку
S-блокировку	Да	НЕТ (Конфликт R-W)
X-блокировку	НЕТ (Конфликт W-R)	НЕТ (Конфликт W-W)

Протокол доступа к данным

1. Прежде чем прочитать объект, транзакция должна наложить на этот объект **S-блокировку**.
2. Прежде чем обновить объект, транзакция должна наложить на этот объект **X-блокировку**. Если транзакция уже заблокировала объект S-блокировкой, то перед обновлением объекта S-блокировка должна быть заменена X-блокировкой.
3. Если блокировка объекта транзакцией B отвергается оттого, что объект уже заблокирован транзакцией A, то транзакция B переходит в ***состояние ожидания***. Транзакция B будет находиться в состоянии ожидания до тех пор, пока транзакция A не снимет блокировку объекта.
4. X-блокировки, наложенные транзакцией A, сохраняются до конца транзакции A.

30