Принципы построения и работы баз данных

Тема 08: Восстановление при сбоях

Часть 2

- Восстановление при сбоях Гл.17
- Управление параллельным доступом Гл.18
- Обработка транзакций Гл.19

Целостность и корректность данных

- Хотели бы вы, чтобы данные были правильными постоянно

EMP

Name	Age
White	52
Green	342
Gray	1
	1

Ограничения целостности

- Условия, которым долны удовлетворять данные
- Примеры:
  - x является ключом отношения R
  - выполняется функциональная зависимость x → y для всех кортежей из R
  - Domain(x) = {Red, Blue, Green}
  - никто из служащих не должен иметь зарплату, превышающую среднюю более чем в 2 раза

Определения:

- Согласованное состояние: состояние, в котором выполняются все ограничения целостности
- Согласованная БД: База данных в согласованном состоянии

Ограничения целостности (как мы их знаем) могут не обеспечивать «полную корректность»

Пример 1 Условия на транзакции

- Когда зарплата обновляется,

  новая зарплата > старая зарплата
- Кода удаляется запись счета в банке,

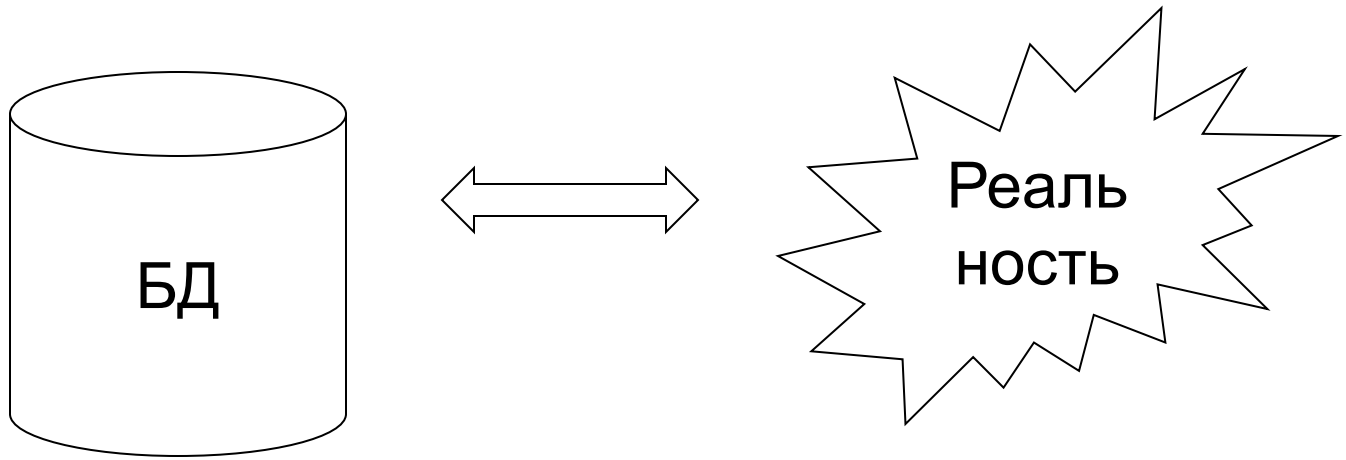
  остаток = 0

можно имитировать простым ограничением

Acct #	….	balance	deleted?

Ограничения целостности (как мы их знаем) могут не обеспечивать «полную корректность»

Пример 2 База данных должна отражать реальный мир



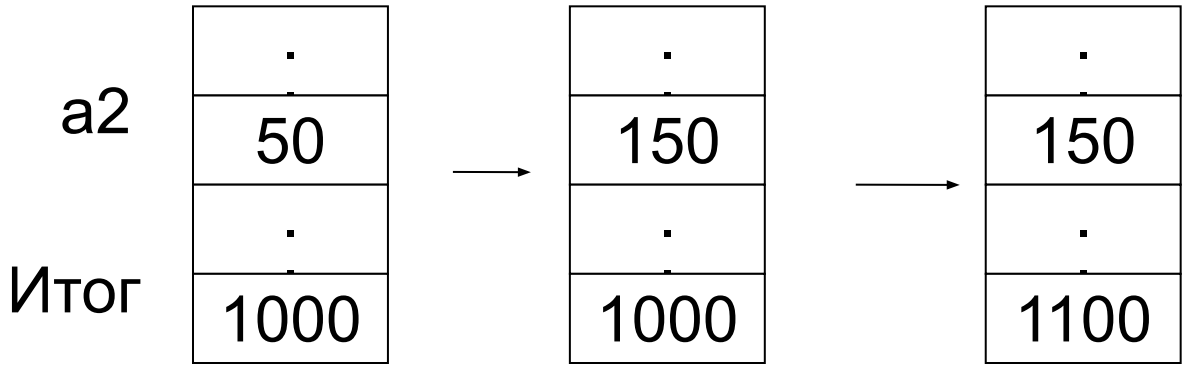
Наблюдение: БД не может быть согласована постоянно из-за необходимости изменений!

Пример: a1 + a2 +…. an = Итог (ограничение)

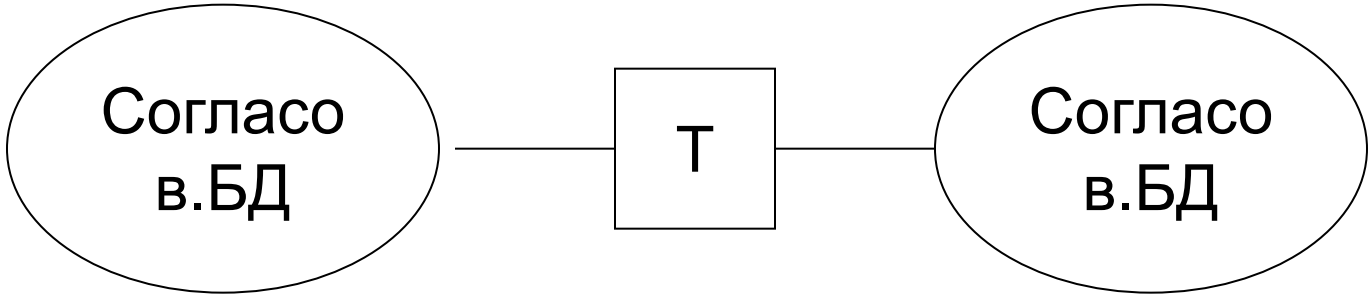
Добавить $100 к a2:

a2 ← a2 + 100

Итог ← Итог + 100



Транзакция: совокупность действий, сохраняющая согласованность БД



Важное предположение

Если T начинается в согласованном состоянии и выполняется изолированно (т.е.без конкуренции с другими действиями над БД), то после ее завершения БД остается в согласованном состоянии

Как могут быть нарушены ограничения целостности?

- Ошибка в алгоритме транзакции
- Ошибка в СУБД
- Сбой оборудования, например, сбой диска, в результате которогь изменяется остато ра счете
- Общие данные

  T1: увеличить на 10% зарплату программистам из списка

  T2: изменить программистов из списка на системных аналитиков

Как можно предотвратить/исправить нарушения?

- Глава 17: только при сбоях системы
- Chapter 18: только из-за общих данных
- Chapter 19: при сбоях системы и общих данных

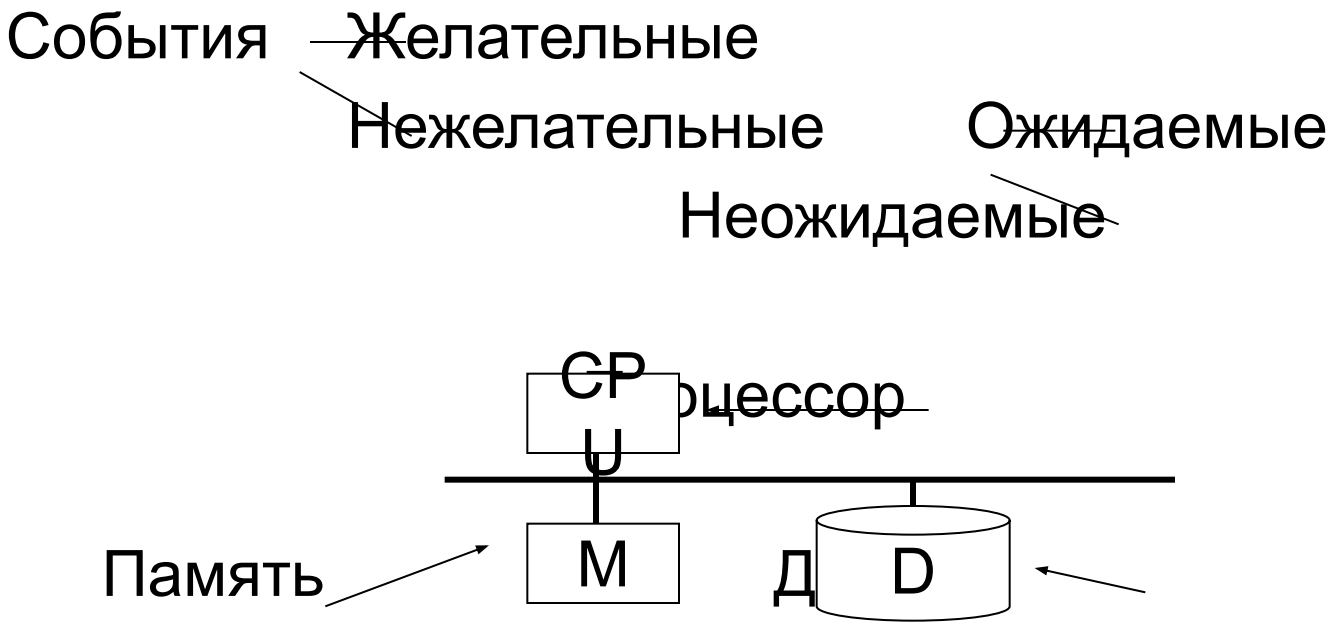
Не будем рассматривать:

- Как писать правильные транзакции
- Как писать правильные СУБД
- Проверку и восстановление ограничений

  Рассматриваемые здесь решения не знают обограничениях

Восстановление при сбоях

- Первое, что нужно сделать – описать модель сбоя



Желательные события: то, что программа должна делать в соответствии с ее руководством.

Нежелательные ожидаемые события

- зависание или сбой системы,
- потеря памяти,
- остановка процессора, сброс

Нежелательные неожидаемые события

- все остальное (необъянимая потеря данных, землетрясение, нападение террористов)

Является ли эта модель приемлемой?

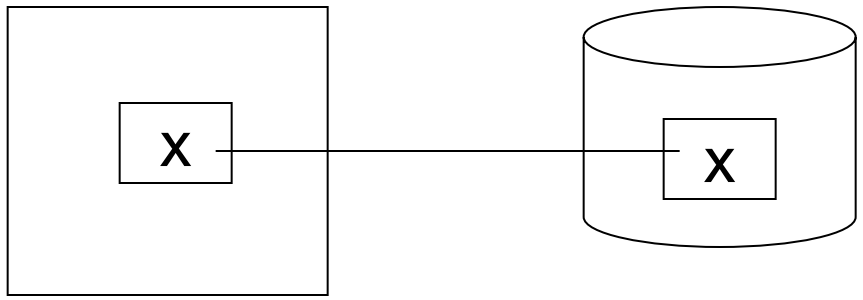
Подход: Добавить низко уровневые проверки + избыточность для увеличения вероятности, что система выживет при сбое

Например,

- поддержка точной копии диска или дискового массива
- Проверка четности при обращении к памяти
- Проверки процессора

Второй важный момент после выбора модели:

Иерархия памяти



Операции

- Input (x): блок с элементом БД x → память
- Output (x): блок с элементом БД x → диск
- Read (x,t): если нужно выполнить input(x), копировать в переменную t ← значение x из блока
- Write (x,t): если нужно выполнить input(x),
- значение x в блоке ← t

Ключевая проблема Незавершенная транзакция

Пример

Ограничение: A=B

T1: A ← A × 2

B ← B × 2

T1: Read (A,t); t ← t×2

Write (A,t);

Read (B,t); t ← t×2

Write (B,t);

Output (A);

Output (B); - сбой

Память

A: ~~8~~ 16

B: ~~8~~ 16

Диск

A: ~~8~~ 16

B: 8

Необходима (А)томарность (неделимость) транзакции – выполнение либо всех действий транзакции либо никаких.

Файл протокола (журнал регистрации)

Протокол – последовательность записей о том что происходит с каждой транзакцией.

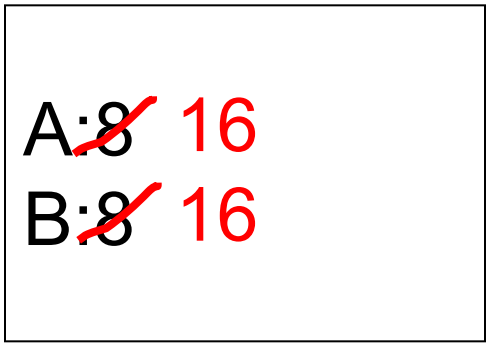
Эти последовательности для разных транзакций могут перекрываться.

При сбое системы происходит просмотр протокола, незавершенные по протоколу транзакции должны быть либо повторены, либо полностью отменены (каждое действие, отмеченное в протоколе).

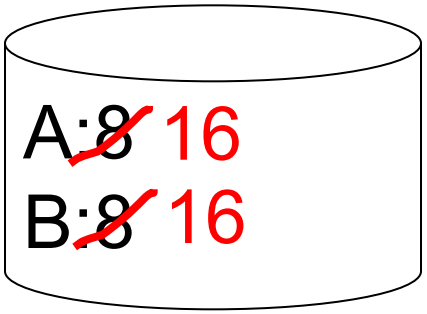
Типы записей: START, COMMIT, ABORT

Одно из решений - протокол-возврата (немедленная модификация)

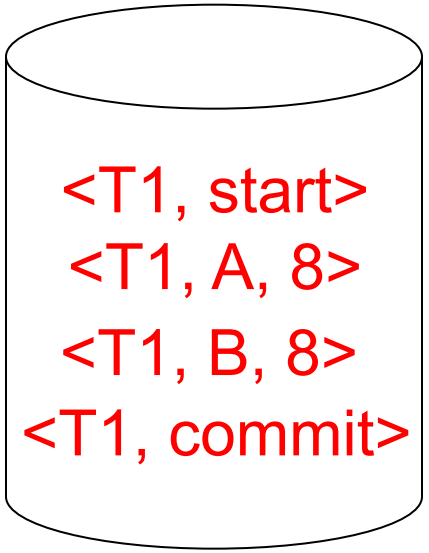
T1: Read (A,t); t ← t×2 A=B
Write (A,t);
Read (B,t); t ← t×2
Write (B,t);
Output (A);
Output (B);



память



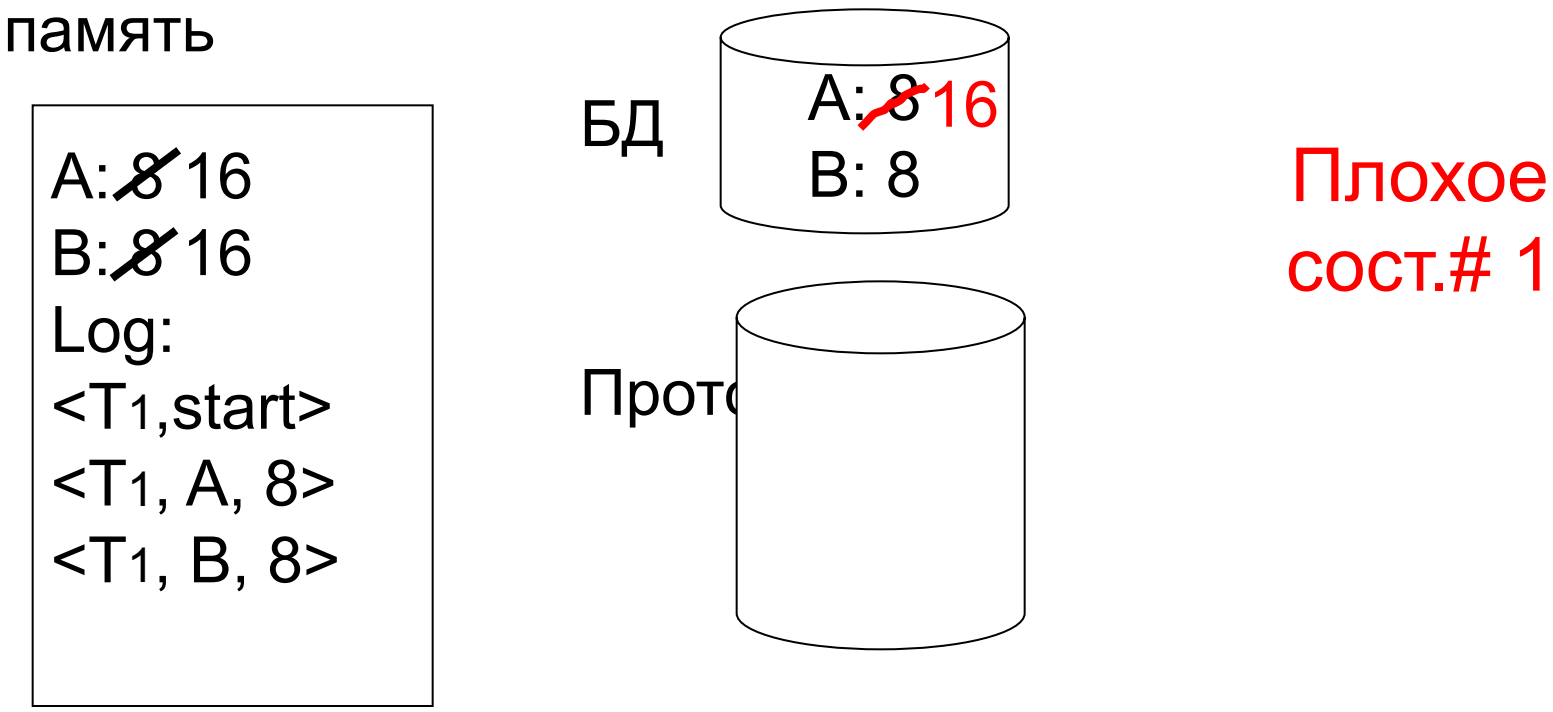
диск



протокол

Одно “осложнение”

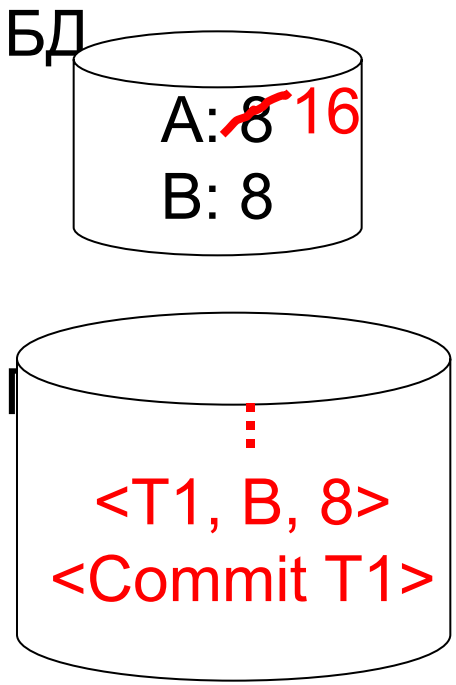
- Протокол сначала заносится в память, а потом уже на диск (для эффективной буферизации)
- Не записывается на диск при каждом действии



- Протокол сначала заносится в память, а потом уже на диск (для эффективной буферизации)
- Не записывается на диск при каждом действии

память

A: ~~8~~ 16
B: ~~8~~ 16
Log:
<T_1,start>
<T_1, A, 8>
<T_1, B, 8>
<Commit T_1>



Плохое сост.# 2

Правила протокола-возврата (Undo logging rules)

(1) Для каждого действия создать запись в протоколе-возврата (содержащую старое значение)

(2) Перед изменением *x* на диске, запись, содержащая старое значение *x* должна быть уже записана в файл протокола-возврата

(3) Перед записью <Commit T> в файл протокола все операции записи действий транзакции на диск должны быть уже завершены

Правила восстановления:

протокол-возврата

- Для каждой транзакции Ti, для которой в протоколе имеется запись <Start Ti >:
- Если для нее в ротоколе имеется также запись <Commit,Ti> или <Abort, Ti>, то ничего не делать
- Иначе для всех записей <Ti, *X*, *v*> в протоколе: write *(X, v)*
  output (*X*)
  записать <Abort Ti> в протокол

Правила восстановления: протокол-возврата

(1) Пусть S = множество транзакций с записями <Start Ti> в протоколе, но без записей <Commit Ti> (или <Abort Ti >)

(2) Для каждой записи <Ti, X, v> в протоколе в обратном порядке (более поздние обрабатываются раньше) выполнить:

- если Ti ∈ S то
  - write (X, v)
  - output (X)

(3) Для каждой транзакции Ti ∈ S записать <Abort Ti> в протокол

Что если произойдет сбой во время восстановления?

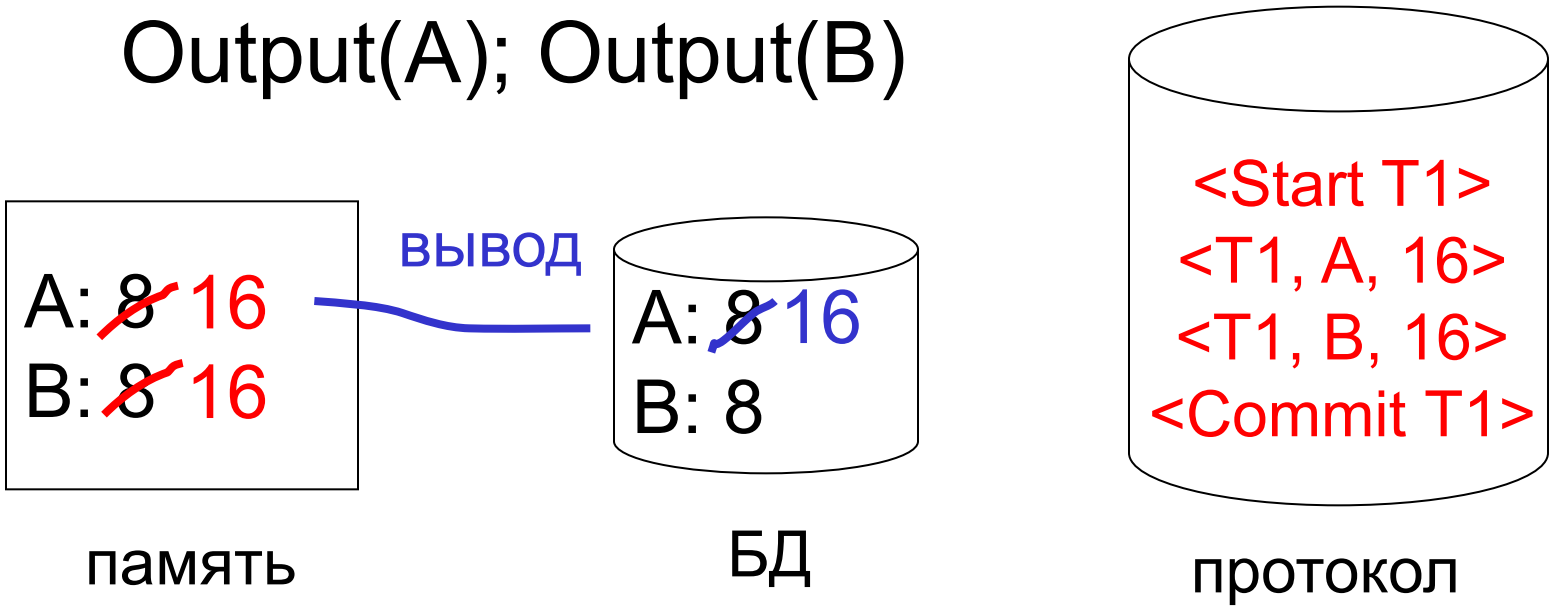
Нет проблем! Восстановления с использованием протокола возврата – идемпотентно (т.е.X * X = X)

Дальнешее обсуждение:

- Протокол-восстановления(повтора)
- Протокол-возврата-повтора, почему оба?
- Действия в реальности
- Контрольные точки
- Сбои физических носителей информации

Протокол-повтора
(отложенная модификация)

T1: Read(A,t); t←t×2; write (A,t);
Read(B,t); t←t×2; write (B,t);
Output(A); Output(B)



Правила протокола-повтора (Redo logging rules)

(1) Для каждого действия создать запись в протоколе-повтора (содержащую новое значение)

(2) Перед модификацией X на диске (БД), все записитранзакции, модифицирующие X (включая commit) должны быть записаны на диск

(3) Очистить буфер протокола (записать его содержимое на диск) при завершении (commit) транзакции

Правила восстановления: протокол-повтора

- Для каждой транзакции Ti, для которой в протоколе имеется запись <Commit Yi> :
  - Для всех записейl этой транзакции <Ti, X, v>:

    Write(X, v)

    Output(X)

Правила восстановления: протокол-повтора

(1) Пусть S = множество транзакций, для которыз в протоколе-повтора имеется запись <Commit Ti>

(2) Для каждой записи <Ti, X, v> в порядке от начала к концу протокола выполнить:

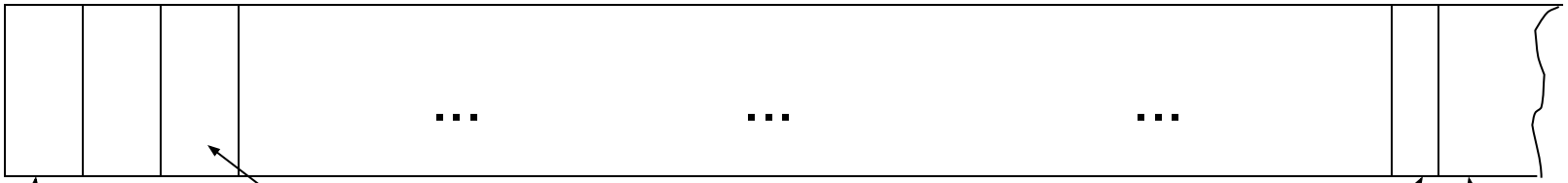
- если Ti $\in$ S то Write(X, v)

Output(X)

(3) Для каждой незавершенной транзакции (Ti $\notin$ S) записать <Abort Ti> в протокол

Восстановление очень медленное!

Протокол-повтора:



Первая запись (1 год назад)

Т1 записала A,B Завершена год назад --> Тем не менне, нужно повторить после сбоя!!

Послед. Запись

Сбой

Решение: Использование контрольных точек (простая версия)

Периодически, создавать контрольную точку:

(1) Прервать прием новых транзакций

(2) Подождать завершения всех текущих транзакций

(3) Очистить буферы протокола (записать на диск)

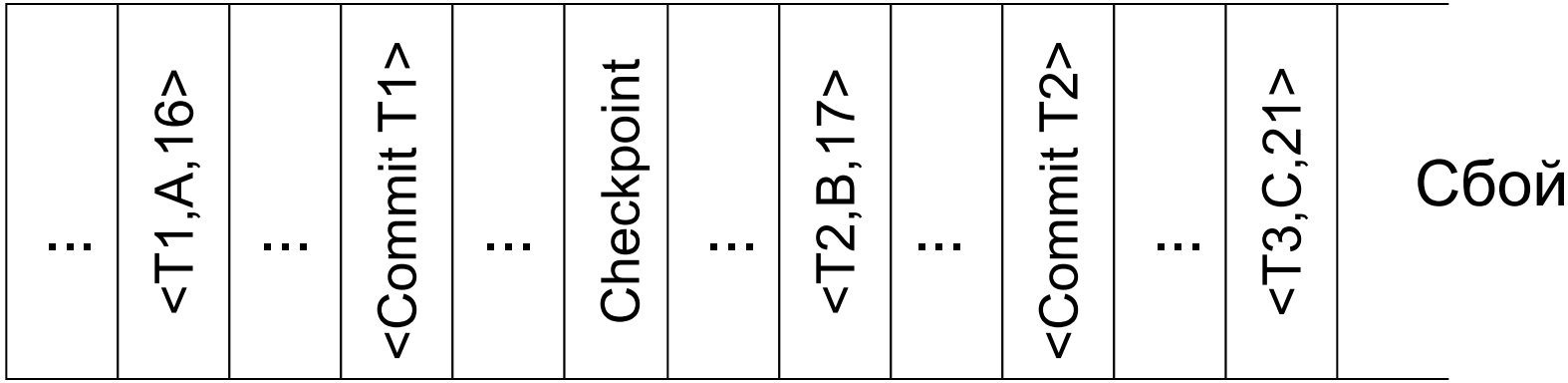
(4) Записать буферы БД на диск (не очищая буферы)

(5) Записать информацию о котрольной точке ("checkpoint") в протокол и на диск

(6) Возобновить обработку транзакций

Пример: Что делать при восстановлении?

Протокол-повтора (на диске):



Основные недостатки:

- *Протокол-возврата:* не может восстановить сопию текущего состояния БД
- *Протокол-повтора:* необходимо держать в памяти все модифицированные блоки до завершения транзакции

Решение: протокол-возврата-повтора!

Запись протокола ⇒

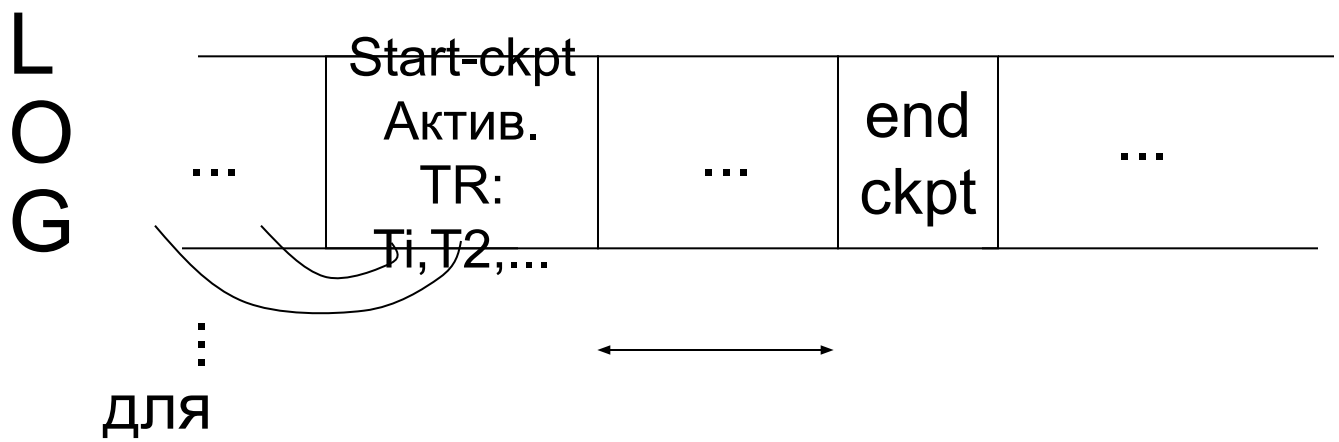
<T, X, новое значение X, старое значение X >

Правила

Перед изменением на диске элемента X БД, вызываемого транзакцией T, необходимо записать на диск соответствующую запись протокола

<T, X, новое значение X, старое значение X >

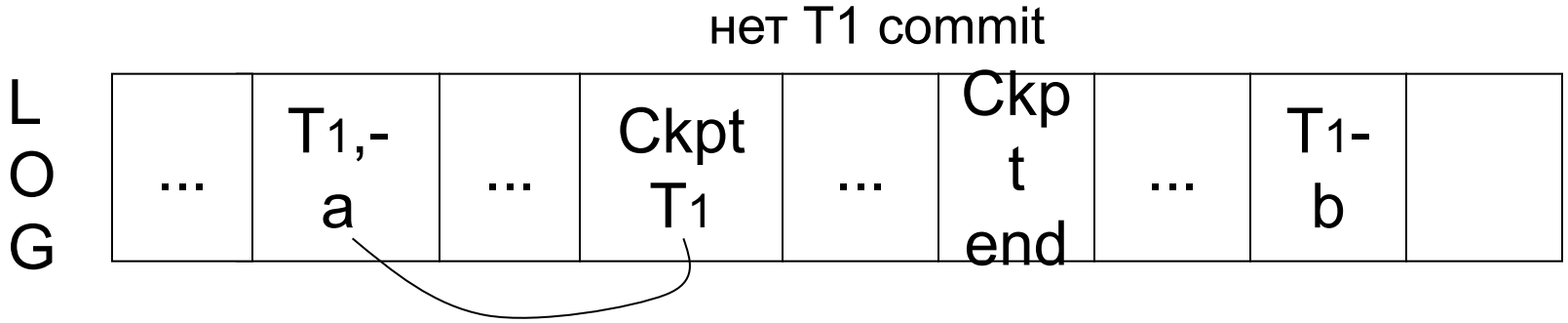
«Не останавливающие» контрольные точки



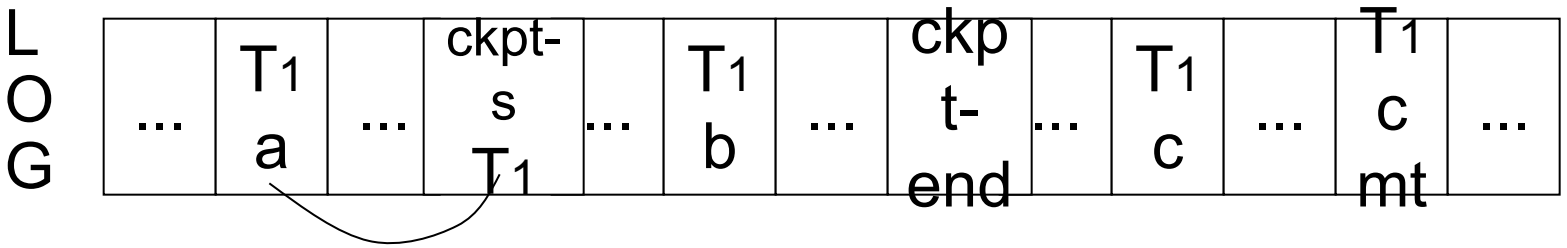
для возврата

измененные буферы памяти записываются на диск

Примеры:что делать при восстановлении?



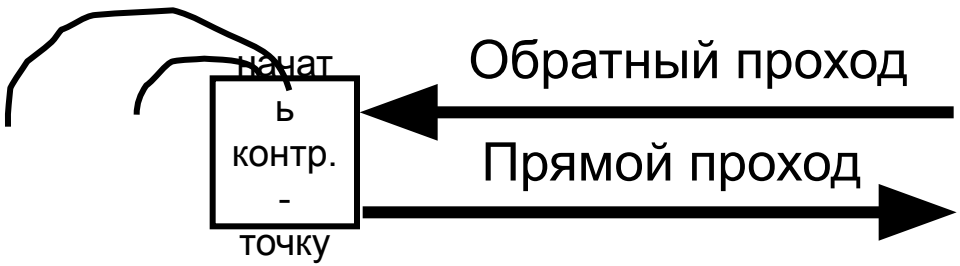
- отменить T1 (возвратить a,b)



- Повторить T1: (повторить b,c)

Процесс восстановления:

- Обратный проход (с конца протокола до места начала последней контрольной точки)
  - Построить множество S завершенных транзакций
  - Отменить действия транзакций, не вошедших в S
- Отменить активные транзакции контр.точки
  - Пройти по цепочке возврата для транзакций из (список активных транзакций контр.точки) - S
- Прямой проход (от начала последней контрольной точки до конца протокола)
  - Повторить действия транзакций из S



Действия в реальном мире

Например, выдача денег в банкомате

Ti = a1 a2 …... aj …... an

$

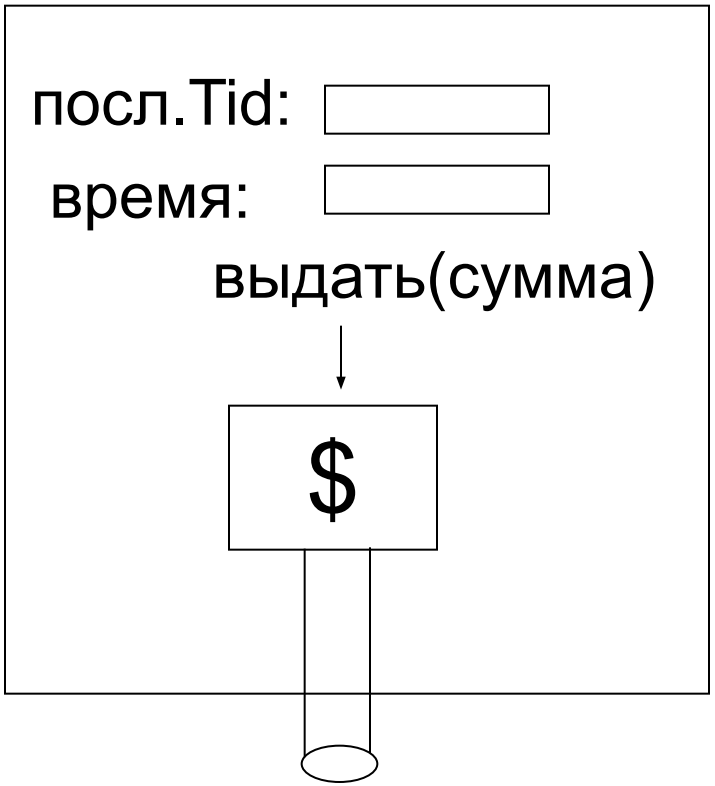
Решение

(1) Выполнять реальнве действия после завершения транзакции

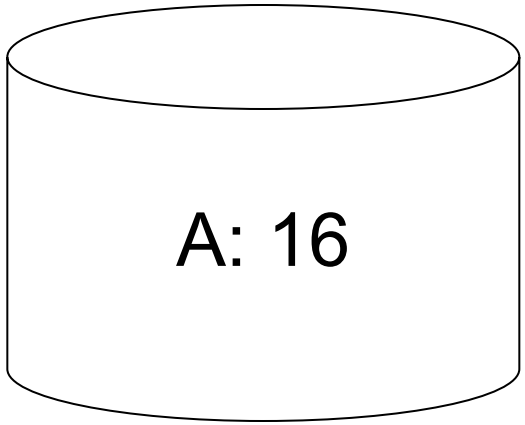
(2) Желательно, чтобы транзакция была идемпотентной

банкомат

Выдать $$
(сумма, Tid, время)



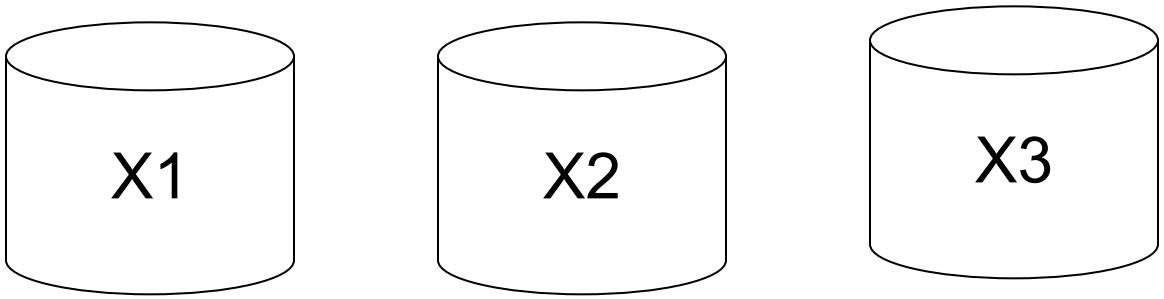
Сбои внешних носителей



Решение: Иметь несколько копий данных

Пример 1 Тройная избыточность

- Поддерживать 3 копии на различных дисках
- Output(X) --> 3 операции вывода
- Input(X) --> 3 операции ввода + голосование



Пример #2 Избыточная запись, единственное чтение

- Поддерживать N копий на различных дисках
- Output(X) --> N операций вывода
- Input(X) --> чтение 1 копии -
  если шибок нет- принять
  - иначе читать копию

 Предполагается, что можно определить, являются ли прочитаннве данные ошибочными

Пример #3:
Резервная копия БД + протокол

- если текущая БД потеряна,
  - – восстановить резервную копию
  - – восстановить текущее состояние, использую протокол

Когда протокол (или его часть) становится ненужным?

Итог

- Согласованность данных
- Один источник проблем - сбои:
  - Использование протоколов
  - Избыточность
- Другой источник проблем – совместное использование данных:
  -> следующая тема