



Concorrência

Prof. Márcio Bueno

{bd2tarde,bd2noite}@marciobueno.com

Controle de Concorrência

■ SGBD

- sistema multiusuário em geral

- diversas transações executando simultaneamente

■ Garantia de **isolamento** de Transações

- 1ª solução: uma transação executa por vez

- **escalonamento serial** de transações

- solução bastante ineficiente!

- várias transações podem esperar muito tempo para serem executadas

- CPU pode ficar muito tempo ociosa

- enquanto uma transação faz I/O, por exemplo, outras transações poderiam ser executadas

Controle de Concorrência

- Solução mais eficiente

- execução concorrente de transações de modo a preservar o isolamento

- escalonamento (*schedule*) não-serial e íntegro

- responsabilidade do subsistema de controle de concorrência ou *scheduler*

T1	T2
read(X)	
X = X - 20	
write(X)	
read(Y)	
Y = Y + 20	
write(Y)	
	read(X)
	X = X + 10
	write(X)

execução serial

execução não-serial ou concorrente

T1	T2
read(X)	
X = X - 20	
write(X)	
	read(X)
	X = X + 10
	write(X)
read(Y)	
Y = Y + 20	
write(Y)	

Scheduler

- Responsável pela definição de escalonamentos não-seriais de transações
- *“Um escalonamento E define uma ordem de execução das operações de várias transações, sendo que a ordem das operações de uma transação T_x em E aparece na mesma ordem na qual elas ocorrem isoladamente em T_x ”*
- Problemas de um escalonamento não-serial mal definido (*inválido*)
 - atualização perdida (*lost-update*)
 - leitura suja (*dirty-read*)

Atualização Perdida

- Uma transação T_y grava em um dado atualizado por uma transação T_x

T1	T2
read(X)	
$X = X - 20$	
	read(X)
	$X = X + 10$
write(X)	
read(Y)	
	write(X)
$Y = X + 30$	
write(Y)	

← a atualização de X por T1 foi perdida!

Leitura Suja

- *Tx* atualiza um dado *X*, outras transações posteriormente lêem *X*, e depois *Tx* falha

T1	T2
read(X)	
$X = X - 20$	
write(X)	
	read(X)
	$X = X + 10$
	write(X)
read(Y)	
<i>abort()</i>	

← T2 leu um valor de *X* que não será mais válido!

Scheduler

- Deve evitar escalonamentos inválidos
 - exige análise de **operações em conflito**
 - operações que pertencem a transações diferentes
 - transações acessam o mesmo dado
 - pelo menos uma das operações é *write*
 - tabela de situações de conflito de transações
 - podem gerar um estado inconsistente no BD

		Ty	
		read(X)	write(X)
Tx	read(X)		✓
	write(X)	✓	✓

Scheduler X Recovery

- *Scheduler* deve cooperar com o *Recovery*!
- Categorias de escalonamentos considerando o grau de cooperação com o *Recovery*
 - recuperáveis X não-recuperáveis
 - permitem aborto em cascata X evitam aborto em cascata
 - estritos X não-estritos

Escalonamento Recuperável

- Garante que, se T_x realizou *commit*, T_x não irá sofrer UNDO
 - o *recovery* espera sempre esse tipo de escalonamento!
- Um escalonamento E é recuperável se nenhuma T_x em E for concluída até que todas as transações que gravaram dados lidos por T_x tenham sido concluídas

T1	T2
read(X)	
$X = X - 20$	
write(X)	
	read(X)
	$X = X + 10$
	write(X)
	<i>commit</i> ()
<i>abort</i> ()	

escalonamento
não-recuperável

T1	T2
read(X)	
$X = X - 20$	
write(X)	
	read(X)
	$X = X + 10$
	write(X)
<i>commit</i> ()	
	<i>commit</i> ()

escalonamento
recuperável

Escalonamento sem Aborto em Cascata

- Um escalonamento recuperável pode gerar abortos de transações em cascata
 - consome muito tempo de *recovery*!
- Um escalonamento *E* é recuperável e evita aborto em cascata se uma *Tx* em *E* só puder ler dados que tenham sido atualizados por transações que já concluíram

T1	T2
read(X)	
$X = X - 20$	
write(X)	
	read(X)
	$X = X + 10$
	write(X)
abort()	...

escalonamento
recuperável
com aborto em
cascata

T1	T2
read(X)	
$X = X - 20$	
write(X)	
commit()	
	read(X)
	$X = X + 10$
	write(X)
	...

escalonamento
recuperável
sem aborto em
cascata

Escalonamento Estrito

- Garante que, se T_x deve sofrer UNDO, basta gravar a *before image* dos dados atualizados por ela
- Um escalonamento E é recuperável, evita aborto em cascata e é estrito se uma T_x em E só puder ler ou atualizar um dado X depois que todas as transações que atualizaram X tenham sido concluídas

escalonamento
recuperável
sem aborto em
cascata e
não-estricto

T1	T2
read(X)	
$X = X - 20$	
write(X)	
	read(Y)
	$X = Y + 10$
	write(X)
	commit()
abort()	

escalonamento
recuperável
sem aborto em
cascata e
estricto

T1	T2
read(X)	
$X = X - 20$	
write(X)	
	read(Y)
	$X = Y + 10$
commit()	
	write(X)
	commit()

Teoria da *Serializabilidade*

- Garantia de escalonamentos não-seriais **válidos**
- Premissa
 - “*um escalonamento não-serial de um conjunto de transações deve produzir resultado equivalente a alguma execução serial destas transações*”

entrada:	T1	T2
$X = 50$	read(X)	
$Y = 40$	$X = X - 20$	
	write(X)	
execução serial	read(Y)	
	$Y = Y + 20$	
	write(Y)	
saída:		read(X)
$X = 40$		$X = X + 10$
$Y = 60$		write(X)

entrada:	T1	T2
$X = 50$	read(X)	
$Y = 40$	$X = X - 20$	
	write(X)	
execução não-serial serializável		read(X)
		$X = X + 10$
		write(X)
saída:	read(Y)	
$X = 40$	$Y = Y + 20$	
$Y = 60$	write(Y)	

Verificação de Serializabilidade

■ Duas principais técnicas

- equivalência de conflito
- equivalência de visão

■ Equivalência de Conflito

- *“dado um escalonamento não-serial E' para um conjunto de Transações T , E' é serializável em conflito se E' for equivalente em conflito a algum escalonamento serial E para T , ou seja, a ordem de quaisquer 2 operações em conflito é a mesma em E' e E .”*

Exemplo: Equivalência de Conflito

escalonamento serial E

T1	T2
read(X)	
$X = X - 20$	
write(X)	
read(Y)	
$Y = Y + 20$	
write(Y)	
	read(X)
	$X = X + 10$
	write(X)

escalonamento não-serial $E1$

T1	T2
read(X)	
$X = X - 20$	
write(X)	
	read(X)
	$X = X + 10$
	write(X)
read(Y)	
$Y = Y + 20$	
write(Y)	

escalonamento não-serial $E2$

T1	T2
read(X)	
$X = X - 20$	
	read(X)
	$X = X + 10$
write(X)	
read(Y)	
	write(X)
$Y = Y + 20$	
write(Y)	

- $E1$ equivale em conflito a E
- $E2$ não equivale em conflito a nenhum escalonamento serial para T1 e T2
- $E1$ é serializável e $E2$ não é serializável

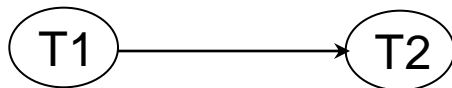
Verificação de Equivalência em Conflito

- Construção de um **grafo direcionado de precedência**
 - nodos são IDs de transações
 - arestas rotuladas são definidas entre 2 transações T1 e T2 se existirem operações em conflito entre elas
 - direção indica a ordem de precedência da operação
 - **origem** indica onde ocorre primeiro a operação
- Um **grafo com ciclos** indica um escalonamento não-serializável em conflito!

Grafo de Precedência

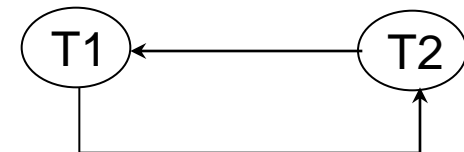
escalonamento serializável $E1$

T1	T2
read(X)	
$X = X - 20$	
write(X)	
	read(X)
	$X = X + 10$
	write(X)
read(Y)	
$Y = Y + 20$	
write(Y)	



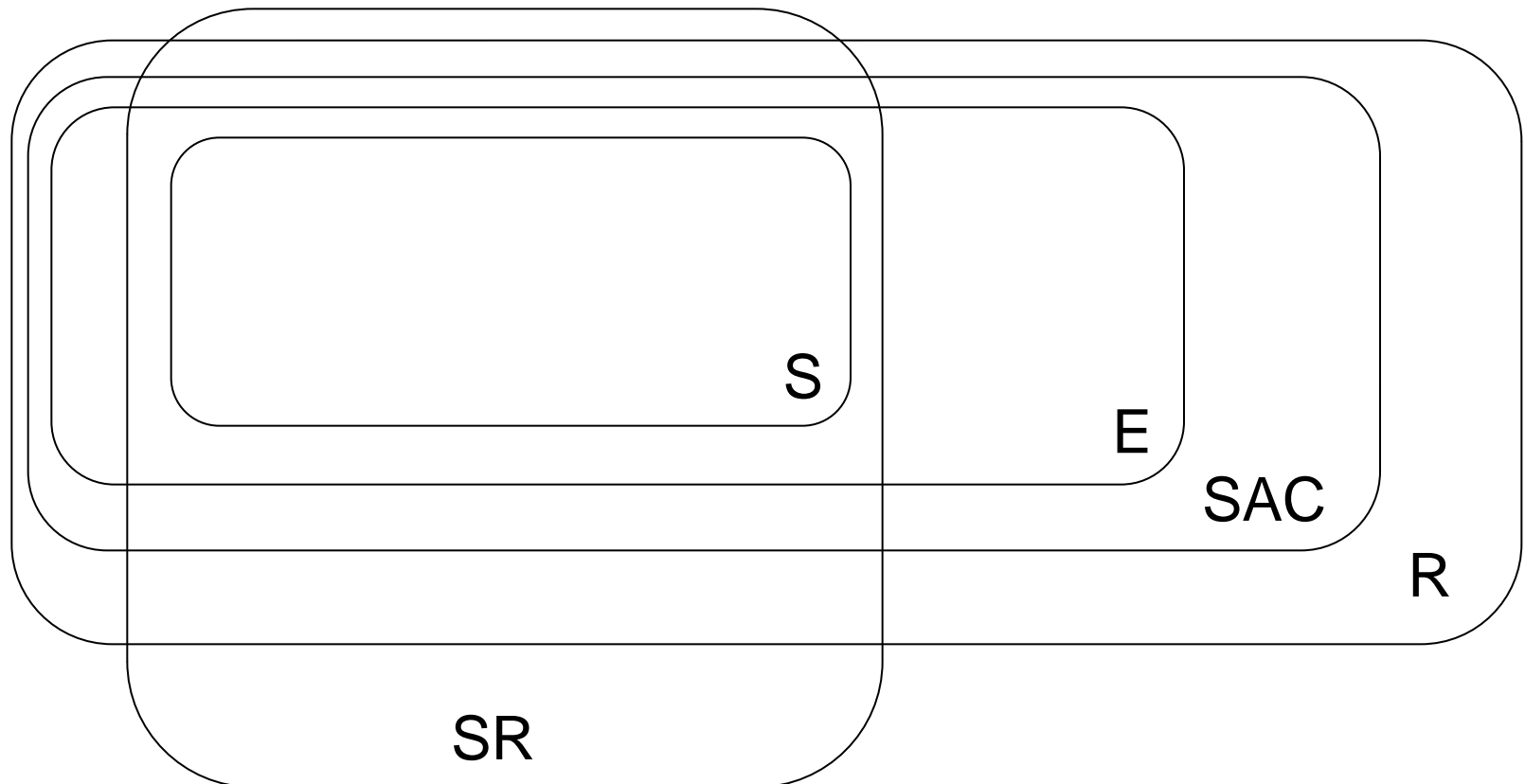
escalonamento não-serIALIZÁVEL $E2$

T1	T2
read(X)	
$X = X - 20$	
	read(X)
	$X = X + 10$
write(X)	
read(Y)	
	write(X)
$Y = Y + 20$	
write(Y)	



Relação entre Escalonamentos

- **SR** = escalonamento serializável
- **R** = escalonamento recuperável
- **SAC** = escalonamento sem aborto em cascata
- **E** = escalonamento estrito
- **S** = escalonamento serial



História

- Representação seqüencial da execução entrelaçada de um conjunto de transações concorrentes

□ operações consideradas

- *read* (r), *write* (w),
commit (c), *abort* (a)

■ Exemplo

$H_{E2} = r1(x) r2(x) w1(x) r1(y) w2(x) w1(y) c1 c2$

escalonamento não-serializável $E2$

T1	T2
read(X)	
X = X - 20	
	read(X)
	X = X + 10
write(X)	
read(Y)	
	write(X)
Y = Y + 20	
write(Y)	
commit()	
	commit()

Exercícios 1

1. Dadas as transações abaixo, associe corretamente a história com o tipo de escalonamento (SR, R, SAC, E, S)

T1 = w(x) w(y) w(z) c1

T2 = r(u) w(x) r(y) w(y) c2

H_{E1} = w1(x) w1(y) r2(u) w2(x) r2(y) w2(y) c2 w1(z) c1 ()

H_{E2} = w1(x) w1(y) w1(z) c1 r2(u) w2(x) r2(y) w2(y) c2 ()

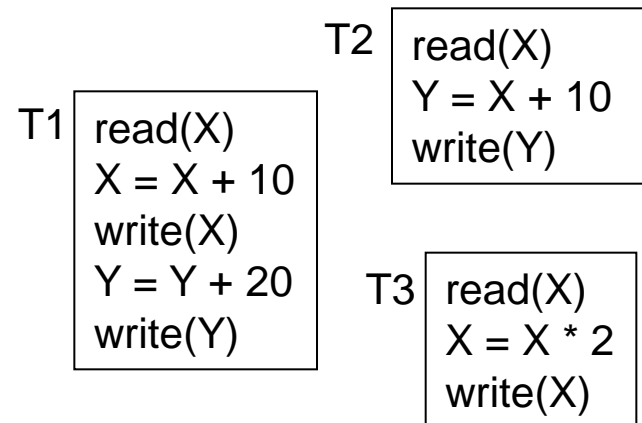
H_{E3} = w1(x) w1(y) r2(u) w2(x) w1(z) c1 r2(y) w2(y) c2 ()

H_{E4} = w1(x) w1(y) r2(u) w1(z) c1 w2(x) r2(y) w2(y) c2 ()

H_{E5} = w1(x) w1(y) r2(u) w2(x) r2(y) w2(y) w1(z) c1 c2 ()

2. Dadas as transações ao lado, dê um exemplo de uma história:

- a) não-serializável
- b) serializável e não-recuperável
- c) sem aborto em cascata



Equivalência de Visão

- *“dado um escalonamento não-serial E' para um conjunto de Transações T , E' é serializável em visão se E' for equivalente em visão a algum escalonamento serial E para T , ou seja:*
 - *para toda operação $read(X)$ de uma T_x em E' , se X é lido após um $write(X)$ de uma T_y em E' (ou originalmente lido do BD), então essa mesma seqüência deve ocorrer em E ;*
 - *se uma operação $write(X)$ de uma T_k for a última operação a atualizar X em E' , então T_k também deve ser a última transação a atualizar X em E .”*

Serializabilidade de Visão

Idéia básica

- enquanto cada $read(X)$ de uma T_x ler o resultado de uma mesmo $write(X)$ em E' e E , em ambos os escalonamentos, T_x tem a mesma visão do resultado
- se o último $write(X)$ é feito pela mesma transação em E' e E , então o estado final do BD será o mesmo em ambos os escalonamentos

Exemplo

$$H_{\text{serial}} = r1(X) \text{ w1(X) c1 w2(X) c2 w3(X) c3}$$

$$H_{\text{exemplo}} = r1(X) \text{ w2(X) w1(X) w3(X) c1 c2 c3}$$

- H_{exemplo} não é serializável em conflito, mas é serializável em visão

Serializabilidade em Conflito e de Visão

- A serializabilidade de visão é **menos restritiva** que a serializabilidade em conflito
 - um escalonamento E' serializável em conflito também é serializável em visão, porém o contrário nem sempre é verdadeiro
- A serializabilidade de visão é **muito mais complexa de verificar** que a serializabilidade em conflito
 - problema NP-completo!
 - difícil a sua utilização na prática...

Verificação de Serializabilidade

- Técnicas propostas (em conflito e de visão) são difíceis de serem testadas
 - exige que se tenha um conjunto fechado de transações para fins de verificação
- Na prática
 - conjunto de transações executando concorrentemente é muito dinâmico!
 - novas transações estão sendo constantemente submetidas ao SGBD para execução
 - logo, a serializabilidade é garantida através de técnicas (ou protocolos) de controle de concorrência que não precisam testar os escalonamentos