

Bancos de dados distribuídos

Conceitos Básicos

- Sistema de Banco de Dados (SBD)
 - componentes
 - dados: banco de dados (BD)
 - *software*: sistema gerenciador de BD (SGBD)
 - *hardware*
 - usuários
 - centralizado
 - componentes localizados em um único computador ou *site*
 - distribuído
 - componentes espalhados fisicamente em diversos *sites* ligados através de uma rede de comunicação

Vantagens & Desvantagens

- Vantagens
 - compartilhamento controlado dos dados
 - aumento da disponibilidade e confiabilidade do sistema
 - aumento do desempenho do sistema
- Desvantagens
 - aumento do custo de desenvolvimento do *software*
 - aumento do custo devido à comunicação entre os nós

Problemas

- Projeto do BD distribuído
- Processamento e otimização de consultas distribuídas
- Gerenciamento de transações distribuídas
- Gerenciamento dos dados replicados
- Recuperação de falhas
- Gerenciamento do dicionário de dados

Sistema de banco de dados distribuído

- Um sistema de banco de dados distribuído consiste em sites pouco acoplados, que não compartilham um componente físico
- Os sistemas de BD que executam em cada site são independentes um do outro
- As transações podem acessar dados em um ou mais sites

Bancos de dados distribuídos homogêneos

- Em um banco de dados distribuído homogêneo
 - Todos os sites possuem **software idêntico**
 - Estão cientes um do outro e concordam em **cooperar** no processamento de solicitações do usuário.
 - Aparece ao usuário como um único sistema
- Em um banco de dados distribuído heterogêneo
 - Diferentes sites podem usar diferentes esquemas e software
 - ▶ A diferença no esquema é um grande problema para o processamento da consulta
 - ▶ A diferença no software é um grande problema para o processamento da transação

Armazenamento de dados distribuído

fragmentação



divide o BD em unidades lógicas (fragmentos) que podem ser armazenadas em diferentes *sites*

alocação



aloca os fragmentos (ou cópias dos fragmentos) nos diferentes *sites*

replicação



mantém cópias (réplicas) dos dados do BD em diferentes *sites*

Replicação de dados

- Uma relação ou fragmento de uma relação é **replicado** se for armazenado **redundantemente** em dois ou mais sites.
- A **replicação total** de uma relação é o caso onde a relação é armazenada em **todos os sites**.
- Bancos de dados **totalmente redundantes** são aqueles em que cada site contém uma cópia do banco de dados **inteiro**.

Replicação de dados (cont.)

■ Vantagens da replicação

- **Disponibilidade**: a falha do site contendo a relação r não resulta na indisponibilidade de r se houver réplicas.
- **Paralelismo**: as consultas sobre r podem ser processadas por vários nós em paralelo.
- **Transferência de dados reduzida**: a relação r está disponível localmente em cada site contendo uma réplica de r .

Replicação de dados (cont.)

■ Desvantagens da replicação

- **Pior desempenho das atualizações:** cada réplica da relação r precisa ser atualizada.
- **Maior dificuldade de manutenção da consistência**
- **Controle de concorrência mais complexo**
 - atualizações concorrentes para réplicas distintas podem levar a dados inconsistentes, a menos que mecanismos especiais de controle de concorrência sejam implementados.

Fragmentação de dados

- Divisão da relação r em fragmentos r_1, r_2, \dots, r_n , que contêm informações suficientes para reconstruir a relação r .
- Fragmentação **horizontal**: cada tupla de r é atribuída a um ou mais segmentos
- Fragmentação **vertical**: o esquema para a relação r é dividido em vários esquemas menores.

Fragmentação horizontal da relação *conta*

<i>nome_agência</i>	<i>número_conta</i>	<i>saldo</i>
Hillside	A-305	500
Hillside	A-226	336
Hillside	A-155	62

$$conta_1 = \sigma_{nome_agência = "Hillside"}(conta)$$

<i>nome_agência</i>	<i>número_conta</i>	<i>saldo</i>
Valleyview	A-177	205
Valleyview	A-402	10000
Valleyview	A-408	1123
Valleyview	A-639	750

$$conta_2 = \sigma_{nome_agência = "Valleyview"}(conta)$$

Fragmentação vertical da relação *info-funcionário*

<i>nome_agência</i>	<i>nome_cliente</i>	<i>id_tupla</i>
Hillside	Lowman	1
Hillside	Camp	2
Valleyview	Camp	3
Valleyview	Kahn	4
Hillside	Kahn	5
Valleyview	Kahn	6
Valleyview	Green	7

$depósito_1 = \Pi_{nome_agência, nome_cliente, id_tupla}(info-funcionário)$

<i>número_conta</i>	<i>saldo</i>	<i>id_tupla</i>
A-305	500	1
A-226	336	2
A-177	205	3
A-402	10000	4
A-155	62	5
A-408	1123	6
A-639	750	7

$depósito_2 = \Pi_{número_conta, saldo, id_tupla}(info-funcionário)$

Fragmentação Mista

- $\pi_{\text{nro_cli}, \text{nome_cli}, \text{end_cli}} (\sigma_{\text{nro_cli} < 03} (\text{cliente}))$
- $\pi_{\text{nro_cli}, \text{saldo_dev}, \text{nome_gerente}} (\sigma_{\text{nro_cli} < 03} (\text{cliente}))$

nro_cli	nome_cli	end_cli
01	Márcia	RUA X
02	Cristina	Avenida Y

nro_cli	saldo_dev	nome_gerente
01	100,00	Manoel
02	000,00	Manoel

- $\pi_{\text{nro_cli}, \text{nome_cli}, \text{end_cli}} (\sigma_{\text{nro_cli} \geq 03} (\text{cliente}))$
- $\pi_{\text{nro_cli}, \text{saldo_dev}, \text{nome_gerente}} (\sigma_{\text{nro_cli} \geq 03} (\text{cliente}))$

nro_cli	nome_cli	end_cli
03	Manoel	Rua XYZ
04	Rodrigo	Rua X
05	Carlos	Avenida R
06	Maria	Rua AWZ

nro_cli	saldo_dev	nome_gerente
03	234,00	Manoel
04	137,00	Maria
05	500,00	Maria
06	439,00	Maria

Vantagens da fragmentação

- permite o **processamento paralelo** sobre fragmentos de uma relação
- permite que uma relação seja dividida de modo que as partes da relação sejam **alocadas** onde são **acessadas** com mais frequência

Transparência de dados

- Transparência de dados: Grau ao qual o usuário do sistema pode permanecer desavisado dos detalhes de como e onde os itens de dados são armazenados em um sistema distribuído
- Considere questões de transparência em relação a:
 - Transparência de fragmentação
 - Transparência de replicação
 - Transparência de local

Tipos de SBD Distribuídos

- Grau de heterogeneidade
 - homogêneo: o mesmo *software* é utilizado
 - heterogêneo: diferentes *software*, modelos de dados, protocolos de controle de concorrência, dentre outros, são utilizados

Tipos de SBD Distribuídos

- Grau de autonomia local
 - sem autonomia: apenas um único esquema conceitual existe e os *sites* não são autônomos
 - com autonomia: os *sites* são autônomos (i.e, possuem seus próprios usuários e transações locais, e podem autorizar o acesso a apenas porções particulares dos seus dados)

Transações distribuídas

Transações distribuídas

- A transação pode acessar dados em vários sites.
- Cada site possui um **gerenciador de transação**, responsável por:
 - Manter um log para fins de recuperação
 - Participar na coordenação da execução concorrente das transações em execução nesse site.
- Cada site possui um **coordenador de transação**, responsável por:
 - Iniciar a execução das transações que originam no site.
 - Distribuir sub-transações nos sites apropriados para execução.
 - Coordenar o término de cada transação que origina no site, que pode resultar na transação sendo confirmada em todos os sites ou abortada em todos os sites.

Controle de concorrência nos bancos de dados distribuídos

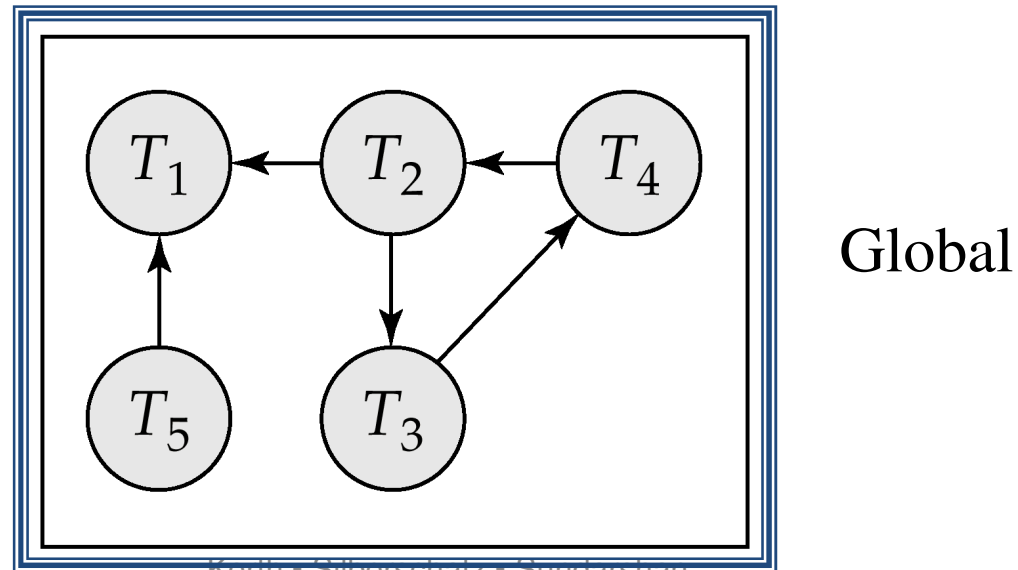
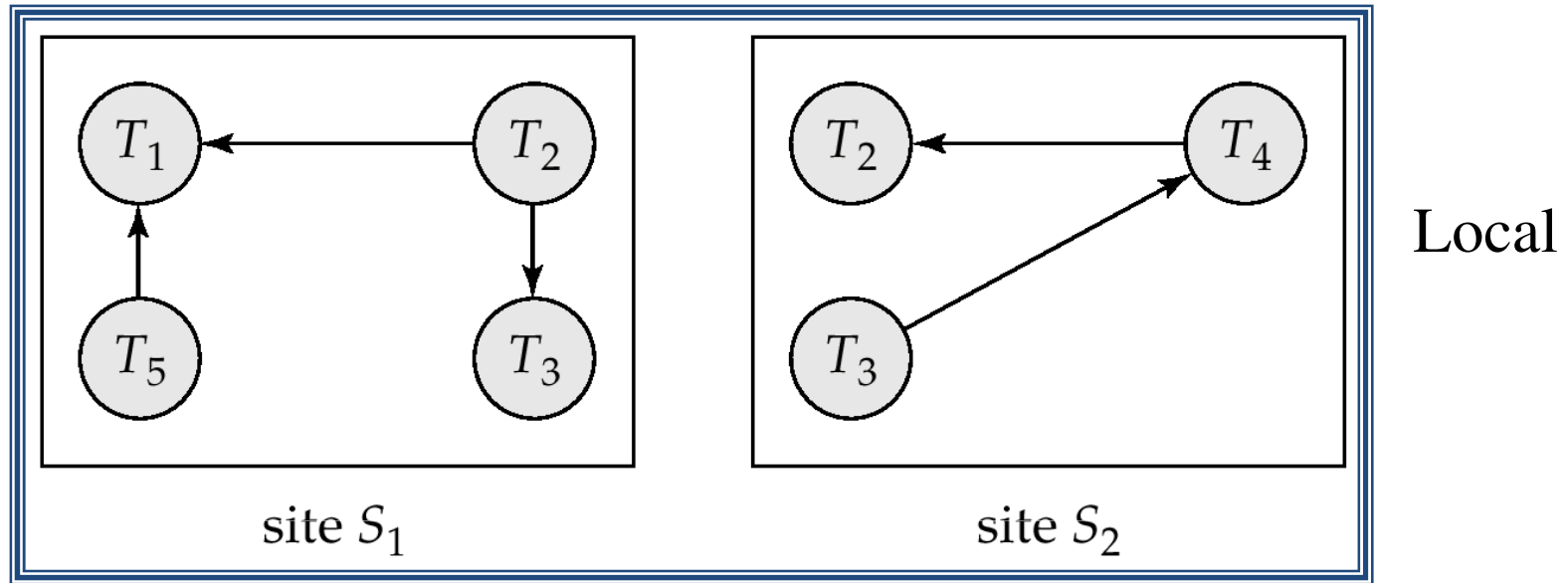
Controle de concorrência

- Problemas:
 - Como lidar com múltiplas cópias dos itens de dados?
 - Falhas de *site* individual;
 - Falhas de *links* de comunicação
 - *Commit* distribuído;
 - *Deadlock* distribuído.

Gerenciador de bloqueio distribuído

- A funcionalidade do bloqueio é implementada por gerenciadores de bloqueio em cada site
 - Os gerenciadores de bloqueio controlam o acesso aos itens de dados locais
 - ▶ Mas protocolos especiais podem ser usados para réplicas
- Vantagem → o trabalho é distribuído e pode se tornar robusto a falhas
- Desvantagem → a detecção de impasse é mais complicada
 - Os gerenciadores de bloqueio cooperam para a detecção do impasse
- Diversas variantes dessa técnica
 - Cópia principal, Protocolo da maioria, Protocolo tendencioso, Consenso de quorum

Gráficos de espera locais e globais



Processamento de consulta distribuído

Processamento de consulta distribuído

- Para sistemas centralizados, o principal critério para medir o custo de determinada estratégia é o número de acessos ao disco.
- Em um sistema distribuído, outras questões precisam ser levadas em conta:
 - O custo de uma transmissão de dados pela rede.
 - O ganho em potencial no desempenho de ter vários sites processando partes da consulta em paralelo.

Transformação de consulta

- Tradução de consultas algébricas em fragmentos.
 - Deverá ser possível construir a relação r a partir de seus fragmentos
 - Substitua a relação r pela expressão para construir a relação r a partir de seus fragmentos
- Considere a fragmentação horizontal da relação $conta$ em
 - $conta_1 = \sigma_{nome-agência = \text{"Hillside"}}(conta)$
 - $conta_2 = \sigma_{nome-agência = \text{"Valleyview"}}(conta)$
- A consulta $\sigma_{nome-agência = \text{"Hillside"}}(conta)$ torna-se
 - $\sigma_{nome-agência = \text{"Hillside"}}(conta_1 \cup conta_2)$
- que é otimizada para
 - $\sigma_{nome-agência = \text{"Hillside"}}(conta_1) \cup \sigma_{nome-agência = \text{"Hillside"}}(conta_2)$

Bancos de dados distribuídos heterogêneos

- Muitas aplicações de banco de dados exige dados de diversos bancos de dados já existentes localizados em uma coleção heterogênea de plataformas de hardware e software
- Os modelos de dados podem diferir (hierárquico, relacional etc.)
- Protocolos de commit de transação podem ser incompatíveis
- O controle de concorrência pode ser baseado em técnicas diferentes (bloqueio, estampa de tempo etc.)
- Detalhes em nível de sistema quase certamente são totalmente incompatíveis.
- Um sistema de banco de dados múltiplo é uma camada de software em cima de sistemas de banco de dados existentes, que são projetados para manipular informações em bancos de dados heterogêneos

Vantagens

- Preservação do investimento existente em
 - hardware
 - software de sistema
 - Aplicações
- Autonomia local e controle administrativo
- Permite o uso de SGBDs de uso especial

Vantagens

- Leva adiante um SGBD homogêneo unificado
 - Integração total para um SGBD homogêneo encara
 - Dificuldades técnicas e custo de conversão
 - Dificuldades organizacionais/políticas
 - » *Organizações não desejam abandonar o controle de seus dados*
 - » *Bancos de dados locais desejam reter muita autonomia*