Bancos de Dados Distribuídos

Prof. Frank Siqueira
Departamento de Informática e Estatística
Universidade Federal de Santa Catarina

Conteúdo

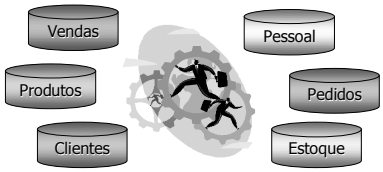
- Introdução aos BDs Distribuídos
- Processamento de Consultas Distribuídas
- Transações
- Controle de Concorrência
- Desenvolvimento de Aplicações

Introdução aos Bancos de Dados Distribuídos

- Motivação
- Conceitos
- Classificação de Bancos de Dados
- Arquitetura de BDs Distribuídos
- Armazenamento dos Dados

Motivação

- Bancos de Dados
  - Empregam tecnologia bastante sólida
  - Usados pela imensa maioria das empresas
  - Exercem papel vital na operação da empresa



Motivação

- A venda e a utilização de Sistemas de Bancos de Dados crescem constantemente devido à demanda gerada pelos Sistemas de Informação que deles necessitam

Motivação

- Sistemas que utilizam Bancos de Dados
  - SAD: Apoio à Decisão
  - SIG: Informações Gerenciais
  - ERP: Planejamento de Recursos
  - CRM: Relacionamento com o Cliente
  - BI: Inteligência de Negócio
  - etc.

Motivação

- Benefícios
  - Gerenciar o negócio de modo eficiente
  - Determinar o mercado-alvo de um produto
  - Definir preços, promoções e condições de compra dos produtos
  - Verificar a eficácia de campanhas de marketing
  - Otimizar a quantidade de produtos no estoque
  - Respostas rápidas a mudanças no mercado

... ou seja, ganhar eficiência e lucratividade

Motivação

- O acesso a Bancos de Dados é possível usando:

Linguagens de Consulta

Aplicações Gráficas

Aplicações de Rede

Páginas e Formulários da Web

Motivação

- No entanto...
  - A maioria das empresas utiliza mais de um banco de dados, muitas vezes dispersos em vários locais
    - É preciso ter uma visão integrada dos dados!
  - Operação simultânea de múltiplos BDs pode levar a dados inconsistentes em BDs diferentes
    - É preciso ter uma visão consistente dos dados!

Motivação

- Panorama Atual
  - Crescimento do número de usuários
  - Crescimento da quantidade de consultas
  - Automatização de todos os processos dentro de uma empresa ou instituição
  - Maior dependência dos bancos de dados
  - Novos tipos de dados, como som e imagem, exigem maior poder de processamento e armazenamento
- Soluções
  - Usar processamento paralelo e distribuído para processar as consultas em bancos de dados

Conceitos

- Processamento Paralelo
  - Consiste em executar simultaneamente várias partes de um mesmo processo ou aplicação
  - Processos são executadas paralelamente:
    - Em um mesmo processador
    - Em uma máquina multiprocessada
    - Em um cluster (máquinas interligadas por uma rede local que se comportam como uma só máquina)
  - Tornou-se possível a partir do desenvolvimento de sistemas operacionais multi-tarefa, multi-thread e paralelos

Conceitos

- Processamento Distribuído
  - Consiste em executar processos / aplicações cooperantes em máquinas diferentes
  - Processos são executadas em máquinas diferentes interligadas por uma rede
    - Redes locais
    - Internet
    - Outras redes públicas ou privadas
  - Tornou-se possível a partir da popularização das redes de computadores

Conceitos

- Características
  - Acoplamento
    - Sistemas paralelos são fortemente acoplados: compartilham hardware ou se comunicam através de um barramento de alta velocidade
    - Sistemas distribuídos são fracamente acoplados
  - Previsibilidade
    - O comportamento de sistemas paralelos é mais previsível; já os sistemas distribuídos são mais imprevisíveis devido ao uso da rede e a falhas

Conceitos

- Características (cont.)
  - Influência do Tempo
    - Sistemas distribuídos são bastante influenciados pelo tempo de comunicação pela rede; em geral não há uma referência de tempo global
    - Em sistemas paralelos o tempo de troca de mensagens pode ser desconsiderado
  - Controle
    - Em geral em sistemas paralelos se tem o controle de todos os recursos computacionais; já os sistemas distribuídos tendem a empregar também recursos de terceiros

Conceitos

- Vantagens
  - Usam melhor o poder de processamento
  - Apresentam um melhor desempenho
  - Permitem compartilhar dados e recursos
  - Podem apresentar maior confiabilidade
  - Permitem reutilizar serviços já disponíveis
  - Atendem um maior número de usuários
  - ...

Conceitos

- Dificuldades
  - Desenvolver, gerenciar e manter o sistema
  - Controlar o acesso concorrente a dados e a recursos compartilhados
  - Evitar que falhas de máquinas ou da rede comprometam o funcionamento do sistema
  - Garantir a segurança do sistema e o sigilo dos dados trocados entre máquinas
  - Lidar com a heterogeneidade do ambiente
  - ...

Classificação de Bancos de Dados

- Bancos de Dados Centralizados
  - Acesso ao banco de dados apenas a partir da máquina na qual o mesmo está localizado
- Bancos de Dados Cliente-Servidor
  - Os dados podem ser acessados por clientes remotos, ligados ao servidor por uma rede de comunicação
- Bancos de Dados Paralelos
  - O servidor utiliza uma máquina paralela (com vários processadores) para processar consultas/transações
- Bancos de Dados Distribuídos
  - Bancos de dados inter-relacionados localizados em diferentes servidores interconectados por uma rede

Classificação de Bancos de Dados

- De acordo com sua classificação, o BD requer o uso de um sistema gerenciador apropriado
- Classificação de SGBDs:
  - SGBDs Centralizados: gerenciam BDs acessados apenas por usuários com acesso à máquina local
  - SGBDs Cliente-Servidor: gerenciam o acesso a dados locais a partir de clientes remotos
  - SGBDs Paralelos: gerenciam execução de consultas/ transações em paralelo, usando vários processadores
  - SGBDs Distribuídos: gerenciam a execução de consultas em dados distribuídos por vários servidores

Classificação de Bancos de Dados

- Bancos de Dados Cliente-Servidor
  - Tornam os dados amplamente acessíveis para os usuários
  - Permitem o acesso remoto a partir de máquinas conectadas ao servidor através da rede
  - Acesso pode ser feito utilizando:
    - Um aplicativo cliente do SGBD (Ex.: console do Oracle, *query analyzer* do SQL Server, etc.)
    - Um programa que acessa o BD usando uma API (Ex.: ODBC, JDBC, ADO, etc.)
    - Uma aplicação Web que acessa os dados no BD (navegador Web → servidor HTTP → BD)

Classificação de Bancos de Dados

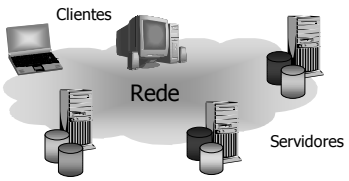
- Bancos de Dados Paralelos
  - Máquinas paralelas vem sendo usadas para supotar uma carga maior de trabalho dos SBDs
  - Vários processadores executam as operações em paralelo → uso de controle de concorrência
  - O usuário não vê diferença entre um BD paralelo e centralizado → transparência
  - Memória e disco podem ser compartilhados ou não
  - Custo de máquinas multi-processadas está caindo
  - Clusters podem ser montados a um custo reduzido utilizando PCs e software de gerenciamento adequado

Classificação de Bancos de Dados

- Bancos de Dados Paralelos (cont.)
  - Paralelismo pode ser usado:
    - Na entrada e saída de dados (operações de I/O)
    - No processamento de consultas
    - No processamento de operações individuais
  - Como resultado, pode-se obter um aumento de:
    - Escala: processar mais transações
    - Desempenho: tornar o processamento mais rápido
  - Problema: mais hardware → mais falhas
  - Solução: replicar dados → controlar consistência

Classificação de Bancos de Dados

- Bancos de Dados Distribuídos
  - Os dados estão distribuídos por várias localidades
  - Localização dos dados é transparente para o usuário
  - Máquinas se comunicam via rede para acessar os dados e processar as consultas



Classificação de Bancos de Dados

- BDs Distribuídos x Centralizados
  - BDs centralizados possuem um ponto único de falha
  - BDs distribuídos podem aumentar a robustez do sistema e a disponibilidade dos dados
  - BDs centralizados são limitados pela capacidade de processamento e armazenamento de uma máquina
  - BDs distribuídos podem crescer em escala adicionando novos servidores ao sistema
  - BDs distribuídos são mais sujeitos a apresentar falhas parciais de funcionamento e de segurança
  - BDs distribuídos são mais difíceis de administrar pois os servidores estão em locais diferentes

Classificação de Bancos de Dados

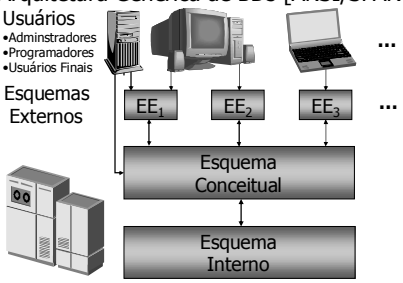
- BDs Distribuídos x Cliente-Servidor
  - BDs distribuídos também podem ser acessados remotamente por clientes
- BDs Distribuídos x Paralelos
  - Ambos podem processar consultas em paralelo usando os vários processadores disponíveis
  - Em BDs paralelos os processadores podem trocar dados usando discos ou memória compartilhada
  - O uso da rede em BDs distribuídos pode prejudicar o desempenho do sistema ao processar consultas
  - BDs paralelos são mais vulneráveis a algumas falhas, e não são tão escaláveis quanto BDs distribuídos

Classificação de Bancos de Dados

- BDs distribuídos podem ser classificados como:
  - Homogêneos: todos os *sites* usam o mesmo *software*
  - Heterogêneos
    - Usam *software* diferente
    - Podem usar esquemas de dados diferentes
    - Linguagem de consulta pode ser diferente
- Dificuldades adicionais em BDs distribuídos
  - Controlar a consistência dos dados armazenados
  - Processar consultas e transações de modo distribuído
  - Controlar a concorrência e resolver conflitos
  - Conciliar as diferenças em sistemas heterogêneos

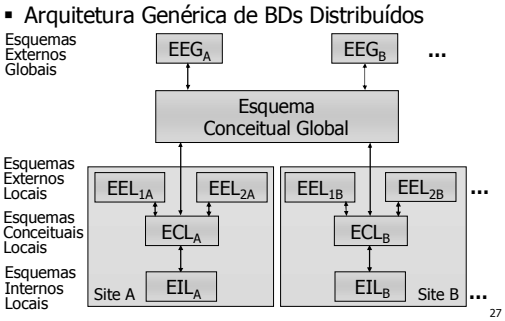
Arquitetura de BDs Distribuídos

- Arquitetura Genérica de BDs [ANSI/SPARC]



Arquitetura de BDs Distribuídos

- Arquitetura Genérica de BDs Distribuídos

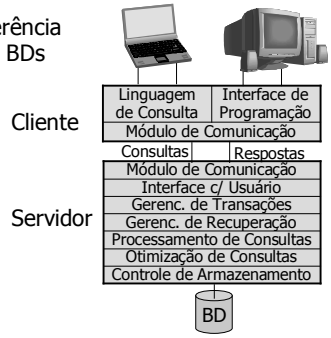


Arquitetura de BDs Distribuídos

- Usuários de BDs Distribuídos
  - Tipos de Usuários
    - Administradores locais ou globais
    - Programadores locais ou globais
    - Usuários finais locais ou globais
  - Usuários Globais
    - Possuem visão global do sistema
    - Visualizam um esquema externo global
  - Usuários Locais
    - Acessam diretamente o servidor local
    - Visualizam um esquema externo local

Arquitetura de BDs Distribuídos

- Gerência de BDs

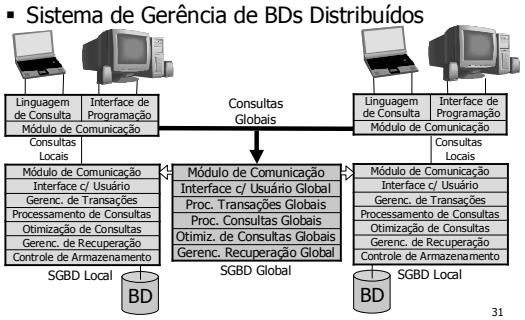


Arquitetura de BDs Distribuídos

- Problemas em BDs distribuídos
  - Otimização e processamento de consultas/transações distribuídas requer algoritmos/protocolos adequados
  - Mecanismos de controle e gerenciamento devem trabalhar de maneira integrada
- Problemas em BDDs heterogêneos
  - Precisamos conciliar as diferenças entre:
    - Modelos lógicos
    - Linguagens de definição e manipulação de dados
    - Formatos de dados: língua, ordenação dos bits, tamanho dos tipos de dados e representação na memória, tabelas de caracteres, etc.

Arquitetura de BDs Distribuídos

- Sistema de Gerência de BDs Distribuídos



Arquitetura de BDs Distribuídos

- Construção de BDs com arquitetura distribuída
  - Abordagens de projeto
    - *Top-Down*: usada em sistemas construídos do zero, geralmente homogêneos
    - *Bottom-Up*: usada quando os sistemas locais já estão instalados e precisam ser integrados
  - Questões a serem respondidas no projeto de BDDs
    - Onde colocar os *sites*?
    - Como fragmentar dados e distribuí-los pelos *sites*?
    - Replicação de dados é necessária?
    - Como integrar diferentes sistemas?

Armazenamento dos Dados

- Em BDs distribuídos os dados podem ser:
  - Replicados
  - Fragmentados
  - Replicados e Fragmentados
- Replicação de Dados
  - Uma mesma tabela pode ser armazenada em mais de um servidor
  - Vantagens: aumenta a disponibilidade e o paralelismo
  - Desvantagem: atualizações devem ser feitas em todos os servidores para manter consistência entre réplicas
  - Apresenta bom desempenho nas operações de leitura, mas causa *overhead* nas operações de escrita

Armazenamento dos Dados

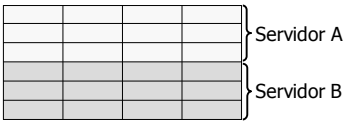
- Localização das Réplicas
  - Deve levar em conta os locais e usuários que acessam os dados replicados com maior freqüência
  - Deve ser transparente para o usuário
- Atualização de Réplicas
  - *Snapshot* : é feita a cópia completa das tabelas replicadas, podendo ocorrer atualizações periódicas
  - Incremental: os dados alterados são transferidos pela rede em um horário programado
  - Transacional: dados são atualizados nas réplicas no instante em que são modificados

Armazenamento dos Dados

- Fragmentação de Dados
  - Os dados mantidos em uma tabela podem ser divididos em dois ou mais fragmentos
  - Cada fragmento é armazenado em servidor do banco de dados distribuído
  - Fragmentação deve ser transparente para o usuário, que tema visão completa da tabela
  - Métodos usados para fragmentação:
    - Fragmentação horizontal
    - Fragmentação vertical
    - Fragmentação mista

Armazenamento dos Dados

- Fragmentação Horizontal
  - Cada fragmento contém um subconjunto das tuplas da relação completa
  - Cada tupla de uma relação precisa ser armazenada em pelo menos um servidor
  - A relação completa pode ser obtida fazendo a união dos fragmentos



Armazenamento dos Dados

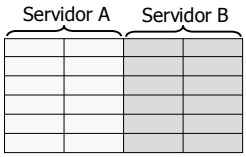
- Técnicas para fragmentação horizontal:
  - *Round-Robin*
    - Tuplas distribuídas uma a uma entre os servidores
    - Divide os dados igualmente
  - *Hash*
    - Usa uma função *hash* para determinar o servidor
    - Boa para processar seleções de igualdade
  - Por faixa
    - Cada servidor armazena as tuplas que estiverem dentro de uma faixa de valores
    - Boa para processar seleções de igualdade e para procurar por faixas de valores

Armazenamento dos Dados

- Tipos de Fragmentação Horizontal
  - Fragmentação Horizontal Primária
    - O(s) atributo(s) usados para fragmentar a tabela fazem parte da mesma
  - Fragmentação Horizontal Derivada
    - O(s) atributo(s) usados para fragmentar a tabela pertencem a outra tabela
    - As tabelas precisam estar relacionadas através de algum atributo chave
    - Pode exigir mais processamento e acesso a disco para execução de consultas

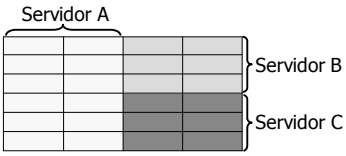
Armazenamento dos Dados

- Fragmentação Vertical
  - Relações são decompostas em conjuntos de atributos mantidos em servidores diferentes
  - Cada fragmento é uma projeção da relação completa
  - A relação completa pode ser obtida fazendo a junção de todos os fragmentos



Armazenamento dos Dados

- Fragmentação Mista
  - Combina fragmentação horizontal e vertical



- Fragmentação e Replicação de Dados
  - Dados são fragmentados horizontal ou verticalmente
  - Cada fragmento é mantido em mais de um servidor