

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade do Gama

Sistemas de Banco de Dados 2

Tecnologias de Banco de Dados (TI-BD)

Bancos de Dados Paralelos

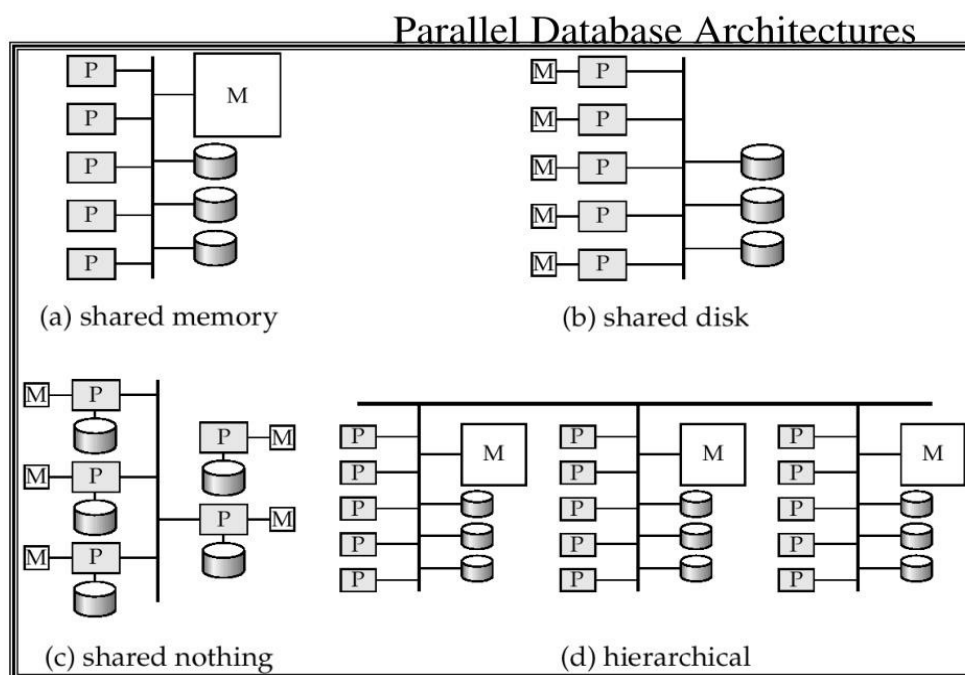
Renato Britto Araujo
180027239

Brasília, DF
2023

Definição

Bancos de Dados Paralelos são sistemas de gerenciamento de banco de dados que permitem que múltiplos processadores trabalhem simultaneamente para processar grandes quantidades de dados. Esse tipo de arquitetura é amplamente utilizado em ambientes de processamento de dados em tempo real, como centros de dados e empresas que lidam com grandes volumes de dados.

A arquitetura de um sistema de banco de dados paralelos pode ser descrita utilizando o conceito de 'nó' (ou 'instância', ambos serão usados como sinônimos nos parágrafos à seguir), em que cada nó ou instância seria conceitualmente independente de outra, assim como um processo de sistema operacional é conceitualmente independente dos outros embora todos juntos possam compor um programa. Todos os nós tem acesso à 3 recursos computacionais: RAM, CPU e disco, como demonstrado na imagem abaixo:



É possível também que estes nós operem de forma descentralizada, como iguais entre si e utilizando um protocolo de comunicação onde as respostas dos sistemas podem ser colaborativamente contruídas e verificadas como sendo a verdade por cada um dos membros, ou que operem como hierarquias, onde cada nó possui uma posição na hierarquia, e os nós 'mestres' respondem autoritativamente representando o sistema caso o 'escravo' encontre qualquer ambiguidade em sua resposta.

A primeira descrição de uma base de dados paralela foi proposta por Shoshani e Bernstein, em um paper para a Communications of the ACM em 1969. O propósito era definir a maior quantidade de atividades paralelas que poderia teoricamente ser realizada por um sistema de base de dados, assumindo que todas as suas operações poderiam ser representadas como um grafo hierárquico. As principais dificuldades encontrada pela dupla continua sendo um problema relevante: consistência dos dados e distribuição das operações.

Desde do primeiro exemplo rudimentar de um sistema de banco de dados paralelo, houveram diversas arquiteturas e implementações. Uma forma comum de se categorizar diferentes implementações de bancos de dados paralelos pode ser por meio da análise de como sua arquitetura possibilita o compartilhamento dos três recursos fundamentais para os nós: o disco, a RAM e/ou a CPU:

Existem as arquiteturas de compartilhamento de disco, que são baseadas na ideia de um array de disco central que é compartilhado por múltiplos nós em um cluster. Nessa arquitetura, cada nó possui seu próprio processador, memória e cache, e se comunica com o array de disco central para acessar dados. A vantagem das arquiteturas de compartilhamento de

disco é que elas são fáceis de gerenciar e podem fornecer alta performance para consultas complexas. No entanto, elas podem sofrer com gargalos de performance devido à concorrência pelo array de disco central e podem ser limitadas em escalabilidade devido à necessidade de acessar o array de disco central. O maior fator limitante da performance é o teto do número de computações que o disco central pode processar.

As arquiteturas sem compartilhamento de recursos são baseadas na ideia de distribuir dados e processamento entre múltiplos nós em um cluster. Nessa arquitetura, cada nó possui seu próprio processador, memória e armazenamento de disco, e se comunica com outros nós do cluster por meio de uma interconexão de alta velocidade, protocolos seguros de autenticação e autorização e um protocolo desenhado especialmente para habilitar a exploração do conjunto de dados guardados pelo sistema como um todo, bem como outras necessidades como de fazer *joins* de dados entre múltiplas instâncias do sistema. Esse tipo de arquitetura pode fornecer alta escalabilidade e performance, já que cada nó pode trabalhar em um subconjunto dos dados independentemente. No entanto, o design dos protocolos de comunicação tornam as garantias A.C.I.D. impossíveis, exceto se um nó (por exemplo, servidores) se comunique com todos os outros, e isto seria possivelmente é mais custoso, em questão de tempo, do que apenas um único nó operando sozinho.

As arquiteturas híbridas combinam elementos das arquiteturas de compartilhamento de disco e sem compartilhamento. Nessa arquitetura, os dados são particionados entre múltiplos nós em um cluster, mas um array de disco central é usado para armazenar dados comuns e metadados. A vantagem das arquiteturas híbridas é que elas podem fornecer alta escalabilidade e performance, enquanto ainda permitem o gerenciamento centralizado de dados comuns, embora possam ser ainda mais complexas de gerenciar.

Além dessa categorização de arquiteturas, também existem vários sistemas de banco de dados paralelos especializados projetados para aplicativos ou cargas de trabalho específicos. Por exemplo, os bancos de dados colunares são otimizados para consultas analíticas em grandes conjuntos de dados. Embora estes sejam paralelos, não necessariamente se encaixam em alguma das três categorias de arquiteturas definidas acima.

OBJETIVOS

Baseado nos diferentes modelos de bancos de dados paralelos, existem diversas propriedades deste tipo de banco de dados que podem ser utilizadas com o propósito de resolver um ou mais problemas envolvendo sistemas de software. A seguir, algumas possibilidades de soluções que este modelo de banco de dados permite serão discutidas.

Este banco de dados pode ampliar o desempenho de input, que seria permitir a ingestão e armazenamento de dados em escalas enormes, potencialmente maior do que seria capaz de ser feito por um único supercomputador recebendo e guardando dados sozinho, ou o desempenho de output, permitindo a recuperação e retorno de dados em escalas enormes. Note que é possível que o sistema em questão seja projetado de forma que escritas não necessitem ser tão rápidas quanto respostas, ou vice versa, e o sistema pode ser desproporcionalmente otimizado para atingir algum desses propósitos de forma mais performática que outro.

O sistema pode ter sua capacidade de armazenamento, processamento ou fluxo de rede aumentada por consequência do sistema conseguir aportar uma nova instância sendo criada ou uma instância existente

sendo destruída sem necessidade de grandes adaptações. Também é inclusa a possibilidade do aumento dos recursos computacionais de uma instância específica, em que o banco de dados operante dentro desta irá reconhecer e ocupar o novo espaço que foi alocado.

A resiliência deste sistema abre a possibilidade de que os dados estejam guardados de forma mais persistente do que em um único computador. Isso pode ser atingido por um simples protocolo de réplica de todos os dados ingeridos em outras instâncias de banco de dados do mesmo sistema, em que cada dado é guardado múltiplas vezes em múltiplos nós. Isto pode gerar problemas de consistência, quando, por exemplo, algum dado é alterado em uma instância e outro cliente pede o dado de outra instância antes daquela alteração ser propagada pelo meio de comunicação e registrada. Em certos cenários, uma garantia de consistência eventual (ou seja, eventualmente todas as mudanças estarão perfeitamente replicadas) sejam o suficiente, como no caso de alteração de uma imagem de perfil.

VANTAGENS

Desempenho superior de processamento e armazenamento: as consultas e operações são executadas bem como os dados são guardados em paralelo, o que aumenta significativamente o desempenho do sistema em ambientes de processamento de dados de grande volume e complexidade computacional.

Desempenho superior de rede: dependendo do meio de comunicação entre as instâncias ou entre um cliente do sistema de banco de dados paralelo, como a comunicação via internet, é possível que o custo temporal de se enviar

uma mensagem para outro computador e esperar sua resposta seja significativamente maior que o custo de processar algo localmente caso seja possível fazer-lo. Neste contexto, um sistema tentaria evitar comunicação sempre que fosse possível, tornando a disponibilidade maior do sistema mesmo se este estiver sendo servido em múltiplos continentes.

Escalabilidade: a distribuição dos dados e processamento em diferentes servidores permite que o sistema seja escalável, ou seja, possa crescer com o aumento de recursos computacionais sem perda de desempenho.

Disponibilidade: a arquitetura distribuída das bases de dados paralelas permite que o sistema tenha alta disponibilidade, já que a falha em um servidor não compromete todo o sistema.

Resiliência: a replicação dos dados pode garantir múltiplas replicações de todos os dados de forma que estes não estejam sob risco significativo de ser perdido para sempre. Por exemplo, os dados de uma agência de inteligência, como a ABIN ou CIA, precisam estar muito seguros e protegidos porém também não devem ser facilmente perdidos de forma irreversível caso algum inimigo do país ataque e destrua seus servidores.

DESVANTAGENS

Complexidade: a arquitetura distribuída das bases de dados paralelas torna o sistema mais complexo e difícil de gerenciar em comparação aos bancos de dados relacionais tradicionais. Existem várias considerações a se realizar sobre tópicos como a consistência dos dados (ou consistência

eventual), garantias A.C.I.D., a complexidade do protocolo de comunicação, uso da rede, segurança sobre controle de acesso aos dados e contra algum ator adversário realizando análises de carga do sistema, ou o encargo da quantidade de operações computacionais realizadas para se completar uma tarefa que um sistema de banco de dados tradicional faria com mais rapidez.

Custo: a implementação de um banco de dados paralelo pode exigir um investimento financeiro significativo em hardware e software;

Incompatibilidade: nem todos os aplicativos e ferramentas de gerenciamento de bancos de dados são compatíveis com bases de dados paralelas, o que pode limitar sua utilização em certos projetos. Por exemplo, um software distribuído gerenciador de transações monetárias de um banco (financeiro) que possui erros de consistência poderia levar a um roubo, pois os criminosos conseguiriam utilizar a vulnerabilidade para sacar o mesmo saldo bancário múltiplas vezes sem que o sistema detecte a falha à tempo.

EXEMPLOS & CASOS DE USO

Exemplos de sistemas de banco de dados paralelos de alto desempenho que são amplamente utilizados em empresas e organizações são o Oracle Parallel Server (OPS) e o Microsoft SQL Server Parallel Data Warehouse (PDW).

Um exemplo de sucesso da tecnologia de banco de dados paralelos é a empresa de comércio eletrônico Amazon. A Amazon usa o sistema de banco de dados paralelo do Oracle para gerenciar sua enorme quantidade de dados

relacionados à produtos sendo comercializados por milhões de vendedores e comprados por quase um bilhão de clientes, permitindo que a empresa processe grandes volumes de pedidos e transações em tempo real. Os clientes expressam satisfação com a qualidade do serviço, os vendedores continuam leais à plataforma, ela atingiu múltiplos países e continentes, bem como é uma das empresas que mais faturaram na última década.

Outro exemplo seria a empresa Coinbase, onde todo o seu sistema de banco de dados é *no-sql* e opera utilizando o Mongo Atlas. Esta empresa decidiu que cada equivalente à uma tabela de um banco de dados relacional seria um cluster no Mongo Atlas, e para cenários onde a demanda do sistema aumentasse, múltiplos clusters eram utilizados em paralelo. A solução garantiu que o processo de transformar qualquer “tabela” em paralela seria facilmente feito por um simples clique de botão, sem maiores investimentos de tempo e de forma que seu serviço fosse perfeitamente escalável. Um insucesso parcial que a empresa sofreu por causa desta arquitetura foi o custo monetário, que causou a necessidade de migração para o uso do AWS Dynamo, embora o caso de uso escalável do sistema de banco de dados tenha permanecido intacto.

BIBLIOGRAFIA

GARCIA-MOLINA, H., ULLMAN, J. D. & WIDOM, J. Database Systems: The Complete Book (2nd ed.). Pearson, 2009.

PRABHU, S. & VENKATESAN, N. Data Mining and Warehousing. New Age International, 2006.

A. SHOSHANI & A. J. BERNSTEIN. Synchronization in a parallel-accessed data base. Communications of the ACM, 1969.