

Processamento de Consultas em BD Distribuídos

IN1128/IF694 – Bancos de Dados Distribuídos e Móveis
 Ana Carolina Salgado – acs@cin.ufpe.br
 Bernadette Farias Lôscio – bfl@cin.ufpe.br



Cin.ufpe.br


Otimização de Consultas



Cin.ufpe.br


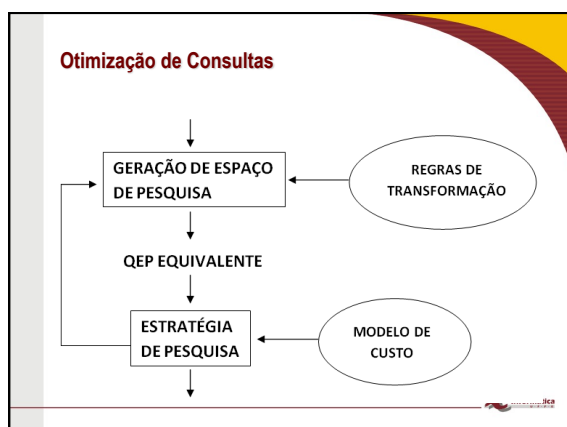
Introdução

- Encontrar uma ordem ideal de operações para uma dada consulta é a principal função da camada de otimização de consultas do SGBD
- O objetivo real do otimizador é encontrar uma estratégia próxima da estratégia ótima e, sempre que possível, evitar estratégias ruins




Otimização de Consultas

- A otimização de consultas é, basicamente, o processo de produzir um plano de execução de consultas (QEP – query execution plan), que representa uma estratégia de execução da mesma
- Componentes do otimizador de consultas:
 - (1) espaço de pesquisa,
 - (2) modelo de custo e
 - (3) estratégia de pesquisa.

Otimização de Consultas
Espaço de Pesquisa

- Os planos de execução de consultas em geral são abstraídos por meio de árvores de operadores, que definem a ordem em que as operações serão executadas
- Para uma dada consulta, o espaço de pesquisa pode ser definido como o conjunto de árvores de operadores equivalentes que podem ser produzidas com o uso de regras de transformação



Otimização de Consultas Espaço de Pesquisa

- No caso de uma consulta complexa, o número de árvores de operadores equivalentes pode ser muito alto
- Investigar um grande espaço de pesquisa pode tornar o tempo de otimização proibitivo
- Em geral os otimizadores de consultas restringem o tamanho do espaço de pesquisa que eles consideram
 - Heurísticas podem ser usadas

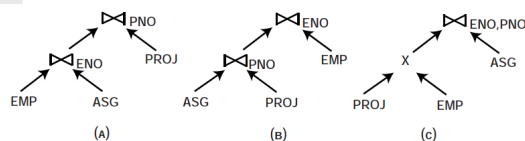


Otimização de Consultas Espaço de Pesquisa

- Restrições:
 - Usar heurísticas;
 - Forma da árvore de junção (Linear ou Fechada).
- Considerando-se apenas árvores lineares, o tamanho do espaço de pesquisa é $O(2N)$. Entretanto, em um ambiente distribuído, as árvores fechadas são úteis na exibição do paralelismo.



Otimização de Consultas Espaço de Pesquisa



Otimização de Consultas Estratégia de Pesquisa

- A estratégia de pesquisa mais utilizada é a programação dinâmica, que é determinística.
- Utiliza planos de construção, iniciados a partir de relações básicas, que unem por junção mais de uma relação em cada etapa, até serem obtidos planos completos.
- A programação dinâmica é quase exaustiva e assegura que seja encontrado o “melhor” de todos os planos.



Otimização de Consultas Estratégia de Pesquisa

- Essa abordagem se torna muito onerosa quando o número de relações é alto.
- Tem aumentado o interesse em estratégias randomizadas ou aleatórias, que reduzem a complexidade da otimização mas não garantem o melhor de todos os planos.



Otimização de Consultas Estratégia de Pesquisa

- Estas estratégias não garantem que a melhor solução será obtida, mas evitam o alto custo da otimização, em termos de consumo de memória e de tempo.
- Em 1993, foi mostrado experimentalmente que as estratégias randomizadas oferecem melhor desempenho que as estratégias determinísticas. [Lanzelotte et al., 1993].



Otimização de Consultas Modelo de Custo Distribuído

- Um modelo de custo de um otimizador inclui
 - funções de custo para prever o custo de operadores,
 - estatísticas e dados básicos, e
 - fórmulas para avaliar os tamanhos dos resultados intermediários.



Otimização de Consultas Modelo de Custo Distribuído

- Tempo total x Tempo de resposta
 - O tempo total é a soma de todos os componentes do tempo
 - O tempo de resposta é o tempo decorrido desde a inicialização até a conclusão da consulta

$$Tempo_total = T_{CPU} * (\#insts) + T_{E/S} * \left(\frac{E}{SS}\right) + T_{MSG} * (\#msgs) + T_{TR} * (\#bytes)$$

$$Tempo_de_resposta = T_{CPU} * (seq_insts) + T_{E/S} * \left(\frac{seq_E}{seq_SS}\right) + T_{MSG} * (seq_msgs) + T_{TR} * (seq_bytes)$$

- a comunicação é o componente de tempo dominante em redes remotas como a Internet, em virtude das distâncias mais longas de onde os dados são recuperados



Otimização de Consultas Estatísticas do Banco de Dados

- O principal fator que afeta o desempenho de uma estratégia de execução é o tamanho das relações intermediárias produzidas durante a execução
- É fundamental avaliar o tamanho dos resultados intermediários de operações da álgebra relacional,
 - minimizar o tamanho das transferências de dados.
- Essa estimativa se baseia em
 - informações estatísticas sobre as relações básicas e
 - fórmulas para prever a cardinalidade dos resultados das operações relacionais.



Otimização de Consultas Estatísticas do Banco de Dados

- Para uma relação R definida sobre os atributos A = {A1, A2, ..., AN} e fragmentada como R1, R2, ..., RN, os dados estatísticos geralmente são os seguintes:
 - Para cada atributo Ai, seu comprimento (comprimento(Ai), em bytes) e, para cada atributo Ai de cada fragmento Rj, o número de valores distintos de Ai, com a cardinalidade da projeção do fragmento Rj sobre Ai, denotada por card($\pi_{Ai}(R_j)$).
 - Para o domínio de cada atributo Ai definido sobre um conjunto de valores que podem ser ordenados, os valores mínimos e máximos possíveis, denotados por min(Ai) e max(Ai).



Otimização de Consultas Estatísticas do Banco de Dados

- Para uma relação R definida sobre os atributos A = {A1, A2, ..., AN} e fragmentada como R1, R2, ..., RN, os dados estatísticos geralmente são os seguintes:
 - Para o domínio de cada atributo Ai, a cardinalidade do domínio de Ai, denotada por card(dom[Ai]).
 - O número de tuplas em cada fragmento Rj, denotado por card(Rj).



Otimização de Consultas Estatísticas do Banco de Dados

- Os dados estatísticos também incluem o fator de seletividade de junção (FSJ) de alguns pares de relações
 - proporção de tuplas que participam da junção.
- O fator de seletividade de junção das relações R e S:

$$FSJ(R, S) = \frac{card(R \bowtie S)}{card(R) * card(S)}$$



Otimização de Consultas Cardinalidade de Resultados Intermediários

- **Seleção:** $card(\sigma_F(R)) = FS_S(F) * card(R)$, onde $FS_S(F)$ é dependente da fórmula de seleção e pode ser calculada a partir dos predicados sobre os atributos.

- **Projeção:** Se a projeção da relação R se baseia em um único atributo A, a cardinalidade se resume ao número de tuplas quando a projeção é executada. Se um dos atributos projetados é uma chave de R, então:

$$card(\pi_A(R)) = card(R)$$



Otimização de Consultas Cardinalidade de Resultados Intermediários

- **Produto Cartesiano:** $card(R \times S) = card(R) * card(S)$

- **Junção:** O limite superior da cardinalidade da junção é a cardinalidade do produto cartesiano.

- Há um caso frequente em que a avaliação é simples.

– Se a relação R for unida por junção de equivalência com a relação S sobre o atributo A de R e o atributo B de S, onde A é uma chave da relação R e B é uma chave estrangeira da relação S, então:



Otimização de Consultas Cardinalidade de Resultados Intermediários

- **Produto Cartesiano:** $card(R \times S) = card(R) * card(S)$

- **Junção:** O limite superior da cardinalidade da junção é a cardinalidade do produto cartesiano.

- Há um caso frequente em que a avaliação é simples.

– Se a relação R for unida por junção de equivalência com a relação S sobre o atributo A de R e o atributo B de S, onde A é uma chave da relação R e B é uma chave estrangeira da relação S, então:

$$card(R \bowtie_{A=B} S) = card(S)$$

porque cada tupla de S corresponde no máximo a uma tupla de R.



Otimização de Consultas Cardinalidade de Resultados Intermediários

- Para outras junções importantes, vale a pena manter seu fator de seletividade de junção FSJ como parte das informações estatísticas. Nesse caso:

$$card(R \bowtie S) = FS_J * card(R) * card(S)$$



Otimização de Consultas Cardinalidade de Resultados Intermediários

- **União:** É bastante difícil avaliar a cardinalidade da união de R e S, porque as duplicatas entre R e S são removidas pela união.

- São fornecidas apenas as fórmulas para os limites superior e inferior que são, respectivamente:

$$card(R) + card(S)$$

$$\max\{card(R), card(S)\}$$

- **Diferença:** Como no caso da união, são fornecidos apenas os limites superior e inferior. O limite superior de $card(R-S)$ é $card(R)$, enquanto o limite inferior é zero.




Otimização de Consultas Centralizadas

- Otimização Dinâmica
- Otimização Estática
- Otimização Híbrida



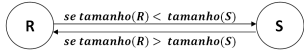

Otimização de Consultas Ordenação de Junções em Consultas de Fragmentos

- A ordenação de junções é um aspecto importante da otimização de consultas de uma maneira geral e, particularmente, de consultas distribuídas
- Duas abordagens básicas:
 - Otimizar diretamente a ordenação de junções
 - Substituir junções por combinações de semi-junções para minimizar os custos de comunicação




Ordenação de Junções em Consultas de Fragmentos – ORDENAÇÃO DE JUNÇÕES

- Considere o problema mais simples de transferência de operandos em uma única junção.
- A consulta é $R \bowtie S$, onde R e S são relações armazenadas em diferentes sites.
- A escolha óbvia da relação a ser transferida é enviar a menor relação para o site da maior relação.


Ordenação de Junções em Consultas de Fragmentos – ORDENAÇÃO DE JUNÇÕES

- Considere o caso onde existem mais de duas relações a unir por junção
 - o objetivo também é transmitir operandos menores.
- Dificuldade: operações de junção podem reduzir ou aumentar o tamanho dos resultados intermediários
 - Avaliar o tamanho dos resultados da junção é obrigatório, mas também é difícil



Ordenação de Junções em Consultas de Fragmentos – ORDENAÇÃO DE JUNÇÕES

- Uma possível solução é estimar os custos de comunicação de todas as estratégias alternativas e escolher a melhor
 - Contudo, o número de estratégias cresce rapidamente com o número de relações



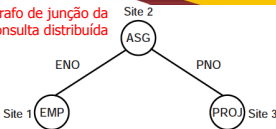

Ordenação de Junções

Consulta distribuída
 $PROJ \bowtie_{PNO} ASG \bowtie_{ENO} EMP$

Estratégias de execução da consulta distribuída


- EMP → site 2; Site 2 computes $EMP' = EMP \bowtie ASG$; $EMP' \rightarrow$ site 3; Site 3 computes $EMP' \bowtie PROJ$.
- ASG → site 1; Site 1 computes $EMP' = EMP \bowtie ASG$; $EMP' \rightarrow$ site 3; Site 3 computes $EMP' \bowtie PROJ$.
- ASG → site 3; Site 3 computes $ASG' = ASG \bowtie PROJ$; $ASG' \rightarrow$ site 1; Site 1 computes $ASG' \bowtie EMP$.
- PROJ → site 2; Site 2 computes $PROJ' = PROJ \bowtie ASG$; $PROJ' \rightarrow$ site 1; Site 1 computes $PROJ' \bowtie EMP$.
- EMP → site 2; PROJ → site 2; Site 2 computes $EMP \bowtie PROJ \bowtie ASG$

Grafo de junção da consulta distribuída

Ordenação de Junções em Consultas de Fragmentos – ORDENAÇÃO DE JUNÇÕES

- Para selecionar um dos programas de execução da consulta é preciso conhecer ou prever:
 - O tamanho das relações e o tamanho das junções
 $size(EMP), size(ASG), size(PROJ), size(EMP \bowtie ASG),$ and $size(ASG \bowtie PROJ)$
- Além disso, se o tempo de resposta for considerado, deverá ser levado em conta o fato das transferências poderem ser feitas em paralelo
- Para facilitar a escolha, uma heurística pode ser usada:
 - considerar apenas os tamanhos das relações dos operandos supondo que a cardinalidade da junção é o produto das cardinalidades



Ordenação de Junções em Consultas de Fragmentos – ORDENAÇÃO DE JUNÇÕES

- Para o exemplo anterior:
 - As relações podem ser ordenadas de forma crescente
 - Se a ordem for (EMP, ASG, PROJ) a estratégia 1 poderia ser usada
 - Se a ordem for (PROJ, ASG, EMP) a estratégia 4 poderia ser usada



Ordenação de Junções em Consultas de Fragmentos – SEMIJUNÇÕES

- Redução do tempo total de consultas de junção
- Principal inconveniente da junção: transferência das relações inteiras entre os sites
- Semijunção: redutor de tamanho para uma relação, semelhante a uma seleção
- O uso da semijunção é benéfico se o custo de produzi-la e enviá-la ao outro site for menor que o custo de enviar toda a relação operando



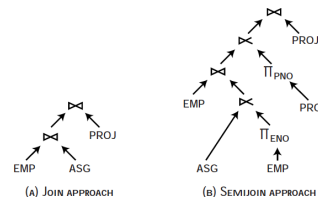
Ordenação de Junções em Consultas de Fragmentos – SEMIJUNÇÕES

- A abordagem de junção será melhor se quase todas as tuplas de R participarem da junção
 - a abordagem de semijunção exige a transferência adicional de uma projeção sobre o atributo de junção.
- Nenhuma abordagem é sistematicamente melhor, elas devem ser vistas como complementares
 - De modo mais geral, a semijunção pode ser útil na redução de tamanho das relações dos operandos envolvidos em consultas de várias junções
 - A otimização de consultas se torna mais complexa nesse caso



Ordenação de Junções em Consultas de Fragmentos – JUNÇÃO VERSUS SEMIJUNÇÕES

- Comparada à junção, a semijunção induz mais operações, embora possivelmente sobre operandos menores



Ordenação de Junções em Consultas de Fragmentos – JUNÇÃO VERSUS SEMIJUNÇÕES

- Se o comprimento do atributo de junção for menor que o comprimento de uma tupla inteira e a semijunção tiver boa seletividade, então a abordagem de semijunção poderá resultar em uma economia significativa de tempo de comunicação
- O uso de semijunções pode até aumentar o tempo de processamento local, pois uma das duas relações unidas por junção pode ser acessada mais de uma vez



Ordenação de Junções em Consultas de Fragmentos – JUNÇÃO VERSUS SEMIJUNÇÕES

- Tempo de comunicação não importa então o uso de semijunções não indicado
- As semijunções ainda podem ser vantajosas no caso de redes rápidas, caso elas tenham uma seletividade muito boa



Conclusão

- **As estatísticas do banco de dados são uma ótima ideia para solucionar o problema de otimização de consultas**
 - Há uma correlação direta entre desempenho e precisão (e custo de manutenção) das estatísticas
- **Em geral, a operação crítica é a junção de relações distribuídas**
 - A ordenação de junções é uma tarefa crítica
 - Junções podem ser substituídas por semi-junções

