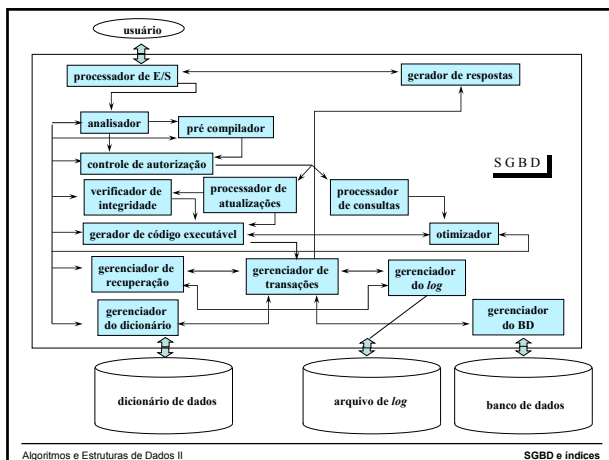


Uso de Índices na Otimização e Processamento de Consultas

Profa. Dra. Cristina Dutra de Aguiar Ciferri



Otimização e Processamento de Consultas

- Consulta
 - pode ter sua resposta computada por uma variedade de métodos (geralmente)
- Usuário (programador)
 - sugere uma estratégia para achar a resposta, independentemente de ser a estratégia mais eficiente

Otimização e Processamento de Consultas

- SGBD
 - responsável por transformar a consulta realizada pelo usuário em uma consulta equivalente mais eficiente
 - ⇒ oferece técnicas utilizadas para processar, otimizar e executar consultas de alto nível

Otimização e Processamento de Consultas

- Objetivo
 - produzir uma estratégia de consulta para recuperar o resultado da mesma

plano para: executar a consulta
acessar os dados
armazenar resultados intermediários

- deve ser utilizado índice?
- qual índice deve ser escolhido?

Estimativa do Custo

- Estratégia a ser escolhida depende
 - do tamanho de cada relação
 - da distribuição de valores dentro de colunas
 - custo
- Objetivo
 - estimar o tamanho do resultado (número de tuplas a serem retornadas) e o custo da consulta

Componentes da Função Custo

- Custo de acesso à memória secundária
 - custo para buscar, ler e escrever blocos de dados que residem em disco
- Custo de armazenamento
 - custo para armazenar quaisquer arquivos intermediários gerados pela estratégia de execução da consulta

Componentes da Função Custo

- Custo de computação
 - custo para a realização de operações em memória principal (i.e., *buffers*)
- Custo do uso da memória
 - custo relacionado ao número de *buffers* de memória principal necessários durante a execução da consulta

Componentes da Função Custo

- Custo de comunicação
 - custo de transmitir uma consulta e os seus resultados do *site* do banco de dados até o *site* ou terminar na qual a consulta foi originada

Característica	Ênfase
BD volumosos	minimizar o custo de acesso à memória secundária

Funções Custo para Seleção

- Métodos para seleção simples
 - varredura de arquivo (i.e., *file scan*)
 - linear
 - binária
 - varredura de índice (i.e., *index scan*)
 - primário
 - agrupamento
 - secundário

livro texto: Elmasri, R.; Navathe, S.B. *Fundamentals of Database Systems*. Addison-Wesley, 4th edition, 2002

Tipos de Índice

Índice	Arquivo de Dados	Atributo Indexado	Registros Recuperados
primário	ordenado	chave primária	0 ou 1
agrupamento	ordenado	atributo não chave	0 ou vários
secundário	desordenado	chave primária	0 ou 1
		atributo não chave	0 ou vários

Índice Primário

- Características
 - ordenado
 - definido com base em um arquivo de dados ordenado pela chave primária
 - possui um único nível
 - esparsos
 - total de entradas no índice = número de páginas do arquivo de dados

diminui o total de páginas e melhora o desempenho na pesquisa

Índice Primário

ordenado pela
chave primária
do arquivo de
dados

ordenado pela
chave primária

Índice Primário

menor número de
páginas
• menos entradas
• registros menores

pesquisa binária
mais eficiente no
índice

Arquivo de Dados

- Número de registros (r) = 30.000
- Tamanho da página (P) = 1.024 bytes
- Tamanho dos registros (R) = 100 bytes
- Fator de página de disco (bfr) = $\lfloor P/R \rfloor = 10$
 - número de registros que cabem em uma páginas
- Número de páginas (p) = $\lceil r/bfr \rceil = 3.000$

Arquivo de Índice

- Número de registros (r) = 3.000
 - número de páginas do arquivo de dados
- Tamanho da página (P) = 1.024 bytes
- Tamanho dos registros (R) = 15 bytes
 - chave = 9 bytes
 - endereço = 6 bytes
- Fator de página de disco (bfr) = $\lfloor P/R \rfloor = 68$
- Número de páginas (p) = $\lceil r/bfr \rceil = 45$

Desempenho em Acessos a Disco

- Sem o uso do índice
 - busca binária no arquivo de dados
- Com o uso do índice
 - busca binária no arquivo de índice +
 - leitura do registro no arquivo de dados

$$\lceil \log_2 3000 \rceil = 12$$

$$\lceil \log_2 45 \rceil + 1 = 6 + 1 = 7$$

Índice de Agrupamento (Cluster)

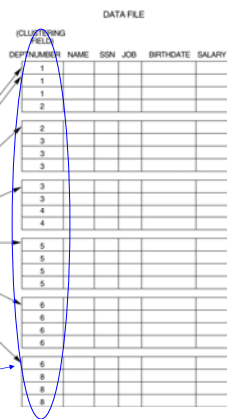
- Características
 - ordenado
 - definido com base em um arquivo de dados ordenado por um atributo não chave (atributo de agrupamento)
 - possui um único nível
 - esparso
 - total de entradas no índice = número de valores distintos do atributo de agrupamento

pode possuir
valores duplicados

Índice de Agrupamento

ordenado pelo atributo de agrupamento do arquivo de dados

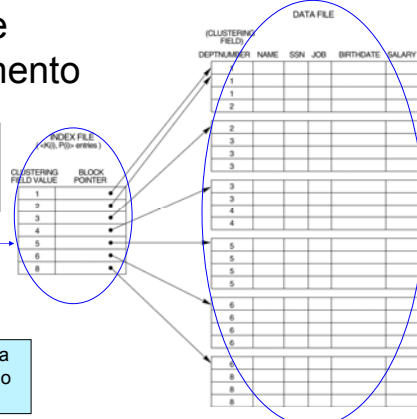
ordenado pelo atributo de agrupamento – pode possuir valores duplicados



Índice de Agrupamento

menor número de páginas
• menos entradas
• registros menores

pesquisa binária mais eficiente no índice



Desempenho em Acessos a Disco

- Índice de agrupamento
 - o desempenho tende a ser ligeiramente pior que o desempenho de um índice primário
 - a repetição de valores pode conduzir à leitura de mais de uma página no arquivo de dados
 - no exemplo, o desempenho para o campo indexado com valor 3 corresponde a:

$$\lceil \log_2 45 \rceil + 2 = 6 + 2 = 8$$

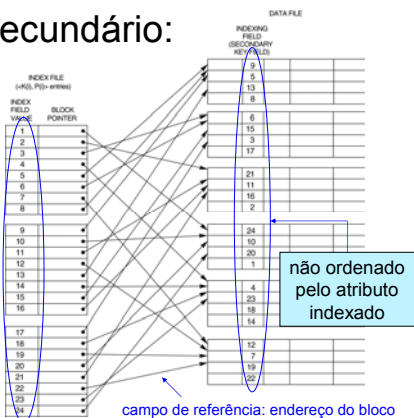
Índice Secundário

- Características
 - ordenado
 - definido sobre um atributo não ordenado do arquivo de dados
 - possui um único nível
- Arquivo de dados
 - em geral, desordenado
 - porém, pode estar ordenado por outro atributo que não o indexado com índice secundário

Índice Secundário: Chave

ordenado pela chave do arquivo de dados

não ordenado pelo atributo indexado



campo de referência: endereço do bloco

Desempenho da Pesquisa

Tipo de Índice	Arquivo de Índice	Arquivo de Dados	Melhora no Desempenho
primário chave primária	busca binária $O(\log_2 b)$	busca binária $O(\log_2 b)$	discreta
secundário chave primária	busca binária $O(\log_2 b)$	busca linear $O(b)$	significativa

- Índice secundário
 - deve ser utilizado para pesquisas frequentes

Arquivo de Dados

- Número de registros (r) = 30.000
- Tamanho da página (P) = 1.024 *bytes*
- Tamanho dos registros (R) = 100 *bytes*
- Fator de página de disco (bfr) = $\lfloor P/R \rfloor = 10$
 - número de registros que cabem em uma página
- Número de páginas (p) = $\lceil r/bfr \rceil = 3.000$

Arquivo de Índice

- Número de registros (r) = 30.000
 - número de registros do arquivo de dados
- Tamanho da página (P) = 1.024 *bytes*
- Tamanho dos registros (R) = 15 *bytes*
 - chave = 9 *bytes*
 - endereço = 6 *bytes*
- Fator de página de disco (bfr) = $\lfloor P/R \rfloor = 68$
- Número de páginas (p) = $\lceil r/bfr \rceil = 442$

Desempenho em Acessos a Disco

- Sem o uso do índice
 - busca linear (custo médio)
- $p/2 = 3.000/2 = 1.500$
- Com o uso do índice
 - busca binária no arquivo de índice +
 - leitura do registro no arquivo de dados

$\lceil \log_2 442 \rceil + 1 = 9 + 1 = 10$

Arquivo da Árvore-B

- Número de chaves (N) = 30.000
 - número de registros do arquivo de dados
- Tamanho da página (P) = 1.024 *bytes*
- Tamanhos dos campos dos nós
 - chave = 9 *bytes*
 - endereço = 6 *bytes*
 - contador de ocupação = 4 *bytes*
- Ordem da árvore-B (m) = 68

Desempenho em Acessos a Disco

- Altura da árvore-B
 - busca linear (custo médio)
- $d \leq 1 + \log_{34} (15.000, 50) \Rightarrow d \leq 3, \dots$
- Com o uso do índice da árvore-B
 - altura da árvore +
 - leitura do registro no arquivo de dados

$3 + 1 = 4$

Exemplo

- Relação
 - cliente (nro_cli, nome_cli, end_cli, saldo)
- Consulta
 - liste as informações do cliente de número 4
- Situações
 - 1: arquivo ordenado por nro_cli
 - 2: arquivo não ordenado por nro_cli

Situação 1

Consulta	Busca
$\sigma_{nro_cli = 4}$ (cliente)	<ul style="list-style-type: none">linear (no arquivo de dados)binária (no arquivo de dados)índice primárioíndice de árvore-B

- $C_{busca_linear} = 1.500$ acessos a disco
- $C_{busca_binária} = 12$ acessos a disco
- $C_{primário} = 7$ acessos a disco
- $C_{árvore-B} = 4$ acessos a disco

escolha do otimizador de consultas

Situação 2

Consulta	Busca
$\sigma_{nro_cli = 4}$ (cliente)	<ul style="list-style-type: none">linear (no arquivo de dados)índice secundárioíndice de árvore-B

- $C_{busca_linear} = 1.500$ acessos a disco
- $C_{secundário} = 10$ acessos a disco
- $C_{árvore-B} = 4$ acessos a disco

escolha do otimizador de consultas

Estatísticas

- Utilizadas pelo SGBD para calcular custos
- Exemplos
 - estatísticas de armazenamento
 - tamanho de cada arquivo
 - número de valores distintos de cada atributo
 - área de alocação de arquivos e índices
 - estatísticas dos índices
 - número de níveis
 - número de páginas no nível de folha
 - frequência de utilização