

13 – Hashing Interno (parte 1)

SCC501 - Introdução à Ciência de Computação II

Paulo H. R. Gabriel
phrg@icmc.usp.br
Prof. Moacir Ponti Jr.
www.icmc.usp.br/~moacir

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – USP

2010/2



- 1 Contextualização
- 2 Motivação
- 3 Tabela *Hash*
- 4 Tratamento de Colisões

- Métodos de busca estudados até agora: Comparação de chaves
- Valor relativo de cada chave
- Tiramos proveito da ordenação

Custo

Ordenação: $\mathcal{O}(n \cdot \log(n))$ ou $\mathcal{O}(n)$

Busca: $\mathcal{O}(\log(n))$

Inserção?

Remoção?



Tabela *Hash* ou de Espalhamento ou de Dispersão

- Valor absoluto das chaves
- Não compara, **define** valor (função)
- Atingir diretamente a posição

Em outras palavras...

$\mathcal{O}(1)$

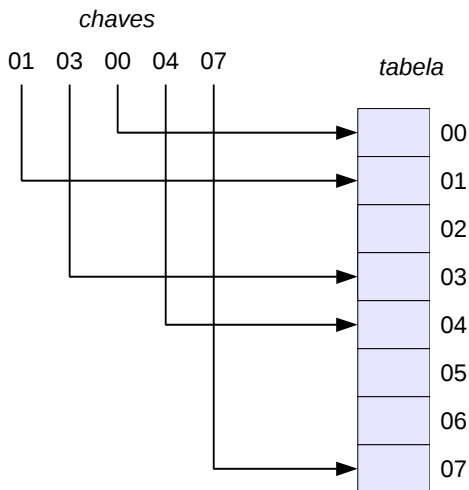
Intuitivo

Fazemos com frequência...



Acesso direto (1/2)

- Indexar elementos em vetores



Limitações

- Elementos não numéricos
- Quantidade de espaço vazio
- Frequência de atualizações

Exemplo: Dicionários

- Conjunto de palavras e significados
- Diversas aplicações práticas (e.g., pré-processamento)
- Necessidade de acesso direto (**eficiência**)
- “Volátil”

Ideia Central

Utilizar uma **função**, aplicada a [parte] da informação (*i.e.*, à **chave**), para devolver o **índice** onde a informação deve [deveria] ser armazenada.

- A função é chamada **função de espalhamento** (ou função *hash*)
- A estrutura de dados é a **tabela de espalhamento** (ou tabela *hash*)
- A posição onde a chave é alocada recebe o nome de **compartimento** (ou *bucket*)



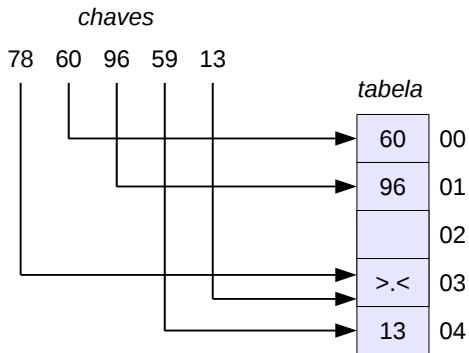
Função de Espalhamento

Uma função de espalhamento $h()$ transforma uma chave x em um endereço-base $h(x)$ da tabela hash.

- Função hash: Função **injetora**
- Na prática:
 - E se $h(x)$ estiver ocupado?
 - Não há garantias de injetividade: pode existir $y \neq x$ tal que $h(y) = h(x)$



Conceitos (3/4)



chave mod 5



- Idealmente:
 - Número baixo de colisões
 - Facilmente computável
 - Uniforme



- Fator de carga (número esperado de espaços ocupados):

$$\alpha = \frac{n}{m}$$

- Menor fator de carga \rightarrow Menor número de colisões
- Sempre pode haver uma colisão
- Previsão de tratamento de colisões
 - Endereçamento aberto
 - Encadeamento



Ideia básica

Calcular novo endereço para chaves sinônimas

- Em caso de colisão, calcula-se o novo índice
- Processo iterativo, enquanto a chave não for armazenada
- Pode-se utilizar vetor circular



Tratamento de Colisões por Endereçamento Aberto (2/3)

- *Overflow* progressivo
 - Sondagem linear
 - Sondagem quadrática
- *Rehash* – Aplicar segunda função *hash*



- Sondagem linear
 - Todas posições da tabela são checadas
 - $rh(h(x)) = (h(x) + k) \bmod m$
 $0 \leq k \leq m - 1$
 - Longos trechos consecutivos podem ser ocupados
- Sondagem quadrática
 - Diversifica sequência de endereços
 - $rh(h(x)) = (h(x) + c_1 \cdot k + c_2 \cdot k^2) \bmod m$
 $0 \leq k \leq m - 1$
 c_1 e c_2 são constantes, $c_2 \neq 0$
 - Agrupamento ocorre com menos frequência



Mais natural

Armazena chaves sinônimas em listas encadeadas

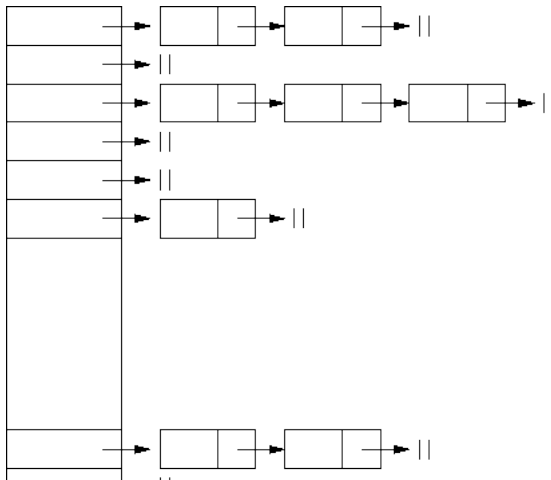
Duas implementações

- “Externo” à tabela
- “Interno” à tabela



Encadeamento Externo (1/2)

- m listas encadeadas
- Endereço base: cabeça da lista
- Busca, inserção e remoção em listas encadeadas



Encadeamento Externo (2/2)

- Melhor caso (inserir): $\mathcal{O}(1)$
- Pior caso (buscar): $\mathcal{O}(n)$
- Pode-se inserir ordenado para reduzir a busca
- **Deve-se questionar:** Qual operação será realizada mais vezes?

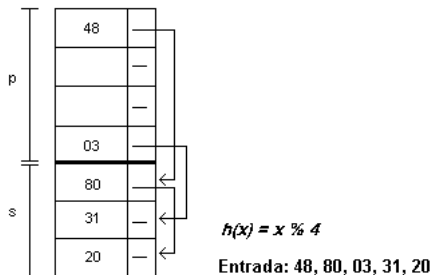


Encadeamento Interno (1/3)

- Divisão da tabela: $p + s = m$
- Função de espalhamento busca endereços em $[0, p - 1]$
- Cada posição tem dois campos
 - Armazenamento da chave
 - Ponteiro para próximo sinônimo



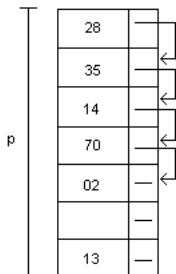
Encadeamento Externo (2/3)



- Pode degenerar em uma lista encadeada

Encadeamento Externo (3/3)

- Pode-se não diferenciar as duas regiões



$$h(x) = x \% 7$$

Entrada: 28, 35, 13, 14, 70, 02

- Problema: colisões secundárias





ROSA, J. L. G.

Métodos de Busca.

Slides de aula SCC-201, ICMC-USP.



SHEWCHUK, J.

Hash Table – Data Structures University of California, Berkeley.

Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=UPo-M8bzRrc>



ZIVIANI, N.

Projeto de Algoritmos (Capítulo 5). 3.ed..

Cengage Learning



CORMEN, T. H., LEISERSON, C. E., RIVEST, R. L., STEIN, C.

Introduction to Algorithms.

MIT Press, 2001



-  LEVITIN, A. V.
Introduction to the Design and Analysis of Algorithms (Capítulo 7), 1.ed..
Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2002.
-  Szwarcfiter, J. L., Markenzon, L.
Estruturas de Dados e seus Algoritmos (Capítulo 8), 2.ed.
LTC Editora, 1994.
-  NONATO, L. G.
Material da disciplina SCE5763 – Tipos e Estrutura de Dados.
www.lcad.usp.br/~nonato/ED/EDpos.html, 2000.