Pesquisa em memória principal e secundária

Estruturas de dados II

Prof. Allan Rodrigo Leite

Pesquisa

- Ação de recuperar uma informação em um conjunto de dados
  - Como a ordenação, a operação de pesquisa é de grande importância
  - Utilização frequente e presente em diversos tipos de software

- Visa encontrar uma ou mais ocorrências de registros com chaves iguais à chave de acesso (pesquisa)
  - Esta operação pode resultar em sucesso ou não

- Exemplos
  - Procurar o contato de uma pessoa em uma agenda de contatos
  - Procurar por uma palavra em um texto ou um conjunto de textos
  - Dado um número entre 0 e 1000, adivinhar o número que se escolheu

Pesquisa

- Cada unidade de informação é mantida em uma estrutura complexa
  - Contém chave primária, além dos dados que compõem a informação

```
typedef struct registro {
    void *dados;
    int chave;
} Registro;
```

- O conjunto dos registros normalmente é armazenado em tipos abstratos de dados como:
  - Estruturas lineares (listas e variações)
  - Estruturas hierárquicas (árvores binárias e variações)

Pesquisa

- Algoritmos de pesquisa
  - As rotinas que executam pesquisas devem ser eficientes
    - Isto é, executar com o menor número de iterações possíveis
    - O número de iterações depende do algoritmo de pesquisa utilizado
  - A escolha do algoritmo de pesquisa depende da:
    - Quantidade de registros envolvidos
    - Frequência das operações de inserção e de exclusão de registros

- Exemplo
  - Quando a operação de pesquisa é muito mais frequente do que a operação de inserção, deve-se minimizar o tempo de pesquisa pela ordenação dos registros
  - Este cenário é o mais comum!

Algoritmos de pesquisa

- Pesquisa em memória principal
  - Pesquisa sequencial (linear) ou com sentinela
  - Pesquisa binária
  - Pesquisa por interpolação
  - Pesquisa direta (*hashing*)

- Pesquisa em memória secundária
  - Árvore binária
  - Árvore B, B+ e B*
  - Árvores Trie e Patrícia

Pesquisa sequencial ou linear

- Método de pesquisa simples
  - Utilizado quando os dados não estão ordenados pela chave de acesso

- Princípio
  - Inicia a pesquisa pelo primeiro registro
  - Avança sequencialmente (registro por registro)
  - Termina ao alcançar o último registro
    - Com sucesso: chave pesquisada é encontrada
    - Sem sucesso: todos os registros são visitados e a chave não é encontrada

Pesquisa sequencial ou linear

```
int pesquisaSequencial(int chave, int v[], int n) {
  int i;
  for (i = 0; i < n; i++) {
    if (v[i] == chave) {
      return i;
    }
  }
  return -1; //índice inválido
}
```

Pesquisa sequencial ou linear

- Análise de complexidade
  - Para uma pesquisa com sucesso, temos:
    - 1 iteração no melhor caso
    - n iterações no pior caso
    - (n + 1) / 2 iterações no caso médio
  - Para uma pesquisa sem sucesso, temos:
    - n + 1 iterações
  - O número total de comparações são:
    - Melhor caso: 2
    - Pior caso: (n + 1) + n = 2n + 1
    - Médio caso: (2n + 1 + 2) / 2 = (2n + 3) / 2
  - Assintoticamente, o algoritmo é 0(*n*) em complexidade de tempo

Pesquisa sequencial com sentinela

- O algoritmo de pesquisa sequencial pode ser acelerado
  - Atribui-se a chave de pesquisa ao registro contido na posição n + 1

- Com isso, este registro fictício passa funcionar como sentinela
  - Mesmo no pior caso, a chave será encontrada na posição n + 1
  - Se o elemento alvo for encontrado em uma posição anterior a n + 1, significa que o elemento está na lista
  - No entanto, se o elemento alvo só for encontrado na posição n + 1, isto significa que ele não está presente na lista

Pesquisa sequencial com sentinela

- Objetivo do registro sentinela
  - Usar o elemento alvo como indicação que a lista não tem mais registros a serem lidos
  - Eliminar a necessidade de cada passo no laço testar se já chegou ao final da lista

Pesquisa sequencial com sentinela

```
int pesquisaSequencialSentinela(int chave, int v[], int n) {
  int i = 0;
  v[n] = chave; //A última posição do vetor possui o sentinela
  while (v[i] != chave) {
    i++;
  }
  if (i < n) return i;
  return -1; //Índice inválido
}
```

Pesquisa binária

- A pesquisa em uma tabela pode ser mais eficiente se os registros forem mantidos em ordem

- Princípio
  - Similar ao utilizado ao procurar uma palavra em um dicionário
  - Compara-se a chave procurada com a chave do registro no conjunto
  - Esta comparação indica
    - A chave foi encontrada, ou em qual das metades a pesquisa deve prosseguir, segundo este mesmo princípio

Pesquisa binária

- Algoritmo básico
  - Comparar a chave de acesso (pesquisa) com o registro central da lista
  - Se a chave for menor, o registro alvo está na primeira metade da lista
  - Se a chave for maior, o registro alvo está na segunda metade da lista

- Repita o processo até que a chave seja encontrada
  - Quando existe apenas um registro e a chave é diferente da procurada, isto significa uma pesquisa sem sucesso

```c
int pesquisaBinaria(int chave, int v[], int n) {
  int inicio = 0, meio, fim = n - 1;
  while (inicio <= fim) {
    meio = (inicio + fim) / 2;
    if (chave == v[meio]) {
      return meio;
    } else if (chave < v[meio]) {
      fim = meio - 1;
    } else {
      inicio = meio + 1;
    }
  }
  return -1; //Índice invalido
}
```

Pesquisa binária

- Análise de complexidade
  - O número de registros pesquisados é reduzido à metade a cada iteração:
    - n, n / 2, n / 4, n / 8, . . ., n / 2k
  - Queremos que n / 2k ≤ 1, logo k ≥ log 2n

- A chave pesquisada deve ser comparada com o último elemento restante, assim, o número máximo de comparações é 1 + log 2N
  - Assintoticamente, o algoritmo é 0(log 2n) em complexidade de tempo

Pesquisa binária

- Análise de complexidade
  - Exemplos
    - Lista com 16 registros equivale a 4 iterações
    - Lista com 1024 registros equivale a 10 iterações
    - Lista com 1000000 registros equivale a 20 iterações

  - Desempenho muito superior em relação a pesquisa sequencial
    - $\log 2n$ cresce muito devagar com o aumento de n

Pesquisa binária recursiva

```
int pesquisaBinariaRecursiva(int chave, int v[], int ini, int fim) {
int meio = (ini + fim) / 2;
  if (ini > fim)
    return -1;
  if (chave == v[meio])
    return meio;
  else if (chave < v[meio])
    return pesquisaBinariaRecursiva(chave, v, ini, meio - 1);
  else
    return pesquisaBinariaRecursiva(chave, v, meio + 1, fim);
}
```

Pesquisa por interpolação

- A pesquisa por interpolação pode ser mais eficiente do que a binária
  - Quando as chaves estiverem uniformemente distribuídas dentro da lista

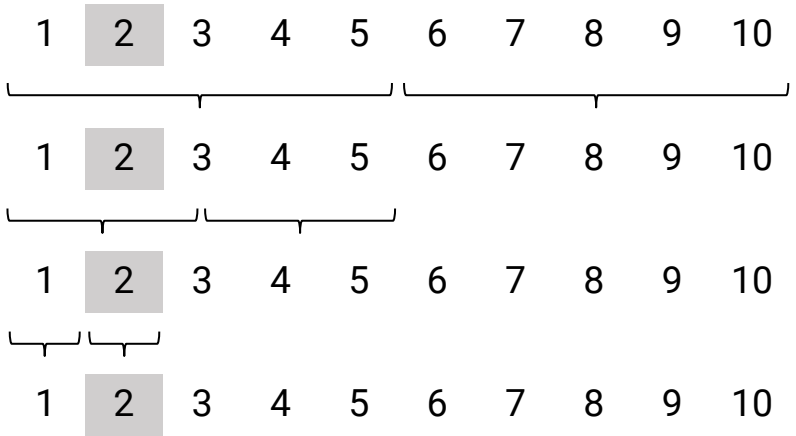
- O algoritmo é o mesmo da pesquisa binária, adotando-se uma outra estratégia para calcular o valor da variável meio
  - Que neste caso não será obrigatoriamente o meio da lista

$$meio = ini + \frac{(fim - ini) \times (chave - v[ini])}{v[fim] - v[ini]}$$

```c
int pesquisaInterpolacao(int chave, int v[], int n) {
  int ini = 0, meio, fim = n - 1;
  while (ini <= fim && chave >= v[ini] && chave <= v[fim]) {
    if (ini == fim) return v[ini] == chave ? ini : -1;
    meio = ini + (((double) (fim - ini) / (v[fim] - v[ini])) * (chave - v[ini]));
    if (chave == v[meio]) {
      return meio;
    } else if (chave < v[meio]) {
      fim = meio - 1;
    } else {
      inicio = meio + 1;
    }
  }
  return -1; //Índice impossível
}
```

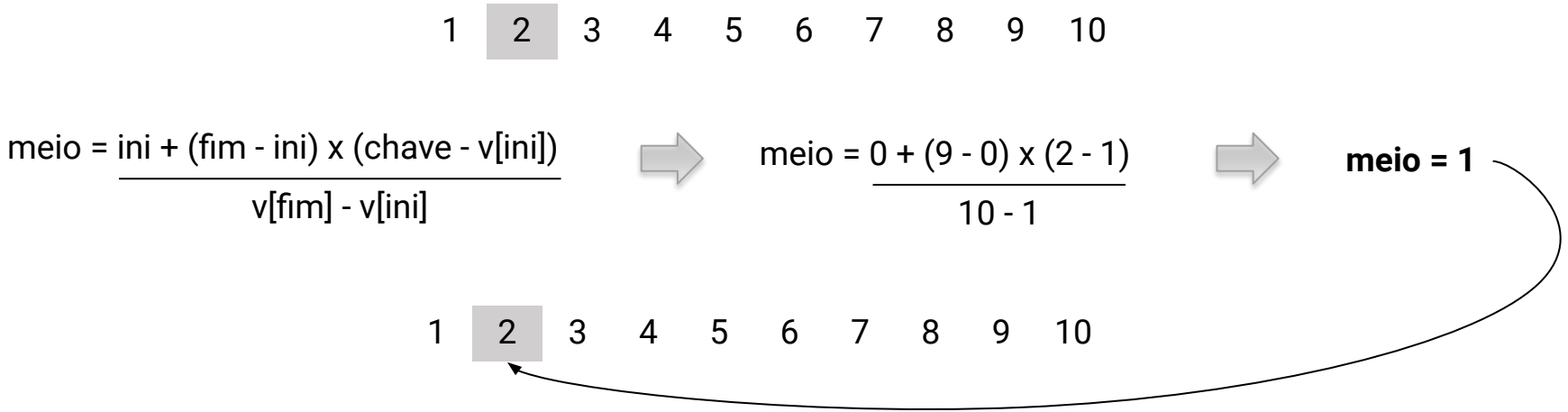
Pesquisa por interpolação

- Exemplo pesquisa binária
  - Número de registros: 10
  - Chave de acesso (pesquisa): 2



Pesquisa por interpolação

- Exemplo pesquisa por interpolação
  - Número de registros: 10
  - Chave de acesso (pesquisa): 2



Pesquisa por interpolação

- Análise de complexidade
  - Requer `log 2(log 2n)` comparações se as chaves estiverem uniformemente distribuídas
  - Entretanto, caso as chaves não estiverem uniformemente distribuídas, o método degrada sua eficiência e torna-se ruim
    - No pior caso se compara com a busca sequencial
  - Em situações práticas as chaves tendem a se aglomerar em torno de determinados valores e não são uniformemente distribuídas
    - Por exemplo, agenda de contatos

Pesquisa em memória principal e secundária

Estruturas de dados II

Prof. Allan Rodrigo Leite