

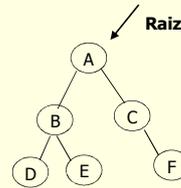
Árvores binárias de busca

SCC-502 – Algoritmos e Estruturas de Dados I

Thiago A. S. Pardo

Árvore binárias

- Árvores de grau 2, isto é, cada nó tem dois filhos, no máximo



Terminologia:

- filho esquerdo
- filho direito
- informação

Árvores binárias de busca (ABB)

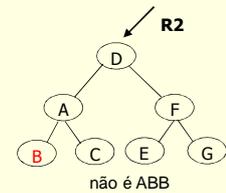
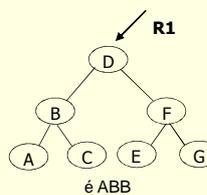
- Também chamadas “árvores de pesquisa” ou “árvores ordenadas”

Definição

- Uma árvore binária com raiz R é uma ABB se:
 - a chave (informação) de cada nó da subárvore esquerda de R é menor do que a chave do nó R (em ordem alfabética, por exemplo)
 - a chave de cada nó da subárvore direita de R é maior do que a chave do nó R
 - as subárvores esquerda e direita também são ABBs

ABB

- Exemplos



ABB

- Por que uma ABB é boa?

Imagine a situação

- Sistema de votação por telefone (“Você decide”)
 - Cada número só pode votar uma vez
 - Um sistema deve armazenar todos os números que já ligaram
 - A cada nova ligação, deve-se consultar o sistema para verificar se aquele número já votou; o voto é computado apenas se o número ainda não votou
 - A votação deve ter resultado on-line

ABB

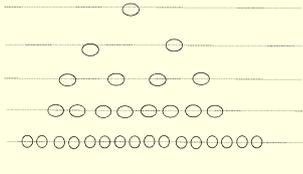
- Por que uma ABB é boa?

Solução com ABBs

- Cada número de telefone é armazenado em uma ABB
- Suponha que em um determinado momento, a ABB tenha 1 milhão de telefones armazenados
- Surge nova ligação e preciso saber se o número está ou não na árvore (se já votou ou não)

ABB

- Por que uma ABB é boa?
- Considere uma ABB com chaves uniformemente distribuídas (árvore cheia)

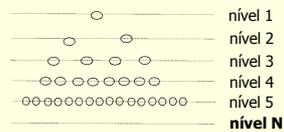


ABB

- Por que uma ABB é boa?
- Responda
 - Quantos elementos cabem em uma árvore de N níveis, como a anterior?
 - Como achar um elemento em uma árvore assim a partir da raiz?
 - Quantos nós se tem que visitar, no máximo, para achar o telefone na árvore, ou ter certeza de que ele não está na árvore?

ABB

- Por que uma ABB é boa?



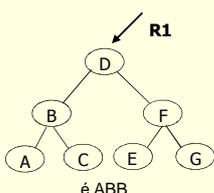
Nível	Quantos cabem
1	1
2	3
3	7
4	15
...	...
N	2^N - 1
10	1.024
13	8.192
16	65.536
18	262.144
20	1 milhão
30	1 bilhão
...	...

ABB

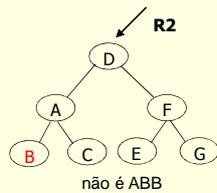
- Por que uma ABB é boa?
- Para se buscar em uma ABB
 - Em cada nó, compara-se o elemento buscado com o elemento presente
 - Se menor, percorre-se a subárvore esquerda
 - Se maior, percorre-se subárvore direita
 - Desce-se verticalmente até as folhas, no pior caso, sem passar por mais de um nó em um mesmo nível
 - Portanto, no pior caso, a busca passa por tantos nós quanto for a altura da árvore

ABB

- Exemplo: busca pelo elemento E nas árvores abaixo



3 consultas



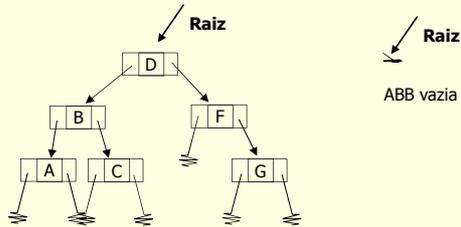
6 consultas

ABB

- Por que uma ABB é boa?
- Buscas muito rápidas!!!

ABB

■ Representação



ABB

■ Declaração

```
typedef int elem;

typedef struct no {
    elem info;
    struct no *esq, *dir;
} no;

typedef struct {
    no *raiz;
} ABB;
```

ABB

■ Operações sobre a ABB

- Devem considerar a ordenação dos elementos da árvore
 - Por exemplo, na inserção, deve-se procurar pelo local certo na árvore para se inserir um elemento

■ Exercício

- Construa a partir do início uma ABB com os elementos K, E, C, P, G, F, A, T, M, U, V, X, Z

TAD ABB

■ Operações básicas

- Está na árvore?
- Inserção
- Remoção

TAD ABB

■ Está na árvore?

- Comparando o parâmetro "chave" com a informação no nó "raiz", 4 casos podem ocorrer
 - A árvore é vazia => a chave não está na árvore => fim do algoritmo
 - Elemento da raiz = chave => achou o elemento (está no nó raiz) => fim do algoritmo
 - Chave < elemento da raiz => chave pode estar na subárvore esquerda
 - Chave > elemento da raiz => chave pode estar na subárvore direita
- Pergunta: quais os casos que podem ocorrer para a subárvore esquerda? E para a subárvore direita?

Os mesmos!

TAD ABB

■ Exercício

- Implementação da sub-rotina de busca de um elemento na árvore

TAD ABB

■ Inserção

- Estratégia geral
 - Inserir elementos como nós folha (sem filhos)
 - Procurar o lugar certo e então inserir
- Comparando o parâmetro "chave" com a informação no nó "raiz", 4 casos podem ocorrer
 - A árvore é vazia => insere o elemento, que passará a ser a raiz; fim do algoritmo
 - Elemento da raiz = chave => o elemento já está na árvore; fim do algoritmo
 - Chave < elemento da raiz => insere na subárvore esquerda
 - Chave > elemento da raiz => insere na subárvore direita

TAD ABB

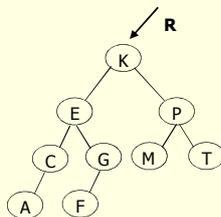
■ Exercício

- Implementação da sub-rotina de inserção de um elemento na árvore

TAD ABB

■ Remoção

- Para a árvore abaixo, remova os elementos T, C e K, nesta ordem



TAD ABB

■ Remoção

- Caso 1 (remover T): o nó a ser removido (R) não tem filhos
 - Remove-se o nó
 - R aponta para NULL
- Caso 2 (remover C): o nó a ser removido tem 1 único filho
 - Remove-se o nó
 - "Puxa-se" o filho para o lugar do pai
- Caso 3 (remover K): o nó a ser removido tem 2 filhos
 - Acha-se a maior chave da subárvore esquerda
 - R recebe o valor dessa chave
 - Remove-se a maior chave da subárvore esquerda

TAD ABB

■ Exercício

- Implementação da sub-rotina de remoção de um elemento da árvore