

Algoritmos e Estruturas de Dados II

Aula 24 – Árvores B+ e B*

Prof. Luciano A. Digiampietri
digiampietri@usp.br
@digiampietri

Árvores B+

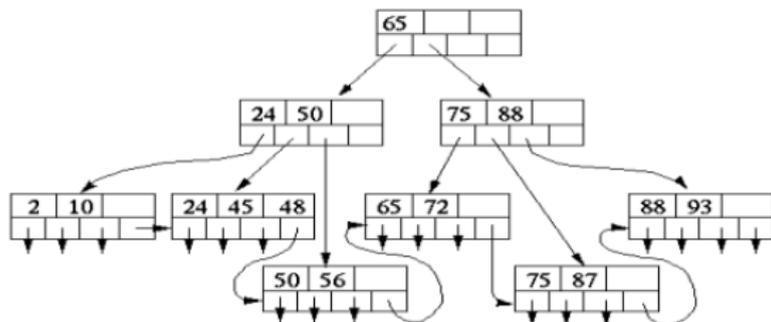
- Variação da Árvore B, em que:
 - Os nós internos armazenam **apenas os índices** (ponteiros de filhos e chaves)
 - As **folhas armazenam os registros de dados** (ou ponteiros para os registros) e são conectadas da esquerda para a direita, permitindo acesso sequencial ordenado mais eficiente

Árvores B+

- Variação da Árvore B, em que:
 - Os nós internos armazenam **apenas os índices** (ponteiros de filhos e chaves)
 - As **folhas armazenam os registros de dados** (ou ponteiros para os registros) e são conectadas da esquerda para a direita, permitindo acesso sequencial ordenado mais eficiente
- **Blocagem menor** (cabem mais registros nos nós internos: altura menor)

Árvores B+

- Variação da Árvore B, em que:
 - Os nós internos armazenam **apenas os índices** (ponteiros de filhos e chaves)
 - As **folhas armazenam os registros de dados** (ou ponteiros para os registros) e são conectadas da esquerda para a direita, permitindo acesso sequencial ordenado mais eficiente
- **Blocagem menor** (cabem mais registros nos nós internos: altura menor)



Nós internos (de índices)

Nós folhas (de dados)

Árvores B+

Árvores B+ como **forma de organização de arquivos**.

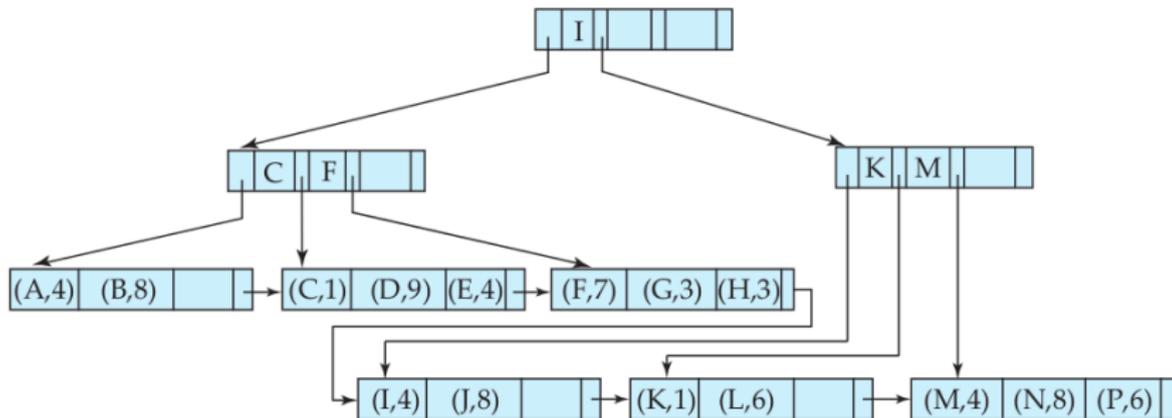
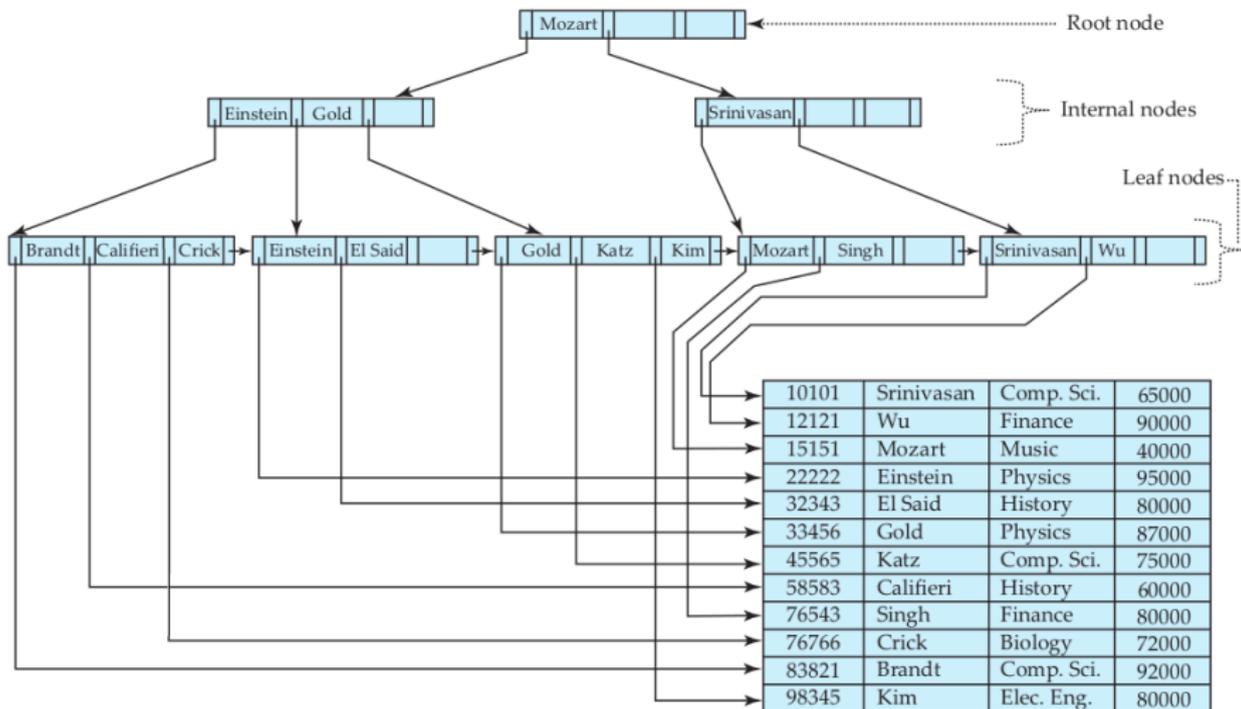


Figure 11.20 B⁺-tree file organization.

(SILBERCHATZ et al, 2009)

Árvores B+

Árvores B+ como índice secundário.



(SILBERCHATZ et al, 2009)

Árvores B+ como **índice secundário**.

- As folhas devem conter **todas** as chaves do arquivo (ordenadas)
- Cada folha deve conter:
 - de $t-1$ a $2t-1$ chaves
 - de $t-1$ a $2t-1$ ponteiros para os respectivos registros de cada chave
 - 1 ponteiro para o próximo nó folha

Árvores B+ Algoritmos

Adaptações dos algoritmos que implementamos nas últimas aulas:

Árvores B+ Algoritmos

Adaptações dos algoritmos que implementamos nas últimas aulas:

- Busca: tem sempre que descer às folhas

Árvores B+ Algoritmos

Adaptações dos algoritmos que implementamos nas últimas aulas:

- Busca: tem sempre que descer às folhas
- Inserção: na operação de divisão
 - Chave mediana de uma folha é **copiada** para o nó pai
 - Chave mediana de um nó interno é **movida** para o nó pai

Árvores B+ Algoritmos

Adaptações dos algoritmos que implementamos nas últimas aulas:

- Busca: tem sempre que descer às folhas
- Inserção: na operação de divisão
 - Chave mediana de uma folha é **copiada** para o nó pai
 - Chave mediana de um nó interno é **movida** para o nó pai
- Remoção:
 - Se k (chave a ser removida) ocorrer em um nó interno, o valor deve ser substituído pela chave do valor predecessor nas folhas (além da remoção daquele registro no nó folha)

Árvores B* e outras variações

- Árvores B*:
 - Propostas por Knuth em 1973
 - Preenchimento mínimo (*fill factor*) de $2/3$
 - Divisão (*split* postergada até que dois nós irmãos (imediatos) estejam cheios (divisão desses 2 nós em 3 nós)

Árvores B* e outras variações

- Árvores B*:
 - Propostas por Knuth em 1973
 - Preenchimento mínimo (*fill factor*) de $2/3$
 - Divisão (*split* postergada até que dois nós irmãos (imediatos) estejam cheios (divisão desses 2 nós em 3 nós)
- Muitos sistemas gerenciadores de banco de dados (SGBD) usam B+ permitindo definir valores de *fill factor* entre 0,5 e 1,0:
 - Um valor para nós internos
 - Um valor para nós folhas

Referência

- Slides baseados no material da profa. Ariane Machado Lima - ACH2024
- CORMEN, H. T.; LEISERSON, C.E.; RIVEST, R.L. Introduction to Algorithms, MIT Press, McGraw-Hill, 2009.
- SILBERSCHATZ A. et al. Database System Concepts. McGrawHill. Seção 11.3, 2009.

Algoritmos e Estruturas de Dados II

Aula 24 – Árvores B_+ e B^*

Prof. Luciano A. Digiampietri
digiampietri@usp.br
@digiampietri