UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE INFORMÁTICA INF 01203 – Estruturas de Dados

Professora Renata Galante

TRABALHO FINAL

Comparação do Desempenho

de Árvores Binárias

ABP(Árvore Binária de Pesquisa)

X

AVL(Árvore Adelson, Velski & Landis)

Guilherme Gomes Haetinger

e

Lucas Nunes Alegre

Sumário:

1.Introdução

2.Operação Insere

2.1.Dados Ordenados

2.2.Dados Aleatórios

2.3.Resultados

2.4.Conclusões

3.Operação Consulta

3.1.Dados Ordenados

3.2.Dados Aleatórios

3.3.Resultados

3.4.Conclusões

4.Operação Consulta

4.1.Dados Ordenados

4.2.Dados Aleatórios

4.3.Resultados

4.4.Conclusões

5.Considerações Finais

Introdução

Este trabalho tem como objetivo a análise comparativa do desempenho em termos de tempo de processamento, número de comparações, fator de balanceamento, altura, etc das árvores binárias de pesquisas ABP e AVL, além de analisar a eficiência de ambas para cada uma das operações e tipo de entrada com o auxílio de gráficos e tabelas.

É avaliado também como cada árvore se comporta à medida que o número de valores a serem inseridos/removidos/consultados aumenta.

Para obtenção dos dados, foi utilizado a implementação na linguagem C da ABP e AVL para números inteiros.

Operação Insere

Dados Ordenados

ABP

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº Nodos | Tempo(ms) | Altura | Fator | Comparações | Rotações |
| 0 | 0 | 100 | 99 | 5.050 | 0 |
| 1.000 | 4 | 1.000 | 999 | 500.500 | 0 |
| 10.000 | 380 | 10.000 | 9.999 | 50.005.000 | 0 |
| 100.000 | 42.692 | 100.000 | 99.999 | 705.082.704 | 0 |
| 1.000.000 |  |  |  |  | 0 |

AVL

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº Nodos | Tempo(ms) | Altura | Fator | Comparações | Rotações |
| 100 | 0 | 7 | 1 | 673 | 93 |
| 1.000 | 0 | 10 | 1 | 9.977 | 990 |
| 10.000 | 1 | 14 | 1 | 133.617 | 9986 |
| 100.000 | 24 | 17 | 1 | 1.668.929 | 99983 |
| 1.000.000 |  |  |  |  | 0 |

Operação Insere

Dados Aleatórios

ABP

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº Nodos | Tempo(ms) | Altura | Fator | Comparações | Rotações |
| 100 | 0 | 17 | 10 | 799 | 0 |
| 1.000 | 0 | 22 | 14 | 11.301 | 0 |
| 10.000 | 9 | 31 | 17 | 163.375 | 0 |
| 100.000 | 170 | 480 | 464 | 16.893.479 | 0 |
| 1.000.000 |  |  |  |  | 0 |

AVL

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº Nodos | Tempo(ms) | Altura | Fator | Comparações | Rotações |
| 100 | 0 | 8 | 1 | 640 | 74 |
| 1.000 | 1 | 12 | 1 | 9.647 | 689 |
| 10.000 | 1 | 16 | 1 | 130.955 | 7.019 |
| 100.000 | 35 | 20 | 1 | 1.675.573 | 70.419 |
| 1.000.000 |  |  |  |  | 0 |

Resultados

Conclusões – Insere

Tempo

Pode ser observado que apesar de que para árvores com poucos nodos o tempo é parecido, a operação de insere da ABP torna-se extremamente mais lenta para grandes números de nodos, e a diferença se torna ainda maior com dados ordenados, pois a ABP torna-se completamente desbalanceada.

Altura

Para dados ordenados, a altura da ABP apresenta seu pior caso, sendo uma lista de altura igual à do tamanho do seus nodos. Já para dados aleatórios a altura é muito menor, apesar de ainda maior que a altura de uma AVL em todos os casos.

A altura do AVL não apresenta variação considerável de altura, entretanto apresentou maiores alturas na inserção de dados aleatórios do que de dados ordenados.

Fator

Na inserção de dados ordenados, o fator de uma ABP é igual ao número de nodos menos um, consideralvemente maior que na inserção de dados aleatórios, em ambos os casos a altura cresce cada vez mais rápido à medida que o número de nodos aumenta.

A AVL por ser uma árvore balanceada, apresentou fator igual a um independentemente do número de nodos ou dá ordem de inserção.

Comparações

Á medida que o número de nodos cresce, a ABP realiza cada vez mais comparações, tendo sua curva de crescimento muito maior que a da AVL tanto para inserção aleatória quanto para inserção ordenada(onde o crescimento é ainda maior).

Já a AVL realiza um número de comparações levemente maior para dados ordenados que para dados aleatórios.

Operação Consulta

Dados Ordenados

ABP

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº Nodos | Tempo(ms) | Altura | Fator | Comparações | Rotações |
| 100 | 0 | 100 | 99 | 5.050 | 0 |
| 1.000 | 2 | 1.000 | 999 | 500.500 | 0 |
| 10.000 | 209 | 10.000 | 9.999 | 50.005.000 | 0 |
| 100.000 | 20.969 | 100.000 | 99.999 | 705.082.704 | 0 |
| 1.000.000 |  |  |  |  | 0 |

AVL

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº Nodos | Tempo(ms) | Altura | Fator | Comparações | Rotações |
| 100 | 0 | 7 | 1 | 580 | 0 |
| 1.000 | 1 | 10 | 1 | 8.987 | 0 |
| 10.000 | 2 | 14 | 1 | 123.631 | 0 |
| 100.000 | 12 | 17 | 1 | 1.568.946 | 0 |
| 1.000.000 |  |  |  |  | 0 |

Operação Consulta

Dados Aleatórios

ABP

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº Nodos | Tempo(ms) | Altura | Fator | Comparações | Rotações |
| 100 | 0 | 17 | 10 | 799 | 0 |
| 1.000 | 1 | 22 | 14 | 11.301 | 0 |
| 10.000 | 4 | 31 | 17 | 163.375 | 0 |
| 100.000 | 104 | 480 | 464 | 16.893.479 | 0 |
| 1.000.000 |  |  |  |  | 0 |

AVL

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº Nodos | Tempo(ms) | Altura | Fator | Comparações | Rotações |
| 100 | 0 | 8 | 1 | 591 | 0 |
| 1.000 | 0 | 12 | 1 | 9162 | 0 |
| 10.000 | 1 | 16 | 1 | 125.663 | 0 |
| 100.000 | 16 | 20 | 1 | 1.602.141 | 0 |
| 1.000.000 |  |  |  |  | 0 |

Resultados

Conclusões – Consulta

Tempo

Em questão de tempo, a consulta de ambos arquivos sorted e random é mais eficiente em AVL, devido à baixa altura da árvore, mesmo possuindo os mesmos algoritmos. Em ABP, a consulta em sorted é muito menos eficiente que a unsorted. Isso acontece, pois a busca em uma árvore alinhada(fila) acaba por efetuar o valor do nodo de comparações por busca do mesmo. Em AVL, a sorted é um pouco menos eficiente, devido a inserção de uma lista sorted ser mais organizada do que a random.

Comparações

Em ABP, a lista de nodos sorted possui um número de comparações muito maior que o da random, devido o resultado da inserção da sorted ser uma estrutura de lista, ou seja, com um filho por nodo. Em AVL, a diferença entre as consultas de random e sorted não são grandes, sendo um pouco menor em sorted devido a organização. AVL possui um número de comparações menor que o da ABP devido à altura, objetivo do seu uso.

Operação Remove

Dados Ordenados

ABP

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº Nodos | Tempo(ms) | Altura | Fator | Comparações | Rotações |
| 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 1.000 | 0 | 0 | 0 | 1.000 | 0 |
| 10.000 | 0 | 0 | 0 | 10.000 | 0 |
| 100.000 | 8 | 0 | 0 | 100.000 | 0 |
| 1.000.000 |  |  |  |  | 0 |

AVL

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº Nodos | Tempo(ms) | Altura | Fator | Comparações | Rotações |
| 100 | 0 | 0 | 0 | 449 | 44 |
| 1.000 | 7 | 0 | 0 | 6806 | 491 |
| 10.000 | 464 | 0 | 0 | 92.566 | 4.988 |
| 100.000 | 57852 | 0 | 0 | 1.195.394 | 49.984 |
| 1.000.000 |  |  |  |  | 0 |

Operação Remove

Dados Aleatórios

ABP

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº Nodos | Tempo(ms) | Altura | Fator | Comparações | Rotações |
| 100 | 0 | 0 | 0 | 643 | 0 |
| 1.000 | 0 | 0 | 0 | 9.396 | 0 |
| 10.000 | 0 | 0 | 0 | 145.757 | 0 |
| 100.000 | 173 | 0 | 0 | 15.850.422 | 0 |
| 1.000.000 |  |  |  |  | 0 |

AVL

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº Nodos | Tempo(ms) | Altura | Fator | Comparações | Rotações |
| 100 | 1 | 0 | 0 | 533 | 39 |
| 1.000 | 8 | 0 | 0 | 8.555 | 370 |
| 10.000 | 1.001 | 0 | 0 | 119.763 | 3860 |
| 100.000 | 199.083 | 0 | 0 | 15.254.450 | 39.571 |
| 1.000.000 |  |  |  |  | 0 |

Resultados

Conclusões – Remove

Tempo

Em ABP, a lista de nodos sorted é mais rápida que a lista de nodos random, pois vai removendo um por um na mesma ordem na qual a árvore é arranjada, em lista, enquanto a random exige uma busca mais aprofundada. Em AVL, assim como na ABP, random é mais demorada que sorted. Devido ao uso de rotações pela AVL, ABP possui uma mais rápida remoção.

Comparações:

Em ABP, o número de comparações para a remoção é muito maior em random, pelo mesmo motivo do tempo. Em AVL, a diferença é pouca, tendo a sorted menos comparações pela organização. ABP é mais eficiente em comparações que a AVL em nodos sorted, mesmo assim, ABP random é a com mais comparações dentro de todos os 4 tipos de árvores apresentados.