

Exercício Programa 3

Simulador de sistema de arquivos

Lucas Paiolla Forastiere, 11221911

Marcos Siolin Martins, 11221709

IME-USP

07 de dezembro de 2020

Detalhes de Implementação - o sistema de arquivos

- A representação do sistema de arquivos é armazenada em um arquivo que sempre ocupa 100MB no sistema de arquivos real. Caso seja executado `mount` sobre um arquivo que não exista, será gerado um novo arquivo com 100MB onde estará armazenado o Bitmap, a FAT e o diretório `root (/)`;
- Consideramos que conteúdo de arquivos contém apenas caracteres que ocupam 1 byte em seus nomes e conteúdos, ou seja, que pertencem à tabela ASCII. Isso nos permite controlar quanto espaço cada arquivo ou diretório ocupa;

Detalhes de Implementação - o sistema de arquivos

- Utilizamos o caractere `|` (pipe) como separador para indicar situações como o fim de nome de arquivo ou fim de conteúdo, então é importante que não existam arquivos que contenham esse caractere no nome ou em seu conteúdo;
- Para preencher espaços em branco utilizamos a constante `CHAR_NULO` que é um `' '` (whitespace);
- Após dar mount no arquivo que guarda o sistema de arquivos simulado, o conteúdo do arquivo é trazido para memória e as alterações são feitas em memória. As alterações serão gravadas no arquivo em disco quando o comando `umount` for dado.

Detalhes de Implementação - o bitmap

- O Bitmap é implementado como um vetor booleano de tamanho `NUM_BLOCOS`, que é a constante que guarda a quantidade de blocos disponíveis para o sistema de arquivos simulado, desconsiderando os blocos necessários para armazenar o Bitmap e a FAT. O valor 1/true indica que o bloco está livre e o valor 0/false indica que o bloco está ocupado;
- O Bitmap ocupa os primeiros 7 blocos do sistema de arquivos simulado, pois precisa armazenar `NUM_BLOCOS` bytes. O espaço restante no 7º bloco é desperdiçado.

Detalhes de Implementação - a FAT

- A FAT é implementada como um vetor de inteiros de tamanho `NUM_BLOCOS`. O valor em `ponteiro[i]` indica qual é o próximo bloco após o i na lista ligada do arquivo. Caso esse valor seja igual à `BLOCO_NULO` (um valor de um bloco que não existe), então o bloco i é o último na sequência da lista ligada;
- Para armazenar esses ponteiros os convertemos para uma string com tamanho fixo 5, assim, se `ponteiro[i] = 1`, no sistema de arquivos simulado será armazenado como 00001;
- A FAT é armazenada nos 32 blocos consecutivos ao Bitmap, pois precisa armazenar `NUM_BLOCOS*5` bytes. O espaço restante no 32º bloco é desperdiçado.

Detalhes de Implementação - o root

- O diretório / é um diretório especial. Ele está sempre ocupando o bloco 0 (a partir de agora desconsideraremos os blocos necessários para armazenar o bitmap e a FAT) e também armazena os próprios metadados, nessa ordem:
 - Tempo Criado - ocupa 10 bytes. É a quantidade em segundos devolvida por `time(NULL)` no momento de criação do arquivo;
 - Tempo Modificado - ocupa 10 bytes. É a quantidade em segundos devolvida por `time(NULL)` no momento de última modificação do arquivo;
 - Tempo Acesso - ocupa 10 bytes. É a quantidade em segundos devolvida por `time(NULL)` no momento de último acesso do arquivo;

Detalhes de Implementação - o root

- Nome - ocupa um número variado de bytes. Ao fim do nome estará o caractere ' | '.
- Após o fim dos metadados do root (indicado pelo caractere ' | '), vêm os metadados dos diretórios e arquivos contidos no root. O modo de escrita desses metadados é idêntico a um diretório ordinário.

Detalhes de Implementação - os diretórios

- Os diretórios armazenam os metadados dos subdiretórios e dos arquivos que estão “imediatamente abaixo” dele. Os metadados são armazenados na seguinte ordem:
 - Ponteiro para o nome - ocupa 8 bytes. Aponta para o endereço do disco onde está o nome do arquivo/diretório;
 - Caractere indicativo - ocupa 1 byte. Indica se os metadados são de um diretório ou de um arquivo;
 - Número do primeiro bloco - ocupa 5 bytes. Aponta para o primeiro bloco onde o arquivo/diretório está armazenado;
 - Tempo Criado - ocupa 10 bytes;
 - Tempo Modificado - ocupa 10 bytes;
 - Tempo Acesso - ocupa 10 bytes;

Detalhes de Implementação - os diretórios

- Tamanho - ocupa 8 bytes. Se os metadados são de um diretório, então esse valor é sempre 0;
- Nome* - ocupa um número variado de bytes. Ao fim do nome estará o caractere ' | '.
- Os diretórios seguem a estratégia apresentada em aula onde cada subarquivo/subdiretório tem um campo de metadados, com exceção do nome (*), de tamanho fixo e o metadado nome fica armazenado em uma região especial chamada de *heap*. No campo de metadados existe um ponteiro para o lugar onde o nome está armazenado;
- Na nossa implementação a *heap* está armazenada imediatamente após acabarem todos os campos para os metadados. O começo da *heap* é indicado pelo caractere ' | '.

Detalhes de Implementação - os arquivos

- Quando um arquivo é criado, o espaço necessário para armazenar o conteúdo dele é alocado. Em seguida, alocamos espaço para armazenar os metadados dele no diretório. Caso alguma dessas operações não seja possível, qualquer espaço alocado é liberado e uma mensagem de erro informa que o arquivo não pôde ser salvo;
- O fim do conteúdo do arquivo é marcado por um caractere ' | ', então é importante que esse caractere não esteja dentro do conteúdo do arquivo. Além disso, assumimos que o conteúdo do arquivo é composto apenas por caracteres ASCII, pois estes ocupam apenas 1 byte, então o conteúdo do arquivo também não pode conter caracteres que não pertençam à tabela ASCII.

Detalhes de Implementação - os comandos

Comandos	Acesso	Modificação	Criação	Onde
cp	X	X		P
mkdir	X	X		P
rmdir	X	X		P
cat				
touch	X	X		AP
rm	X	X		P
ls				
find				

Tabela 1: Tabela indicando o comportamento dos comandos em relação à alteração de tempo dos arquivos.

Detalhes de Implementação - os comandos

- Na tabela 1, a letra 'A' na coluna 'Onde' significa que as alterações são no próprio arquivo onde foi aplicado o comando e a letra 'P' significa que as alterações são no diretório pai;
- Quando o comando `touch` cria um arquivo novo ele muda os tempos no pai, mas quando não, muda apenas o seu próprio tempo de acesso e modificação;
- Todos os comandos que criam arquivos atualizam o estado dos três tempos para o arquivo recém-criado.

Detalhes de Implementação - os comandos

- No comando `df`, os espaços desperdiçados pelo FAT e Bitmap não são contabilizados. Contudo, o valor de desperdício é fixo. O FAT desperdiça 3.195 bytes e o Bitmap, 3.039 bytes;
- No comando `ls`, há um caractere no começo de cada linha indicando se o objeto listado é um arquivo ('A') ou um diretório ('D').
- No comando `rmdir`, ao remover subarquivos e subdiretórios, não exibimos caminho completo do arquivo, mas apenas seu nome.

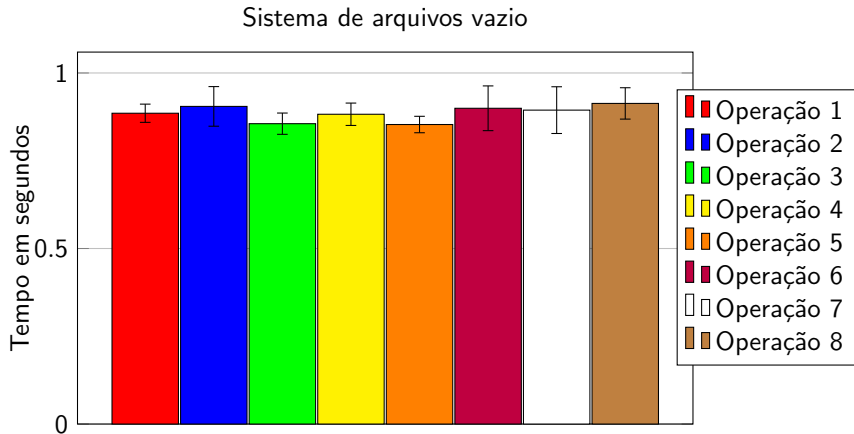
Experimentos - Observações iniciais

Realizamos os testes seguindo as etapas:

- Inicializamos o sistema de arquivos conforme necessitado (vazio, 10MB, 50MB);
- Fixado o sistema de arquivos, realizamos as operações em ordem, salvando o tempo de cada uma após sua execução;
- Para executar uma operação, chamamos `mount` no sistema, a executamos e salvamos ela em disco com `umount` e capturamos o tempo de execução com `time` do `bash`;

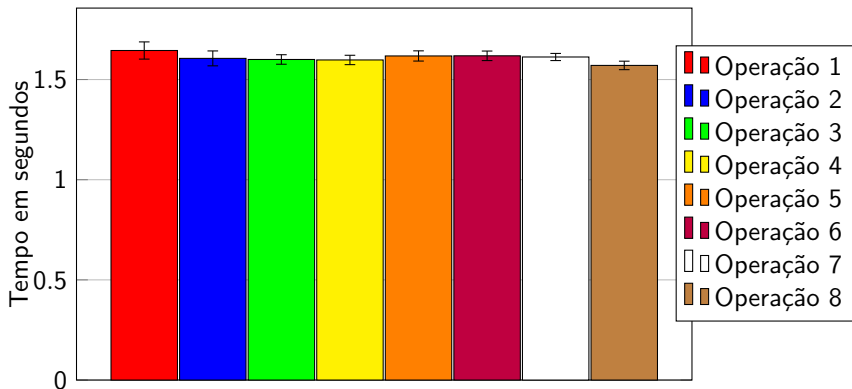
Assim sendo, o sistema de arquivos não é exatamente o mesmo no começo de cada operação, pois o resultado das operações anteriores ficou salvo.

Experimentos - Sistema de arquivos vazio



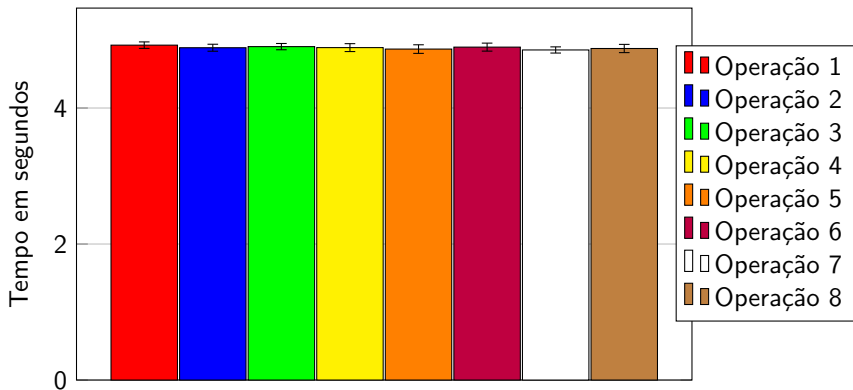
Experimentos - Sistema de arquivos com 10MB ocupado

Sistema de arquivos com 10MB ocupados



Experimentos - Sistema de arquivos com 50MB ocupado

Sistema de arquivos com 50MB ocupados



Experimentos - Especificações do hardware e SO

- Os testes foram executados em um Ubuntu 20.10 com versão do kernel 5.8.0-31-generic e sistema de arquivos EXT4 com journaling.
- O SO em questão se encontra dentro de uma máquina virtual
- O hardware utilizado foi:
 - processador Intel i7 7700 3.6GHz com 4 cores dedicados para a VM
 - memória 12Gb de memória RAM 2400MHz dedicados para a VM
 - disco HD WD SATA 7200RPM 6,0Gb/s

Conclusões - Tempo

- É possível observar que o tempo de execução das operações em um mesmo sistema de arquivos levam uma quantidade de tempo similar;
- Isso se deve ao fato de que na nossa implementação, precisamos dar `umount` para salvar as alterações de um comando no disco. Assim sendo, em todos nossos testes, além dos comandos pedidos, também executamos `mount`, `umount` e `sai`;
- O tempo de execução foi, portanto, dominado por esses comandos e vemos que existe pouca diferença entre o tempo de execução de cada operação (mesmo quando removemos vários subdiretórios e arquivos no teste 8);

Conclusões - Tempo

- Além disso, podemos observar que o tempo gasto por teste em cada sistema de arquivos parece aumentar linearmente com a quantidade de bytes ocupados (mesmo mantendo 100MB fixos para o disco).

Obrigado!

Lucas e Marcos