Sistemas Operacionais

1º Trabalho de Programação
Período: 2024/1

Data de Entrega: hoje
Composição dos Grupos: até 3 pessoas

Material a Enviar

- Por email: enviar um email para **soufes@gmail.com** seguindo o seguinte formato:

  Subject do email: "**Trabalho 1**"
  Corpo do email: lista contendo os nomes completos dos componentes do grupo em ordem alfabética
  Em anexo: um arquivo compactado com o seguinte nome "**nome_do_grupo.zip**" (*ex: joao-maria-jose.zip*). Este arquivo deverá conter todos os arquivos (incluindo o *makefile*) criados com o código muito bem comentado.
  Valendo ponto: clareza, indentação e comentários no programa.
  Desconto por atraso: 1 ponto por dia

Motivação

Insatisfeitos com todos os tipos de shells que vocês já usaram, vocês decidiram criar a sua própria shell, chamada **`fsh` (first shell)**. Essa shell deve tratar: execução de programas (em background e em foreground), comandos internos e tratamento de sinais.

Objetivos

Se familiarizar com chamadas básicas de sistemas, sinais, grupos de foreground/background.

Descrição do Trabalho

Vocês devem implementar na linguagem C uma shell denominada `fsh` (*first shell*) para colocar em prática os princípios de manipulação de processos.

Ao iniciar, `fsh` exibe seu *prompt* "`fsh>`" (os símbolos no começo de cada linha indicando que a *shell* está à espera de comandos). Quando ela recebe uma linha de comando do usuário, é iniciado o processamento desse comando. Primeiramente, a linha deve ser interpretada em termos da linguagem de comandos definida a seguir e cada comando identificado deve ser executado. Essa operação possivelmente levará ao disparo de novos processos.

A `fsh`, assim como outras shells UNIX, permite que na mesma linha de comando o usuário possa solicitar a criação de um conjunto de processos:

```
fsh> comando1 # comando2 # comando3                    (Exemplo 1)
```

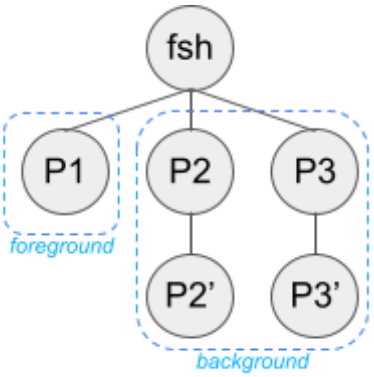
A *shell* poderá receber até 5 comandos na mesma linha. Neste exemplo, o programa deverá criar 3 processos – P1 , P2 e P3 – para executar os comandos `comando1`, `comando2` e `comando3` respectivamente (comando*X* corresponde a um arquivo executável do sistema, tratando-se de um "comando externo" que eventualmente pode receber parâmetros, como "ls -l"). No entanto, apenas

o primeiro processo (no exemplo, o processo P1, que vai executar “comando1”) será criado em *foreground*, enquanto os demais processos serão criados como processos de *background* (no exemplo, P2 e P3).

Com isso, quando a fsh recebe apenas um comando como abaixo, ela cria o processo em foreground normalmente:

```
fsh> ls -l
```

Além disso, essa shell tem um pequeno problema de consciência… para cada processo criado em background, é criado um **processo secundário** filho (também em background) rodando o mesmo comando. Com isso, no exemplo dado, os processos P2 e P3 terão cada um filho P2’ e P3’ respectivamente (chamados aqui de “processos secundários”. que também rodarão os “`comando2`” e “`comando2`” respectivamente). A `fsh` espera com isso compensar o fato de ter criado o processo em background. A árvore de processo no caso do exemplo 1, a árvore de processos ficaria assim:



Outra particularidade da `fsh` é que quando um processo morre ou é suspenso devido a um sinal, os demais processos **criados na mesma linha de comando** que o processo que morreu/suspendeu também devem morrer/suspender (incluindo os processos secundários *Px’*). No exemplo 1, **se P1 (ou P2 ou P3)** terminarem/suspenderem porque receberam um sinal, P2, P2’, P3 e P3’ (ou seja, os demais processos) também devem ser finalizados/suspensos. Mas atenção… devem ser finalizados **recebendo O MESMO SINAL**. Mas se um dos processos secundários *Px’* morrer devido a um sinal, nada acontece com os demais processos do grupo. Por fim, se os processos morrem normalmente (por um *return* ou *exit*), também nada acontece com os demais processos.

SOBRE O TRATAMENTO SINAIS...

Nossa `fsh` não quer saber de morte súbita enquanto ela tiver descendentes ainda vivos... (muito responsável!). Com isso, quando o usuário digitar Ctrl-C (SIGINT), caso ela ainda tenha descendentes vivos (ela NÃO vai considerar nessa conta os processos secundários, isto é, os *Px’*), ela deve imprimir uma mensagem perguntando ao usuário se ele tem certeza que ele deseja finalizar a shell. Caso o usuário confirme, a shell é finalizada. Mas se a Shell não tiver nenhum descendente vivo, ela pode ir descansar em paz caso o usuário faça um Ctrl-C.

IMPORTANTE: durante a execução do tratador do sinal SIGINT, todos os demais sinais devem ser BLOQUEADOS. Dica: pesquise a chamada de sistema sigaction()...

Quanto aos descendentes da shell, TODOS devem IGNORAR o SIGINT… sejam eles processos de *foreground ou background*.

Por fim, caso o usuário digite Ctrl-Z (SIGTSTP), a shell em si não será suspensa, mas ela deverá suspender todos os seus descendentes (incluindo processos de *foreground* e *background*)...

LINGUAGEM DA SHELL

A linguagem compreendida pela `fsh` é bem simples. Cada sequência de caracteres diferentes de espaço é considerada um termo. Termos podem ser

(i) operações internas da shell,
(ii) operadores especiais,
(iii) nomes de programas que devem ser executados,
(iv) argumentos a serem passados para os comandos ou programas.

- *Operações internas da shell* são as sequências de caracteres que devem sempre ser executadas pela própria shell e não resultam na criação de um novo processo. Na `fsh` as operações internas são:

  - **`waitall`**: faz com que a shell libere todos os seus descendentes filhos que estejam no estado "Zombie" antes de exibir um novo prompt. Aqui vocês podem desconsiderar os processos *secundários*… afinal, ela já fez uma boa ação criando eles!

    ATENÇÃO: Em algumas implementações Unix, caso um processo receba um sinal enquanto ele esteja bloqueado em uma chamada wait ou waitpid, ele pode retornar da chamada sem que de fato um filho tenha morrido (ou suspenso). Nesse caso a chamada wait/waitpid retorna -1 e a variável global errno (definida em errno.h) é setada com o código "EINTR". Com isso, o programador deve tratar esse caso para evitar um comportamento errado do programa.

  - **`die`**: deve terminar a operação da shell, mas antes de morrer, esta deve tomar providências para que todos os seus descendentes vivos morreram também (TODOS!)...

Essas operações internas, quando digitadas pelo usuário, devem sempre terminar com um sinal de fim de linha (*return*) e devem ser entradas logo em seguida ao *prompt* (isto é, devem sempre ser entradas como linhas separadas de quaisquer outros comandos).

- *Operadores especiais:* Existe apenas um tipo de *operador:* o símbolo '#' ao qual vocês já foram apresentados. Os demais operadores conhecidos de shell convencionais, como os símbolos '`|`', '`&`', etc., não serão tratados neste trabalho.

- *Programas a serem executados* são identificados pelo nome do seu arquivo executável e podem ser seguidos por um número máximo de dois argumentos (parâmetros que serão passados ao programa por meio do vetor `argv[]`). Cada comando do tipo (i) ou (iii) seguido ou não de argumentos deve terminar com um fim de linha. No caso (i) o comando é executado diretamente pela `fsh`. No caso (iii), o processo (ou processos) devem ser criados conforme explicado anteriormente. ATENÇÃO! Cada vez que um processo Px criado em foreground retorna, a `fsh` deve exibir imediatamente o prompt.

ALGUNS CONCEITOS IMPORTANTES

Processos em Background no Linux

No linux, um processo pode estar em *foreground* ou em *background*, ou seja, em primeiro plano ou em segundo plano. A opção de se colocar um processo em *background* permite que a shell execute tarefas em segundo plano sem ficar bloqueada, de forma que o usuário possa passar novos comandos para ele.

Quando um processo é colocado em *background*, ele ainda permanece associado a um terminal de controle. No entanto, em algumas implementações Unix, quando um processo tenta ler ou escrever no terminal, o kernel envia um sinal SIGTTIN (no caso de tentativa de leitura) ou SIGTTOU (no caso de tentativa de saída). Como resultado, o processo é suspenso.

Por fim, um processo de *background* não recebe sinais gerados por combinações de teclas, como Ctrl-C (SIGINT), Ctrl-\ (SIGQUIT), Ctrl-Z (SIGTSTP). Esses sinais são enviados apenas a processos em foreground criados pela shell.

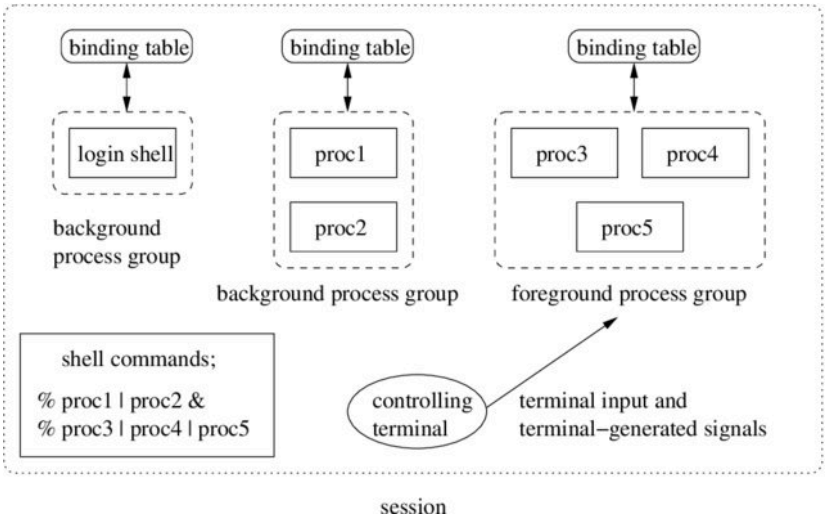


Fig 1: Relação entre processos, grupos, sessões e terminal de controle

Grupos e Sessões no Linux

Como vocês já viram em laboratórios passados, o Unix define o conceito de ***Process Group***, ou Grupo de Processos. Um grupo nada mais é do que um conjunto de processos. Isso facilita principalmente a vida dos administradores do sistema no envio de sinais para esses grupos. É que usando a chamada `kill()` é possível não somente enviar um sinal para um processo específico, mas também enviar um sinal para todos os processos de um mesmo *Process Group*. Como também já foi visto, quando um processo é criado, automaticamente ele pertence ao mesmo *Process Group* do processo pai (criador), sendo possível alterar o grupo de um processo por meio da chamada `setpgid()`. A Bash, por exemplo, quando executa um comando de linha, ela faz `fork()` e logo em seguida é feita uma chamada a `setpgid()` para alocar um novo *Process Group* para esse processo filho. **Numa shell convencional (como a bash)** se o comando for executado sem o sinal '&', esse *process group* é setado para *foreground*, enquanto o grupo da bash vai para *background*. A figura acima ilustra como ficam os grupos após os comandos ilustrados no quadro "shell commands".

- Após a linha de comando "proc1 | proc2 &", a bash cria dois processos em *background* e um *pipe*, e redireciona a saída padrão de proc1 para o *pipe*, e a entrada padrão de proc2 para esse mesmo *pipe*.
- Após a linha de comando "proc1 | proc2 | proc3 ", a bash cria três processos em *foreground* e dois *pipes*, e redireciona a saída padrão de proc1 para o 1o. *pipe*, e a entrada padrão de proc2 para esse mesmo *pipe*; também redireciona a saída padrão de proc2 para o 2o *pipe*, e a entrada padrão de proc3 para esse 2o. *pipe*.

Mais informações sobre grupos de **foreground e background aqui:**

- https://www.gnu.org/software/libc/manual/html_node/Foreground-and-Background.html
- https://man7.org/linux/man-pages/man3/tcsetpgrp.3.html

Sessões no Linux!

Agora que vocês já estão feras em *Process Groups*, vamos ao conceito de ***Session***, ou Sessão. Uma sessão é uma coleção de grupos. Uma mesma sessão pode conter diferentes grupos de *background*, mas no máximo 1 (um) grupo de *foreground*. Com isso, uma sessão pode estar associada a um terminal de controle que por sua vez interage com os processos do grupo de *foreground* desta sessão. Quando um processo chama `setsid()`, é criada uma nova sessão (sem nenhum terminal de controle associado a ela… e portanto, **todos os processos em background**) e um novo grupo dentro dessa sessão. Esse processo se torna o líder da nova sessão e do novo grupo.

OUTRAS Dicas Técnicas

Outras funções que podem ser úteis são aquelas de manipulação de strings para tratar os comandos lidos da entrada. Há basicamente duas opções principais: pode-se usar `scanf("%s")`, que vai retornar cada sequência de caracteres delimitada por espaços, ou usar `fgets` para ler uma linha de cada vez para a memória e aí fazer o processamento de seu conteúdo, seja manipulando diretamente os caracteres do vetor resultante ou usando funções como `strtok`.

Ao consultar o manual, notem que as páginas de manual do sistema (acessíveis pelo comando `man`) são agrupadas em seções numeradas. A seção 1 corresponde a programas utilitários (comandos), a seção 2 corresponde às chamadas do sistema e a seção 3 às funções da biblioteca padrão. Em alguns casos, pode haver um comando com o mesmo nome da função que você procura e a página errada é exibida. Isso pode ser corrigido colocando-se o número da seção desejada antes da função, por exemplo, "`man 2 fork`". Na dúvida se uma função é da biblioteca ou do sistema, experimente tanto 2 quanto 3. O número da seção que está sendo usada aparece no topo da página do manual. (?)

Verificação de erros

Muitos problemas podem ocorrer a cada chamada de uma função da biblioteca ou do sistema. Certifique-se de testar cada valor de retorno das funções e, em muitos casos, verificar também o valor do erro, caso ele ocorra. Isso é essencial, por exemplo, no uso da chamada `wait`. Além disso, certifique-se de verificar erros no formato dos comandos, no nome dos programas a serem executados, etc. Um tratamento mais detalhado desses elementos da linguagem é normalmente

discutido na disciplina de compiladores ou linguagens de programação, mas a linguagem usada neste trabalho foi simplificada a fim de não exigir técnicas mais sofisticadas para seu processamento. (?)

Bibliografia Extra: Kay A. Robbins, Steven Robbins, *UNIX Systems Programming: Communication, Concurrency and Threads, 2nd Edition* (Cap 1-3).