UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ

INSTITUTO DE MATEMÁTICA – IM
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – DCC

ESTUDO SOBRE SUBPROCESSOS COOPERATIVOS

Disciplina: Sistemas Operacionais
Professor: Thomé

Júlio César Machado Bueno	106033507
Luiza Diniz e Castro	107362705
Roberta Santos Lopes	107362886

Sumário

Estudo de comandos

fork()

A função *fork()* é uma primitiva que possibilita a criação de um novo processo em um sistema UNIX. Este novo processo é denominado “processo filho” ou subprocesso, e possui o mesmo código fonte e uid (*User Identifier*) que o seu processo criador (“processo pai”). Apesar disso, o processo filho possui atributos diferenciados como o PID (*Process Identifier*) e é tratado de forma dissociada do seu processo pai pelo Sistema Operacional.

O relacionamento entre o processo pai e processo filho se dá de forma unilateral, onde o pai conhece o PID do seu processo filho enquanto o processo filho não conhece o PID do seu pai, exceto por rotinas de maior privilégio.

A criação de um subprocesso exige que o programador tenha cuidados com o uso de recursos compartilhados como arquivos e variáveis de escopo público. Todas as varáveis possuem valores idênticos até a execução do *fork()*. Isto é, se uma variável instanciada de forma compartilhada (anterior ao *fork()*) for alterada pelo filho, essa alteração se refletirá durante a execução do pai e vice-versa. Além disso, outro cuidado a ser tomado é com a finalização dos processos e seus subprocessos. No caso dos processos pai e filho estarem em execução, se o processo pai for finalizado, o filho também o será. Todavia, se o processo filho for finalizado, o processo pai continuará sua execução normalmente.

A primitiva fork() funciona da seguinte maneira:

1. Verifica se há lugar na Tabela de Processos;
2. Tenta alocar memória para o filho;
3. Altera mapa de memória e copia para a tabela;
4. Copia imagem do *pai* para o filho;
5. Copia para a tabela de processos a informação do processo pai (PID, prioridades, estado, etc);
6. Atribui um PID ao filho
7. Informa ao *Kernel* e o sistema de arquivos que foi criado um novo processo.

A seguir um exemplo de uso da função *fork()*

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>

int main(void){
     int id;
     //Exibe o ID do processo corrente
     printf("Processo Corrente - %i\n\n", getpid());

     id = fork();

     if (id > 0){
               printf("Eu sou o processo pai");
     }elseif( id == 0 ){
              printf("Eu sou o processo filho");
     }else{
              printf("Não foi possível criar o subprocesso");
     }
}
```

exec

A primitiva exec é formada por um grupo de funções: *execl()*, *execlp()*, *execle()*, *execv()*, *execvp(),* que permitem a execução de um programa externo ao processo corrente. Em outras palavras, permitem lançar, de forma independente, outro processo proveniente do sistema de arquivos. Não representa a criação de um processo efetivamente, mas sim a substituição do programa em execução.

Na chamada de um *exec*, existe uma sobreposição do segmento de instruções do processo que o chamou pelo segmento de instruções do processo que foi chamado (passado como argumento da função exec). Dessa forma, quando a chamada for bem sucedida, não existirá retorno do exec para o processo que estava em execução, já que o endereço de retorno desaparece quando ele morre. Porém, quando alguma das funções do grupo exec retorna, um erro ocorreu. Sendo assim, existirá um valor de retorno igual a -1.

execl()

A principal diferença dessa função para as demais é o número conhecido de parâmetros a serem passados. O primeiro informa ao processo em execução o caminho do processo a ser chamado. Os demais são passados como argumentos para o processo que foi chamado.

A seguir um exemplo do uso de *execl()*:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>

int main(void){
     //Executa o comando ls
     execl("/bin/ls", "/bin/ls", NULL);
}
```

wait()

A função *wait()* suspende a execução do processo corrente até que todos os seus processos filhos sejam finalizados. Em seguida, o processo pai retorna sua execução do ponto onde parou. Um processo filho se torna um processo zumbi, quando seu processo pai termine antes dele. Dessa forma, ele continua a existir como entrada na tabela de processos do sistema operacional, mesmo que ele não esteja mais ativo para execução.

A seguir um exemplo de uso de *wait()*:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>

int main(void){
     int id, status;

     id = fork();

     if (id > 0){
                printf("Eu sou o processo pai e a seguir vou aguardar pelo
meu filho.");
                     wait(&status);
     }elseif( id == 0 ){
              printf("Eu sou o processo filho");
     }else{
              printf("Não foi possível criar o subprocesso");
     }
}
```

exit()

Um processo pai pode estar esperando o término da execução de seu processo filho através do comando wait. O término da execução do processo filho ocorre através de uma chamada ao exit ou quando ele é abortado. Após a execução do comando exit, um status de saída é enviado ao sistema operacional e um sinal de SIGCHLD é enviado ao processo pai, indicando término com sucesso. Dessa forma, o pai volta a executar.
Lembrando que, caso um processo filho não esteja mais associado ao seu processo pai, ele se torna um processo zumbi.

Os parâmetros possíveis para a função exit são zero ou qualquer inteiro diferente de zero. Indicando, respectivamente, que o processo foi finalizado com sucesso ou que foi encerrado com erro.

A seguir um exemplo de uso de *exit()*:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>

int main(void){
     int id;

     id = fork();

     if (id > 0){
               printf("Eu sou o processo pai .");
     }elseif( id == 0 ){
             printf("Eu sou o processo filho e vou terminar a minha
execução normalmente.");
                     exit(0);
     }else{
             printf("Não foi possível criar o subprocesso");
     }
}
```

getpid()

Retorna o PID do processo corrente em formato de número inteiro;

A seguir um exemplo de uso de *getpid()*:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>

int main(void){
     int id;

     id = fork();

     if (id > 0){
               printf("Eu sou o processo pai de ID %i", getpid()) ;
     }elseif( id == 0 ){
             printf("Eu sou o processo filho de ID %i", getpid()) ;
     }else{
             printf("Não foi possível criar o subprocesso");
     }
}
```

getppid()
Retorna o PID do processo pai do processo corrente em formato de número inteiro;

A seguir um exemplo de uso de *getppid()*:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>

int main(void){
     int id;

     id = fork();

     if (id > 0){
               printf("Eu sou o processo pai de ID %i", getpid()) ;
     }elseif( id == 0 ){
              printf("Meu processo pai é de ID %i", getppid()) ;
     }else{
              printf("Não foi possível criar o subprocesso");
     }
}
```

Prog1

Funcionamento

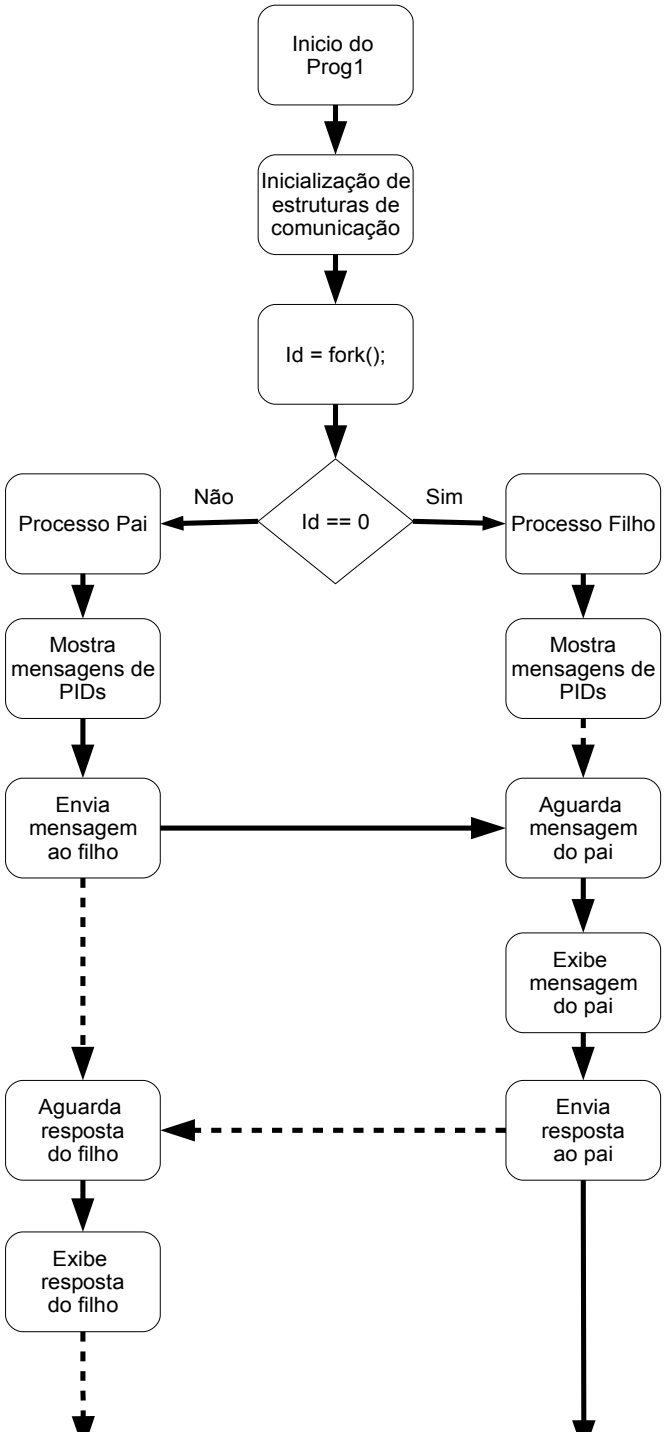
O Prog1.c exemplifica a utilização de comandos como *fork()* e *exec()*, associados ao uso de:

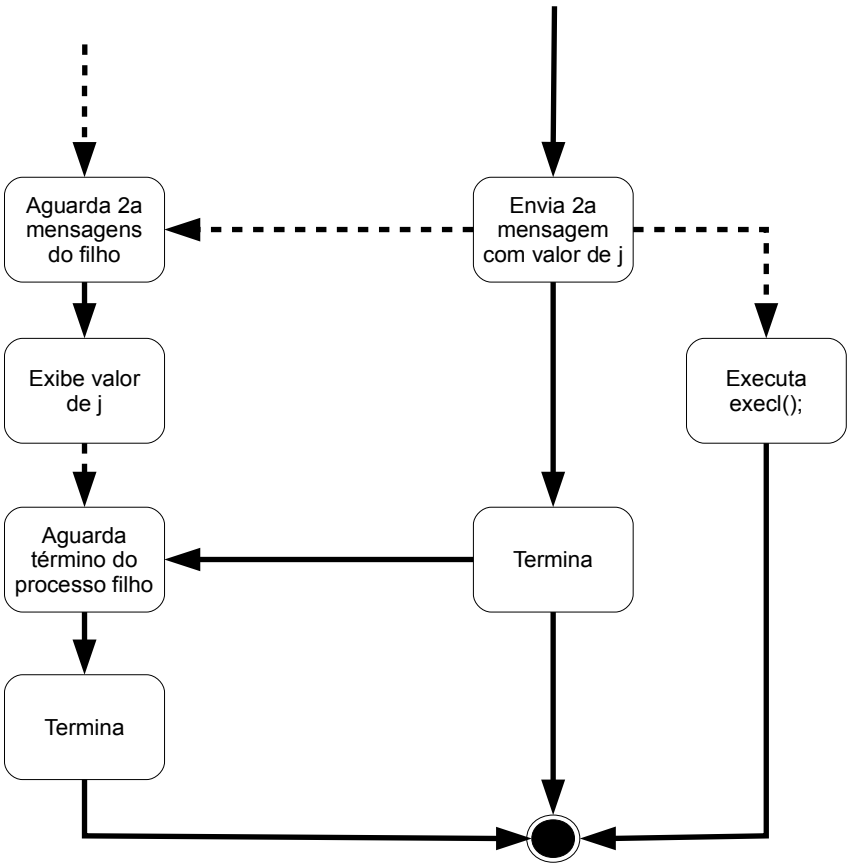
- Comunicação inter-processos (através de *POSIX*).
- Manipulação de sequência de execução inter-processos (através do *wait()*).
- Término e retorno de processos.

É importante ressaltar que o Prog1 pode ser levado a um estado de *Deadlock* pelo compartilhamento do recurso consumível da fila de mensagens. Isso poderá acontecer caso o processo filho seja executado antes do processo pai. Neste caso, o processo filho fica aguardando uma mensagem do processo pai, que nunca chegará, e o processo pai ficará aguardando uma mensagem do processo filho.

A fim de evitar essa possibilidade, foi introduzido no código do processo pai uma chamada *wait()* para aguardar o término do processo filho e garantir a sequência correta de envio de mensagens.

Para melhor entendimento da execução do programa descrito, foi desenvolvido o fluxograma abaixo:





Saída do Console

```
Processo Corrente - 14225


Sou o processo Pai de PID 14225 e tenho o processo Filho de PID 14226
Mensagem enviada ao Filho: Olá processo Filho!
Sou o processo de PID 14226 e tenho o Processo Pai de PID 14225
Mensagem enviada pelo pai - Olá processo Filho!
Prog1  Prog1.c    Prog2  Prog2.c    README.txt  Trab1_Descricao_2011_2.pdf
     Trabalho Escrito.doc  Trabalho Escrito PDF.pdf
1a Mensagem enviada pelo filho - Olá processo Pai!
2a Mensagem enviada pelo filho - j=10001
O Processo Filho terminou e o pai também se encerrará.
```

Resposta às perguntas no Programa

As respostas abaixo também estão contidas em forma de comentários no código do Prog1.

execl("/Bin/ls", "ls", NULL);

1) O que acontece após este comando?

O processo filho executa o comando execl que é criado pelo SO de forma independente. Isso ocorre, pois o ls não é uma instância de Prog1, diferentemente dos processos filho e pai. Sendo assim, esse comando será executado pelo SO de forma dissociada dos demais. Quando a execução do *execl()* é bem sucedida, o segmento de instruções do processo filho (processo corrente) é substituído pelo segmento do processo que foi chamado pelo *execl()*, portanto o processo filho não continua em execução. Por sua vez, o processo pai identifica que o processo filho não existe mais e continua sua própria execução.

2) O que pode acontecer se o comando "execl" falhar?

O comando *execl()* retorna o valor -1, indicando que houve falha na sua execução. Neste caso, o processo filho (processo corrente) retorna sua execução normalmente.

Prog2

Funcionamento

O Prog2.c mostra a criação senquencial de diversos subprocessos a fim de gerar uma árvore encadeada de processos. Isso ocorre devido a uma iteração responsável por criar subprocessos a partir de outros subprocessos. O número de iterações é determinado pela variável m.

Além disso, o Prog2 permite que os processos pais armazenem os PIDs de seus processos filhos e apresentem estes PIDs no momento em que o processo pai inicia a espera pelo término dos mesmos.

Executando o Prog2 inicialmente com o valor m=0 e, modificando incrementalmente o parâmetro m para 1, em seguida para 2 e 3, podemos observar que árvore gerada não é balanceada e o nó associado ao Processo Pai Original possui um número de filhos igual a m+1.

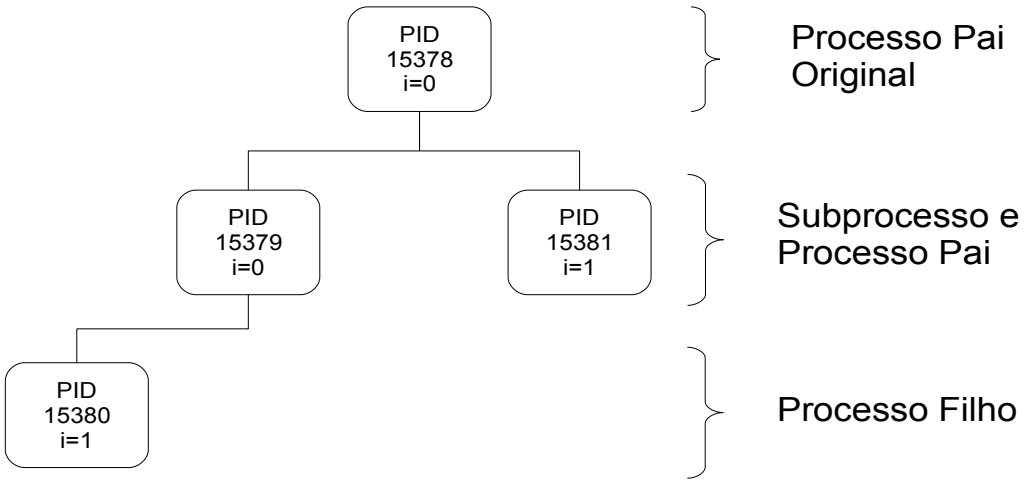
m	Número de processos
0	2
1	4
2	8
3	16

Podemos então deduzir empiricamente que o número total de processos gerados pelo Prog2 pode ser dado pela fórmula

$$\text{nº de processos} = 2^{(m+1)}$$

Desta forma, podemos concluir que para o valor de m=4 teremos 32 processos e para m=10 2048 processos.

A seguir, um exemplo de uma árvore gerada para a variável configurada em m = 1.



Saída do Console

```
PID do processo corrente = 15378  |  d1 = 0  |  d2 = 1

PID do processo corrente = 15378  |  d1 = 0  |  d2 = 1  |  m = 1

PID do processo corrente = 15378  |  d1 = 1  |  d2 = 4  |  m = 1  Ramo if

PID do processo corrente = 15378  |  d1 = 1  |  d2 = 4  |  m = 1

PID do processo corrente = 15379  |  d1 = 0  |  d2 = 3  |  m = 1  Ramo else

PID do processo corrente = 15379  |  d1 = 0  |  d2 = 3  |  m = 1

PID do processo corrente = 15379  |  d1 = 2  |  d2 = 9  |  m = 1  Ramo if

PID do processo corrente = 15379

PID do processo corrente = 15379 e número de filhos = 1

O processo de PID = 15379 está esperando os seguintes filhos: 15380

PID do processo corrente = 15378  |  d1 = 3  |  d2 = 13  |  m = 1  Ramo if

PID do processo corrente = 15378

PID do processo corrente = 15380  |  d1 = -1  |  d2 = 12  |  m = 1  Ramo else

PID do processo corrente = 15378 e número de filhos = 2

O processo de PID = 15378 está esperando os seguintes filhos: 15379 15381

PID do processo corrente = 15381  |  d1 = 0  |  d2 = 12  |  m = 1  Ramo else

PID do processo corrente = 15378 e número de filhos = 2

O processo de PID = 15378 está esperando os seguintes filhos: 15379 15381
```

Resposta às perguntas no Programa

Todas as perguntas foram respondidas como comentários no próprio código do Prog2.

Verifique e apresente suas conclusões sobre a ordem em que os processos são ativados e a ordem em que ganham a CPU.

Apesar dos processos serem criados a partir de um único processo pai original, a ordem em que eles ganham a CPU e outros recursos depende exclusivamente do sistema operacional. Isso significa que após à criação de um processo filho, a partir da função *fork()*, tanto o processo pai quanto o processo filho podem ganhar a CPU, não havendo prioridades. Porém, a ordem de criação é respeitada e assim o valor do PID do processo pai sempre será menor que o do seu processo filho. A utilização do comando *wait()*, garante, durante a execução do processo pai, que ele aguarde pelo término de todos seus processos filhos.

Prog3

Funcionamento