

Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

LABORATORIUM

Obliczeń Równoległych i Systemów Rozproszonych

Sprawozdanie nr 2

Łącza nienazwane

GRUPA: 2B / SEMESTR: 5 / ROK: 3

Igor Gawłowicz / 59096

Krystian Niedźwiedź / 58824

Rodzina systemów POSIX zaopatrzona została w mechanizm tworzenie międzyprocesowych łączy komunikacyjnych, zwanych potokami:

- *nienazwanymi* a więc istniejącymi wyłącznie w pamięci jądra obiektów tymczasowych, tworzonymi obok otwieranych w momencie inicjowania procesu standardowymi
- *nazwanymi* czyli posiadającymi dowiązanie w systemie plików, do których odwołania następując *explicite* przez nazwę a czas ich istnienia nie jest ograniczony czasem wykonania procesu.

Każdemu z tych strumieni system operacyjny przypisuje deskryptor pliku, który stanowi unikalną liczbą całkowitą 0, 1, 2, 3, itd. choć trzy pierwsze są przypisane standardowym strumieniom wejściowemu, wyjściowemu i błędowi.

Procesy potomne dziedziczą deskryptory łączy po procesach macierzystych.

Liczba możliwych do wykorzystania przez proces deskryptorów, a więc i ilość otwartych plików jest ograniczona.

W gruncie rzeczy można byłoby się zawahać na ile w przypadku problematyki współbieżności, czy – rozpatrywanej tu wieloprocusowości – potrzebne są takie rozwiązania. W końcu, każdy proces potomny stanowi dokładną kopię procesu macierzystego, czy w takim razie nie łatwiej uzyskać komunikację międzyprocesową poprzez zdefiniowane już w obrębie kodu zmiennej (choćaby globalnej). Okazuje się jednak że całość nie przedstawia się aż tak prosto.

Rozważmy hipotetyczną sytuację, że w procesie głównym – z pewnego powodu – zaistniała potrzeba obliczania całek.

Założmy, że w rozpatrywanym konkretnie przypadku jest to całka

$$\mathcal{I} = \int_0^1 \sin(2\pi x) \cdot \exp^{-x} dx$$

Gdyby obliczyć jej wartość na drodze analitycznej, to otrzymamy

$$\mathcal{I} = 2 \frac{\pi (1 - e^{-1})}{1 + 4\pi^2} = 0.09811971024$$

Równocześnie może pojawić się sytuacja, że wyrażenie podcałkowe stanowić będą także i inne funkcje. W zawiązku z czym, logicznym rozwiązaniem byłoby uzupełniania kodu programu o fragment umożliwiający obliczenie wartości całki, drogą kwadratury numerycznej.

Istnieje wiele skutecznych metod obliczania kwadratur numerycznych, gdyby przyjąć tutaj przykładowo metodę trapezów, to

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{b-a}{2n} (f(x_0) + f(x_1)) + \frac{b-a}{2n} (f(x_1) + f(x_2)) + \frac{b-a}{2n} (f(x_2) + f(x_3)) + \dots + \frac{b-a}{2n} (f(x_{n-2}) + f(x_{n-1})) + \frac{b-a}{2n} (f(x_{n-1}) + f(x_n))$$

$$x_0 = a, x_n = b$$

$$x_i = a + \frac{b-a}{n} \cdot k, k = 0, 1, 2, \dots, n$$

Samą funkcję kwadratury numerycznej możemy więc zdefiniować jak niżej.

```
double quad( unsigned int n, double a, double b, double (*fun)(double) )
{
    unsigned int k;
    double xk, sum;
    sum = fun( a ) + fun( b );
    for( k=1; k<n; k++ )
    {
        xk = a + (b-a)*k/n;
        sum += 2.0*fun( xk );
    }

    return ( (b-a)/(2.0*n)*sum );
}
```

Następnie wywołamy ją poprzez resztę kodu:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/wait.h>
#include <math.h>
int main( void )
{
    int pid, status;
    double sine( double );
    double quad( unsigned int, double, double, double (*)(double));
    unsigned int n;
    double a, b, I;
    // Inicjujemy wartości początkowe zmiennych
```

```

a=0.0;
b=1.0;
I=0.0;
// i jeszcze ilość węzłów kwadratury
n=3200;
switch( (int)fork() )
{
    case -1:
        perror( "<!\> błąd inicjacji potomka" ); exit( 1 ); break;
    case 0:
        // Obliczamy całkę, ale już w potomku
        I = quad( n,a,b,sine );
        // Dla pewności wyprowadzamy informację o tym co wyliczyliśmy
        printf( "[%d] wartość całki\t%16.6f\n", (int)getpid(), I );
        //... i kończymy działanie potomka
        exit( 0 );
        // Teraz kod dla procesu nadrzędnego
    default:
        // Powiedzmy, że coś tutaj ważnego się dzieje
        printf( "[%d] wykonuje ważne rzeczy...\n", (int)getpid() );
        // Oczekiwanie na wynik z potomka
        pid = (int)wait( &status );
        // ... i mamy gotowy rezultat
        printf( "[%d] zakończył z kodem %d\n", pid, status );
        printf( "[%d] otrzymał wartość\t%16.6f\n", (int)getpid(), I );
    }
    // Na tym program kończy działanie
    return 0;
}

```

musimy jeszcze dodać funkcję sinusa

```
double sine( double x ){ return sin( 2*M_PI*x )*exp(-x); }
```

a następnie uruchomimy program z uwzględnieniem biblioteki matematycznej za pomocą polecenia:

```
$ gcc -Wall quad.c -o quad -lm
```

Taki program zwróci nam wartość

```

[3083] wykonuje ważne rzeczy...
[3084] wartość całki           0.098120
[3084] zakończył z kodem 0
[3083] otrzymał wartość       0.000000

```

Możemy jednak zauważyć że wyniki wykonany przez podrzędny proces nie przekazał informacji do procesu macierzystego.

Stało się tak ponieważ gdy korzystamy z polecenia fork i rozdzielamy program, oba procesy inicjują swoje zmienne od razu przy podziale i nie dzielą się nimi więc pomimo tego że w momencie inicjacji oba dostały zmienną `I` proces podrzędny ją zmodyfikował ale nie przekazał procesowi macierystemu.

Aby rozwiązać ten problem musimy skorzystać z jednego z narzędzi systemów UNIX, jakim są "rury" (z ang `pipe`)

```
int main( void )
{
    int pid,status;
    double sine( double );
    double quad( unsigned int, double, double,double (*)(double) );
    unsigned int n;
    double a,b,I;
    int fd[2];
    a=0.0,b=1.0,I=0.0;
    n=3200;
    if(pipe(fd)<0)
    {
        printf("...błąd otwarcia łącza\n"); exit(1);
    }
    switch( fork() )
    {
        case -1:
            perror( "<!\> błąd inicjacji potomka" ); exit( 1 ); break;
        case 0:
            close( fd[0] );
            I = quad( n,a,b,sine );
            printf( "[%d] wartość całki %19.6f\n",(int)getpid(),I );
            write( fd[1],(void*)&I,sizeof( double ) );
            exit( 0 );
        default:
            close( fd[1] );
            printf( "[%d] wykonuje, ważne rzeczy...\n",(int)getpid() );
            read( fd[0],(void*)&I,sizeof( double ) );
            printf( "[%d] zakończył z kodem %d\n",pid,status );
            printf( "[%d] otrzymał wartość %16.6f\n",(int)getpid(),I );
    }
    return 0;
}
```

Tym razem program zwróci nam:

```
[4257] wykonuje ważne rzeczy...
[4258] wartość całki           0.098120
[4258] zakończył z kodem 0
[4257] otrzymał wartość       0.098120
```

Ponieważ proces może utworzyć wiele potoków w postaci łączy nienazwanych, a z reguły w większości implementacji, są one jednokierunkowe, bardzo użytecznymi mogą okazać się funkcje `dup()` i `dup2()`.

Wywołanie obu funkcji utworzy kopie deskryptora `old`, z tą różnicą że w przypadku `dup2()` mamy możliwość wskazania w sposób jawny na co skopiować. Funkcja `dup()` zwraca natomiast najniższy, pierwszy wolny.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/wait.h>
#include <unistd.h>
int main ()
{
    int fd[2];
    int pid,status;
    // Ta zmienna zostanie w przyszłości skojarzona z potokiem
    FILE* stream;
    if( pipe( fd )< 0 )
    {
        printf( "...błąd otwarcia łączy\n" ); exit( 1 );
    }
    switch( (pid=(int)fork()) )
    {
        case -1:
            perror( "<!> błąd inicjacji potomka" );
            exit( 1 ); break;
            // Kod dla potomka
        case 0:
            // Na początek powitanie
            printf( "<!>\tpotomek [%d] startuje\n",(int)getpid() );
            // Zamykamy fd[1] bo potomek nie będzie pisał do potoku
            close( fd[1] );
            // Kopujemy potomkowi fd[0] potoku na jego stdin
            dup2( fd[0],STDIN_FILENO );
            // Zamykamy fd[0],bo już niepotrzebne-skopiowaliśmy na stdin
            close(fd[0]);
            // Teraz pozostaje już tylko wywołać program sort
            printf("-----\n" );
            execl( "/usr/bin/sort","sort","--reverse",(char*)NULL );
        default:
            // Zamykamy od tej strony kanału odczyt, bo będziemy pisać.
            close( fd[0] );
            // Przypisanie strumienia (plikowego) istniejącemu deskryptorowi.
            stream = fdopen( fd[1], "w" );
            // Piszemy do kanału, na końcu którego jest potomek
            // (właściwie to jest tam już systemowe sort).
            fprintf( stream, "\tAaaaa\n" );
            fprintf( stream, "\tBbbbb\n" );
            fprintf( stream, "\tCcccc\n" );
            fprintf( stream, "\tDdddd\n" );
            // Na wszelki wypadek opróżniamy bufor plikowy
            fflush( stream );
    }
}
```

```

        // Zamykamy deskryptor, ponieważ nie jest dłużej potrzebny
        close( fd[1] );
        // i czekamy na potomka, aż skończy
        wait( &status );
        // Po zakończeniu wyświetlamy komunikat
        printf("-----\n" );
        printf("<!\>\tpotomek [%d] zakończył działanie zwrócił
[%d]\n",pid,status );
    }
    return 0;
}

```

Uruchomienie programu zwróci nam:

```

<!\>    potomek [5528] startuje
-----
        Ddddd
        Ccccc
        Bbbbb
        Aaaaa
-----
<!\>    potomek [5528] zakończył działanie i zwrócił [0]

```

Mechanizm łączy nienazwanych można z powodzeniem wykorzystać do komunikacji dwukierunkowej, między procesem nadrzędnym a potomnym. Kolejny przykład pokazuje tego rodzaju wariant komunikacji międzyprocesowej.

Złożmy, że proces nadrzędny prześle do procesu potomnego pewną wartość x oczekując na wykonanie na niej pewnej operacji $f(x)=y$ a proces potomny zwróci wynik tej operacji, czyli y , do procesu nadrzędnego

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/wait.h>
int main( void )
{
    int pid,status;
    int one[2],two[2];
    double x=1.0,y=1.0;
    printf( "\t[%d] nadrzędny, start\n\n",(int)getpid() );
    // Oczywiście, w przypadku komunikacji dwukierunkowej,
    // konieczne są dwa łącza pipe
    if( pipe( one )< 0 || pipe( two )<0 )
    {
        printf( "<!\> błąd otwarcia łączy\n" ); exit( 1 );
    }
    switch( pid=(int)fork() )
    {
        // Gdyby coś poszło nie tak
    }
}

```

```

case -1:
    perror( "<!> błąd inicjacji potomka" );
    exit( 1 );
    break;
// Teraz kod dla potomka
case 0:
    // Powitanie (jest to oczywiście czysta diagnostyka)
    printf( "\t[%d] potomek, start\n\n", (int) getpid() );
    // Zamykamy niepotrzebne deskryptory,
    // odpowiednio do kierunku przesyłu
    close( one[1] ); close( two[0] );
    // Nasłuchujemy tego co nadrzędny ma nam do powiedzenia
    read( one[0], (void*)&x, sizeof( double ) );
    printf( "\t[%d] otrzymał x=%f\n", (int) getpid(), x );
    // Wykonujemy właściwe operacje, na rzecz nadrzędnego
    y = x * M_PI;
    printf( "\t[%d] wykonał f(x)=y, wysyła y=%f\n", (int) getpid(), y );
    // no i w końcu wysyłamy wynik końcowy do nadrzędnego
    write( two[1], (void*)&y, sizeof( double ) );
    printf( "\t[%d] potomek, stop\n\n", (int) getpid() );
    exit( 0 );
    break;
default:
    // Oczywiście zamykamy to co nie jest nam potrzebne
    close( one[0] ); close( two[1] );
    // Wysyłamy dane do potomka
    printf( "\t[%d] wysyła do potomka [%d]x=%f\n\n", (int) getpid(), pid, x );
    write( one[1], (void*)&x, sizeof( double ) );
    // no i czekamy na wynik do potomka
    read( two[0], (void*)&y, sizeof( double ) );
    wait( &status );
    printf( "\t[%d] kod powrotu potomka [%d]\n", pid, status );
    //informacja diagnostyczna
    printf( "\t[%d] otrzymał y=%f\n", (int) getpid(), y );
    printf( "\n\t[%d] nadrzędny, stop\n", (int) getpid() );
}
//Proces nadrzędny kończy ostatecznie działanie
return 0;
}

```

Po kompilacji otrzymamy:

```

[6341] nadrzędny, start

[6341] wysyła do potomka [6342]x=1.000000

[6342] potomek, start

[6342] otrzymał x=1.000000
[6342] wykonał f(x)=y, wysyła y=3.141593
[6342] potomek, stop

```



```
[6342] kod powrotu potomka [0]  
[6341] otrzymał y=3.141593  
  
[6341] nadrzędny, stop
```

Wnioski

W ramach laboratorium dotyczącego łączy nienazwanych w systemach UNIX omówiliśmy, jak procesy komunikują się między sobą w sposób nienazwany, poprzez wykorzystanie potoków (pipe). Zrozumieliśmy, że potoki mogą służyć do przesyłania danych między procesami, zwłaszcza w przypadku komunikacji między procesem nadrzędnym a potomnym.

Przykłady programów wykorzystujących potoki zostały omówione w sprawozdaniu. Pierwszy przykład dotyczył przesyłania danych z procesu nadrzędnego do procesu potomnego, który dokonywał na tych danych obliczeń i przysyłał wynik z powrotem do procesu nadrzędnego. Dzięki temu zrozumieliśmy, jak przekazywać dane między procesami i jak zamykać odpowiednie deskryptory plików, aby uniknąć błędów.

Kolejny przykład przedstawiał komunikację dwustronną między procesem nadrzędnym a potomnym. Wskazano, że procesy mogą być komunikatywne w obie strony, co jest przydatne w bardziej zaawansowanych scenariuszach. Przykład ten pomógł zrozumieć, jak działa przesyłanie danych w dwie strony oraz jak zamykać odpowiednie deskryptory, aby uniknąć błędów.

Podczas laboratorium nabyliśmy umiejętności korzystania z funkcji takich jak `pipe()`, `dup()`, `dup2()`, `read()`, `write()`, a także obsługi błędów podczas komunikacji między procesami. Dzięki temu zdobyliśmy praktyczną wiedzę na temat wykorzystania potoków w programowaniu współbieżnym i komunikacji międzyprocesowej.