Katarzyna Kuźniar, Kazimierz Lal, Tomasz Rak

ĆWICZENIA

Programowanie w Linuksie

To naprawdę proste!

Poznaj języki programowania stosowane w systemie Linux
Znajdź, zainstaluj i skonfiguruj niezbędne narzędzia programistyczne
Naucz się tworzyć, kompilować i testować doskonałe aplikacje użytkowe

Helion

Autorzy:

Katarzyna KUŹNIAR (rozdziały 1-3).

Kazimierz LAL, Politechnika Rzeszowska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Informatyki i Automatyki, Rzeszów, Polska (rozdziały 1-3).

Tomasz RAK, Politechnika Rzeszowska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Informatyki i Automatyki, Rzeszów, Polska (rozdziały 1-3).

Redaktorzy prowadzący: Michał Mrowiec, Tomasz Waryszak
Projekt okładki: Maciej Pasek

Materiały graficzne na okładce zostały wykorzystane za zgodą Shutterstock.

Wydawnictwo HELION
ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63
e-mail: *helion@helion.pl*
WWW: *http://helion.pl* (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres
http://helion.pl/user/opinie?cwplin
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Kody źródłowe wybranych przykładów dostępne są pod adresem:
ftp://ftp.helion.pl/przyklady/cwplin.zip

ISBN: 978-83-246-4345-5

Printed in Poland.

Spis treści

3

Zastosowania wybranych środowisk programistycznych

Po wstępnym omówieniu w poprzednim rozdziale różnych środowisk programistycznych teraz przyszedł czas na pokazanie, jak używa się ich w praktyce w codziennej pracy programisty. W poniższym tekście w szczególności przedstawiono, jak ustawia się potrzebne opcje umożliwiające kompilowanie i uruchamianie programów, a także procedury instalacji koniecznych bibliotek oraz dodawania ich do projektów. Użyto do tych celów prostych przykładów oraz zadań programistycznych do samodzielnego rozwiązania. Kody źródłowe czytelnik znajdzie w archiwum na serwerze FTP wydawnictwa Helion.

Język C

Przykładowe programy

Użyte programy prezentują wybrane zagadnienia związane z programowaniem systemowym oraz sieciowym. Głównym celem rozdziału jest jednak zaprezentowanie (na użytecznych przykładach programów

przygotowanych w języku C), jakie opcje i ustawienia zastosować w *Code::Blocks IDE*, a także *GCC*, aby skompilować i uruchomić konkretny program.

ĆWICZENIE

3.1 Mnożenie macierzy

W nowych wersjach `gcc i icc` został zaimplementowany standard *OpenMP*.[1] Należy napisać program, który będzie mnożył dwie macierze dwuwymiarowe. Mają zostać przygotowane dwie wersje programu — jedna bez użycia *OpenMP*, a druga z użyciem *OpenMP*. Macierze będą zawierać wartości losowo generowane przez sam program. Operator — z linii poleceń — ma podawać trzy parametry. Pierwszy określający wysokość pierwszej macierzy, drugi szerokość pierwszej macierzy i wysokość drugiej, a ostatni szerokość drugiej macierzy. Interesującym dla operatora wynikiem jest czas wykonywania obliczeń.

Listing 3.1.1. *Mnożenie macierzy*

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3 #include <time.h>
4 #define DEFAULT_SIZE 100
5 #define true 1
6 #define false 0
```

Na początku trzeba dołączyć podstawowe biblioteki do obsługi wejścia i wyjścia, a także czasu. Należy zdefiniować stałe określające rozmiar (`DEFAULT_SIZE`) macierzy i wartości logiczne (`true`, `false`).

```
7 //funkcja generująca macierze
8 int **tabCreate(int y, int x, int losuj) {
9 int **a,i,i2;
10 a = (int **)malloc(sizeof(int *)*y);
                                        //przydzielenie pamięci dla jednego wymiaru
11 for(i=0;i<y;i++) {
12     a[i] = (int *)malloc(sizeof(int)*x);
                                        //przydzielenie pamięci dla drugiego wymiaru
13     if(losuj) {
14        for(i2=0;i2<x;i2++) a[i][i2] = rand()%10; //generowanie elementów
15    } else for(i2=0;i2<x;i2++) a[i][i2] = 0;
```

[1] *http://gcc.gnu.org/gcc-4.2/changes.html*

```
16 }
17 return a;
18 }
```

Ustawienie zmiennej `losuj` na `true` powoduje automatyczne generowanie tablicy, w przeciwnym wypadku jest ona wypełniana zerami.

```
19 //funkcja wyliczająca różnicę między dwoma czasami
20 long long int toddiff(struct timeval *tod1, struct timeval *tod2)
21 {
22   long long t1, t2;
23   t1 = tod1->tv_sec * 1000000 + tod1->tv_usec;
24   t2 = tod2->tv_sec * 1000000 + tod2->tv_usec;
25   return t1 - t2;
26 }
27 int main( int argc, char *argv[])
28 {
29 int **a, **b, **c; //deklaracja 3 tablic
30 int i,j,k;
31 struct timeval tod1, tod2;
32 int temp;
33 int w[3];
34 srand(time(NULL));
35 for(i=0;i<3;i++) {
36     if(argc>=2+i) {
37          temp = 0;
38          sscanf(argv[1+i],"%d",&temp);
39          if(temp>0) w[i] = temp;
40             else {
41               w[i] = DEFAULT_SIZE;
42             }
43 }
44 else {
45               w[i] = DEFAULT_SIZE;
46       }
47 printf("arg[%d] = %d\n", i,w[i]);
48 }
```

Powyższy kod od linijki 35 służy do pobrania wymiarów macierzy. Należy podać trzy parametry. Są to kolejno: „wysokość pierwszej macierzy", „szerokość pierwszej i jednocześnie wysokość drugiej macierzy", „szerokość drugiej macierzy". Gdy nie zostaną podane parametry, rozmiary zostaną ustawione automatycznie (`DEFAULT_SIZE`).

```
49 //utworzenie 3 macierzy
50 a = tabCreate(w[0],w[1],true);
51 b = tabCreate(w[1],w[2],true);
52 c = tabCreate(w[0],w[2],false);
```

```
53 printf("Start\n");
54 gettimeofday(&tod1, NULL);
55 //-----------------------
56 for(i=0;i<w[0];i++){
57 for(j=0;j<w[2];j++) {
58        for(k=0;k<w[1];k++) {
59               c[i][j] += a[i][k]*b[k][j];
60 }
61 }
62 }
63 //-----------------------
```

Kod znajdujący się między linijkami 55 i 63 odpowiada za mnożenie macierzy. Przy późniejszej modyfikacji właśnie tu będą wprowadzane zmiany.

```
64 gettimeofday(&tod2, NULL);
65 //zwalnianie pamięci
66 for(i=0;i<w[0];i++) {
67       free(c[i]);
68       free(a[i]);
69 }
70 for(i=0;i<w[1];i++) {
71        free(b[i]);
72 }
73 free(a);
74 free(b);
75 free(c);
76 printf("Czas: %ld milisekund\n",(long int)(toddiff(&tod2, &tod1) /
1000.0));
77 return 0;
78 }
```

Mnożenie macierzy z użyciem OpenMP

Kolejny program w dużej części ma taki sam kod jak poprzedni, dlatego zostaną przedstawione tylko zmienione lub dodane fragmenty kodu. Pierwszą nową czynnością jest dodanie biblioteki umożliwiającej korzystanie z *OpenMP* — czyli dla `gcc <omp.h>`. Następnie należy zmodyfikować kod znajdujący się między linijkami 55 i 63.

Listing 3.1.2. *Mnożenie macierzy z użyciem OpenMP*

```
55 //-----------------------
55a #pragma omp parallel shared(a,b,c,w) private(i, j, k)
```

Mamy zamiar wykorzystać algorytm, który „zrównolegli" mnożenia macierzy, więc trzeba o tym poinformować kompilator. Odpowiednią dyrektywę wpisano w linii 55a. `Omp` jest słowem kluczowym dla *OpenMP*, `parallel` służy do wskazania kompilatorowi, który obszar będzie zrównoleglony, zaś `shared` i `private` określają, które zmienne będą wspólne (wszystkie wątki mają dostęp do tej samej zmiennej), a które prywatne (każdy wątek ma własną kopię zmiennej). Jak widać, wszystkie liczniki pętli zostały zmiennymi prywatnymi, dzięki czemu każdy wątek będzie miał swój własny licznik. Warto wspomnieć, że w praktyce za wspólne zmienne zwykło się przyjmować te, które określają liczbę iteracji pętli, a także zmienne używane w działaniach, których wartości w trakcie obliczeń nie zmieniają się.

```
55b {
55c #pragma omp for schedule(dynamic)
```

Użyta tutaj dyrektywa `schedule` jest dopuszczalna tylko dla pętli `for`. Dzięki niej można w pewnym stopniu kontrolować podział iteracji pomiędzy wątki. `Schedule` przyjmuje dwa parametry — sposób podziału iteracji i rozmiar podzbioru (jest to opcjonalny parametr). Zastosowany przez nas zapis oznacza, że każdy wątek będzie miał przydzielony jednoelementowy podzbiór iteracji.

```
56      for(i=0;i<w[0];i++){
57      for(j=0;j<w[2];j++) {
58              for(k=0;k<w[1];k++) {
59                      c[i][j] += a[i][k]*b[k][j];
60              }
61      }
62      }
62a }
63 //-----------------------
```

Skoro oba programy są już gotowe, to teraz należy je skompilować i przetestować. Użyjemy do tego celu najpierw kompilatora *GNU GCC*. Pierwszą wersję programu należy skompilować przy standardowych ustawieniach kompilatora, a w drugim przypadku należy użyć specjalnej flagi `-fopenmp`. Dodatkowo należy wykonać kompilację za pomocą kompilatora *ICC* (opcja do kompilacji z *OpenMP* to `-openmp`).

Analizując wpisy w tabeli 3.1, nietrudno zauważyć, że użycie *OpenMP* zasadniczo zwiększa szybkość mnożenia macierzy, ale również rodzaj użytego kompilatora ma duże znaczenie.

Tabela 3.1. *Wpływ użytego kompilatora i bibliotek na szybkość pracy programu mnożącego macierze dwuwymiarowe*

Wymiar pierwszej macierzy	Wymiar drugiej macierzy	Narzędzie użyte do kompilacji			
		GCC	GCC w wersji z OpenMP	ICC	ICC w wersji z OpenMP
		Czas potrzebny na mnożenie macierzy [ms]			
500×500	500×500	1345	886	109	72
100×1000	1000×1000	3448	1957	237	138
1000×1000	1000×2000	34448	19521	2383	1364

Programy były testowane na komputerze z procesorem Phenom II N620 i 4 GB pamięci RAM.

ĆWICZENIE

3.2 Utworzenie obrazka

Napisz program generujący i zapisujący kolorowy obraz o wymiarach 400 na 400 pikseli w formacie *PPM* (ang. *Portable PixMap*). Tło obrazka powinno przechodzić — w sposób ciągły — od koloru niebieskiego (w lewym górnym rogu) do zielonego (w prawym dolnym rogu). Istotnymi elementami obrazka powinny być zestawy czerwonych koncentrycznych okręgów tworzące regularną siatkę.

Na początku należy poszukać informacji o formacie *PPM*. Można je znaleźć w Internecie lub też uruchomić terminal w Ubuntu i wpisać polecenie `man ppm`. Na stronach elektronicznego podręcznika użytkownika (`man`) dostępna jest dokładna specyfikacja nagłówka, a także sposobu reprezentacji danych dla interesującego nas formatu. *PPM* to prosty format przeznaczony do przechowywania kolorowych grafik w trybie map bitowych.

Format pliku *PPM* zawiera (wg podręcznika `man`[2]):

1. „magiczny numer ” określający rodzaj pliku — P3 (tekstowy) lub P6 (binarny);

[2] Specyfikacja PPM z podręcznika `man`.

2. biały znak (spacja, tabulator, CR, LF);
3. szerokość i wysokość zapisane jako dziesiętne znaki ASCII rozdzielone białym znakiem;
4. biały znak;
5. maksymalną wartość komponentu kolorowego, znów jako dziesiętne ASCII;
6. wartości kolejnych kolorów zapisane tekstowo (dla P3) lub binarnie (dla P6).

Listing 3.2.1. *Generowanie obrazka*

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3 int main()
4 {
5    const int szer = 400; //szerokość
6    const int wys = 400; //wysokość
7    const float wsp = 3.2; //3.2 ~= (szer+wys) / 255
8    int i,j; //liczniki pętli
9    static unsigned char kolor[3]; //tablica kolorów
10    FILE * file; //deskryptor pliku
11    file = fopen("obraz.ppm", "wb");//otwarcie pliku
```

Funkcja `fopen()` otwiera plik o nazwie i ścieżce określonej przez pierwszy parametr oraz wiąże z nim strumień. Drugi parametr określa sposób, cel, a także tryb otwarcia strumienia. W naszym przypadku otwierany będzie plik `obraz.ppm` (znajdujący się w tym samym katalogu co kod źródłowy) tylko do zapisu (`'w'`) w trybie binarnym (`'b'`). Inne możliwe parametry to `'r'` (tylko do odczytu), `'a'` (dodaj na koniec istniejącego pliku lub utwórz nowy), `'r+'` (do odczytu i zapisu jednocześnie — modyfikacja pliku), `'w+'` (do zapisu i odczytu — jeśli plik istnieje, zostanie nadpisany). Można wybrać także tryb tekstowy (`'t'`). Wartość zwracana przez funkcję `fopen()` to adres utworzonego strumienia lub `NULL` w przypadku niepowodzenia.

```
12    fprintf(file, "P6\n%d %d\n 255\n", szer, wys); //nagłówek
```

Funkcja `fprintf()` umieszcza sformatowane dane w strumieniu określonym przez pierwszy parametr. W podanym przypadku dane są zapisywane do pliku w formie określonej przez łańcuch formatujący (drugi parametr). Za symbolem `%d` będzie wstawiany ciąg znaków określony przez parametr nieustalony. Wartością tej funkcji staje się liczba wysyłanych znaków lub `EOF` w przypadku wystąpienia błędu.

```
13    for(i=0;i<wys;i++){
14    for(j=0;j<szer;j++){
15            kolor[0] = abs(j*j+i*i) % 255; //czerwone kółeczka
16 /* zielony gradient — i+j — coraz mocniejszy kolor, 3.2 — żeby w obrazku mieścił się
      ↪jeden gradient */
17            kolor[1] = round(abs(i+j)/wsp);
18 /* niebieski gradient od całości odejmujemy i i j */
19            kolor[2] = (int)(abs(255-(i+j)/wsp));
20            fwrite(kolor,1,3,file);
```

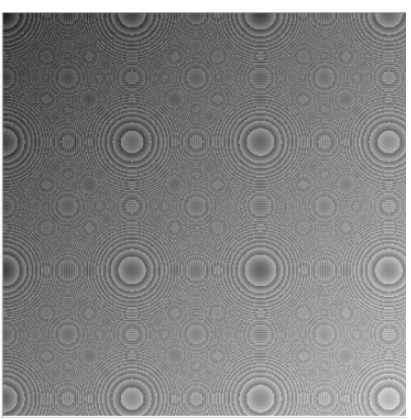
Funkcja `fwrite()` wysyła do pliku trzy elementy (o rozmiarze jednego bajta każdy) z tablicy `kolor`. Jeżeli operacja powiedzie się, wartością zwracaną jest liczba wszystkich wysłanych elementów. W przypadku błędu może być mniejsza od wartości określanej przez trzeci parametr (może być także równa zero).

```
21        }
22    }
23    fclose(file);//zamknięcie pliku
```

Funkcja `fclose(file)` zamyka strumień podany przez parametr *file*. Wszystkie bufory związane ze strumieniem są czyszczone. Zwracana wartość to `0` w przypadku powodzenia lub `EOF`, jeżeli wystąpił jakikolwiek błąd.

```
24    return 0;
25 }
```

Po skompilowaniu i uruchomieniu programu zostanie utworzony obrazek (rysunek 3.1), którego należy szukać w katalogu roboczym pliku źródłowego (w przypadku gdy został użyty *Code::Blocks*).



Rysunek 3.1. *Utworzony obraz w formacie PPM*

Na koniec należy zauważyć, że w trakcie pisania tego programu zastosowano sekwencyjny dostęp do danych (od początku do końca). Możliwy jest także swobodny dostęp do danych (np. przez użycie funkcji `fseek()`, `fgetpos()`).

Inspiracją tego zadania była strona[3] Wikibooks. Autorzy książki mają świadomość, że opis tego, co ma się znaleźć na obrazku (delikatnie mówiąc), nie jest zbyt precyzyjny i pokazuje, że jeden obraz to więcej niż setki słów.

ĆWICZENIE

3.3 Uprawnienia dla pliku — zadanie do samodzielnego wykonania

W Linuksie z każdym plikiem powiązane są prawa określające, kto co może z nim zrobić (odczytać, zapisać, wykonać). W praktyce mamy trzy typy użytkowników: właściciel pliku, każdy, kto należy do grupy powiązanej z właścicielem, i inni. Uprawnienia są — z zasady — zapisywane w postaci czterocyfrowych liczb ósemkowych, gdzie `0400` oznacza pozwolenie odczytu, `0200` to pozwolenie zapisu i `0100` umożliwienie uruchomienia pliku. Jest tak dla każdej grupy. W celu określenia praw dostępu sumuje się poszczególne wartości.[4] Najbardziej prawdopodobne uprawnienie to `0755`. Zadanie polega na napisaniu programu zmieniającego uprawnienia pliku. Uprawnienia powinny być podane w postaci ósemkowej.

Aby to zrobić, należy użyć `chmod(nazwa pliku, uprawnienia);`.

ĆWICZENIE

3.4 Swobodny dostęp do danych

Zakłada się, że istnieje plik tekstowy, w którym wszystkie linie mają taką samą długość (w naszym przypadku jest 11 znaków, łącznie ze znakiem końca linii). Używając funkcji `fseek()`, należy napisać program wyświetlający zawartość linii o podanym numerze. Na początek

[3] *http://pl.wikibooks.org/wiki/C/Czytanie_i_pisanie_do_plik%C3%B3w*

[4] Haviland K.: Unix — *Programowanie systemowe*, Wydawnictwo RM, Warszawa1999.

trzeba utworzyć plik tekstowy o nazwie *lista*. Można posłużyć się np. poleceniem `cat >> lista` lub też dowolnym edytorem tekstowym. Należy pamiętać o stałej liczbie znaków w linii.

Listing 3.4.1. *Co jest w linii?*

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3 #define DLUGOSC 11
```

Definicja stałej określającej długość linii.

```
4 char linia[DLUGOSC];
```

Definicja zmiennej globalnej określającej bufor, do którego będą wpisywane dane.

```
5 int main()
6 {
7    FILE * plik; // deskryptor pliku
8    int pozycja; // pozycja wskaźnika
9    int linie = 5; // linia, której zawartość mamy wyświetlić
10   long offset;
11    plik = fopen "./lista", "rt"); //otwieramy plik
12    if(plik == NULL)
13   {
14        printf "Nie ma pliku\n");
15   }
16   offset = (linie -1) * DLUGOSC;
```

Linia 16 określa pozycję, w której należy ustawić „kursor”.

```
17   pozycja = fseek(plik, offset, SEEK_SET);
```

Funkcja `fseek()` zmienia wartość pozycji wskaźnika w pliku związanym ze strumieniem (określonym przez pierwszy parametr) o liczbę bajtów (określoną przez drugi parametr) od wskazanej pozycji (ostatni parametr). Udostępnia trzy wartości sterujące poruszaniem się po pliku: `SEEK_SET` (początek pliku), `SEEK_CUR` (pozycja aktualna) i `SEEK_END` (koniec pliku). Wartość zwracana to `0` w przypadku powodzenia lub `-1`, gdy wystąpi błąd.

```
18   if(pozycja==-1)
19   {
20       printf "Nie moge ustawic pozycji");
21   }
22   else
23   {
24       fgets(linia, DLUGOSC, plik);
```

Za pomocą funkcji `fgets()` można odczytać linię o długości wskazanej przez drugi parametr z pliku *lista* (trzeci parametr). Wynik jest zapisywany do bufora (pierwszy parametr) i następnie wartość jest zwracana. Funkcja czyta do momentu odczytania `DLUGOSC - 1` znaków lub do napotkania znaku końca linii. Do odczytanego łańcucha dodaje znak końca wiersza i `'\0'` (koniec łańcucha). W przypadku niepowodzenia zwraca `NULL`.

```
25        printf "%s ", linia);
26    }
27    fclose(plik);
28    return 0;
29 }
```

Można teraz przetestować działanie programu, a następnie utworzyć plik tekstowy z inną liczbą linii i zobaczyć, jak program będzie się zachowywał.

ĆWICZENIE

3.5 Modyfikacja ćwiczenia 3.4 — zadanie do samodzielnego wykonania

Program z ćwiczenia 3.4 ma kilka istotnych wad (np. na sztywno ma wpisany numer linii do wyświetlenia, liczba wierszy musi być znana). Wady te należy usunąć. W szczególności należy napisać funkcję typu `void`, wyświetlającą zawartość linii o podanym numerze, a także — w sekcji `main` — dopisać kod, który będzie wyświetlał zadany przez operatora numer linii z pliku.

ĆWICZENIE

3.6 Wyszukiwanie wzoru — zadanie do samodzielnego wykonania

Należy napisać program wyszukujący określoną sekwencję znaków oraz zliczający liczbę jej wystąpień. Wynik (szukaną sekwencję znaków oraz liczbę jej wystąpień) należy zapisać w pliku wyjściowym. Zakłada się, że plik z tekstem został wcześniej przygotowany, a szukana sekwencja znaków będzie zadawana z klawiatury terminalu.

Należy wykorzystać algorytm K-M-P.[5]

ĆWICZENIE

3.7 Program klient-serwer

Należy napisać oprogramowanie, które będzie wyliczało sumę dwóch liczb. Cały proces ma być realizowany przez dwa programy pracujące w trybie klient-serwer. Zadaniem serwera będzie odbieranie od klienta pary liczb, wyliczanie ich sumy i odsyłanie wyniku. Do komunikacji klienta z serwerem należy użyć mechanizmu gniazd oraz protokołu TCP. W drugim kroku program serwera należy zmodyfikować (wykorzystując funkcję `fork()`), tak aby mógł obsłużyć kilka klientów.

Praca serwera to wykonywanie prostej sekwencji działań:

1. start,
2. utworzenie gniazda,
3. bindowanie gniazda i portu,
4. ustawienie gniazda w tryb nasłuchiwania,
5. zaakceptowanie połączenia,
6. wymiana komunikatów z klientem (pętla, w której pobierane są dane od klienta, generowana suma oraz odsyłany wynik sumowania do klienta),
7. zamknięcie połączenia i gniazda.

Działania klienta sprowadzać się będą do:

1. utworzenia gniazda,
2. nawiązania połączenia z serwerem,
3. odebrania wiadomości od serwera,
4. wysłania danych,
5. odebrania wyniku,
6. zakończenia połączenia.

Zgodnie z poleceniem podanym w ćwiczeniu należy użyć gniazd oraz protokołu TCP. Należy wspomnieć, że gniazda sieciowe są dość

[5] Algorytm *K-M-P* (ang. *Knutha-Morrisa-Pratta*) wyszukiwania wzorca wykorzystujący tablicę.

uniwersalnym mechanizmem komunikacji między procesami. Ich implementacja w systemie Linux jest wzorowana na kodzie pochodzącym z systemu *BSD-Unix* (ang. *Berkeley System Distribution*). Komunikacja może się odbyć tylko wtedy, gdy oba procesy utworzą gniazda (każdy po swojej stronie). W programie wykorzystano funkcje `socket()`, `bind()`, `listen()`, `accept()`, `send()`, `recv()` i `close()`. Funkcje te wymagają bibliotek `<sys/types.h>` i `<sys/socket.h>`.

Teraz gdy został przedstawiony zarys programu oraz zdefiniowano, jakich narzędzi należy użyć, wystarczy uruchomić *Code::Blocks IDE* i jako pierwszy przygotować nowy projekt (kod dla serwera).

Listing 3.7.1. *Kod serwera*

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3 #include <string.h>
4 #include <netinet/in.h>
5 #include <sys/socket.h>
6 #include <sys/types.h>
```

Powyższe linijki zawierają definicje struktur, a także podstawowych funkcji systemowych dla gniazd. `<netinet/in.h>` zawiera definicje struktur `in_addr` i `sockaddr_in` dla rodziny protokołów internetowych. W `<sys/socket.h>` znajduje się struktura `sockaddr`. Zaś `<sys/types.h>` zawiera makrodefinicje oraz definicje typów danych (np. `u_short` — `unsigned short`). Z funkcji do obsługi gniazd można korzystać po dodaniu `<sys/types.h>` i `<sys/socket.h>`.

```
7 #define MSG_LEN 512
8 #define PORTNUM 60000
```

Powyższe linie prezentują definicje maksymalnej długości wiadomości i numeru portu. Teoretycznie numer portu to liczba z zakresu od 0 do 65 535, ale w praktyce do naszych celów nie możemy użyć tzw. portów dobrze znanych (przedział od 0 do 1023) oraz lepiej nie używać „portów zarejestrowanych” (przedział od 1024 do 49 151). Po prostu te porty są (odpowiednio) zastrzeżone lub zarezerwowane przez *IANA* (ang. *Internet Assigned Numbers Authority*) dla używanych powszechnie usług.[6]

```
9 int main(void) {
10 int s, result, cs = 0;
```

[6] Numery portów: *http://www.iana.org/assignments/port-numbers*.

```
11 int a,b, wynik;
12 char msg[MSG_LEN];
13 struct sockaddr_in laddr;
14 socklen_t laddr_len;
15 s = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, IPPROTO_TCP); //tworzymy gniazdo
16 if (s < 0) {//obsługa błędu
17       perror("socket");
18       return 1;
19      }
```

Za pomocą `socket()` tworzone jest gniazdo. Funkcja ta ma trzy parametry. Pierwszy z nich określa rodzinę — w tym przypadku jest to stała `AF_INET` oznaczająca protokoły Internetu (można spotkać także nazwę `PF_INET`). Przedrostek `AF_` oznacza rodzinę adresów, a `PF_` rodzinę protokołów. Obie notacje można stosować zamiennie (są równoważne). Drugi argument funkcji `socket()` określa rodzaj gniazda (`SOCK_STREAM` — gniazdo strumieniowe). Ostatni parametr wskazuje protokół. Zgodnie z treścią zadania należy zastosować protokół TCP, więc naturalnym będzie podanie stałej `IPPROTO_TCP`. Funkcja `socket()` zwraca liczbę całkowitą, którą nazywa się deskryptorem gniazda.

```
20 memset(&laddr, 0, sizeof(struct sockaddr)); //zerowanie struktury laddr
21 laddr.sin_family = AF_INET; //protokoły Internetu
22 laddr.sin_port = htons(PORTNUM); //serwer będzie nasłuchiwać na porcie
23 laddr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);//każdy klient może się połączyć
```

Linijki 20 – 23 powodują dowiązanie adresu lokalnego. Dzięki temu klient będzie mógł wysyłać dane do serwera.

```
24 result = bind(s, (struct sockaddr*)&laddr, sizeof(struct
   ➥sockaddr));//bindujemy port z gniazdem
25 if (result < 0) {//obsługa błędu
26        close(s);
27        perror("bind");
28        return 1;
29       }
```

Po utworzeniu fizycznego gniazda należy powiązać je z nazwą, tak aby inne procesy mogły się do niego łatwo odwołać. Służy do tego funkcja `bind()`. W jej wywołaniu trzeba podać trzy parametry. Pierwszy określa deskryptor gniazda, drugi to wskaźnik do struktury zawierającej adres, a ostatni podaje rozmiar struktury.

```
30 result = listen(s, 1);//ustawienie gniazda w tryb nasłuchiwania
31 if (result < 0) {//obsługa błędu
32       close(s);
33       perror("listen");
34       return 1;
35     }
```

Kolejnym krokiem jest wskazanie, że serwer „chce przyjmować połączenia — określoną liczbę połączeń". Służy do tego funkcja `listen()` wymagająca podania dwu parametrów. Pierwszym jest deskryptor gniazda, a drugi określa maksymalną liczbę połączeń (w naszym przypadku jest to jedno połączenie), które system umieszcza w kolejce w oczekiwaniu na wykonanie funkcji `accept()`.

```
36 laddr_len = sizeof(struct sockaddr);
37 cs = accept(s, (struct sockaddr*)&laddr, &laddr_len);
                                                    //akceptowanie połączenia
38 if (cs < 0){//obsługa błędu
39       perror("accept");
40       return 1;
41      }
```

Funkcja systemowa `accept()` wywoływana jest po `listen()`. Pobiera ona pierwsze żądanie połączenia z kolejki i tworzy nowe gniazdo o takich samych właściwościach, jakie ma jej pierwszy argument (deskryptor gniazda). Dwa pozostałe adresy określają klienta, którego dotyczy połączenie. Po wywołaniu `accept()` wątek serwera jest blokowany i czeka na połączenie.

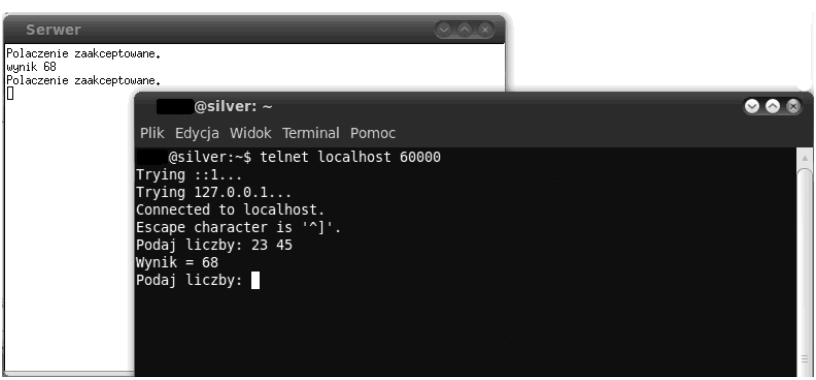
```
42 while(cs){
43 memset(msg, 0, MSG_LEN); //wyzerowanie bufora wiadomości
44 printf("Polaczenie zaakceptowane.\n");
45 strncpy(msg, "Podaj liczby: ", MSG_LEN);
46 result = send(cs, msg, strlen(msg), 0);//wyślij tekst do klienta
47 if (result <= 0) {//obsługa błędu
48       close(cs); //zamknięcie gniazda
49       perror("send");
50       return 1;
51      }
```

Kolejną funkcją umożliwiającą komunikację jest funkcja `send()` służąca do wysyłania danych. Wymaga podania czterech parametrów: deskryptora gniazda, wiadomości w postaci ciągu znaków, długości wiadomości w bajtach oraz flagi (u nas nie korzysta się z żadnej, więc należy podać `0`). W takiej postaci funkcja `send()` jest funkcją blokującą. Zostanie odblokowana wtedy, gdy wszystkie dane zostaną wysłane. Taką samą listę parametrów przyjmuje funkcja `recv()`, która odbiera dane.

```
52 memset(msg, 0, MSG_LEN); //wyzerowanie bufora wiadomości
53 result = recv(cs, msg, MSG_LEN, 0);//oczekiwanie na odpowiedź klienta
54 if (result <= 0) {//obsługa błędu
55       close(cs);
56       perror("recv");
```

```
57        return 1;
58       }
59 msg[result-2]='\0';
60 sscanf(msg,"%d %d",&a,&b); //odczytanie liczb
61 wynik=a+b; // wykonanie działania
62 printf("wynik %d\n", wynik); //wydrukowanie wyniku na serwerze
63 sprintf(msg,"Wynik = %d\n",wynik); // wpisanie wyniku do zmiennej msg
64 result = send(cs, msg, strlen(msg)+1, 0); //wyślij tekst do klienta
65 if (result < 0) {//obsługa błędu
66        close(cs);
67        perror("send");
68        return 1;
69 }
70 } //koniec pętli
71 close(cs); //zamknięcie połączenia
72 close(s); //zamknięcie gniazda
73 return 0;
74 }
```

Po napisaniu kodu programu i wykreowaniu projektu należy uruchomić serwer. W efekcie powinno ukazać się puste okienko. Kolejnym krokiem będzie przetestowanie serwera. Najprościej wykorzystać do tego celu *telnet*, jako parametry podając nazwę hosta i port, z którym ma zostać nawiązane połączenie. Po uruchomieniu terminalu i pojawieniu się znaku zachęty należy wpisać: `telnet localhost 60000`. Gdy wszystko zadziała prawidłowo, w oknie terminalu powinna ukazać się wiadomość od serwera. Rysunek 3.2 przedstawia wynik działania omawianego testu.



Rysunek 3.2. *Wynik testowania serwera*

Programowanie w **Linuksie**. ĆWICZENIA

Odkryj moc drzemiącą w Linuksie! Naucz się w nim programować!

Systemy należące do rodziny Linux zdobyły ogromną popularność jako stabilne, wydajne, bezpieczne i darmowe środowiska operacyjne zarówno wśród użytkowników prywatnych, jak i wielkich korporacji. Dziś środowiska te można spotkać już niemal wszędzie, a różne dystrybucje walczą o palmę pierwszeństwa i bez kompleksów konkurują z zamkniętymi komercyjnymi systemami, takimi jak MS Windows czy Mac OS X. Wzrostowi popularności Linuksa wśród „zwykłych" użytkowników towarzyszy oczywiście wzrost zapotrzebowania na oprogramowanie użytkowe, ponieważ nikt nie będzie chciał korzystać z systemu operacyjnego, jeśli nie będzie w stanie znaleźć odpowiednich dla siebie narzędzi pracy.

Wielu programistów niechętnie odnosi się do tworzenia aplikacji działających pod Linuksem, ponieważ wydaje im się, że brak w nim odpowiednich narzędzi, system stawia wyższe wymagania, a sam kod pisze się trudniej. Tymczasem Linux obsługuje się podobnie jak inne systemy, a możliwości, jakie proponuje, są naprawdę spore. *Programowanie w Linuksie. Ćwiczenia* to książka, która w praktyczny sposób prezentuje najbardziej popularne języki programowania w tym systemie oraz ich zastosowania. Pomaga też wyposażyć warsztat programisty w bezpłatne narzędzia i właściwie je skonfigurować. Informuje, jak rozpocząć tworzenie aplikacji i rozwinąć swoje umiejętności.

- Przegląd najpopularniejszych języków programowania w Linuksie
- Wybór, instalacja oraz konfiguracja narzędzi i środowisk programistycznych
- Konfiguracja i korzystanie z edytorów kodu oraz kompilatorów
- Wykrywanie i poprawianie błędów w programach
- Automatyzacja pracy programisty dzięki użyciu skryptów
- Tworzenie aplikacji graficznych, systemowych i sieciowych
- Programowanie wielowątkowe
- Generowanie i przetwarzanie plików w różnych formatach

Helion SA
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
http://helion.pl

ISBN 978-83-246-4345-5

Cena 39,00 zł

Informatyka w najlepszym wydaniu