دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

آزمایشگاه سیستم عامل

جلسه ششم

برنامه‌نویسی socket

علی فانیان
زینب زالی

تابستان ۱۳۹۸

Socket چیست؟

- **socket** یکی از راههای ایجاد ارتباط بین دو فرایند است که اغلب از طریق IP Address و Port Number صورت می‌گیرد.
- معمولا هنگامی از این روش استفاده می شود که دو فرایند ارتباط والد/فرزند نداشته باشند و یا دو فرایند قصد ارتباط روی شبکه را داشته باشند.
- سوکت ها descriptorهایی هستند که جهت ارتباط استفاده می‌شوند و ارسال پیام بین دو فرآیند از طریق write(send) و read(receive) انجام می‌شود (مانند یک file descriptor که خواندن و نوشتن از طریق آن با توابع read و write انجام می‌گیرد). socketهای تعریف‌شده در POSIX انواع متعددی دارند که از جمله پرکاربردترین آنها سوکت های TCP، UDP و UNIX می باشند.
- نوع سوکت استفاده شده، سرعت و کارایی آن را تعیین می کند. UDP و TCP پروتکلهای مختلف لایه انتقال در شبکه هستند که جهت ارتباط بین دو فرآیند از طریق شبکه استفاده می‌شوند. در مقابل سوکت نوع UNIX برای ارتباط بین دو فرایندی که روی یک ماشین قرار دارند استفاده می‌شود که سرعت بالاتری نسبت به دو سوکت قبلی دارد (سرعتی قابل قیاس با PIPE). در ادامه برنامه‌نویسی انواع socketهای TCP و UDP شرح داده می‌شود.

مدل TCP

ارتباط بین دو فرآیند با استفاده از TCP از پروتکل TCP در شبکه تبعیت می‌کند. در هر برنامه نویسی TCP، دو کد متفاوت سرور و کلاینت نیاز است. توابع موجود در سمت سرور اندکی با توابع موجود در سمت کلاینت متفاوت است. در ارتباط TCP، سرور فرآیندی است که روی آدرس و شماره پورت مشخصی منتظر اتصال پروسس‌های کلاینت می‌ماند. هر فرآیند کلاینت با آگاهی از آدرس سرور، به او متصل می شود. با اتصال هر فرآیند کلاینت به سرور، ارتباط آن دو از طریق سوکت دنبال می‌شود.

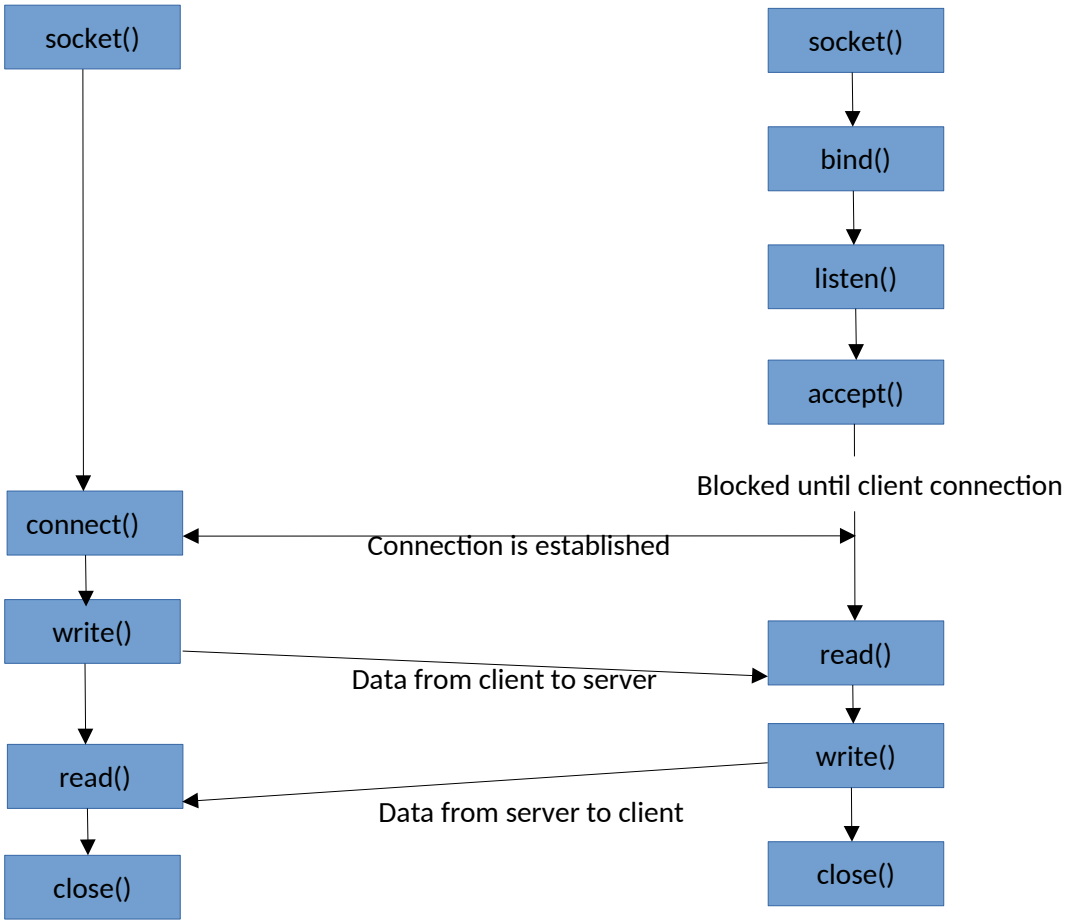
شکل ۱ مراحل مختلف ایجاد ارتباط TCP را نشان می‌دهد که به شرح زیر است:

- اولین قدم در دو طرف ارتباط، ساخت یک سوکت از نوع SOCK_STREAM است.
- سرور باید آدرس (آدرس IP و شماره port) خود را مشخص کند تا اتصال کلاینتها به آن آدرس میسر شود. این کار از طریق تابع bind انجام می‌شود. در این مرحله bind کردن آدرس به سوکت کلاینت در کد کلاینت ضروری نیست (هرچند امکان پذیر است). اگر سوکتی مستقیما توسط برنامه نویس bind نشود از آدرس local یا پیش فرض کامپیوتر موردنظر و یک شماره پورت آزاد دلخواه استفاده خواهد کرد. بنابراین اگر برای شما مهم هست که چه شماره پورتی استفاده می شود حتما سوکت موردنظر را باید bind کنید. در اینجا هم چون آدرس و شماره پورت سرور در برنامه کلاینت مورد نیاز است باید آن را در سرور bind کرد.
- سپس سرور روی سوکتی که ساخته است اصطلاحا شروع به گوش دادن (listen) می‌کند یعنی اعلام می‌کند که آماده درخواست اتصالهای کلاینتها است. با فراخوانی این تابع سرور آماده می‌شود که اتصالات کلاینتها را دریافت کند. این اتصالات تا شروع رسیدگی به آنها که توسط تابع accept انجام می‌گیرد در یک صف نگهداری می‌شود. طول این صف را می‌توان در آرگومان ورودی دوم تابع listen مشخص کرد.
- در طرف مقابل، کلاینت با تابع connect به آدرسی که برای سرور مشخص شده متصل می‌شود.

- ممکن است کلاینتهای متعددی به سرور متصل شوند. تابع accept در سرور با هربار فراخوانی، منتظر اتصال یکی از کلاینت‌ها می‌ماند و به محض اتصال یک کلاینت، یک سوکت جدید برای آن کلاینت return می‌کند. از این پس ارتباط بین سرور و هر کلاینت از طریق این سوکت انجام می‌شود. پس در برنامه‌نویسی سرور یک سوکت برای سرور نیاز داریم که در ابتدا تعریف شد و سپس به ازای هر اتصال کلاینت یک سوکت جدید برای کلاینت مورد نظر خواهیم داشت.
- اگر کلاینت به درستی به سرور متصل شود تابع connect باید بدون مشکل اجرا شده صفر برگرداند در غیر این صورت یک عدد منفی برمی‌گرداند.
- از این پس ارسال و دریافت پیام بین کلاینت و سرور از طریق توابع read و write قابل انجام است. برای استفاده از این توابع، فرآیند کلاینت از سوکت خود و فرآیند سرور از سوکت دوم بازگشتی از تابع accept استفاده می‌کند.

دقت کنید که اگر connect در کد کلاینت قبل از اجرای listen در کد سرور، اجرا شود کلاینت به سرور متصل نخواهد شد زیرا سروری هنوز وجود ندارد. پس بدیهی است که کد سرور باید در حال اجرا باشد تا بتوان کد کلاینت را با موفقیت اجرا کرد.

در ادامه کدهای نمونه کلاینت و سرور در شکل های ۲ و ۳ آمده است.



شکل ۱- مراحل ارتباط کلاینت و سرور TCP

```
/*
example of TCP client, the client frequently sends messages to the server
 */

#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
#include <sys/socket.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <string.h>

#define SERVER_PORT 6000

int main(){
   int client_socket;
   char buffer [256];

   //making the server address record with a recognized server IP and port
   struct sockaddr_in server;
   server.sin_family=AF_INET;
   server.sin_port=htons(SERVER_PORT);
   server.sin_addr.s_addr=inet_addr("127.0.0.1");

   //making socket family = AF_INET, type = SOCK_STREAM , protocol = TCP
   client_socket = socket ( AF_INET , SOCK_STREAM , IPPROTO_TCP );

   //connecting to the server
   if (connect ( client_socket , (struct sockaddr * ) &server , sizeof(server))==0)
      printf("Client is connected to the server!\n");
   else
      printf("Error in connecting to the server\n");
   while(1) {
       bzero (buffer ,256);
       fgets(buffer, 256,stdin);
       write(client_socket , buffer , 256);
       printf("msg is sent to the server!\n");
   }
   return 0;
}
```

شکل ۲- کد کلاینت TCP

```
/*
example of TCP server
the server listens to incoming clients and lets maximum 5 client requests are
queued before acception. Then the server accepts one client socket and frequently
receives messages from it.
*/
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <arpa/inet.h>
#define SERVER_PORT 6000

int main(){
  char buffer [256];
  int server_socket , client_socket ;
  // server_address = explicit address of server
  //client_address = client information
  struct sockaddr_in server_address , client_address ;

  //filling the server address record
  server_address.sin_family=AF_INET;  //IPv4
  server_address.sin_port=htons(SERVER_PORT);
  server_address.sin_addr.s_addr=inet_addr("127.0.0.1");
  //server_address.sin_addr.s_addr=INADDR_ANY;

  //making socket family = AF_INET, type = SOCK_STREAM , protocol = TCP
  server_socket = socket ( AF_INET , SOCK_STREAM , IPPROTO_TCP );

  //binding socket to the server address
  bind ( server_socket , (struct sockaddr * ) & server_address ,
sizeof(server_address)) ;

  //listening to incoming requests from clients with backlog of 5 clients
  listen (server_socket , 5);
  int clientsize=sizeof(client_address);
  if ((client_socket = accept ( server_socket , (struct sockaddr * ) &
client_address , &(clientsize)))>=0)
    printf("A connection from a client is recieved\n");
  else
    printf("Error in accepting the connection from the client\n ");
  while(1)
  {
      bzero(buffer,256);
      read(client_socket , buffer , 256) ;
      printf ("%s\n", buffer);
  }
return 0;
}
```

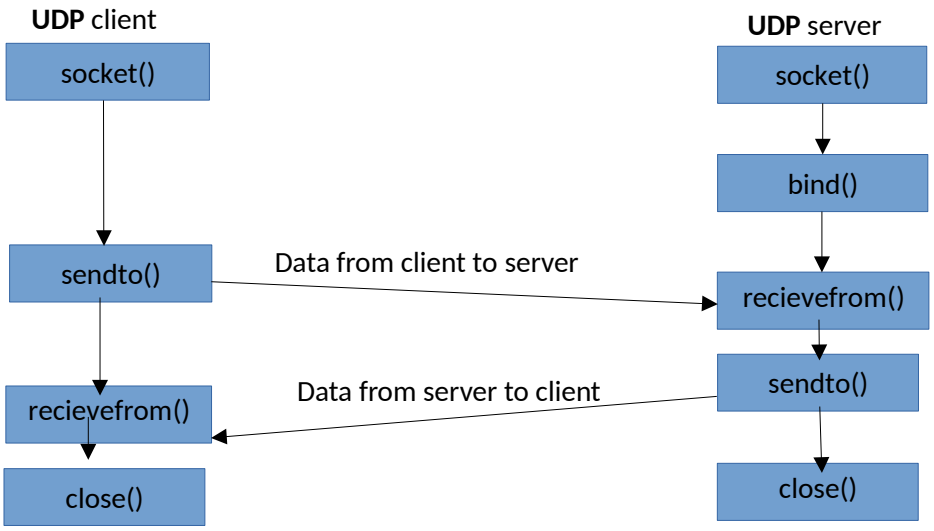
شکل ۳- کد سرور TCP

مدل UDP

اگر بخواهیم ارتباط بین دو فرآیند مبتنی بر پروتکل UDP در شبکه باشد، از سوکت نوع UDP استفاده می‌کنیم. در این ارتباط، برقراری یک جلسه ارتباط اولیه مانند TCP وجود ندارد و ارسال هر پیام بین هر دو فرآیند به صورت مستقل انجام می‌شود. مطابق شکل ۵، در ارتباط UDP هم می‌توان دو طرف server و client را تصور کرد. اما در اینجا کلاینت و سرور با مفهوم و روش ارتباطیی که در TCP داشتیم وجود ندارد. لفظ کلاینت صرفا جهت مشخص‌کردن فرآیندی که ارتباط را شروع می‌کند، یعنی اولین پیام را می‌فرستد استفاده می‌شود، همچنین لفظ سرور صرفا جهت مشخص‌کردن فرآیندی که اولین پیام را از یک فرآیند مشخص، دریافت می‌کند استفاده می‌شود. فرآیند کلاینت باید آدرس سرور را برای فرستادن اولین پیام بداند و فرآیند سرور با دریافت اولین پیام از یک کلاینت می‌تواند با استفاده از آدرس کلاینت که از طریق دریافت پیام بدست آمده، ارتباط را با او ادامه دهد. مراحل کار مطابق با شکل ۴ به صورت زیر است:

- در قدم اول هر دو فرآیند، یک سوکت از نوع Datagram می‌سازند.
- اغلب ارسال و دریافت پیام در UDP، توسط توابع sendto و recievefrom انجام می‌شود. تابع sendto برای ارسال پیام، نیاز به آدرس فرآیند گیرنده دارد. پس آرگومان آدرس موردنظر باید قبلا به درستی پر شده باشد. اما تابع recieve from از یک آدرس نامشخص پیام دریافت می‌کند که پس از دریافت پیام، اطلاعات این آدرس در آرگومان پنجم و ششم تابع، قابل بازیابی است.
- از آن‌جایی که در مدل کلاینت-سرور، کلاینت اولین پیام را میفرستد، نیاز به آدرس فرآیندی که پیام را برای او می‌فرستد یعنی سرور دارد. بنابراین در UDP نیز مانند TCP، برنامه سرور باید سوکت ساخته شده را به آدرس مشخصی bind کند. در صورتی که bind کردن آدرس کلاینت به سوکتش در کد کلاینت ضروری نیست. اما سرور مطابق مرحله بعد، می‌تواند آدرس کلاینت را بدست آورد.
- همان‌طور که بیان شد، پس از اینکه یک پیام از سمت فرآیندی دریافت شد، آدرس آن فرآیند توسط آرگومان‌های recievefrom قابل بازیابی است. بنابراین سرور، با استفاده از این آدرس می‌تواند پیامی را برای فرآیند کلاینت (فرستنده) ارسال کند.

کدهای مربوط به کلاینت و سرور UDP در شکل ۵ و ۶ آمده است.



شکل ۴: مراحل ارتباط سرور و کلاینت UDP

```
// Client side implementation of UDP client-server model

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <netinet/in.h>

int main() {
   int client_socket;
   char buffer[256];
   char hello_msg[256];
   struct sockaddr_in server_address, client_address;

   // Creating a socket file descriptor
   if ( (client_socket = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, 0)) <  0 ){
       printf("error: socket creation failed\n");
       return -1;
   }

   //filling the server address record
   server_address.sin_family = AF_INET;
   server_address.sin_port = htons(6000);
   server_address.sin_addr.s_addr=inet_addr("127.0.0.1");

   sprintf(hello_msg, "Hello from client");

   //send a message from the known server address
   sendto(client_socket, (const char *)hello_msg, strlen(hello_msg), MSG_CONFIRM,
(const struct sockaddr *) &server_address, sizeof(server_address));
   printf("Hello message is sent.\n");

   int n, server_address_len;

   //receive a message from the known server address
   n = recvfrom(client_socket, (char *)buffer, 255, MSG_WAITALL, (struct sockaddr
*) &server_address, &server_address_len);
   buffer[n] = '\0';
   printf("A message from the server : %s\n", buffer);

   close(client_socket);
   return 0;
}
```

شکل ۵- کد کلاینت UDP

```
// Server side implementation of UDP client-server model
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <netinet/in.h>

int main() {
    int server_socket;
    char buffer[256];
    char hello_msg[256];
    struct sockaddr_in server_address, client_address;

    // Creating a socket file descriptor
    if ( (server_socket = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, 0)) < 0 ) {
        printf("error: socket creation failed\n");
        return -1;
    }

    // Filling server information
    server_address.sin_family = AF_INET;
    server_address.sin_addr.s_addr=inet_addr("127.0.0.1");
    server_address.sin_port = htons(6000);

    // Bind the socket with the server address
    if ( bind(server_socket, (const struct sockaddr *)&server_address,
       sizeof(server_address)) < 0 )
    {
        printf("error: bind failed\n");
        return (-1);
    }

    int client_address_len = sizeof(client_address);
    int n;
    n = recvfrom(server_socket, (char *)buffer, 255, MSG_WAITALL, ( struct sockaddr
*) &client_address, &client_address_len);
    buffer[n] = '\0';
    printf("A message from a client: %s\n" , buffer);

    sprintf(hello_msg, "Hello from server");
    sendto(server_socket, (const char *)hello_msg, strlen(hello_msg),MSG_CONFIRM,
(const struct sockaddr *) &client_address, client_address_len);
    printf("Hello message sent to the client.\n");

    return 0;
}
```

شکل ۶- کد سرور UDP