Socket 应用编程实验报告

李昊宸

2017K8009929044

（一）基于 Socket API 的 HTTP 服务器、客户端实验

一、实验内容

1. 使用 C 语言分别实现最简单的 HTTP 服务器和 HTTP 客户端

   服务器监听 80 端口，收到 HTTP 请求，解析请求内容，回复 HTTP 应答

   对于本地存在的文件，返回 HTTP 200 OK 和相应文件

   对于本地不存在的文件，返回 HTTP 404 File Not Found

2. 服务器、客户端只需要支持 HTTP Get 方法，不需要支持 Post 等方法

3. 服务器使用多线程支持多路并发

二、实验流程

1. 搭建实验环境

实验用到的脚本的两个版本分别放在两个文件夹内：只支持单连接的版本 non-multipid 和支持多连接的版本 multipid。每个版本内都有服务器端 echo-server、客户端 echo-client、Makefile 和待发送的测试文件 1.txt，接受的文件命名为 1_receive.txt。具体代码见后续实验分析。（这里关于服务器和客户端的取名在写代码时忘记修改了，问题不大）

2. 启动脚本

1)服务器、客户端功能测试

```
cd non-multipid
sudo python topo.py
mininet> xterm h1 h2
h1#   ./echo_server
h2#   ./echo_client
h2# enter message: 1        //表示向 http://10.0.0.1 获取文件 1.txt，可重复多次测试客户端的多次获取文件性能
h2# enter message: 2        //表示向 http://10.0.0.1 获取文件 2.txt，可重复多次测试客户端的多次获取文件性能
```

因为 10.0.0.1 只有文件 1.txt，所以当获取 1.txt 时会向客户端发送 HTTP/1.0 200 OK 报文，获取 2.txt 时会向客户端发送 HTTP/1.0 404 FILE NOT FOUND 报文

2)服务器、wget 功能测试

```
cd non-multipid
sudo python topo.py
mininet> xterm h1 h2
h1# ./echo_server
h2# wget http://10.0.0.1/1.txt
h2# wget http://10.0.0.1/2.txt
```

因为 10.0.0.1 只有文件 1.txt，所以当获取 1.txt 时会向 wget 端发送 HTTP/1.0 200 OK 报文，获取 2.txt 时会向 wget 端发送 HTTP/1.0 404 FILE NOT FOUND 报文

3)python HTTP、客户端功能测试

```
cd non-multipid
sudo python topo.py
mininet> xterm h1 h2
h1# python -m SimpleHTTPServer 80
h2# ./echo-client
h2# enter message: 1          //表示向 http://10.0.0.1 获取文件 1.txt
h2# enter message: 2          //表示向 http://10.0.0.1 获取文件 2.txt
```

因为 10.0.0.1 只有文件 1.txt，所以当获取 1.txt 时会向客户端发送 HTTP/1.0 200 OK 报文，获取 2.txt 时会向客户端发送 HTTP/1.0 404 FILE NOT FOUND 报文

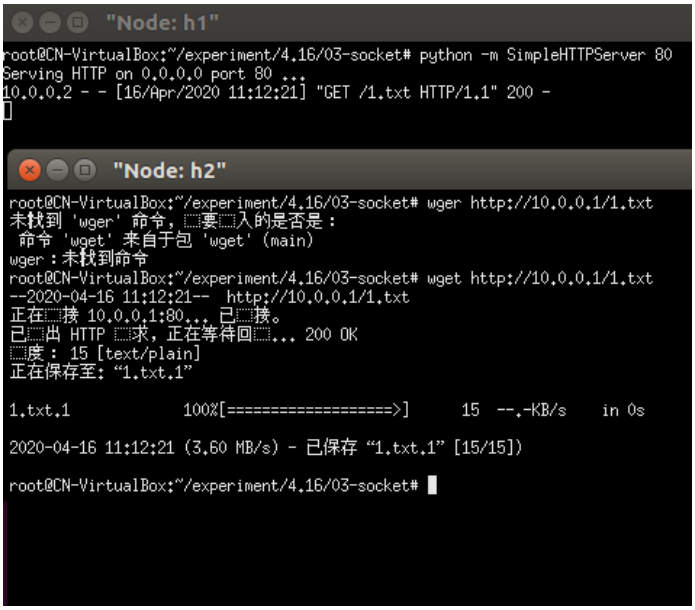
4)服务器、客户端并发功能测试

```
cd multipid
sudo python topo.py
mininet> xterm h1 h2 h3
h1# ./echo-server
h2# ./echo-client
h3# ./echo-client
h2# enter message:1
h3# enter message:2
h2# enter message:2
h3# enter message:1
```

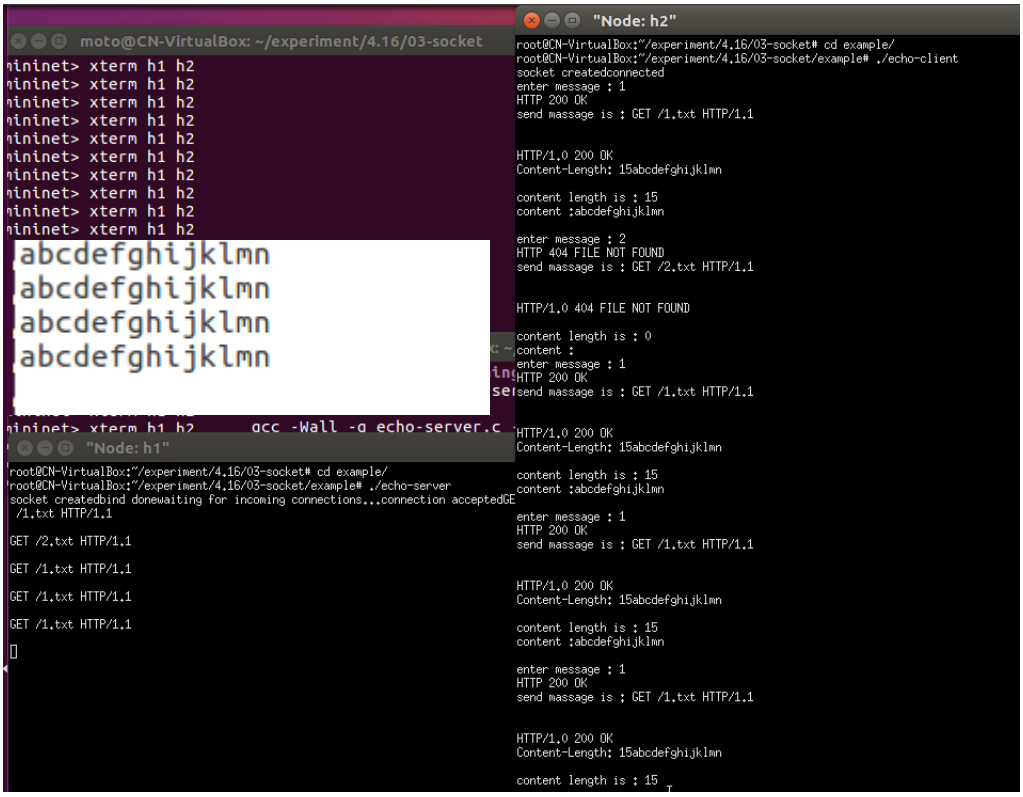
这里交叉验证的目的是，如果 h2 和 h3 可以同时与 h1 保持连接，并且进行数据传送，那么服务器就具备多线程/多进程支持并发访问的功能。

三、实验结果及分析

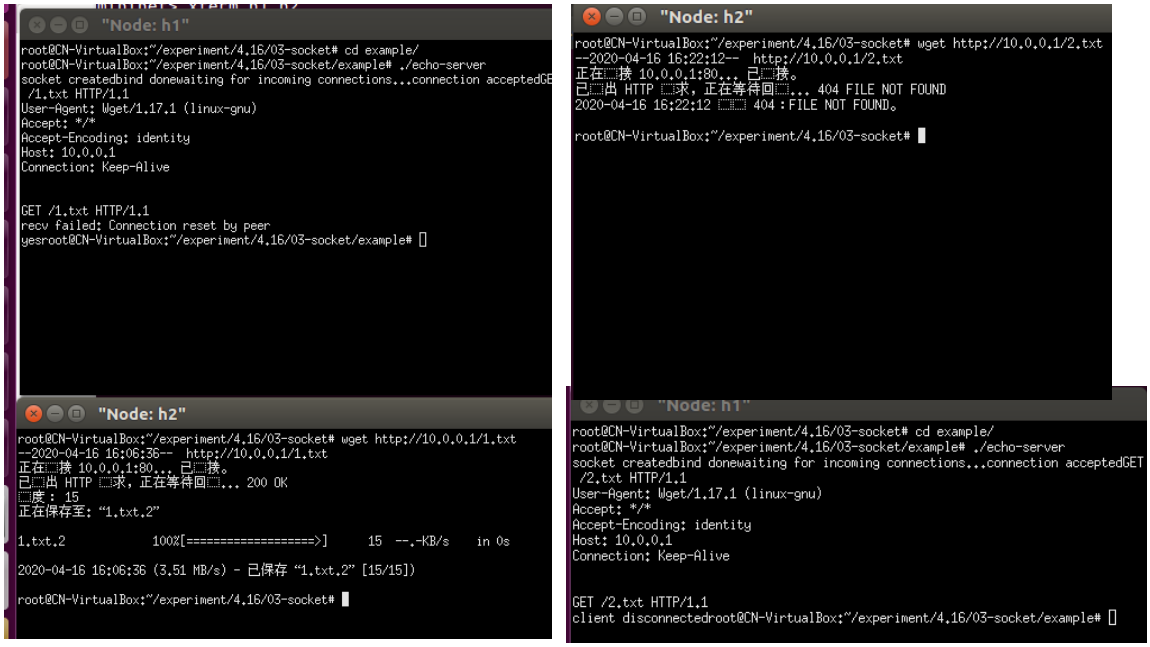
1. 实验结果



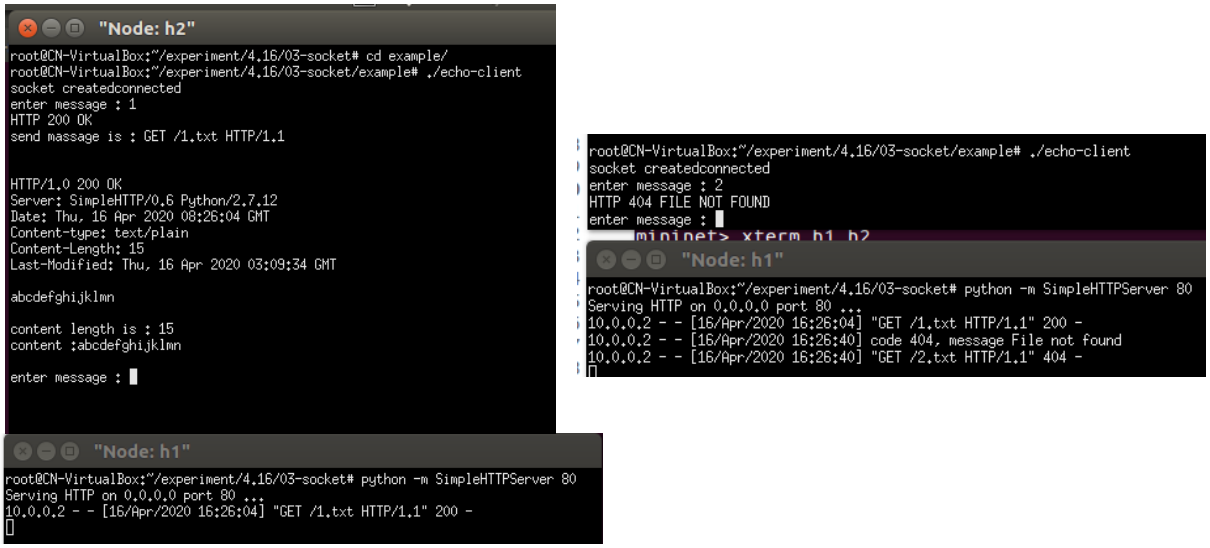
图一 使用 python HTTPServer 和 wget 进行数据传输示例



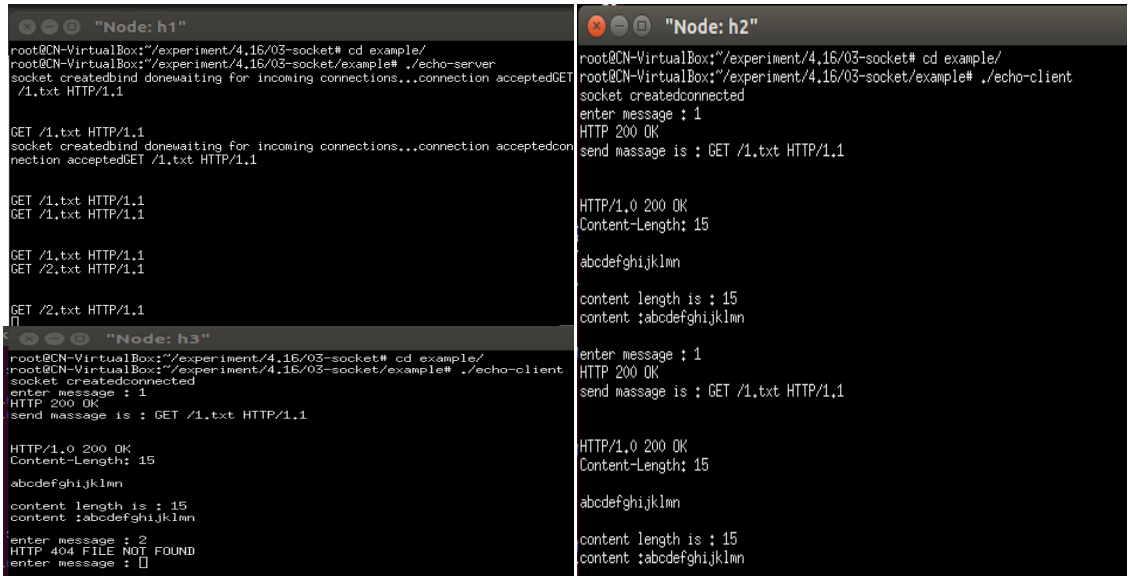
图二 服务器、客户端之间进行连续传输测试 及 客户端连续接收的数据（为方便测试就保存至同一文件）



图三 使用 wget 测试服务器性能 左图请求有效文件 右图请求无效文件



图四 使用 python HTTPServer 测试客户端性能 左图请求有效文件 右图请求无效文件



图五 测试服务器的并发访问（h1 为服务器，h2、h3 为并发的客户端）

2. 实验分析

HTTP 报文：用于 HTTP 协议交互的信息被称为 HTTP 报文。请求端（客户端）的 HTTP 报文叫做请求报文，响应端（服务器端）的叫做响应报文。

1）**请求报文**

请求方法	空格	URL	空格	协议版本	\r	\n	请求行
头字段名	:	空格	value	\r	\n		请求头
……							
头字段名	:	空格	value	\r	\n		
\r	\n						
data							请求体

请求方法：

OPTIONS	使服务器回传 URL 指定的资源所支持的 HTTP 请求方法
GET	向服务器请求获取 URL 指定的资源。GET 报文没有请求体
HEAD	与 GET 类似，但是该方法只获取某个资源的元数据，响应报文中不包含资源本身
POST	向 URL 指定的资源提交数据，数据就是请求体中的数据
PUT	向 URL 指定的位置上传资源
DELETE	请求服务器删除 URL 指定的资源
TRACE	有点像 echo，原来的请求报文会包含在响应报文的响应体中

URL：目标资源的位置。只包含一个完整的文件路径和查询字符串，而不包含协议、主机名和端口号。

协议版本：HTTP/1.0　　HTTP/1.1

HTTP1.0 对于每个连接都只能传送一个请求和响应，请求就会关闭，HTTP1.0 没有 Host 字段;而 HTTP1.1 在同一个连接中可以传送多个请求和响应,多个请求可以重叠和同时进行，HTTP1.1 必须有 Host 字段。

头字段名：

Accept	客户端可接收资源的类型
Accept-Charset	客户端可接收的字符集
Accept-Encoding	客户端可接收的数据压缩类型
Accept-Languague	客户端可接受的语言
Authorization	授权信息
Cache-Control	本次请求和响应的缓存机制
Connection	处理完本次请求后是继续保持连接（这里的值是 Keep-Alive 或协议是 HTTP/1.1）还是断开连接
Cookie	发送给服务器的 cookie
Content-Type	请求体数据的类型
Content-Length	请求体数据的大小，单位为字节
Host	请求的网站域名
Range	请求资源的某一部分，例：Range: bytes=328-421
Referer	来源网页的地址

User-Agent　　版本信息

请求体：

如果方法字段是 GET，就为空

如果方法字段是 POST，就在此存放要提交的数据

2）响应报文

协议版本	空格	状态码	空格	描述	\r	\n	响应行
头字段名	:	空格	value	\r	\n		响应头
……							
头字段名	:	空格	value	\r	\n		
\r	\n						
data							响应体

协议版本：HTTP/1.0　　HTTP/1.1

状态码：	**描述：**	
100-199		成功接受请求，要求客户端继续提交请求以完成整个处理过程
200	OK	请求成功，所请求的内容与响应报文一起返回
301	Moved Permanently	请求的资源已被永久移动到新的位置
302	Found	请求的资源现在临时移到新的位置
304	Not Modified	所请求的资源和上次请求没有变化，要求客户端使用之前的缓存
400	Bad Request	请求参数或语义有错，服务器无法理解
401	Unauthorize	请求需要验证用户
403	Forbidden	服务器拒绝访问
404	Not Found	服务器上没有所请求的资源
408	Request Timeout	请求超时
500	Internal Server Error	未知错误
503	Service Unavailable	服务器暂时不可用

头字段名：

Allow	对资源请求所允许的方法
Cache-Control	告知客户端是否可以缓存该资源
Content-Encoding	响应体数据压缩方式
Content-Length	响应体数据大小，单位为字节
Content-Location	所请求资源的候选地址
Content-Type	响应体数据的类型
Date	当地的 GMT 时间
Last-Modified	所请求资源最后被修改的时间
Location	将请求重定向的地址，配合 302 使用
Server	服务器的信息

响应体：

所请求资源的数据

3)GET 方法和 POST 方法的对比

提交数据的形式：

GET 请求的数据会附在 URL 之后(就是把数据放置在 HTTP 协议头中)，会直接展现在地址栏中，以？分割 URL 和传输数据，参数之间以 & 相连，如：login.action?name=hyddd&password=idontknow&verify=%E4%BD%A0%E5 %A5%BD。

如果数据是英文字母/数字，原样发送，如果是空格，转换为+，如果是中文/其他字符，则直接把字符串用 BASE64 加密，

得出如：%E4 %BD%A0%E5%A5%BD，其中%XX 中的 XX 为该符号以 16 进制表示的 ASCII。

而 POST 方法则会把数据放到请求数据字段中以&分隔各个字段，请求行不包含数据参数，地址栏也不会额外附带参数

提交数据的大小：

get 方法提交数据的大小直接影响到了 URL 的长度，但 HTTP 协议规范中其实是没有对 URL 限制长度的，限制 URL 长度的是客户端或服务器的支持的不同所影响：比如 IE 对 URL 长度的限制是 2083 字节(2K+35)。对于其他浏览器，如 Netscape、FireFox 等，理论上没有长度限制，其限制取决于操作系统的支持。

post 方式 HTTP 协议规范中也没有限定,起限制作用的是服务器的处理程序的处理能力。

所以大小的限制还是得受各个 web 服务器配置的不同而影响。

提交数据的安全：

POST 比 GET 方式的安全性要高

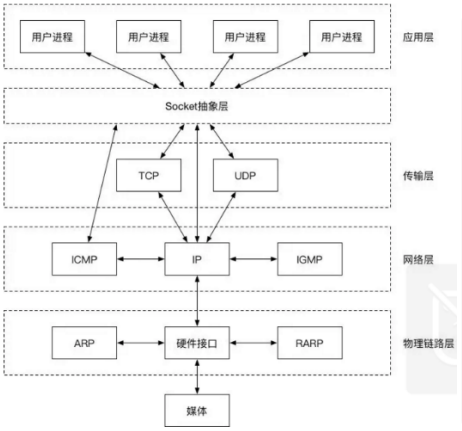
通过 GET 提交数据，用户名和密码将明文出现在 URL 上，因为一下几个原因 get 方式安全性会比 post 弱：

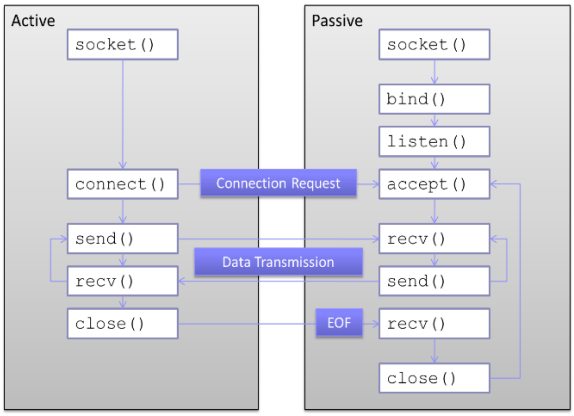
(1)登录页面有可能被浏览器缓存

(2)其他人查看浏览器的历史纪录，那么别人就可 以拿到你的账号和密码了

(3)当遇上跨站的攻击时，安全性的表现更差了

Socket API：Socket，套接字，是在应用层和传输层之间的一个抽象层，它把 TCP/IP 层复杂的操作抽象为几个简单的接口，供应用层调用实现进程在网络中的通信。





图六 socket 所在位置（左图） socket 通信结构（右图）

Socket 调用流程：

1）建立 socket 文件描述符

数据收发两端都需要建立 socket 文件描述符

```
int socket(int domain, int type, int protocol);
Domain:  AF_INET
Type：
        SOCK_STREAM TCP
        SOCK_DGRAM UDP
Protocol: 0
return: socket 文件描述符
```

例：`int sockfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);`

2)将 socket 文件描述符与监听地址绑定

只需要被动建立连接一方进行绑定（bind）

```
int bind(int sockfd, const struct sockaddr          *addr,
          socklen_t addrlen);
sockfd: Socket 文件描述符
addr: 需要绑定的地址和端口
addrlen: 地址和端口数据结构的长度
return:  bind
```

例：

```
struct sockaddr_in server;
server.sin_family = AF_INET;
server.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY; //INADDR_ANY 表示监听所有地址
server.sin_port = htons(80);

bind(sockfd, (struct sockaddr *)&server, sizeof(server));
```

网络字节序与本地字节序：网络字节序使用 Big Endian（低地址存放数值的高位，大端序），Intel x86 平台使用 Little Endian（低地址存放数值的地位，小端序），故在发送整数数据时需要转换字节序（short，int，long，long long 等），而收发字符串/字节流时不需要关心。

```
网络->本地主机：ntohs()，network to host short，16 位为单位
                ntohl()，network to host long，32 位为单位
                ntohll(),network to host long long，64 位为单位
本地主机->网络：htons()，host to network short，16 位为单位
                htonl()，host to network long，32 位为单位
                htonll(),host to network long long，64 位为单位
```

3)进行监听

只在被动建立连接一方进行监听，等待新的连接请求

```
int listen(int sockfd, int backlog)
sockfd: 之前建立的 socket 文件描述符
backlog: 可以理解为待处理的最大连接数目
```

例：`listen(sockfd，128)；`

4）接受连接请求

被动建立连接一方需要显式的接受连接请求

```
int accept(int sockfd, struct sockaddr *addr,         socklen_t
            *addrlen);
```

sockfd: 之前建立的 socket 文件描述符

addr: 用于存储对端网络地址的数据结构

addrlen: 指定 addr 大小

return：该连接对应的文件描述符，以后收发数据都使用该文件描述符

例：`int csock = accept(sockfd, (struct sockaddr_in *)&caddr, &clen);`

5）申请建立连接

连接的另一方需要主动建立连接

```
int connect(int sockfd, const struct sockaddr *addr, socklen_t addrlen);
```

sockfd: 之前建立的 socket 文件描述符

addr: 对端的网络地址（包括 IP 地址和端口号）

addrlen: addr 的大小（不同协议的 addr 大小不同）

return：指示连接是否建立成功

例：

```
struct sockaddr_in dst;
dst.sin_family = AF_INET;
dst.sin_addr.s_addr = inet_addr("10.0.0.1");
dst.sin_port = htons(12345);

connect(sock, (struct sockaddr *)&dst, sizeof(dst));
```

6）数据传输

数据发送方

```
int send(int sockfd, const void *buf, size_t len, int flags);
```

数据接收方

```
int recv(int sockfd, void *buf, size_t len, int flags);
```

连接任意一端都可以发送或者接收数据

对于一个阻塞式(blocking) socket：

send 直到所有数据被拷贝到协议栈缓存中才返回，或产生错误返回

recv 直到接收到数据(不一定等于 len)，或对端关闭连接（返回 0），或产生错误才返回

另外，对于 recv 的一方，也可以通过 write 方法直接操作 socket 描述符达到 send 的效果。

具体操作过程见实验代码详解。

（二）实验代码详解

一、服务器端

1）读取要传输的文件

```
char *ok = "HTTP/1.0 200 OK\r\nContent-Length: 15\r\n\r\n";
char OK[2000] = {0};
char buf[1000] = {0};
//read file
FILE *fd;
if(!(fd = fopen("1.txt","r")))
{
    printf("open 1.txt failed!\n");
    return 1;
}
int m = 0;
while((x = fgetc(fd))!= EOF)
{
    buf[m] = x;
    m++;
}

strcat(OK,ok);
strcat(OK,buf);
```

打开要传输的文件，将文件内的字符读取到字符缓冲区 buf 中，然后将 buf 作为 HTTP 应答报文的应答体与应答行和应答头进行拼接。需要注意的是，报文的每一行都要以\r\n 结尾，应答头与应答体之间也要用\r\n 分隔。

2）建立 socket 文件描述符

```
// create socket
if ((s = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0) {
    perror("create socket failed");
                        return -1;
}
printf("socket created");
```

3）将 socket 文件描述符与监听地址绑定

```
server.sin_family = AF_INET;
server.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;
server.sin_port = htons(80);
// bind
if (bind(s,(struct sockaddr *)&server, sizeof(server)) < 0) {
    perror("bind failed");
    return -1;
}
printf("bind done");
```

4）进行监听

```
        // listen
        listen(s, 6);
        printf("waiting for incoming connections...");
```

5）接受连接请求，创建子进程以服务连接

```
        while(1)
        {
        // accept connection from an incoming client
        int c = sizeof(struct sockaddr_in);
        if ((cs = accept(s, (struct sockaddr *)&client, (socklen_t *)&c)) < 0)
{
            perror("accept failed");
            return -1;
        }
        printf("connection accepted");

        pid = fork();
        if(pid==0)
        {
            //child
            close(s);
                    int msg_len = 0;
             // receive a message from client
                    while ((msg_len = recv(cs, msg, sizeof(msg), 0)) > 0) {
            // send the message back to client
                        printf("%s\n",msg);

                        char message[4000]={0};
                        strcat(message,msg);
                        for(int j = 19; j < strlen(msg);j++)
                            message[j] = 0;
                        printf("%s\n",message);
                        if(strcmp(message,model) == 0)
                        {
                             write(cs,OK,strlen(OK));
                        }
                        else write(cs,no,strlen(no));
                                                                    }

                    if (msg_len == 0) {
                        printf("client disconnected");
                                    }
                    else { // msg_len < 0
                        perror("recv failed");
```

```
                close(cs);
                                return -1;
                 }
    close(cs);
    return 0;
}
else if(pid > 0)
{//parent
    close(cs);
}
else
{
    printf("fork failed!\n");
    exit(1);
}
}
```

在创建子进程后，在子进程内，首先要执行 close（s），因为 s 是绑定到监听地址和端口的描述符，在建立连接后子进程不再需要继续监听。相应的，cs 是接受了来自监听地址和端口的请求后的接受描述符，使用该描述符通信的只有为此专门创建的子进程，父进程不需要与之通信，故父进程内要执行 close（cs）。

子进程使用 recv 接受从客户端发来的 HTTP 请求报文，从中提取出请求行后判断该请求是否满足 HTTP 格式，所请求的对象是否在本地存在，若存在就将 200 OK 的应答行，描述文件长度的应答头和文件内容的应答体组成的应答报文通过 write 的方式返回给客户端。然后继续等待消息到达。直到下一个到达报文的长度为 0，则跳出循环终止连接，结束子进程。

二、客户端

1）建立 socket 文件描述符

```
// create socket
sock = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
if (sock == -1) {
    printf("create socket failed");
                        return -1;
}
printf("socket created");
```

2）申请建立连接

```
// connect to server
if (connect(sock, (struct sockaddr *)&server, sizeof(server)) < 0) {
    perror("connect failed");
    return 1;
}
printf("connected\n");
```

3）数据传输

```
char sendData[] = "GET /1.txt HTTP/1.1\r\n\r\n";
char sendData2[] = "GET /2.txt HTTP/1.1\r\n\r\n";
while(1) {
    printf("enter message : ");
    scanf("%d", &file_name);

    // send some data
    if(file_name == 1)
    {
    if (send(sock, sendData, strlen(sendData), 0) < 0) {
        printf("send failed");
        return 1;
    }
    }
    else {if (send(sock, sendData2, strlen(sendData2), 0) < 0) {
        printf("send failed");
        return 1;

    }
    }
    // receive a reply from the server
                    int len = recv(sock, server_reply, 2000, 0);
    if (len < 0) {
        printf("recv failed");
        break;
    }
                    server_reply[len] = 0;

    if(server_reply[9] == '2' )
        printf("HTTP 200 OK\n");
    if(server_reply[9] == '4' )
    {
        printf("HTTP 404 FILE NOT FOUND\n");
        continue;

    }
    printf("send massage is : %s\n",file_name == 1?sendData:sendData2);
    printf("%s\n",server_reply);
    printf("content length is : ");
    char *find = "Content-Length: ";
    char *s1,*s2;
    int position = 0;
```

```
        int i = 0;
        int length = 0;
        while(server_reply[i] != '\0')
        {
            s1 = &server_reply[i];
            s2 = find;
            while(*s1 == *s2 && *s1 != '\0' && *s2 != '\0')
            {
                s1++;
                s2++;
            }
            if(*s2 == '\0')
                break;

            i++;
            position++;
        }
        i = position + 16;
        while(server_reply[i]>='0' && server_reply[i] <= '9')
        {
            //printf("%c",server_reply[i]);
            length = 10*length + server_reply[i] - '0';
            i++;
        }
        printf("%d\n",length);
        printf("content :");
        s1 = &server_reply[len - length];
        printf("%s\n", s1);
        fd = open("1_receive.txt",O_RDWR|O_CREAT|O_APPEND);
        if(fd == -1)
        {
            printf("create file failed\n");
            return 1;
        }
        write(fd,s1,length);
    }

    close(sock);
```

首先准备好要发送的报文内容，然后按照请求行、请求头和请求体的顺序进行拼接。需要注意的是，报文的每一行都要以\r\n 结尾，请求头与请求体之间也要用\r\n 分隔。

recv 接收了发送过来的消息后，首先识别应答头是不是为 200 OK，如果是的话，在应答体中寻找 Content-length 获得文本长度，随后从发送过来的文本末端提取 Content-length 个字节的长度，然后将此部分数据保存至本地。