# 《计算机网络与通信》课程
# 实验三 Socket编程

2023年秋季学期

XM University

# 实验介绍

## ◆实验目的

- ✓ 理解TCP和UDP协议主要特点
- ✓ 掌握socket的基本概念和工作原理，编程实现socket通信

## ◆实验任务

- ✓ 任务1：完善socket客户机
- ✓ 任务2：课程表查询服务器（TCP迭代）
- ✓ 任务3：课程表查询服务器（TCP并发）
- ✓ 任务4：获取网页内容（Python自学）

# 运输层协议

◆运输层为应用层提供两种服务

- ✓ TCP协议：面向连接，可靠
- ✓ UDP协议：无连接，不可靠
- ✓ 使用***<IP地址，端口号>***标识应用程序的服务接入点

◆运输层提供端到端的通信能力

- ✓ 为通信双方提供一条逻辑通信管道——socket编程对象
- ✓ 使用[协议] + [双方<IP地址，端口号>]来标识管道

# 什么是socket

◆**socket是个多义词**

- ✓ 通信双方的逻辑通信管道
- ✓ 围绕这种管道设计的一套应用编程接口**(API)**—— 位于应用层和运输层之间，包含一系列相关函数和数据结构
- ✓ 用于标识管道的数据结构 —— 通常以该结构的描述符/句柄形式出现
- ✓ Unix/Linux系统中用于创建管道的函数——socket()

# 常见socket的类型

◆按协议类型划分：

✱流式socket（SOCK_STREAM）：基于TCP协议。
面向连接，可靠

✱数据报socket（SOCK_DGRAM）：基于UDP协议。
无连接，不可靠

✱原始socket（SOCK_RAW）：基于IP协议。
无连接，不可靠，用于直接访问IP层协议

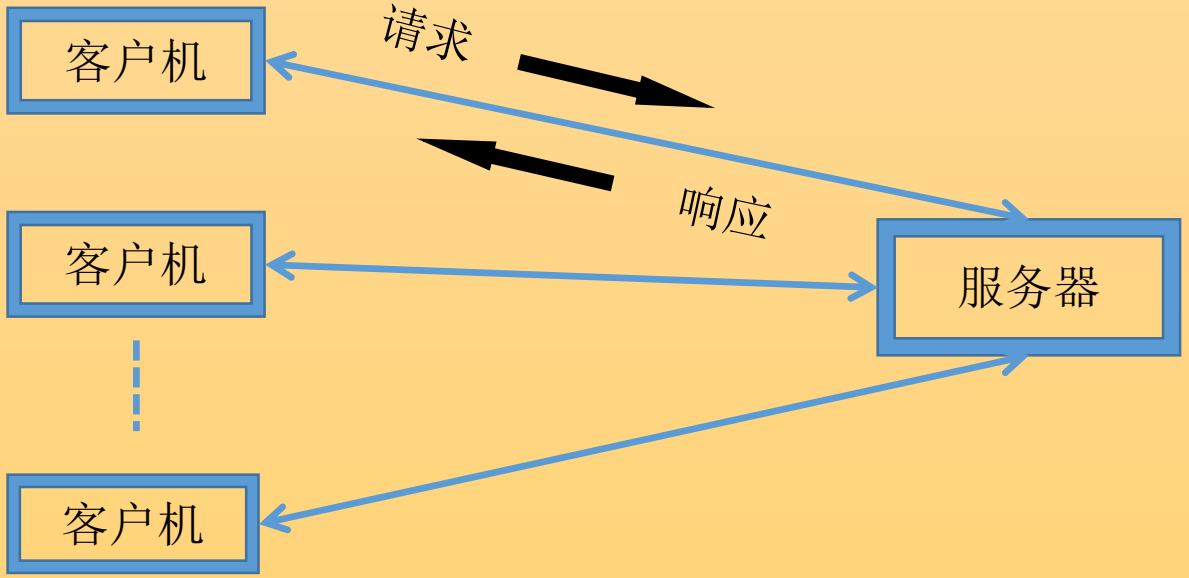
◆按I/O性能划分：

✱阻塞式socket：函数调用将阻塞至有结果返回

✱非阻塞式socket：函数调用立即返回，结果以消息/事件或异步回调方式告知应用程序

# 网络通信模型

- 网络通信最常见的模型，是客户机/服务器“Client/Server”模型，简称C/S模型(vs B/S)
- 发起通信请求的一方称为客户机，接受并处理通信请求的一方称为服务器



# 服务器类型

◆迭代服务器(iterative server)

✱同一时刻只能服务一个客户机。
在此过程中，下一个客户机处于等待状态

✱消耗资源少，效率低，适用于处理耗时较短的服务

✱实现简单：单进程循环

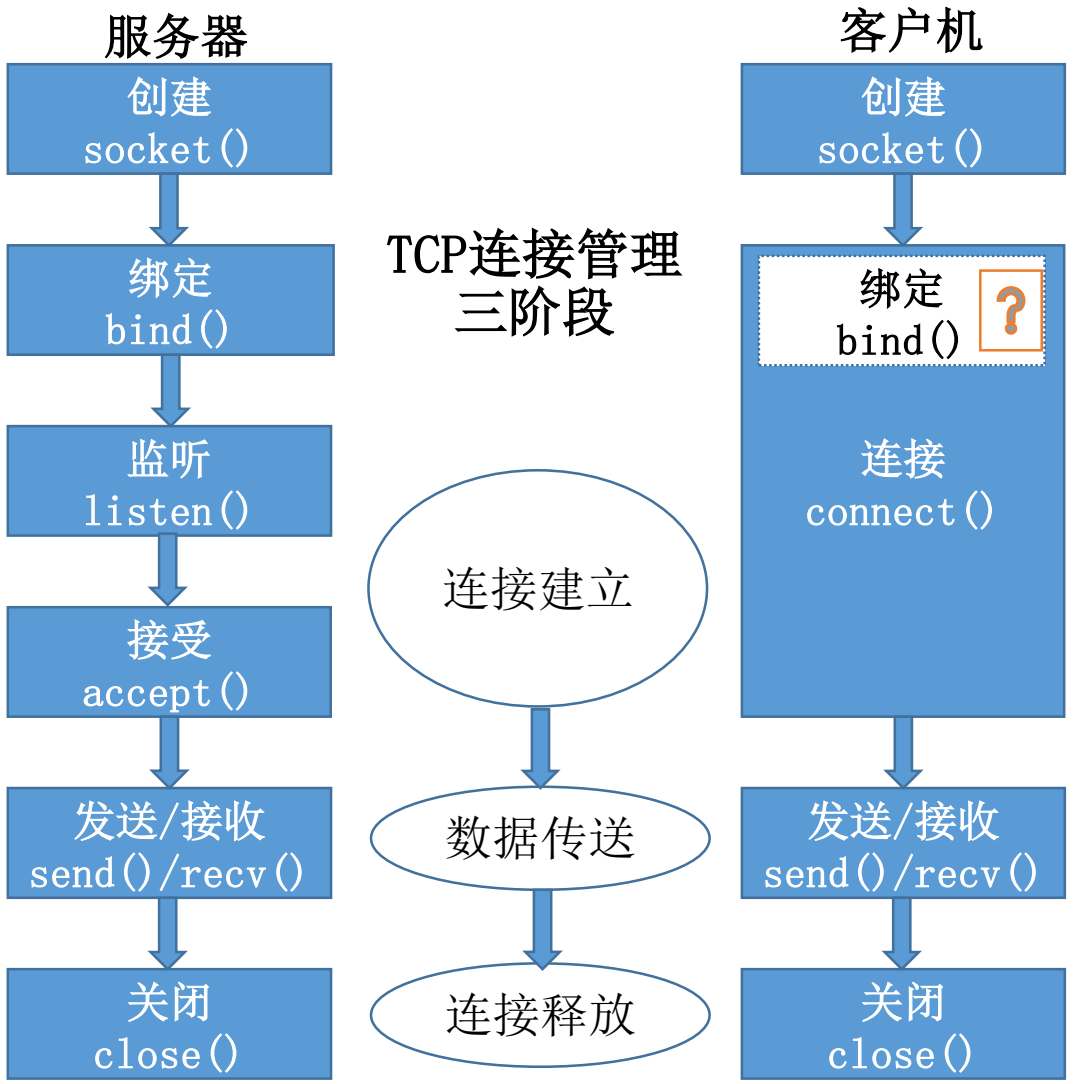
◆并发服务器(concurrent server)

✱同一时刻可以服务多个客户机

✱消耗资源多，效率高，适用于对服务响应时间要求较高的场合

✱实现复杂：多进程/线程、轮询选择、消息通知、事件响应、
I/O复用、异步I/O……

# 流式socket的C/S通信模型



# client_example.c

```
int main(int argc, char *argv[])
//创建socket
if((client_sock = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) == -1)
 { perror("Client Socket Error"); //错误提示
   exit(1);} //出错后，退出整个程序
//指定服务器地址
server_addr.sin_port = htons(12345);
server_addr.sin_addr.s_addr = inet_addr("127.0.0.1"); //指向本机
memset(server_addr.sin_zero, 0, sizeof(server_addr.sin_zero)); //零填充
//连接服务器
 connect(client_sock, (struct sockaddr *)&server_addr, sizeof(server_addr));
//发送消息
 printf("Send: %s", send_msg);
 send(client_sock, send_msg, strlen(send_msg), 0);
//接收并显示消息
 memset(recv_msg, 0, sizeof(recv_msg)); //接收数组置零
 recv(client_sock, recv_msg, sizeof(recv_msg), 0);
 printf("Recv: %s", recv_msg);
//关闭socket
 close(client_sock);
```

# server_example.c

- server_addr.sin_port = htons(12345);
- server_addr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY); //INADDR_ANY表示本机所有IP地址
- memset(&server_addr.sin_zero, 0, sizeof(server_addr.sin_zero)); //零填充
- //绑定socket与地址
- bind(server_sock_listen, (struct sockaddr *)&server_addr, sizeof(server_addr)); //监听socket
- listen(server_sock_listen, 0);
- server_sock_data = accept(server_sock_listen, NULL, NULL);
- //接收并显示消息
- memset(recv_msg, 0, sizeof(recv_msg)); //接收数组置零
- recv(server_sock_data, recv_msg, sizeof(recv_msg), 0);
- printf("Recv: %s", recv_msg);
- //发送消息
- printf("Send: %s", recv_msg);
- send(server_sock_data, recv_msg, strlen(recv_msg), 0);
- //关闭数据socket
- close(server_sock_data); //关闭监听socket
- close(server_sock_listen);

# 准备工作( 实验环境：Ubuntu + GCC )

- 1.使用终端命令行安装本地echo服务，监听tcp 7号端口：

  sudo apt update

  sudo apt install xinetd

  sudo nano /etc/xinetd.d/echo　#修改disable=no，Ctrl+O保存、Ctrl+X退出

  sudo service xinetd reload

  netstat -an|grep :7

```
[root@localhost ~]# netstat -an|grep :7
tcp6       0      0 :::7                    :::*                    LISTEN
```

- 2.输入telnet localhost 7，连接本机echo服务器，输入任意文本，观察响应；

  输入Ctrl+]结束echo服务，输入close或quit退出telnet

```
cn@lab1:~$ telnet localhost 7
Trying 127.0.0.1...
Connected to localhost.
Escape character is '^]'.
hello,network
hello,network
^]
telnet> quit
Connection closed.
cn@lab1:~$
```

# 任务1：完善socket客户机

- 1.开启两个终端窗口，分别编译、运行server_example.c和client_example.c，
  观察它们实现的功能：

```
[root@localhost 桌面]# gcc server_example.c -o serv0
[root@localhost 桌面]# ./serv0
```

```
[root@localhost 桌面]# gcc client_example.c -o clnt0
[root@localhost 桌面]# ./clnt0
```

- 2.按以下要求，修改范例client_example.c，实现类似telnet连接echo服务器的效果：
  ① 为所有socket函数调用添加**错误处理代码**；
  ② 范例中服务器**地址**和**端口**是固定值，请将它们改成允许用户以**命令行参数形式输入**；
  ③ 范例中客户机发送的是固定文本“Hello Network!”，请改成允许**用户输入**字符串，按回车发送；
  ④ 实现**循环**，直至客户机输入“bye”退出。

# 任务2：课程表查询服务器（TCP迭代）

功能示例：服务器接收客户机发来的学号等信息，查询后发送给客户机，依次循环……

# 课程表查询服务器（TCP迭代）

**按以下要求，修改范例**server_example.c：

① 为所有socket函数调用添加错误处理代码；

② 范例中服务器**地址**和**端口**是固定值，请将它们改成允许用户通过命令行参数形式输入；

③ 实现循环，直至客户机输入“bye”退出；

④ 服务器迭代地处理客户机请求：查询给定的testlist，将结果回复客户机；一个客户机退出后、继续接受下一个，按Ctrl+C可以终止服务器程序。

# 实验报告(任务1+任务2)

① 说明客户机和服务器的运行情况，附上截图；
源代码要有充分的注释，随报告一起打包。

② 设置服务器listen( )的backlog为0或1，同时打开多个终端窗口、让4个客户机连接服务器，使用netstat命令观察socket状态变化，对照TCP连接状态图(5-28/5-29/5-30)，说明变化过程以及backlog与客户机完成队列的数量关系。

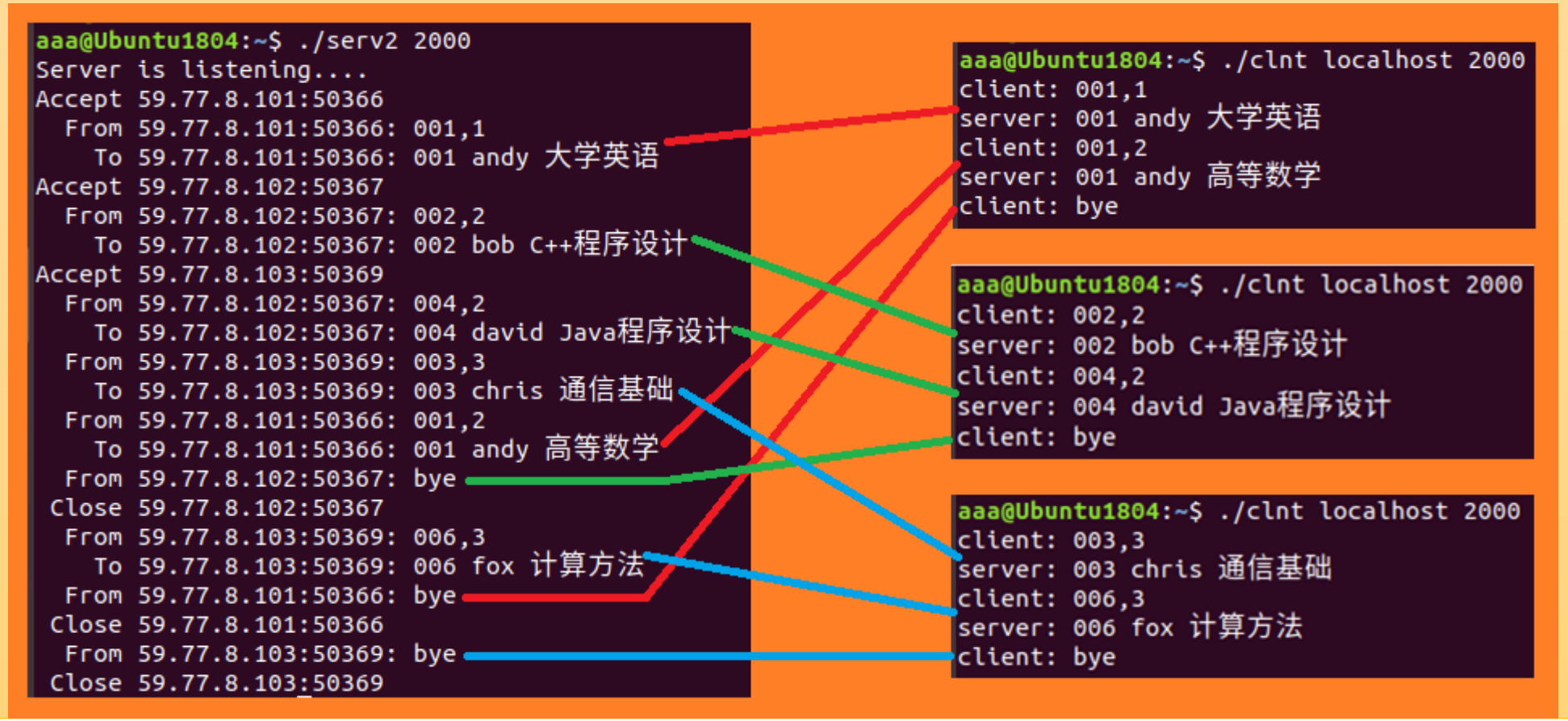
netstat -anp | grep “服务器端口号”

③ (选做)端口为什么要进行字节顺序转换？不转换会有什么情况？
提示：运行不转换代码进行对比。

④ (选做)试验客户机也像服务器一样bind固定端口,看看结果如何？
提示：先在终端中运行命令：sudo sysctl net.ipv4.tcp_timestamps=0
让客户机bind固定端口，运行客户机连接服务器，
客户机主动退出、再次运行客户机，netstat观察。

# 任务3：课程表查询服务器(TCP并发)

功能示例：在任务2的基础上修改服务器代码，以多进程的方式提供并发服务，
实现“同时”与多个客户机交替对话



# 多进程实现并发服务

## 创建子进程——fork( )

**✱返回值：**

**成功：**父进程返回子进程的进程号（pid），子进程返回0

**失败：**返回-1

**✱说明：**

fork创建的子进程与父进程共享代码正文，可以通过判断pid来区分

**✱示例：**

```
pid = fork();
if (pid == -1)
  { return 1;}
else if (pid == 0)
  { /* 子进程执行功能 */}
else
  { /* 父进程执行功能 */}
```

**✱提示：**

#include <signal.h>

在创建子进程前加入signal(SIGCHLD,SIG_IGN)可以清除僵尸进程

# 多进程实现并发服务

- 子进程与父进程示例：

子进程

```
……
listen;
while (1) {
xxx=accept;
pid = fork();
if (pid == -1)
  { return 1;}
else if (pid == 0)
  { while循环收发数据
    close(xxx);
    exit(0);
   }
else
  {……}
……
}
```

父进程

```
……
listen;
while (1) {
xxx=accept;
pid = fork();
if (pid == -1)
  { return 1;}
else if (pid == 0)
  { while循环收发数据
    close(xxx);
    exit(0);
   }
else
  {……}
……
}
```

# 实验报告(任务3)

① 给出客户机和服务器运行时的截图，要求至少3个并发客户机，
源代码随报告一起打包。

② 服务器accept之后会返回一个用于传输数据的socket，
调用fork()会使父子进程同时拥有此socket描述符，父进程分支中
是否需要关闭该socket？

**提示：分别试验其关闭和不关闭的代码，看运行是否正常；**
**netstat观察多个客户机退出后的连接状态，考虑系统资源分配……**

# 任务4：获取网页内容（ Python自学）

编写程序，建立与www.people.com.cn的tcp连接，请求网页的内容并保存。

- 步骤：使用Socket建立对指定URL的连接，使用HTTP的GET指令，获取网页的内容。
- 任务：① 将网页的内容以字符串形式保存在txt文件中。
  ② (选做)将网页中的图片保存到本地文件夹

- 推荐语言：Python
- * 提示：
  使用python的socket时，可能需要用到的api：
  socket.connect()
  socket.send()
  socket.recv() 请注意recv()为阻塞接收，编码时可通过循环接收、直到收到的串长度为0停止。
  获取网页内容的GET请求："GET / HTTP/1.1\r\nHost: 网址\r\n\n"

# 实验报告(任务4)

描述解决思路，展示运行情况及关键环节，
源代码随报告一起打包。

Python参考资料

Python环境配置(PyCharm IDE)：

https://blog.csdn.net/ling_mochen/article/details/79314118

Python基础语法：

https://www.runoob.com/python/python-basic-syntax.html

Python socket编程：

https://www.runoob.com/python/python-socket.html

Python文件读写：

https://www.runoob.com/python/python-files-io.html