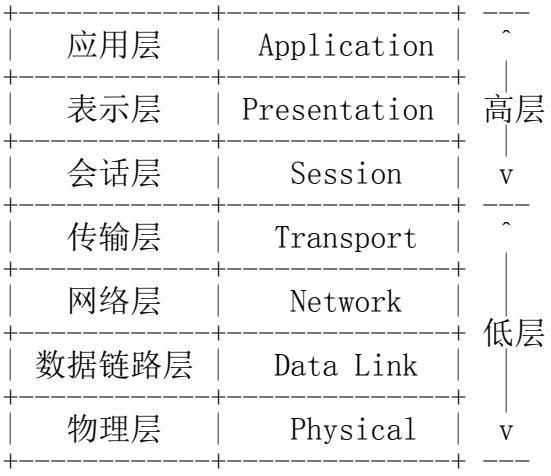
第八课　网络通信

一、基本概念

1. ISO/OSI七层网络协议模型



2. TCP/IP协议族

1) TCP (Transmission Control Protocol, 传输控制协议)

面向连接的服务。

2) UDP (User Datagram Protocol, 用户数据报文协议)

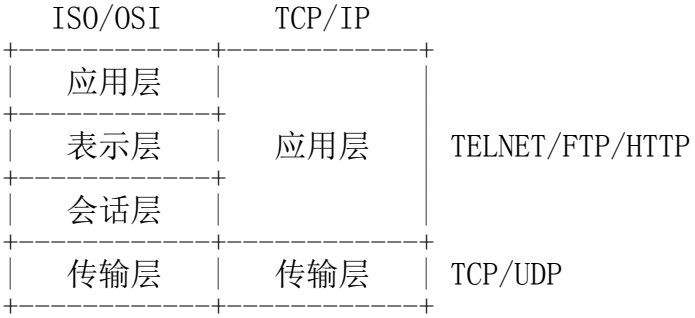
面向无连接的服务。

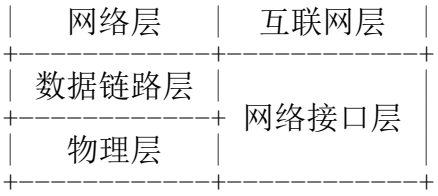
3) IP (Internet Protocol, 互联网协议)

信息传递机制。

图示：tcpip.bmp

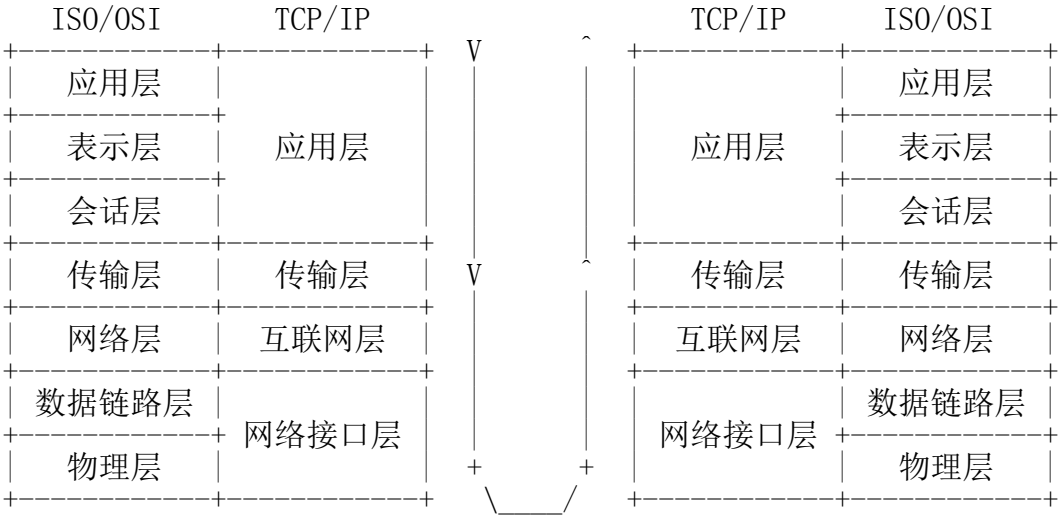
3. TCP/IP协议与ISO/OSI模型的对比



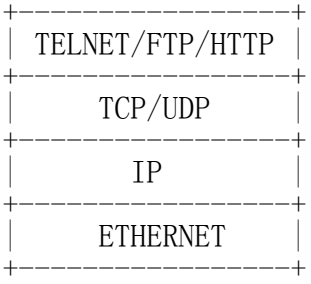


图示：osi.bmp

4. 消息流



5. 消息包



从上至下，消息包逐层递增，从下至上，消息包逐层递减。

6. IP地址

1) IP地址是Internet中唯一的地址标识

A. 一个IP地址占32位，正在扩充至128位。

B. 每个Internet包必须带IP地址。

2) 点分十进制表示法

0x04030201 -> 1.2.3.4

3) IP地址分级

A级：0 + 7位网络地址 + 24位本地地址
B级：10 + 14位网络地址 + 16位本地地址
C级：110 + 21位网络地址 + 8位本地地址
D级：1110 + 28位多播(Muticast)地址

4) 子网掩码

IP地址 & 子网掩码 = 网络地址

IP地址： 192.168.182.48
子网掩码：255.255.255.0
网络地址：192.168.182
本地地址：48

二、套接字(Socket)
----

1. 接口

```
   PuTTY -> telnet \
 LeapFTP ->    ftp -> socket -> TCP/UDP -> IP -> 网卡驱动 -> 网卡硬件
      IE ->   http /      ^
                          |
应用程序 -----------------+
```

图示：bsd.bmp

2. 异构

Java @ UNIX -> socket <----> socket <- C/C++ @ Windows

3. 模式

1) 点对点(Peer-to-Peer, P2P)：一对一的通信。

2) 客户机/服务器(Client/Server, C/S)：一对多的通信。

4. 绑定

先要有一个套接字描述符，还要有物理通信载体，
然后将二者绑定在一起。

5. 函数

1) 创建套接字

```
#include <sys/socket.h>
```

```
int socket (int domain, int type, int protocol);
```

domain   - 域/地址族，取值：

    AF_UNIX/AF_LOCAL/AF_FILE: 本地通信(进程间通信)；
    AF_INET: 基于TCP/IPv4(32位IP地址)的网络通信；
    AF_INET6: 基于TCP/IPv6(128位IP地址)的网络通信；
    AF_PACKET: 基于底层包接口的网络通信。

type   - 通信协议，取值：

    SOCK_STREAM: 流协议，即TCP协议；
    SOCK_DGRAM: 数据报文协议，即UDP协议。

protocol - 特殊协议，一般不用，置0即可。

成功返回套接字描述符，失败返回-1。

套接字描述符类似于文件描述符，UNIX把网络当文件看待，
发送数据即写文件，接收数据即读文件，一切皆文件。

2) 准备通信地址

A. 基本地址类型

```
struct sockaddr {
    sa_family_t sa_family;   // 地址族
    char        sa_data[14]; // 地址值
};
```

B. 本地地址类型

```
#include <sys/un.h>

struct sockaddr_un {
    sa_family_t sun_family; // 地址族
    char        sun_path[]; // 套接字文件路径
};
```

C. 网络地址类型

```
#include <netinet/in.h>

struct sockaddr_in {
    // 地址族
    sa_family_t sin_family;

    // 端口号
    // unsigned short, 0-65535
    // 逻辑上表示一个参与通信的进程
    // 使用时需要转成网络字节序
    // 0-1024端口一般被系统占用
    // 如：21-FTP、23-Telnet、80-WWW
    in_port_t sin_port;

    // IP地址
```

```
    struct in_addr sin_addr;
};

struct in_addr {
    in_addr_t s_addr;
};

typedef uint32_t in_addr_t;
```

IP地址用于定位主机，端口号用于定位主机上的进程。

3) 将套接字和通信地址绑定在一起

```
#include <sys/socket.h>

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

成功返回0，失败返回-1。

4) 建立连接

```
#include <sys/socket.h>

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

成功返回0，失败返回-1。

5) 用读写文件的方式通信：read/write

6) 关闭套接字：close

7) 字节序转换

```
#include <arpa/inet.h>

// 32位无符号整数，主机字节序 -> 网络字节序
uint32_t htonl (uint32_t hostlong);

// 16位无符号整数，主机字节序 -> 网络字节序
uint16_t htons (uint16_t hostshort);

// 32位无符号整数，网络字节序 -> 主机字节序
uint32_t ntohl (uint32_t netlong);

// 16位无符号整数，网络字节序 -> 主机字节序
uint16_t ntohs (uint16_t netshort);
```

主机字节序因处理器架构而异，有的采用小端字节序，
有的采用大端字节序。网络字节序则固定采用大端字节序。

8) IP地址转换

```
#include <arpa/inet.h>
```

```
// 点分十进制字符串 -> 网络字节序32位无符号整数
in_addr_t inet_addr (const char* cp);

// 点分十进制字符串 -> 网络字节序32位无符号整数
int inet_aton (const char* cp, struct in_addr* inp);

// 网络字节序32位无符号整数 -> 点分十进制字符串
char* inet_ntoa (struct in_addr in);
```

6. 编程

1) 本地通信

服务器：创建套接字(AF_LOCAL)->准备地址(sockaddr_un)并绑定->接收数据->关闭套接字
客户机：创建套接字(AF_LOCAL)->准备地址(sockaddr_un)并连接->发送数据->关闭套接字

范例：locsvr.c、loccli.c

2) 网络通信

服务器：创建套接字(AF_INET)->准备地址(sockaddr_in)并绑定->接收数据->关闭套接字
客户机：创建套接字(AF_INET)->准备地址(sockaddr_in)并连接->发送数据->关闭套接字

范例：netsvr.c、netcli.c

三、基于TCP协议的客户机/服务器模型

1. 基本特征

1) 面向连接：建立连接，传输数据，断开连接。

2) 传输可靠：发送数据，等待确认，丢包重传。

```
ABCDEF

A ->          -
B ->          |
C ->          +- 时间窗口
D ->          |
E -> <- A OK  -
F -> <- B OK
     <- C OK
     <- D OK
     <- E OK
     <- F OK
```

每个发送都有应答，若在时间窗口内没有收到A的应答，
则从A开始重发。

3) 保证顺序：有序发送，有序接收，丢弃重复。

4) 流量控制：接收端实时通知发送端接收窗口的大小，防止溢出。

5) 传输速度慢。

2. 编程模型

步骤	服务器		客户机		步骤
1	创建套接字	socket	socket	创建套接字	1
2	准备地址	...	...	准备地址	2
3	绑定套接字	bind		----	
4	监听套接字	listen		----	
5	接受连接	accept	connect	建立链接	3
6	接收请求	recv	send	发送请求	4
7	发送响应	send	recv	接收响应	5
8	关闭套接字	close	close	关闭套接字	6

图示：handshake.bmp、tcpcs.bmp

3. 常用函数

```
#include <sys/socket.h>

int listen (int sockfd, int backlog);
```

将sockfd参数所标识的套接字标记为被动模式，
使之可用于接受连接请求。

backlog参数表示未决连接请求队列的最大长度，
即最多允许同时有多少个未决连接请求存在。
若服务器端的未决连接数已达此限，
则客户机端的connect()函数将返回-1，
且errno为ECONNREFUSED。

成功返回0，失败返回-1。

图示：listen.bmp

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

从sockfd参数所标识套接字的未决连接请求队列中，
提取第一个连接请求，同时创建一个新的套接字，
用于在该连接中通信，返回该套接字的描述符。

addr和addrlen参数用于输出连接请求发起者的地址信息。

成功返回通信套接字描述符，失败返回-1。

图示：accept.bmp

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

通过sockfd参数所标识的套接字，
期望接收len个字节到buf所指向的缓冲区中。

成功返回实际接收到的字节数，失败返回-1。

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

通过sockfd参数所标识的套接字，
从buf所指向的缓冲区中发送len个字节。

成功返回实际被发送的字节数，失败返回-1。

图示：concurrent.bmp

范例：tcpsvr.c、tcpcli.c

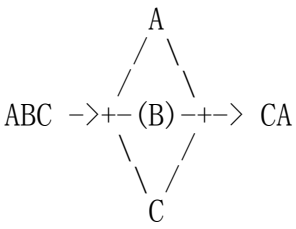
图示：inetd.bmp

四、基于UDP协议的客户机/服务器模型

1. 基本特征

1) 面向无连接：无需建立连接，数据报自包含目的地址。

2) 缺乏可靠性：成功不确认，丢包不重传。



3) 不保证顺序：接收到的数据包顺序可能颠倒，也可能重复。

4) 无流量控制：快发慢收，丢包无底线。

5) 传输速度快。

2. 编程模型

步骤	服务器		客户机		步骤
1	创建套接字	socket	socket	创建套接字	1
2	准备地址	...	...	准备地址	2
3	绑定套接字	bind		----	
4	接收请求	recvfrom	sendto	发送请求	3
5	发送响应	sendto	recvfrom	接收响应	4
6	关闭套接字	close	close	关闭套接字	5

图示：udpcs.bmp

3. 常用函数

```
#include <sys/socket.h>

ssize_t recvfrom (int sockfd, void* buf, size_t len,
    int flags, struct sockaddr* src_addr,
    socklen_t* addrlen);
```

通过sockfd参数所标识的套接字，
期望接收len个字节到buf所指向的缓冲区中。

若src_addr和addrlen参数不是空指针，
则通过这两个参数输出源地址结构及其长度。
注意在这种情况下，
addrlen参数的目标应被初始化为，
src_addr参数的目标数据结构的大小。

成功返回实际接收到的字节数，失败返回-1。

```
ssize_t sendto (int sockfd, const void* buf,
    size_t len, int flags,
    const struct sockaddr* dest_addr,
    socklen_t addrlen);
```

通过sockfd参数所标识的套接字，
从buf所指向的缓冲区中发送len个字节。

发送目的的地址结构及其长度，
通过dest_addr和addrlen参数输入。

成功返回实际被发送的字节数，失败返回-1。

范例：udpsvr.c、udpcli.c

图示：tcp_udp.bmp

127.0.0.1：回绕地址，表示本机，不依赖网络。

练习：基于TCP协议的网络银行。

代码：bank/