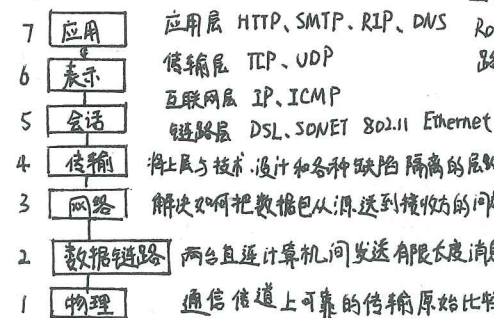


# 计算机网络

## 第1章 引言

子网定义：一组路由器和通信线路的集合。

### 参考模型



### 度量单位

kbps  $10^3$  位/秒 KB  $2^{10}$  字节  
Mbps  $10^6$  位/秒 MB  $2^{20}$  字节  
Gbps  $10^9$  位/秒 GB  $2^{30}$  字节  
Tbps  $10^{12}$  位/秒 TB  $2^{40}$  字节

DNS 重定向：域名服务器同时作为CDN节点运行  
每次根据发出请求的客户端IP地址返回最靠近客户端的CDN节点的IP地址

## 第2章 物理层

信道的最大数据传输率

Nyquist：有限带宽无噪声信道的最大数据传输率

任意信号通过一个带宽为B的低通滤波器，每秒进行2B次（确切）采样，就可以无失真地重构被过滤的信号，信号包括了V个离散等级

Shannon：对于一条带宽为BHz，噪声比为S/N的有噪声信道，其最大数据传输率或容量为

最大比特率 =  $B \log_2(1+S/N)$

## 第3章 数据链路层 (Data Link Layer)



### 3.2.1 纠错码

两个code word间不相同的个数称为Hamming distance。检测d位error，需要d+1位编码方案

### 3.2.2 检错码

(1) 奇偶校验码 (2) 校验和 (3) 循环冗余校验码 (Cyclic Redundancy Check, CRC)

例：帧 11010 1111 10011 11010 1111 0000

生成多项式 10011

发出的帧：11010 1111 0010

不借位，不进位，强行减，上下作异或

帧 + (帧除生成多项式的余数) = 发出的帧

检测：发出的帧 ÷ 生成多项式余数为0，说明无差错。

### 3.3 基本数据链路层协议

Error Control: stop and wait

① 发一段信息后等待，接收方无论正确错误都要发送信息反馈。

正确：ACK 错误：NAK

② 发送丢包：接收方一直不回发信息，发送方等待一定时间后重发。

③ 回传信号时丢包：发送方重发数据包，到达接收方后，接收方重发并丢弃第2次收到的包

(对数据frame设计有要求，设个序号/字节，只需1bit即可。1010反转)

### 3.4 滑动窗口协议 (sliding window)

暂时延缓确认以便将确认信息，搭载在下一个出境数据包上的技术就称为捎带确认

任何一个出境帧都含有一个序号 (发送方维持)

① 新的数据包从网络层到来时，该数据包被赋予窗口中的下一个最高序号，窗口上边界前移一格。

② 确认字节包含了最后接收到的正确帧的序号

一位滑动窗口协议的起始状态为 (0, 1, A<sub>0</sub>) (序号, 确认, 包号) 接收方

A, B 同时发起通信会使得一半的帧重发。

Open Shortest Path First, OSPF 用于选择每个AS的内部路径  
Border Gateway Protocol, BGP 根据AS粒度选择路径  
Routing information Protocol, RIP 用于AS内路由信息的传递

处理端到端数据流传输最低层

当接收方向前移动它的窗口后，新的有效序号范围与老的序号范围有重叠。因此后续到达的一些帧可能是重复的帧或新的帧

解决方法：接收方窗口大小不应大于序号空间的1/2，即接收方窗口大小：(MAX\_SEQ+1)/2

在计时器超时前，没有出现需要发送的反向流量，则需要发送一个单包的确认帧

第4章 介质访问控制子层 (Medium Access Control, MAC)

用来确定多路访问信道 (multiaccess channel) / 随机访问信道 (random access channel)

下一个使用者的协议。属于数据链路层的一个子层。

信道分配问题 二进制后退：第1次冲突后，0~2<sup>i-1</sup>中随机选择一个数等待

多路访问协议 第10次冲突后，固定在0~1023。第16次后放弃尝试

无冲突协议

第6章 传输层

套接字 (Socket) 通信

Server端

Client端

① 创建一个新端口 ② bind：为socket分配地址与端口

③ listen并不阻塞，为入境呼叫分配队列空间

④ accept阻塞等待入境连接的到来

⑤ 创建一个新端口 ⑥ connect 阻塞调用，建立完解除。

⑦ 此时可用全双工的SEND和RECV调用。

6.4 UDP

UDP传输格式 8字节头 有效载荷

UDP长度 8 Bytes ~ 65535 Bytes

UDP头结构

源端口 目标端口

UDP长度 UDP校验和

32位

6.5 TCP

TCP连接的建立与断开

三次握手

两主机同时

在一对socket

间只会建立一对连接。

释放一个连接

需要4个TCP段：每个方向上一个FIN和ACK

Client Server

窗口 = set of sequence numbers to send/receive

发送窗口 (sending window)

接收窗口 (receiving window)

发送方

接收方

(a) 初始化

(b) 第一帧发出

(c) 第一帧被接收

(d) 第一帧被确认接收

3.4.2 Go-back-N ARQ (Data Error) 允许发送方在阻塞前发送多帧

带宽延迟乘积 (bandwidth-delay product) → 帧数表示BDP，应设置BDP+1

流水线 (pipe lining) go-back-N，接收方只需简单丢弃所有后续到达的帧，并不对这些被丢弃帧作确认即可。

这些被丢弃帧作确认即可。

Receive Window Size = 1

Send Window Size ≤ Max\_SEQ[0...N]

每到达一个确认都要检查是否可以释放一些缓冲区。

改进：累计确认 (cumulative acknowledgement)

当N号帧的确认到达时，N-1号、N-2号都会自动确认

3.4.3 选择重传 (selective repeat)

接收方只丢弃坏帧，后续好帧缓存

发送方超时只重传最早未被确认帧。

当接收方发现坏帧，序号i，发送 NAK i

累计确认 (见上文)

发送方窗口大小从0开始，以后可增大到一上限值

接收方窗口大小固定不变，大小为预先最大值。

到达一帧，检查序号是否落在窗口内，以前有该帧在窗口内，以前无该帧则接收。

范围与老的序号范围有重叠。因此后续到达的一些帧可能是重复的帧或新的帧

解决方法：接收方窗口大小不应大于序号空间的1/2，即接收方窗口大小：(MAX\_SEQ+1)/2

在计时器超时前，没有出现需要发送的反向流量，则需要发送一个单包的确认帧

发送一个单包的确认帧

第4章 介质访问控制子层 (Medium Access Control, MAC)

用来确定多路访问信道 (multiaccess channel) / 随机访问信道 (random access channel)

下一个使用者的协议。属于数据链路层的一个子层。

信道分配问题 二进制后退：第1次冲突后，0~2<sup>i-1</sup>中随机选择一个数等待

多路访问协议 第10次冲突后，固定在0~1023。第16次后放弃尝试

无冲突协议

第6章 传输层

套接字 (Socket) 通信

Server端

Client端

① 创建一个新端口 ② bind：为socket分配地址与端口

③ listen并不阻塞，为入境呼叫分配队列空间

④ accept阻塞等待入境连接的到来

⑤ 创建一个新端口 ⑥ connect 阻塞调用，建立完解除。

⑦ 此时可用全双工的SEND和RECV调用。

6.4 UDP

UDP传输格式 8字节头 有效载荷

UDP长度 8 Bytes ~ 65535 Bytes

UDP头结构

源端口 目标端口

UDP长度 UDP校验和

32位

6.5 TCP

TCP连接的建立与断开

三次握手

两主机同时

在一对socket

间只会建立一对连接。

释放一个连接

需要4个TCP段：每个方向上一个FIN和ACK

Client Server

窗口 = set of sequence numbers to send/receive

发送窗口 (sending window)

接收窗口 (receiving window)

发送方

接收方

(a) 初始化