

《计算机网络》复习资料

目录

二 需要注意的几个点.....	4
2.1 各种协议要理解.....	4
2.3 基于 Boson 的实验配置代码.....	4
三 第一章.....	4
3.1 电路交换、分组交换、报文交换 (P13-P17)	4
3.1.1 电路交换.....	4
3.1.2 分组交换.....	4
3.1.3 报文交换.....	4
3.2 分组交换的存储转发、网络体系结构、面向连接的服务、非连接的服务	4
3.2.1 分组交换的存储转发.....	4
3.2.2 网络体系结构 (P27)	4
3.2.3 面向连接的服务 (P31)	4
3.2.4 面向非连接的服务 (P31)	4
3.3 网络的分类.....	4
3.4 网络性能指标 (P21-P26)	5
3.5 OSI 分层协议, 每层传送的内容、功能 (P30-P33)	5
四 第二章.....	6
4.1 物理层的作用.....	6
4.1.1 与传输媒体的接口有关的特性.....	6
4.1.2 常用的三种传输介质.....	6
4.1.3 可用于网络连接的设施.....	6
4.2 信道交互的三种基本方式 (P43)	6
4.2.1 单工.....	6
4.2.2 半双工.....	6
4.2.3 全双工.....	6
4.3 调制/解调方式 (P44)	6
4.3.1 基带调制.....	6
4.3.2 带通调制.....	6
4.4 信道复用 (P53)	7
4.4.1 频分复用 (FDM) (P53)	7
4.4.2 时分复用 (TDM) (P54)	7
4.4.3 波分复用 (WDM) (P56)	7
4.4.4 码分复用 (CDM) /码分多址 (CDMA) (P57)	7
4.5 非对称数字用户线路 (ADSL) (P60-P63)	7
4.5.1 ADSL 的定义	7
4.5.2 基于 ADSL 的接入网组成及原理.....	7
4.5.3 ADSL 的特点	7
五 第三章.....	9
5.1 点对点协议 PPP-字节填充	9
5.1.1 PPP 协议的特点 (P76-P78)	9

5.1.2 PPP 协议的帧格式 (P78-P80)	9
5.2 封装成帧, 帧的概念	9
5.2.1 数据链路层发送信息的基本单位 (P71)	9
5.2.2 数据链路层的三个基本问题 (P71-P76)	9
5.2.3 帧和分组的比较 P70-76	10
5.3 理解 CSMA/CD 协议 (P85-P87)	10
5.4 集线器的特点 (P91) (集线器不检测碰撞, 网卡检测碰撞)	11
5.5 一信道利用率 (P92)	11
5.6 一MAC 地址知识点 (P93)	11
5.7 网桥/交换式集线器 (以太网交换机) (P99)	11
5.7.1 以太网交换机的特点	11
5.7.2 以太网交换机的交换方式	12
5.7.3 以太网交换机的自学习功能	12
5.8 几种交换机的对比	12
5.8.1 中继器	12
5.8.2 集线器	12
5.8.3 网桥	12
5.8.4 交换机	12
5.8.5 路由器	13
5.8.6 网关	13
六 第四章	14
6.1 网络层的作用、功能	14
6.1.1 网络层提供的两种服务 (P113)	14
6.2 IP 地址 (P118-P122)	14
6.2.1 地址分类 (P119)	14
6.2.2 地址范围 (P121)	14
6.2.3 合法地址 (P121)	14
6.2.4 A、B、C、D、E 类型地址特点, 最大值	14
6.3 理解 MAC、IP 和 ARP	15
6.3.1 地址解析协议 (ARP)	15
6.3.2 IP 和 MAC 地址之间的转换 (上面的 ARP)	15
6.4 理解划分子网, 子网掩码 (P135)	16
6.4.1 子网掩码表示与作用 (P137)	16
6.4.2 子网划分的计算	16
6.5 理解划分子网的分组转发过程 (P140-141)	16
6.6 无分类编址 CIDR	17
6.6.1 无分类的两级编址的记法	17
6.7 路由选择协议、RIP 原理 (P151-P156)	17
6.7.1 路由选择协议 (P151)	17
6.7.2 内部网关协议 RIP (P153-P156)	17
6.8 路由器的功能、应用范围 (P167)	18
6.8.1 路由器的功能	18
6.8.2 路由器的应用范围	18
6.9 VPN 和 NAT 技术和特点 (P185-P188)	18

6.9.1 虚拟专用网（VPN）技术和特点.....	18
6.9.2 网络地址转换（NAT）技术和特点.....	18
6.10 IPV6 主要特点，多少位（P171-P175）	18
6.10.1 IPV6 主要特点	18
6.10.2 IPV6 多少位	18
七 第五章.....	19
7.1 传输层作用.....	19
7.1.1 传输协议数据单元（TPDU）与分组的封装关系.....	19
7.2 端口（P207）	19
7.2.1 常见的知名端口.....	19
7.3 用户数据报协议 UDP、传输控制协议 TCP（P208-P210）	19
7.3.1 用户数据报协议（UDP）的特点.....	19
7.3.2 用户数据报协议（UDP）的应用.....	19
7.3.3 传输控制协议（TCP）特点.....	20
7.3.4 可靠传输的原理和实现（P221-P217）	20
7.4 TCP 流量控制策略（P227）	20
7.4.1 利用滑动窗口实现流量控制	20
7.4.2 TCP 的传输效率	20
7.5 TCP 拥塞控制方法（策略）与流量控制的区别，四种算法（P229）	21
7.5.1 TCP 拥塞控制方法（策略）	21
7.5.2 拥塞控制与流量控制的区别.....	21
7.6 TCP 的连接建立过程（P238）	21

二 需要注意的几个点

2.1 各种协议要理解

1. 协议：控制两个对等实体（或多个实体）的通信的规则集合。
2. TCP 协议，提供面向连接的、可靠的数据传输服务，其数据传输的单位是报文段。
3. UDP 协议，提供无连接的、尽最大努力的数据传输服务（不保证数据的可靠性），其数据传输的单位是用户数据报。
4. PPP 协议的特点（P76-P78）
 - 1) 封装成帧
 - 2) 透明传输
 - 3) 差错检测
5. CSMA/CD 协议（P85-P87）
6. 地址解析协议（ARP）
7. 内部网关协议 RIP（P153-P156）
8. 传输协议数据单元（TPDU）

2.3 基于 Boson 的实验配置代码

如：交换机中进行 VLAN 配置，路由器中配置静态路由或者 RIP 路由。

三 第一章

3.1 电路交换、分组交换、报文交换（P13-P17）

3.1.1 电路交换

整个报文的比特流连续地从源点直达终点，好像在一个管道中传送

3.1.2 分组交换

单个分组传送到相邻节点，存储下来后查找转发表，转发到下一个结点

3.1.3 报文交换

整个报文先传送到相邻节点，全部存储下来后查找转发表，转发到下一个结点

3.2 分组交换的存储转发、网络体系结构、面向连接的服务、非连接的服务

3.2.1 分组交换的存储转发

分组到达一个路由器后，先暂时存储下来，查找转发表，然后从一条合适的链路转发出去。

3.2.2 网络体系结构（P27）

计算机网络体系结构是指计算机网络层次结构模型，它是各层的协议以及层次之间的端口的集合。

3.2.3 面向连接的服务（P31）

TCP 协议，提供面向连接的、可靠的数据传输服务，其数据传输的单位是**报文段**。

3.2.4 面向非连接的服务（P31）

UDP 协议，提供无连接的、尽最大努力的数据传输服务（不保证数据的可靠性），其数据传输的单位是**用户数据报**。

3.3 网络的分类

1. 按照网络的作用范围进行分类（P20）

- 1) 广域网 (WAN): 约几十到几千公里
 - 2) 城域网 (MAN): 约 5~50 公里
 - 3) 局域网 (LAN): 局限在较小的范围 (1 公里左右)
 - 4) 个人区域网 (PAN): 0~10 米
2. 局域网常用拓扑结构
 - 1) 总线型
 - 2) 环形
 - 3) 星形

3.4 网络性能指标 (P21-P26)

1. 速率: 单位 (bit/s), 额定速率或标称速率, 而非实际运行速率
2. 带宽: 单位 (bit/s), 单位时间内网络中的某信道能通过的“最高数据率”
3. 吞吐率: 单位时间内通过某个网络 (信道、接口) 的实际的数据量
4. 时延
 - 1) 发送时延=数据帧长度/发送速率
 - 2) 传播时延=信道长度/信道上的传播速率
 - 3) 处理时延: 主机或路由器收到分组, 处理分组所花费的时间
 - 4) 排队时延: 排队等待处理的时延 (取决于网络中当前的通信量)
5. 时延带宽积: 时延带宽积=传播时延*带宽
6. 往返时间 RTT: 越短越好
7. 利用率: $D = D_0 / (1 - U)$, D_0 表示网络空闲的时延, D 表示网络当前的时延, U 表示网络的利用率, 取值范围 $[0, 1]$

3.5 OSI 分层协议, 每层传送的内容、功能 (P30-P33)

1. OSI 七层协议体系结构
 - 1) 应用层
 - 2) 表示层
 - 3) 会话层
 - 4) 运输层
 - 5) 网络层
 - 6) 数据链路层
 - 7) 物理层
2. TCP/IP 四层体系结构
3. 五层体系结构
 - 1) 应用层: 通过应用进程间的交互来完成特定网络应用
 - 2) 运输层: 两台主机中进程之间的通信, 提供通用的数据传输服务
 - 3) 网络层: 将运输层产生的报文或用户数据封装成分组或包进行传输
 - 4) 数据链路层: 将网络层交下来的 IP 数据报组装成帧
 - 5) 物理层: 接收方如何识别发送方发送的比特, 确定连接电缆的插头应当有多少根引脚以及引脚应如何连接

四 第二章

4.1 物理层的作用

4.1.1 与传输媒体的接口有关的特性

1. 机械特性：指明接口所用接线器的形状和尺寸、引脚数目和排列、固定和锁定装置等
2. 电气特性：指明在接口电缆的各条线上出现的电压的范围
3. 功能特性：指明某条线上出现的某一电平的电压的意义
4. 过程特性：指明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序

4.1.2 常用的三种传输介质

1. 有导向的
2. 无线
3. 卫星

4.1.3 可用于网络连接的设施

1. 电话系统
2. 移动电话系统
3. 有线电视系统

4.2 信道交互的三种基本方式（P43）

4.2.1 单工

只能有一个方向的通信，而没有反方向的交互。

4.2.2 半双工

通信的双方都可以发送信息，但不能双方同时发送（同时接收）。

4.2.3 全双工

双方可以同时发送和接收信息。

4.3 调制/解调方式（P44）

4.3.1 基带调制

1. 不归零制：0 1 低高电平
2. 归零制：0 1 低高电平，同时归零
3. 曼彻斯特编码：1：1→0；0：0→1
4. 差分曼彻斯特编码：碰到 1 就反向

4.3.2 带通调制

1. 调幅（AM）：载波的振幅随基带数字信号而变化
0/1 分别对应无载波或有载波输出。
2. 调频（FM）：载波的频率随基带数字信号而变化
0/1 分别对应频率 f_1 或 f_2
3. 调相（PM）：载波的初始相位随基带数字信号而变化
0/1 分别对应相位 0 度或 180 度

4.4 信道复用 (P53)

4.4.1 频分复用 (FDM) (P53)

频分复用的所有用户在**同样的时间占用不同的带宽资源**。

4.4.2 时分复用 (TDM) (P54)

时分复用的所有用户在**不同的时间占用同样的频带宽度**。

4.4.3 波分复用 (WDM) (P56)

光的频分复用，使用一根光纤来同时传输多个光载波信号。

4.4.4 码分复用 (CDM) / 码分多址 (CDMA) (P57)

1. 各用户使用经过特殊挑选的不同码型，因此各用户之间不会造成干扰。
2. 每一个比特时间划分为 m 个短的间隔，成为码片。
3. 每个站被指派一个唯一的 m bit 码片序列。
 - a) 如发送比特 1，则发送自己的 m bit 码片序列。
 - b) 如发送比特 0，则发送改码片序列的二进制反码。
4. 码片序列必须是相互正交的
 - a) 每个对应的位数相乘，再相加，除以位数，若为 0 则正交。
 - b) 自己和自己正交，内积 1
 - c) 自己和自己的反码正交，内积-1

内积情况	发送情况	发送数
0	不发送	不发送
1	本身	1
-1	反码	0

例 (P68):

A: (-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1)

B: (-1 -1 +1 -1 +1 +1 +1 -1)

C: (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1)

D: (-1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 -1)

收到的码片序列: X: (-1 +1 -3 +1 -1 -3 +1 +1)

$A \cdot X / 8 = 1 \rightarrow$ 发送 1

$B \cdot X / 8 = -1 \rightarrow$ 发送 0

$C \cdot X / 8 = 0 \rightarrow$ 不发送

$D \cdot X / 8 = 1 \rightarrow$ 发送 1

4.5 非对称数字用户线路 (ADSL) (P60-P63)

4.5.1 ADSL 的定义

用数字技术对现有的模拟电话用户线进行改造。

4.5.2 基于 ADSL 的接入网组成及原理

1. 数字用户线接入复用器
2. 用户线
3. 用户家中的一些设施

4.5.3 ADSL 的特点

1. 通过提高调制效率得到更高的数据率
2. 采用了无缝速率自适应技术 SRA，可在运营中不中断通信和不产生误码的情况下，根据线路的实际情况，自适应地调整数据率

3. 改善了线路质量测评和故障定位功能,这对提高网络的运行维护水平具有非常重要的意义

五 第三章

5.1 点对点协议 PPP-字节填充

5.1.1 PPP 协议的特点 (P76-P78)

1. 封装成帧
2. 透明传输
3. 差错检测

5.1.2 PPP 协议的帧格式 (P78-P80)

1. 各字段的意义
 - 1) 首部
 - 2) IP 数据报
 - 3) 尾部: CRC 的帧检验序列 FCS
2. 字节填充
 - 1) 把信息字段中出现的每一个 0x7E 的字节转变成 2 字节序列 (0x7D, 0x5E)
 - 2) 若信息字段中出现了一个 0x7D 的字节, 则把 0x7D 字节转变成 2 字节序列 (0x7D, 0x5D)
 - 3) 若信息字段中出现了 ASCII 码的控制字符 (即数值小于 0x20 的字符), 则在该字符前面要加入一个 0x7D 组合, 同时该字符的编码加以改变。例如: 0x03 → 0x7D, 0x23
3. 零比特填充
 - 1) 发送端: 发送了 5 个连续的 1, 立即填入一个 0
 - 2) 接收端: 每发现 5 个连续的 1, 把后面一个 0 删除

5.2 封装成帧, 帧的概念

5.2.1 数据链路层发送信息的基本单位 (P71)

帧是点对点信道的数据链路层的协议数据单元。

5.2.2 数据链路层的三个基本问题 (P71-P76)

1. 封装成帧

在一段数据 (IP 数据报) 的前后分别**添加首部和尾部**, 这样就构成了一个帧。

2. 透明传输

由于帧的开始和结束的标记使用专门指明的控制符, 因此, 所传输的数据中的任何 8 比特的组合一定不允许和用作帧定界的控制字符的比特编码一样, 否则就会出现帧定界的错误。

解决方法: 插入转义字符 (字节填充或字符填充)

3. 差错检测: 循环冗余检验 (CRC) (n 为除数位数) (P74-P75、P109)

- 1) 生成多项式: X 的指数为权重的指数
- 2) 加上冗余码 (n-1) 位, 即加上 (n-1) 个 0
- 3) 用二进制的模 2 运算 (不进位、不借位、不退位) (相同为 0, 相异为 1)
- 4) 余数为 (n-1) 位、商为 n 位
- 5) 冗余码的位置替换为余数
- 6) 传输完再做除法, 若余数 ≠ 0, 则判定这个帧有差错, 丢弃

5.2.3 帧和分组的比较 P70-76

	帧	分组
所在的层	数据链路层	网络层

PS: 数据链路层向上层提交分组, 而不是帧

5.3 理解 CSMA/CD 协议 (P85-P87)

CSMA/CD(带冲突检测的 CSMA)广泛应用于 MAC 子层,是当前最流行的以太网的 LAN 的基础,CSMA/CD 可能处于三种状态: 竞争、传输和空闲。

1. 以太网使用两种措施来简便通信
 - 1) 采用较灵活的无连接的工作方式
 - a) 不必先建立连接就可以直接发送数据
 - b) 对发送的数据帧不进行编号,也不要求对方发回确认
 - 2) 以太网发送的数据都使用曼彻斯特编码(1: 1→0; 0: 0→1)的信号
2. CSMA/CD 协议的要点
 - 1) 多点接入: 表示许多计算机以多点接入的方式连接在一根总线上
 - 2) 载波监听: 每一个站在发送数据之前先要检测一下总线上是否有其他计算机在发送数据,如果有,则暂时不要发送数据,以免发生碰撞。
 - 3) 碰撞检测: 就是计算机边发送数据边检测信道上的信号电压大小
3. 碰撞过程(A→B 要 τ 时间、B→A 要 τ 时间)
 - 1) A 发送经过 $t = \tau - \delta$ 的时间
 - 2) B 到 A 目前位置需要 δ 时间
 - 3) 即 AB 碰撞时间为 $t = \tau - \delta / 2$
 - 4) B 知道发生碰撞的时间为 $t = \tau$
 - 5) A 知道发生碰撞的时间为 $t = 2\tau - \delta$
 - 6) 2τ 称为争用期或碰撞窗口,经过争用期这段时间还没有检测到碰撞,才能肯定这次发送不会发生碰撞
4. CSMA/CD 重要特性
 - 1) **只能进行双向交替通信(半双工通信)**
 - 2) 每个站在发送数据之后的一小段时间内,存在着遭遇碰撞的可能性
 - 3) **发送的不确定性**使整个以太网的**平均通信量**远小于以太网的最高数据率
5. 发生碰撞后怎么办?(二进制指数类型退避算法)
 - 1) 停止发送数据,推迟(退避)一个随机事件才能再次发送数据
 - 2) 先求 K, $K = \text{Min}[\text{重传次数}, 10]$ (重传次数=该信道犯错次数)
 - 3) 再求倍数 r, 从集合 $[0, 1, 2, 3, \dots, (2^K - 1)]$ 随机取出一个数记为 r
 - 4) 重传 16 次之后,仍不能成功即丢弃该帧,并向高层报告
 - 5) 注: $51.2\mu s$ 为争用期长度,以 10Mbit/s 以太网可发送 512bit,即 64 字节,若前 64 字节没有发生冲突,后续的数据就不会发生冲突。64 字节(最短帧长度)
6. CSMA/CD 协议的要点归纳
 - 1) 先听后发
 - 2) 边听边发
 - 3) 冲突停止
 - 4) 延迟重发

例:假定 1km 长的 CSMA/CD 网络的数据率为 1Gbit/s,信号在网络上的传播速率为 2×10^8 km/s,求此时协议的最短帧长。

解：争用期内发出的最少数据为 2τ

$$1/(2 \times 10^5) * 2 = 10^{-5} \text{s}$$

$$10^9 \text{bit/s} * 10^{-5} = 10^4 \text{bit} = 10^4 / 8 = 1250 \text{B}$$

5.4 集线器的特点 (P91) (集线器不检测碰撞，网卡检测碰撞)

1. 使用集线器的以太网在**逻辑上仍是一个总线网**，各站**共享逻辑上的总线**，使用的还是 CSMA/CD 协议，在同一时刻至多只允许一个站发送数据
2. 一个集线器有许多接口，一个集线器很像一个多接口的转发器
3. 集线器**工作在物理层**，每个接口仅仅简单地转发比特
4. 集线器采用了专门的芯片，进行自适应串音回波抵消
5. 不能解决相互冲突的问题

5.5 一信道利用率 (P92)

1. 发送帧需要的时间是 T_0
2. 发送成功需要 $T_0 + \tau$
3. 提高信道利用率：减小 $a = \tau / T_0$
4. 极限信道利用率 $S_{\max} = T_0 / (T_0 + \tau) = 1 / (1 + a)$

5.6 一MAC 地址知识点 (P93)

1. MAC 地址：硬件地址（物理地址）
2. 48 位（同一网络中，不一样）
 - 1) 前 24 位：组织唯一标识符
 - 2) 后 24 位：扩展唯一标识符
3. “发往本站的帧”
 - 1) 单播帧（一对一）
 - 2) 广播帧（一对全体）
 - 3) 多播帧（一对多）
4. MAC 帧的格式（以太网中帧头+帧尾共 18 字节，最长 IP 数据报 1500 字节，共 1518 字节）
 - 1) 前同步码、帧开始定界符（不属于 MAC 帧）
 - 2) 目的地址（谁来接收我的 MAC，对方 MAC 地址，6 字节）
 - 3) 源地址（我是谁，谁发出来的，6 字节）
 - 4) 类型（承载上层协议的类型，2 字节）
 - 5) 数据（IP 数据报，MTU，46-1500 字节）
 - 6) FCS（校验码，4 字节）

5.7 网桥/交换式集线器（以太网交换机）(P99)

1. 扩展以太网更常用的方法是在**数据链路层**进行
2. 早期使用的是**网桥**，现在使用**交换式集线器（以太网交换机）**
3. **网桥对收到的帧，根据其 MAC 帧的目的地址进行转发和过滤**

5.7.1 以太网交换机的特点

1. 以太网交换机实质上就是一个**多接口的网桥**
2. 每个接口都直接与一个单台主机或一个以太网交换机相连，而且一般都**工作在全双工方**

式

3. 以太网交换机**具有并行性**

5.7.2 以太网交换机的交换方式

1. 存储转发方式
2. 直接方式：立即按数据帧的目的 MAC 地址决定该帧的转发接口

5.7.3 以太网交换机的自学习功能

1. 交换表一开始是空的
2. 收到一帧后进行自学习，查找交换表中的收到帧的源地址有无相匹配的项目
 - 1) 若没有，就在交换表中增加一个项目（源地址、进入的接口、有效时间）
 - 2) 若有，则把原来的项目进行更新（进入的接口或有效时间）
3. 转发帧，查找交换表中与收到帧的目的地址有无匹配的项目
 - 1) 若没有，则向其他接口（进入的接口除外）转发
 - 2) 若有，则按交换表中给出的接口进行转发
 - 3) 若交换表中给出的接口就是该帧进入交换机的接口，则应丢弃这个帧（因为这是不需要经过交换机进行转发）

5.8 几种交换机的对比

5.8.1 中继器

1. 所在层次：物理层
2. 特点
3. 功能
4. 工作原理

5.8.2 集线器

1. 所在层次：物理层
2. 特点
3. 功能
4. 工作原理

5.8.3 网桥

1. 所在层次：数据链路层
2. 特点
3. 功能
4. 工作原理

5.8.4 交换机

1. 所在层次：数据链路层
2. 特点：以太网交换机实质上就是一个多接口的网桥
3. 功能
4. 工作原理

5.8.5 路由器

1. 所在层次：网络层
2. 特点
3. 功能
4. 工作原理

5.8.6 网关

1. 所在层次：应用层、运输层
2. 特点
3. 功能
4. 工作原理

六 第四章

6.1 网络层的作用、功能

1. 网络层传输数据单元为**分组**
2. 存储转发分组交换

6.1.1 网络层提供的两种服务（P113）

1. 网络层向上只提供简单灵活的、**无连接的、尽最大努力交付的数据报服务**
2. **网络层不提供服务质量的承诺**

6.2 IP 地址（P118-P122）

1. 每一类地址都是两个固定长度的字段组成，共 32 位
 - 1) 网络号 net-id
 - 2) 主机号 host-id
2. 一个 IP 地址在整个互联网范围内是唯一的

6.2.1 地址分类（P119）

1. A 类地址（8 位网络号，24 位主机号，0……）
2. B 类地址（16 位网络号，16 位主机号，10……）
3. C 类地址（24 位网络号，8 位主机号，110……）
4. D 类地址（1110……，多播地址）
5. E 类地址（1111……，保留为今后使用）

6.2.2 地址范围（P121）

表 6-2-1 IP 地址的指派范围

网络类别	最大可指派网络数	第一个可指派网络号	最后一个可指派网络号	每个网络中最大主机数
A (0……)	126 (2^7-2)	1	126	16777214 ($2^{24}-2$)
B (10……)	16383 ($2^{14}-1$)	128.1	191.255	65534 ($2^{16}-2$)
C (110……)	2097151 ($2^{21}-1$)	192.0.1	223.255.255	254 (2^8-2)

6.2.3 合法地址（P121）

表 6-2-2 一般不使用的特殊的 IP 地址

网络号	主机号	源地址使用	目的地址使用	代表的意思
0	0	可以	不可	在本网络上的本主机
0	host-id	可以	不可	在本网络上的某台主机
全 1	全 1	不可	可以	只在本网络上进行广播
net-id	全 1	不可	可以	对 net-id 上的所有主机进行广播
127	非全 0 或全 1 的任何数	可以	可以	用本地软件环回测试

6.2.4 A、B、C、D、E 类型地址特点，最大值

表 6-2-3 最大值

网络类别	最后一个可指派网络号	每个网络中最大主机数	最大值
A (0……)	126	16777214 ($2^{24}-2$)	126.255.255.254
B (10……)	191.255	65534 ($2^{16}-2$)	191.255.255.254
C (110……)	223.255.255	254 (2^8-2)	223.255.255.254

6.3 理解 MAC、IP 和 ARP

1. IP 地址（网络层）是逻辑地址，可以修改
2. 硬件地址/物理地址（数据链路层）不可改地址

6.3.1 地址解析协议（ARP）

1. ARP 的原理：在主机 ARP 高速缓存中存放一个从 IP 地址到硬件地址的映射表，并且这个映射表还经常动态更新（新增或超时删除）
2. ARP 的应用：若 A 欲向本局域网上的某个主机 B 发送 IP 数据报时，先在其 ARP 高速缓存中查看有无主机 B 的 IP 地址
 - 1) 如有，就可以查出其对应的硬件地址，再将此硬件地址写入 MAC 帧，然后通过局域网将该 MAC 帧发往此硬件地址
 - 2) 若没有，ARP 进程在本局域网上广播发送一个 ARP 请求分组，收到 ARP 响应分组后，得到的 IP 地址到硬件地址的映射写入 ARP 高速缓存
3. 过程：
 - 1) ARP 请求分组
 - 2) 本地广播 ARP 请求
 - 3) ARP 响应分组
 - 4) ARP 分组封装在物理网络的帧中传输
4. 四种典型情况（P127）
 - 1) 主机询问，主机回答
 - 2) 主机询问，路由器回答
 - 3) 路由器询问，主机回答
 - 4) 路由器询问，路由器回答

6.3.2 IP 和 MAC 地址之间的转换（上面的 ARP）

1. IP 数据报的格式：首部、数据
2. 首部前一部分是固定部分，共 20 字节
 - 1) 版本：4 位
 - 2) 首部长度：4 位
 - 3) 分区服务：8 位
 - 4) 总长度（首部长度+数据部分）：16 位
 - 5) 标识：16 位
 - 6) 标志：3 位
 - a) MF=1，后面还有“分片”
 - b) DF=0，允许分片
 - 7) 片偏移：13 位

例：总长度 3820 字节长，数据 3800 字节长，分片长度不超过 1420 字节，固定首部 20 字节。

分为三个数据部分：1400、1400、1000。

数据报片 1：片偏移=0/8=0

数据报片 2：片偏移=1400/8=175

数据报片 3：片偏移=2800/8=350

- 8) 生存时间: 8 位
- 9) 协议: 8 位
- 10) 首部检验和: 16 位
- 11) 源地址: 32 位
- 12) 目的地址: 32 位
3. 首部后一部分是可变部分, 最长 40 字节
4. IP 数据报加上首部和尾部就是 MAC 帧
5. IP 地址决定最终地址, MAC 地址决定下一跳给谁
6. 路由表
 - 1) 目的主机所在的网络
 - 2) 下一跳地址
 - a) 直接交付, 接口 1
 - b) 直接交付, 接口 0
 - c) 20.0.0.7
 - d) 30.0.0.1

6.4 理解划分子网, 子网掩码 (P135)

6.4.1 子网掩码表示与作用 (P137)

1. 子网掩码的表示
 - 1) “子网号”是从主机号中划分出来的
 - 2) 子网掩码将“网络号”“子网号”全部标志为 1
2. 子网掩码的作用
 - 1) 提高 IP 地址空间的利用率
 - 2) 使路由表变得不太大
 - 3) 三集 IP 地址足够灵活

6.4.2 子网划分的计算

1. IP 地址 AND 子网掩码=网络地址
2. 各类 IP 地址默认的子网掩码
 - 1) A 类地址 8 个 1
 - 2) B 类地址 16 个 1
 - 3) C 类地址 24 个 1

例: 已知 IP 地址是 141.14.72.24, 子网掩码是 255.255.192.0。求网络地址。

IP 地址 141 .14 .01001000.24
 子网掩码 11111111 11111111 11000000 00000000
 地址相与 141 .14 .01000000.0
 网络地址 141 .14 .64 .0
 例: P196 4-09

6.5 理解划分子网的分组转发过程 (P140-141)

1. 子网掩码一模一样
2. IP 地址与子网掩码“与”出来的结果一模一样

3. 步骤
 - a) 假设在该网络中
 - b) 与该网络中的子网掩码进行“与”操作
 - c) 操作结果与目的网络地址比较

6.6 无分类编址 CIDR

6.6.1 无分类的两级编址的记法

1. 网络前缀+主机号（共 32 位）
2. 斜线记法中，斜线后面的数字就是地址掩码中 1 的个数

例：128.14.35.7/20

128.14.35.7/20 = 10000000 00001110 00100011 00000111

最小地址：128.14.32.0

最大地址：128.14.47.255

例：P144

6.7 路由选择协议、RIP 原理（P151-P156）

6.7.1 路由选择协议（P151）

1. 理想路由算法
 - 1) 正确的和完整的
 - 2) 适应通信量和网络拓扑的变化
 - 3) 稳定性
 - 4) 公平的
 - 5) 最佳的
2. 分层次的路由选择协议
 - 1) 内部网关协议 IGP
 - 2) 外部网关协议 EGP

6.7.2 内部网关协议 RIP（P153-P156）

RIP 是一种分布式的、基于距离向量的路由选择协议

1. 工作原理
 - 1) 好的路由即为“距离短”，只能包括 15 个路由器，最大值为 16，即相当于不可达
 - 2) 不能在两个网络之间同时使用多条路由
2. 三个特点
 - 1) 仅和相邻路由器交换信息
 - 2) 交换的信息是当前本路由器所知道的全部信息，即自己的路由表
 - 3) 按照固定的时间间隔交换路由信息
3. 步骤
 - 1) 全部变为谁发送过来的
 - 2) 距离全部加 1
 - 3) 规则
 - a) 目标相同：取新
 - b) 目标不同：取短
 - c) 目标不同，距离相同：不变

例 P199 4-41 4-42

6.8 路由器的功能、应用范围 (P167)

6.8.1 路由器的功能

1. 路由选择部分

路由选择处理机根据选定的路由选择协议构造出路由表,同时经常或定期地和相邻路由器交换陆游信息而不断地更新和维护路由表。

2. 分组转发部分

- 1) 交换结构: 把分组从一个输入端口转移到某个合适的输出端口
- 2) 输入端口
- 3) 输出端口

6.8.2 路由器的应用范围

1. 网络层
2. 数据链路层
3. 物理层

6.9 VPN 和 NAT 技术和特点 (P185-P188)

6.9.1 虚拟专用网 (VPN) 技术和特点

1. 虚拟专用网 (VPN) 技术和特点
 - 1) 两个私有网络跨越互联网之间的通信
 - 2) 披上外壳通过隧道进入别的网络

6.9.2 网络地址转换 (NAT) 技术和特点

1. 网络地址转换 (NAT) 技术和特点
 - 1) 包装成全球 IP 地址
 - 2) 屏蔽内网细节, 安全保护
 - 3) 安全策略会失效一部分
 - 4) 只能转换一次

6.10 IPV6 主要特点, 多少位 (P171-P175)

6.10.1 IPV6 主要特点

1. 冒号十六进制记法 (零压缩: 只能用一次)

例: FF05: 0:0:0:0:0:0: B3 → FF05:: B3

2. 点分十进制记法的后缀

CIDR 的斜线表示法仍然可用

6.10.2 IPV6 多少位

1. IPv6 有 128 位

七 第五章

7.1 传输层作用

7.1.1 传输协议数据单元（TPDU）与分组的封装关系

1. 传输层提供**应用进程间的逻辑通信**
2. **面向连接的 TCP 和无连接的 UDP**
3. **发送方：IP 复用、TCP 复用；接收方：IP 分用、UDP 复用**

7.2 端口（P207）

7.2.1 常见的知名端口

1. 服务器使用的端口号
 - 1) 熟知端口：数值一般为 0~1023
 - 2) 登记端口号：数值为 1024~49151，这个范围的端口号必须在 INAN 登记
2. 客户端使用的端口号
 - 1) 短暂端口号：49152~65535，留给客户进程选择暂时使用

应用程序	FTP	TELNET	SMTP	DNS	TFTP	HTTP	SNMP	SNMP (trap)	HTTPS
熟知端口号	21	23	25	53	69	80	161	162	443



TCP/IP 体系中的运输层协议

7.3 用户数据报协议 UDP、传输控制协议 TCP（P208-P210）

7.3.1 用户数据报协议（UDP）的特点

1. **是无连接的**
2. **使用尽最大努力交付**
3. **面向报文的（一次交付一个完整的报文）**
4. **没有拥塞控制**
5. **支持一对一、一对多、多对一和多对多的交互通信**
6. **首部开销小**

7.3.2 用户数据报协议（UDP）的应用

1. UDP 的两个字段：首部字段（8 字节）、数据字段
 - 1) 首部字段
 - a) 源端口（2 字节）
 - b) 目的端口（2 字节）
 - c) 长度（2 字节）
 - d) 检验和（2 字节）
 - 2) 数据字段
2. 复用和分用的功能
3. 差错检测的功能

7.3.3 传输控制协议 (TCP) 特点

1. 面向连接的传输层协议
2. 只能有两个端点，只能点对点的（一对一）
3. TCP 提供可靠交付的服务
4. TCP 提供全双工通信
5. 面向字节流
 - a) 不保证数据块具有对应大小的关系
 - b) 字节流完全一样

7.3.4 可靠传输的原理和实现 (P221-P217)

1. 停止等待协议：每发送完一个分组就停止发送，等待对方的确认，收到确认后再发送下一个分组 (P213)
 - 1) 无差错情况
 - 2) 出现差错（超时重传）
 - a) B 接收 M1 时检测出现了差错
 - b) M1 在传输过程中丢失了
 - 3) 确认丢失和确认迟到（自动重传请求）
 - 4) 信道利用率（流水线传输）
2. 连续 ARQ（滑动窗口协议）
3. 可靠传输的实现
 - 1) 以字节为单位的滑动窗口
 - a) TCP 的滑动窗口是以字节为单位的
 - b) 假定 A 收到 B 发来的确认报文段，窗口是 20 字节，确认号是 31（窗口大小为 20，从 31 字节开始发）
 - c) 没有回复则不允许移动窗口，数据占在发送窗口
 - 2) 超时重传时间的选择
 - a) 加权平均往返时间（平滑的往返时间）
 - b) 带有一定偏差的加权平均值
 - 3) 选择确认 SACK
 - a) 收到的报文段无差错，只是未按序号，中间缺少一些序号的数据，可以用选择确认 SACK

7.4 TCP 流量控制策略 (P227)

7.4.1 利用滑动窗口实现流量控制

例 P227

7.4.2 TCP 的传输效率

1. TCP 维持一个变量，它等于最大报文段长度 MSS。只要缓存中存放的数据达到 MSS 字节时，就组装成一个 TCP 报文段发送出去。
2. 由发送方的应用进程指明要求发送报文段，即 TCP 支持的推送操作
3. 发送方的一个计时器期限到了，就把当前已有的缓存数据装入报文段（长度不能超过 MSS）发送出去

7.5 TCP 拥塞控制方法（策略）与流量控制的区别，四种算法（P229）

7.5.1 TCP 拥塞控制方法（策略）

1. 慢开始
2. 拥塞避免
3. 快重传
4. 快回复

7.5.2 拥塞控制与流量控制的区别

1. 拥塞控制
 - 1) 防止过多的数据注入到网络中，使网络中的路由器的链路不致过载
 - 2) 全局性的过程，涉及到所有的主机、所有的路由器，以及降低网络传输性能有关因素
2. 流量控制
 - 1) 指点对点通信量的控制，是个端到端的问题（接收端控制发送端）。
 - 2) 所要做的就是抑制发送端发送数据的速率，以便使接收端来得及接收。

7.6 TCP 的连接建立过程（P238）

1. TCP 连接的建立**采用客户服务器方式**
 - 1) TCP 建立连接的过程叫做握手
 - 2) 握手需要在客户和服务端之间交换三个 TCP 报文段，成为**三报文握手**
 - 3) 采用**三报文握手**主要是为了防止已失效的连接请求报文段突然又传送到了，而产生错误
2. 主动发起建立的应用进程叫做**客户**
3. 被动等待连接建立的应用进程叫做**服务器**

三次握手

1. A 给 B 发送请求
2. B 给 A 做确认，同时 B 也向 A 发起请求
3. A 给 B 做出最后一次确认