

判断题（正确的划√，错误的划×）

1. 连接多 LAN 的交换多兆位数据服务（SDMS）是一种高速无连接的交换式数字通信网，而帧中继是一种面向连接的数字通信网。（√）
2. UNIX 和 Linux 操作系统均适合作网络服务器的基本平台。（√）
3. 对等网络结构中连接网络节点的地位平等，安装在网络节点上的局域网操作系统具有基本相同的结构。（√）
4. 网络域名地址便于用户记忆，通俗易懂，可以采用英文也可以用中文名称命名。（√）
5. RIP（Routing Information Protocol）是一种路由协议。（√）
6. 所有以太网交换机端口既支持 10BASE-T 标准，又支持 100BASE-T 标准。（×）
7. 交换局域网的主要特性之一是它的低交换传输延迟。局域网交换机的传输延迟时间仅高于网桥，而低于路由器。（×）
8. ISO 划分网络层次的基本原则是：不同的节点都有相同的层次；不同节点的相同层次可以有不同的功能。（×）
9. 如果一台计算机可以和其它地理位置的另一台计算机进行通信，那么这台计算机就是一个遵循 OSI 标准的开放系统。（×）
10. 传输控制协议（TCP）属于传输层协议，而用户数据报协议（UDP）属于网络层协议。（×）

二、填空题

1. 计算机网络上的通信主要面临四种威胁，它们是 截获、中断、伪造、篡改。
2. 域名服务器的作用就是 名字到 IP 地址的解析。
3. 域名服务器的作用就是 将机器名字转换为 IP 地址。
4. TCP/IP 体系中的运输层协议主要有 TCP 和 UDP。
5. 在 TCP/IP 层次模型中与 OSI 参考模型第四层(运输层)相对应的主要协议有 TCP 和 UDP，其中后者提供无连接的不可靠传输服务。
6. 在 TCP/IP 层次模型的第三层(网络层)中包括的协议主要有 IP、ICMP、ARP 及 RARP。
7. ICMP 报文的种类有两种，即 ICMP 差错报告报文 和 ICMP 询问报文。
8. 一个 A 类地址最大可用的网络数是 127。
一个 B 类地址最大可用的网络数是 16384。
一个 C 类地址最大可用的网络数是 2097152。
9. 数据链路层协议有许多种，但有三个基本的问题则是共同的，它们是 帧定界、透明传输、差错检测。
10. 网络协议由以下三个要素组成，它们是 语法、同步、语义。
11. 计算机网络中时延主要由 发送时延、传播时延 和 处理时延 三部分组成。
12. 运输层的任务是 向它上面的应用层提供通信服务。
13. 一个计算机网络主要由若干个 主机、通信子网 和 资源子网 三部分组成。
14. 当到达通信子网的分组数量过多，导致网络性能下降的现象称为 网络拥塞 现象。
15. 在网络安全中，防止数据不受主动攻击的保护措施称为 报文认证。
16. 计算机网络分为 通信子网 和 资源子网 两个子网。
17. 计算机网络由计算机、通信介质 和 通信处理机 以及网络协议和网络软件等组成。
18. 服务在形式上通过一组 原语 来描述。
19. 按覆盖的地理范围大小，计算机网络分为 广域网、局域网 和 城域网。
20. 常用的多路复用技术是 时分多路复用、频分多路复用 和 统计时分多路复用 三种。
21. 计算机网络中常用的三种有线传输介质是 同轴电缆、双绞线 和 光缆。
22. 介质的双绞线分类有：无屏蔽双绞线 和 屏蔽双绞线。
23. 通信系统连接 点对点连接 和 多点连接 两种连接方式。
24. 当数据报在物理网络中进行传输时，IP 地址被转换成 物理地址 地址。
25. ISP 是掌握 网络服务提供者 的简称。
26. 数据交换技术主要有 线路交换 和 存储交换 两大类。
27. 计算机网络的功能主要表现在 硬件资源共享、软件资源共享 和 信息共享 三个方面。
28. WWW 上的每一个网页(Home Page)都有一个独立的地址，这些地址称为 统一资源定位符 URL。
29. 计算机网络按其交换方式，可分为 电路交换网、报文交换网 和 分组交换网。
30. 域名系统的主要功能是 把便于人使用的机器名字转换成 IP 地址。

31. IPv6 将 IP 地址的长度从 32bit 增加到了 128bit。
32. 一个 B 类地址最大可用的网络数是 16383 ($2^{14}-1$)。
33. 所谓“三网合一”所融合的三网包括 传统电信网、计算机网和有线电视网。
34. 目前密码学两类典型的密码体制为：对称密钥体制，公用密钥体制。
35. 一般来说，一个 IPv6 数据报的目的地址可以是三种基本类型之一：单播、多播和任播。
36. 从通信的双方信息交互的方式来看，可以有以下的三种基本方式 单工通信、半双工通信、全双工通信。
37. 物理层要解决的问题是 确定与传输媒体的接口有关的一些特性（机械、电气、功能、过程特性）。
38. 某个 IP 地址的十六进制表示是 C22F1481，将其转换为点分十进制的形式是 194.47.22.128。这个地址是 C 类 IP 地址。

计算机网络发展的四个阶段？

第一：以单计算机为中心的联机系统；第二，计算机—计算机网络；第三，体系结构标准化网络；第四，高速智能计算机网络；

计算机网络的定义？

将地理位置不同且具有独立功能的多个计算机系统通过通信线路和通信设备相互连接在一起，由网络操作系统和软件协议进行管理，实现资源共享的系统

- (1) “具有独立功能的”或“自治的”计算机系统是指每个计算机系统都有自己的软、硬件系统，能够独立的运行
- (2) “通信线路”是指光纤、双绞线、同轴电缆、微波等传输介质，“通信设备”是指网卡、集线器、交换机、路由器等连接和转换设备。
- (3) “网络操作系统”是指具有网络软、硬件资源管理功能的系统软件，如 windows、UNIX 等；“协议”是指每个结点都必须遵循的一些事情先约定的通信规则。
- (4) “资源”是指网络中可供共享的所以软件资源、硬件资源等。“资源共享”是指组建计算机网络的根本目的，就是要让网络中的某个计算机系统共享网络中的其他计算机系统中资源

计算机网络常用的传输介质包括哪些？

常用的传输介质有两类：有线传输介质和无线传输介质，有线传输介质包括同轴电缆、双绞线和光纤。无线传输介质包括无线电波、微波、红外线和激光。

阐述频分复用和时分复用的基本原理？

频分复用：频分复用是指物理信道的可用带宽超过单个信号源的信号带宽时，可将信道带宽按频率划分为若干子信道，各子信道间要留一个宽带作为保护带，每个子信道可传输一路信号，频分复用的所以用户在同样的时间内占用不同的带宽资源，数据在各个子信道上并行传输的；时分复用是将线路传输时间划分成一个互不重叠的时隙，并按一定的规则将这些时隙分配给多路信号，每一路信号在分配给自己的时隙内独占信道进行传输，时分复用又可分为同步和异步时分复用两大类，同步时分复用将线路的传输时间分为若干个等长的时隙，多路信号轮流使用这些时隙，每个子信道占的带宽都是相同的，每个时分复用帧使用的时间也是相同的，异步时分复用将线路的传输时间分为若干个等长的时隙，但不给每个信源分配固定的时隙，而是根据需要动态地按需分配时隙。

网络体系结构分层的好处？

- (1) 各层之间相互独立，灵活性好。某一层并不需要知道它的下一层是如何实现的，而仅仅需要知道各层之间的接口所提供的服务。某一

层的具体实现方法改变时，只要与相邻的上下层的接口不变，便不会对相邻层产生影响。

(2) 在结构上可以分割开，各层采用最合适的技术实现而不影响其他层。

(3) 易于实现和维护。由于整个系统已被分解为若干相对独立的子系统，使得实现和调试一个庞大而复杂的系统变得易于处理

(4) 能促进标准化工作。每一层的功能和所提供的服务都已有了精确说明，便于归纳总结，实现标准化工作；

网络协议的概念和三个要素？

在计算机网络中为数据交换而建立的规则、标准或约定的集合称为网络协议，简称协议。

(1) 语义：指需要发出任何控制信息，完成何种动作以及做出何种响应。

(2) 语法：指数据及控制信息的机构或格式

(3) 时序：指事件的执行顺序，涉及速度匹配和排序

实体、协议、服务和访问点的概念？

实体：在每一层中，任何可以发送或接收信息的硬件或软件进程称为实体。在网络中对等层之间的约定称为协议。服务与接口在网络分层模型中，每一层为相邻的上一层所提供的功能称为服务。

在 同一系统中，相邻两层的实体交换信息的地方称为接口或服务访问点 SAP。

冲突域：由网络连接起来的这样一组站点的集合，当其中任意两个站同时发送数据时，发送的数据就会产生冲突。

广播域：由一组网络连接起来的站点的集合，如果其中某一个站点发送了一个广播帧，那么广播帧会被组中的其他所有站点接收。

广播风暴：在一个广播域中广播帧数量太多，就会严重降低网络性能，这种现象称为广播风暴。

交换式以太网的特点：

(1) 独占传输信道：每个站点都能独占一条点到点的信道，独占带宽，网络总带宽常为各个交换端口带宽之和。

(2) 允许多对点对点同时通信：交换机是一个并行系统，它允许多个站点之间同时建立多条通信链路，让多对站点同时使用。

(3) 灵活的端口速率：用户可以按需选择端口速率，在交换机上配置自适应端口，用于连接各速率的接口。

(4) 高速的可扩充性和网络延展性：大容量交换机有很高的网络拓展能力，适用于大规模网络。

(5) 可以与现有网络兼容。交换式以太网与以太网和快速以太网完全兼容。

(6) 可互联不同标准的局域网。交换机具有自动转换帧格式的功能，能互联不同标准的局域网。

虚拟专用网 VPN 的技术？

是指利用密码技术和访问控制技术在公共网络中建立的专用通信网络。

什么是流媒体，特点？

流媒体是指在网上使用流式传输技术的连续时间基媒体。

特点：由于不需要将全部数据下载，因此等待时间可以大大缩短；由于流文件远小于原始文件的数据量，并且用户也不需要全部流文件下载到硬盘，从而节省了大量的磁盘空间；由于采用了 RSTP 等实时传输协议，更加适合动画，音视频在网上的实时传输。

与 IPV4 相比 IPV6 的首部有什么变化？

IPV6 将首部变为固定的 40 字节，称为基本首部。将不必要的功能取消了，首部的字段数减少到只有 8 个。取消了首部的检查和字段，加快了路由器处理数据报的速度。在基本首部的后面允许有零个或多个扩展首部。

DNS 域名解析的过程？

假如域名为 ld.xxuu.edu.cn 的主机想登陆搜狐网站，这时先知道 web 服务器 www.sohu.com 的 ip 地址（1）ld.xxuu.edu.cn 先向其本地域名服务器 dns.xxuu.edu.cn 进行递归查询（2）本地域名服务器没有所查询的记录，向根域名服务器进行迭代查询（3）根域名服务器返回下一次应查询的顶级域名服务器 dns.com 的 IP 地址（4）本地域名服务器向顶级域名 dns.com 进行查询（5）顶级域名服务器告诉本地域名服务器下一次应查询的权限域名服务器 dns.sohu.com 的 IP 地址（6）本地域名服务器向权限域名服务器 dns.sohu.com 进行查询（7）权限域名服务器 dns.sohu.com 告诉本地域名服务器所查询的主机的 IP 地址（8）本地域名服务器最后把查询结果告诉主机 ld.xxuu.edu.cn（9）主机 ld 用解析到的 IP 地址向 web 服务器 ww.sohu.com 发送页面请求（10）web 服务器向主机 ld 发送网页信息。

附加选做题

1. 在 TCP 协议中, 为了使通信不致发生混乱, 引入了所谓套接字的概念, 这里, 套接字由()和 IP 地址两部分组成。

A. 端口号 B. 域名 C. 接口 D. 物理地址

2. 面向连接的传输有三个过程: 连接建立、()和连接释放。

A. 连接请求 B. 连接应答 C. 数据传输 D. 数据共享

3. 试述 UDP 和 TCP 协议的主要特点及它们的使用场合。(华中科技大学 2003 年试题)

答:

TCP 和 UDP 协议属于传输层协议。其中 TCP 提供 IP 环境下的数据可靠传输, 它提供的服务包括数据流传送、可靠性、有效流控、全双工操作和多路复用。通过面向连接、端到端和可靠的数据包发送。通俗说, 它是事先为所发送的数据开辟出连接好的通道, 然后再进行数据发送; 而 UDP 则不为 IP 提供可靠性、流控或差错恢复功能。一般来说, TCP 对应的是可靠性要求高的应用, 而 UDP 对应的则是可靠性要求低、传输经济的应用。TCP 支持的应用协议主要有: Telnet、FTP、SMTP 等; UDP 支持的应用层协议主要有: NFS (网络文件系统)、SNMP (简单网络管理协议)、DNS (主域名系统)、TFTP (通用文件传输协议) 等。

4. 选择题

1. 将本地计算机的文件传送到远程计算机上的过程称为_____。

A. 下载

B. 上传

C. 登录

D. 浏览

2. Telnet 是指_____。

A. 远程登录

B. 用户网络

C. 网络新闻组

D. 电子公告板

3. 电子邮件地址由用户名、@和_____组成。
- A. 网络服务器名
 - B. 邮件服务器名
 - C. 本地服务器名
 - D. 邮件名
4. _____应用可以实现网上实时交流。
- A. 电子邮件
 - B. 网络新闻组
 - C. FTP
 - D. MSN
5. 在 WWW 服务器和浏览器之间传输数据所主要遵循的协议是_____。
- A. HTTP
 - B. TCP
 - C. IP
 - D. FTP
7. 以下对 Outlook Express 邮件功能的叙述正确的是_____。
- A. 只能是纯文本文件
 - B. 只能是超文本文件
 - C. 只能发给一个收件人
 - D. 可以同时发给多个收件人
8. 浏览用 HTML 语言写的页面的方式是_____。
- A. 使用文本处理软件如 WORD 等浏览
 - B. 无需任何其他软件，直接浏览
 - C. 使用浏览器浏览
 - D. 只能用 Netscape 和因特网 Explorer 两种软件浏览
9. WWW 的工作模式是_____。
- A. 客户机/客户机
 - B. 客户机/服务器
 - C. 服务器/服务器
 - D. 分布式
10. HTML 是一种_____。
- A. 超文本标记语言
 - B. 传输协议
 - C. 应用软件
 - D. 以上都是

第一章 概述 (P19)

1、 计算机网络的发展可划分为几个阶段？每个阶段各有何特点？

答：计算机网络的发展可分为以下四个阶段。

(1) 面向终端的计算机通信网：其特点是计算机是网络的中心和控制者，终端围绕中心计算机分布在各处，呈分层星型结构，各终端通过通信线路共享主机的硬件和软件资源，计算机的主要任务还是进行批处理，在 20 世纪 60 年代出现分时系统后，则具有交互式处理和成批处理能力。(2) 分组交换网：分组交换网由通信子网和资源子网组成，以通信子网为中心，不仅共享通信子网的资源，还可共享资源子网的硬件和软件资源。网络的共享采用排队方式，即由结点的分组交换机负责分组的存储转发和路由选择，给两个进行通信的用户段续（或动态）

分配传输带宽，这样就可以大大提高通信线路的利用率，非常适合突发式的计算机数据。（3）形成计算机网络体系结构：为了使不同体系结构的计算机网络都能互联，国际标准化组织 ISO 提出了一个能使各种计算机在世界范围内互联成网的标准框架——开放系统互连基本参考模型 OSI。这样，只要遵循 OSI 标准，一个系统就可以和位于世界上任何地方的、也遵循同一标准的其他任何系统进行通信。（4）高速计算机网络：其特点是采用高速网络技术，综合业务数字网的实现，多媒体和智能型网络的兴起。

2、试简述分组交换的特点

答：分组交换实质上是在“存储——转发”基础上发展起来的。它兼有电路交换和报文交换的优点。分组交换在线路上采用动态复用技术传送按一定长度分割为许多小段的数据——分组。每个分组标识后，在一条物理线路上采用动态复用的技术，同时传送多个数据分组。把来自用户发端的数据暂存在交换机的存储器内，接着在网内转发。到达接收端，再去掉分组头将各数据字段按顺序重新装配成完整的报文。分组交换比电路交换的电路利用率高，比报文交换的传输时延小，交互性好。

3、试从多个方面比较电路交换、报文交换和分组交换的主要优缺点。

答：（1）电路交换 电路交换就是计算机终端之间通信时，一方发起呼叫，独占一条物理线路。当交换机完成接续，对方收到发起端的信号，双方即可进行通信。在整个通信过程中双方一直占用该电路。它的特点是实时性强，时延小，交换设备成本较低。但同时也带来线路利用率低，电路接续时间长，通信效率低，不同类型终端用户之间不能通信等缺点。电路交换比较适用于信息量大、长报文，经常使用的固定用户之间的通信。（2）报文交换 将用户的报文存储在交换机的存储器中。当所需要的输出电路空闲时，再将该报文发向接收交换机或终端，它以“存储——转发”方式在网内传输数据。报文交换的优点是中继电路利用率高，可以多个用户同时在一条线路上传送，可实现不同速率、不同规程的终端间互通。但它的缺点也是显而易见的。以报文为单位进行存储转发，网络传输时延大，且占用大量的交换机内存和外存，不能满足对实时性要求高的用户。报文交换适用于传输的报文较短、实时性要求较低的网络用户之间的通信，如公用电报网。（3）分组交换 分组交换实质上是在“存储——转发”基础上发展起来的。它兼有电路交换和报文交换的优点。分组交换在线路上采用动态复用技术传送按一定长度分割为许多小段的数据——分组。每个分组标识后，在一条物理线路上采用动态复用的技术，同时传送多个数据分组。把来自用户发端的数据暂存在交换机的存储器内，接着在网内转发。到达接收端，再去掉分组头将各数据字段按顺序重新装配成完整的报文。分组交换比电路交换的电路利用率高，比报文交换的传输时延小，交互性好。

5、试讨论在广播式网络中对网络层的处理方法。讨论是否需要这一层？

答：广播式网络是属于共享广播信道，不存在路由选择问题，可以不要网络层，但从 OSI 的观点，网络设备应连接到网络层的服务访问点，因此将服务访问点设置在高层协议与数据链路层中逻辑链路子层的交界面上，IEEE 802 标准就是这样处理的。

6、试将 TCP/IP 和 OSI 的体系结构进行比较。讨论其异同之处。

答：（1）OSI 和 TCP/IP 的相同点是二者均采用层次结构，而且都是按功能分层。（2）OSI 和 TCP/IP 的不同点：①OSI 分七层，自下而上分为物理层、数据链路层、网络层、运输层、会话层、表示层和应用层，而 TCP/IP 分四层：网络接口层、网间网层（IP）、传输层（TCP）和应用层。严格讲，TCP/IP 网间网协议只包括下三层，应用程序不算 TCP/IP 的一部分。②OSI 层次间存在严格的调用关系，两个（N）层实体的通信必须通过下一层（N-1）层实体，不能越级，而 TCP/IP 可以越过紧邻的下一层直接使用更低层次所提供的服务（这种层次关系常被称为“等级”关系），因而减少了一些不必要的开销，提高了协议的效率。③OSI 只考虑用一种标准的公用数据网。

7、计算机网络可从哪几个方面进行分类？

答：从网络的交换功能进行分类：电路交换、报文交换、分组交换和混合交换；从网络的拓扑结构进行分类：集中式网络、分散式网络和分布式网络；从网络的作用范围进行分类：广域网 WAN、局域网 LAN、城域网 MAN；从网络的使用范围进行分类：公用网和专用网。

8、计算机网络中的主干网和本地接入网有何特点？

答：主干网络一般是分布式的，具有分布式网络的特点：其中任何一个结点都至少和其它两个结点直接相连；本地接入网一般是集中式的，具有集中式网络的特点：所有的信息流必须经过中央处理设备（交换结点），链路从中央交换结点向外辐射。

9、 计算机网络有哪几部分组成？

答：一个计算机网络应当有三个主要的组成部分：（1）若干主机，它们向用户提供服务；（2）一个通信子网，它由一些专用的结点交换机和连接这些结点的通信链路所组成的；（3）一系列协议，这些协议为主机之间或主机和子网之间的通信而用的。

10、试在下列条件下比较电路交换和分组交换。要传送的报文共 x (bit)，从源站到目的站共经过 k 段链路，每段链路的传播时延为 d (s)，数据率为 C (bit/s)。在电路交换时电路的建立时间为 s (s)。在分组交换时分组长度为 p (bit)，且各结点的排队等待时间可忽略不计。问在怎样的条件下，分组交换的时延比电路交换的要小？

答：对电路交换，当 $t=s$ 时，链路建立；

当 $t=s+x/C$ ，发送完最后一 bit；

当 $t=s+x/C+kd$ ，所有的信息到达目的地。

对分组交换，当 $t=x/C$ ，发送完最后一 bit；

为到达目的地，最后一个分组需经过 $k-1$ 个分组交换机的转发，

每次转发的时间为 p/C ，

所以总的延迟= $x/C+(k-1)p/C+kd$

所以当分组交换的时延小于电路交换

$x/C+(k-1)p/C+kd < s+x/C+kd$ 时，

$(k-1)p/C < s$

11、在上题的分组交换网中，设报文长度和分组长度分别为 x 和 $(p+h)$ (bit)，其中 p 为分组的数据部分的长度，而 h 为每个分组所带的控制信息固定长度，与 p 的大小无关。通信的两端共经过 k 段链路。链路的数据率为 b (bit/s)，但传播时延和结点的排队时间均可忽略不计。若打算使总的时延为最小，问分组的数据部分长度 p 应取为多大？

答：分组个 x/p ，

传输的总比特数： $(p+h)x/p$

源发送时延： $(p+h)x/pb$

最后一个分组经过 $k-1$ 个分组交换机的转发，中间发送时延： $(k-1)(p+h)/b$

总发送时延 D =源发送时延+中间发送时延

$D=(p+h)x/pb+(k-1)(p+h)/b$

令其对 p 的导数等于 0，求极值

$p=\sqrt{hx/(k-1)}$

13、面向连接服务与无连接服务各自的特点是什么？

答：面向连接服务在数据交换之前必须先建立连接，保留下层的有关资源，数据交换结束后，应终止这个连接，释放所保留的资源。而对无连接服务，两个实体之间不建立连接就可以通信，在数据传输时动态地分配下层资源，不需要事先进行预保留。

面向连接服务的特点是，在服务进行之前必须建立数据链路(虚电路)然后在进行数据传输，传输完毕后，再释放连接。在数据传输时，好象一直占用了一条这样的电路。适合于在一定期间内要向同一目的地发送许多报文的情况。对传输数据安全，不容易丢失和失序。但由于虚电路的建立，维护和释放要耗费一定的资源和时间。

无连接服务的特点，在服务工程中不需要先建立虚电路，链路资源在数据传输过程中动态进行分配。灵活方便，比较迅速；但不能防止报文的丢失、重复或失序。适合于传送少量零星的报文。

14、 协议与服务有何区别？有何关系？

答：1、协议是控制对等实体之间通信的规则，是水平的。服务是下层通过层间接口向上层提供的功能，是垂直的。

2、协议的实现保证了能够向上一层提供服务，要实现本层协议还需使用下层提供的服务。

20、试计算以下两种情况的发送时延和传播时延：

(1) 数据长度为 107bit，数据发送速率为 100kbit/s，传播距离为 1000km，信号在媒体上的传播速率为 $2 \times 10^8 \text{m/s}$ 。

(2) 数据长度为 103bit，数据发送速率为 1Gbit/s，传输距离和信号在媒体上的传播速率同上。

答(1)：发送延迟 = $107 / (100 \times 1000) = 100 \text{s}$

传播延迟 = $1000 \times 1000 / (2 \times 10^8) = 5 \times 10^{-3} \text{s} = 5 \text{ms}$

(2)：发送延迟 = $103 / (10^9) = 10^{-6} \text{s} = 1 \mu\text{s}$

传播延迟 = $1000 \times 1000 / (2 \times 10^8) = 5 \times 10^{-3} \text{s} = 5 \text{ms}$

22、长度为 100 字节的应用层数据交给运输层传送，需加上 20 字节的 TCP 首部。再交给网络层传送，需加上 20 字节的 IP 首部。最后交给数据链路层的以太网传送，加上首部和尾部 18 字节。试求数据的传输效率。

若应用层数据长度为 1000 字节，数据的传输效率是多少？

答：数据长度为 100 字节时

传输效率 = $100 / (100 + 20 + 20 + 18) = 63.3\%$

数据长度为 1000 字节时，

传输效率 = $1000 / (1000 + 20 + 20 + 18) = 94.5\%$

第二章 物理层 (P66)

1、物理层要解决哪些问题？物理层的主要特点是什么？

答：(1) 物理层要解决的主要问题：①物理层要尽可能屏蔽掉物理设备、传输媒体和通信手段的不同，使上面的数据链路层感觉不到这些差异的存在，而专注于完成本层的协议与服务。②给其服务用户（数据链路层）在一条物理的传输媒体上传送和接收比特流（一般为串行按顺序传输的比特流）的能力。为此，物理层应解决物理连接的建立、维持和释放问题。③在两个相邻系统之间唯一地标识数据电路。

(2) 物理层的主要特点：①由于在 OSI 之前，许多物理规程或协议已经制定出来了，而且在数据通信领域中，这些物理规程已被许多商品化的设备所采用。加之，物理层协议涉及的范围广泛，所以至今没有按 OSI 的抽象模型制定一套新的物理层协议，而是沿用已存在的物理规程，将物理层确定为描述与传输媒体接口的机械、电气、功能和规程特性。②由于物理连接的方式很多，传输媒体的种类也很多，因此，具体的物理协议相当复杂。

4、物理层的接口有哪些方面的特性？各包含什么内容？

答：(1) 机械特性 说明接口所用接线器的形状和尺寸、引线数目和排列、固定和锁定装置等等。(2) 电气特性 说明在接口电缆的哪条线上出现的电压应为什么范围。即什么样的电压表示 1 或 0。(3) 功能特性 说明某条线上出现的某一电平的电压表示何种意义。(4) 规程特性 说明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序。

5、奈氏准则与香农公式在数据通信中的意义是什么？比特和波特有何区别？

答：奈氏准则与香农公式的意义在于揭示了信道对数据传输率的限制，只是两者作用的范围不同。

奈氏准则给出了每赫带宽的理想低通信道的最高码元的传输速率是每秒 2 个码元。香农公式则推导出了带宽受限且有高斯白噪声干扰的信道的极限信息传输速率 $C = W \log_2 (1 + S/N)$ ，其中 W 为信道的带宽（以赫兹为单位），S 为信道内所传信号的平均功率，N 为信道内部的高斯噪声功率。

比特和波特是两个完全不同的概念，比特是信息量的单位，波特是码元传输的速率单位。但信息的传输速率“比特/每秒”一般在数量上大于码元的传输速率“波特”，且有一定的关系，若使 1 个码元携带 n 比特的信息量，则 M Baud 的码元传输速率所对应的信息传输率为 $M \times n \text{ bit/s}$ ，但某些情况下，信息的传输速率“比特/每秒”在数量上小于码元的传输速率“波特”，如采用内带时钟的曼切斯特编码，一半的信号变化用于时钟同步，另一半的信号变化用于信息二进制数据，码元的传输速率“波特”是信息的传输速率“比特/每秒”的 2 倍。

7、常见的传输媒体有哪几种？各有何特点？

答：(1) 双绞线：●抗电磁干扰 ●模拟传输和数字传输都可以使用双绞线

(2) 同轴电缆：同轴电缆具有很好的抗干扰特性

(3) 光纤：●传输损耗小，中继距离长，对远距离传输特别经济；●抗雷电和电磁干扰性能好；●无串音干扰，保密性好，也不易被窃听或截取数据；●体积小，重量轻。

(4) 电磁波：●微波波段频率很高，其频段范围也很宽，因此其通信信道的容量很大；●微波传输质量较高；●微波接力通信的可靠性较高；●微波接力通信与相同容量和长度的电缆载波通信比较，建设投资少，见效快。

当然，微波接力通信也存在如下的一些缺点：●相邻站之间必须直视，不能有障碍物。●微波的传播有时也会受到恶劣气候的影响；●与电缆通信系统比较，微波通信的隐蔽性和保密性较差；●对大量的中继站的使用和维护要耗费一定的人力和物力。

8、什么是曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码？其特点如何？

答：曼彻斯特编码是将每一个码元再分成两个相等的间隔。码元 1 是在前一个间隔为高电平而后一个间隔为低电平。码元 0 则正好相反，从低电平变到高电平。这种编码的好处是可以保证在每一个码元的正中间出现一次电平的转换，这对接收端的提取位同步信号是非常有利的。缺点是它所占的频带宽度比原始的基带信号增加了一倍。

差分曼彻斯特编码的规则是若码元为 1，则其前半码元的电平与上一个码元的后半码元的电平一样；但若码元为 0，则其前半码元的电平与上一个码元的后半码元的电平相反。不论码元是 1 或 0，在每个码元的正中间的時刻，一定要有一次电平的转换。差分曼彻斯特编码需要较复杂的技术，但可以获得较好的抗干扰性能。

9、模拟传输系统与数字传输系统的主要特点是什么？

答：模拟传输：只能传模拟信号，信号会失真。

数字传输：可传模拟与数字信号，噪声不累计，误差小。

10、EIA-232 和 RS-449 接口标准各用在什么场合？

答：通常 EIA-232 用于标准电话线路（一个话路）的物理层接口，而 RS-449 则用于宽待电路（一般是租用电路）

11、基带信号和宽带信号的传输各有什么特点？

答：（1）基带信号是将数字信号 1 或 0 直接用两种不同的电压来表示，然后送到线路上去传输。（2）宽带信号则是将基带信号进行调制后形成的频分复用模拟信号。基带信号进行调制后，其频谱移到较高的频率处。由于每一路基带信号的频谱被搬移到不同的频段上，因此合在一起后并不会互相干扰。这样做可以在一条线路中同时传送许多路的数字信号，因而提高了线路的利用率。

12、有 600MB（兆字节）的数据，需要从南京传送到北京。一种方法是将数据写到磁盘上，然后托人乘火车将这些磁盘捎去。另一种方法是用计算机通过长途电话线路（设信息传送的速率是 2.4Kb/s）传送此数据。试比较这两种方法的优劣。若信息传送速率为 33.6Kb/s，其结果又如何？

答：假定连续传送且不出错。若用 2.4Kb/s 速率，传 600MB（ $=600 \times 1048576 \times 8 = 5033164800 \text{ bit}$ ）需要 24.3 天。若用 33.6Kb/s 速率传送，则需时间 1.73 天。比托人乘火车捎去要慢，且更贵。

13、56Kb/s 的调制解调器是否突破了香农的信道极限传输速率？这种调制解调器的使用条件是什么？

答：56Kb/s 的调制解调器主要用于用户与 ISP 的通信，这时从用户到 ISP 之间只需经过一次 A/D 转换，比两个用户之间使用的 33.6Kb/s 调制解调器的量化噪声要小，所以信噪比进一步提高。虽然 33.6Kb/s 调制解调器的速率基本已达到香农的信道极限传输速率，但是 56Kb/s 的调制解调器的使用条件不同，它提高了信噪比，它没有突破香农极限传输速率的公式。

56Kb/s 的调制解调器的使用条件是 ISP 也使用这种调制解调器（这里是为了进行数字信号不同编码之间的转换，而不是数模转换），并且在 ISP 与电话交换机之间是数字信道。若 ISP 使用的只是 33.6Kb/s 调制解调器，则用户端的 56Kb/s 的调制解调器会自动降低到与 33.6Kb/s 调制解调器相同的速率进行通信。

14、在介绍双绞线时，我们说：“在数字传输时，若传输速率为每秒几个兆比特，则传输距离可达几公里。”但目前我们使用调制解调器与 ISP 相连时，数据的传输速率最高只能达到 56Kb/s，与每秒几个兆比特相距甚远。这是为什么？

答：“在数字传输时，若传输速率为每秒几个兆比特，则传输距离可达几公里。”这是指使用数字线路，其两端的设备并没有带宽的限制。当我们使用调制解调器与 ISP 相连时，使用的是电话的用户线。这种用户线进入市话交换机处将带宽限制在 3400Hz 以下，与数字线路的带宽相差很大。

15、传播时延、发送时延和重发时延各自的物理意义是什么？

答：传播时延是指电磁波在信道中传输所需要的时间。它取决于电磁波在信道上的传输速率以及所传播的距离。

发送时延是发送数据所需要的时间。它取决于数据块的长度和数据在信道上的发送速率。

重发时延是因为数据在传输中出了差错就要重新传送，因而增加了总的数据传输时间。

17、共有 4 个站进行码分多址通信。4 个站的码片序列为

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: $(-1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 -1)$

现收到这样的码片序列 S: $(-1 +1 -3 +1 -1 -3 +1 +1)$ 。问哪个站发送数据了？发送数据的站发送的是 0 还是 1？

答: $S \cdot A = (+1 -1 +3 +1 -1 +3 +1 +1) / 8 = 1$, A 发送 1

$S \cdot B = (+1 -1 -3 -1 -1 -3 +1 -1) / 8 = -1$, B 发送 0

$S \cdot C = (+1 +1 +3 +1 -1 -3 -1 -1) / 8 = 0$, C 无发送

$S \cdot D = (+1 +1 +3 -1 +1 +3 +1 -1) / 8 = 1$, D 发送 1

18、假定在进行异步通信时，发送端每发送一个字符就要发送 10 个等宽的比特（一个起始比特，8 个比特的 ASCII 码字符，最后一个结束比特）。试问当接收端的时钟频率和发送端的时钟频率相差 5% 时，双方能否正常通信？

答：设发送端和接收端的时钟周期分别为 X 和 Y。

若接收端时钟稍慢 ($Y > X$)，则最后一个采样必须发生在停止比特结束之前。

即 $9.5 Y < 10 X$ 。

若接收端时钟稍快，则最后一个采样必须发生在停止比特开始之后。

即 $9.5 Y > 10 X$ 。

解出: $|Y - X| / X < 1/19 = 5.26\%$

因此收发双方频率相差 5% 是可以正常工作的（但最好不要这样，因为太临界了）

第三章数据链路层（P91）

1、数据链路（即逻辑链路）与链路（即物理链路）有何区别？“电路接通了”与“数据链路接通了”的区别何在？答：（1）数据链路与链路的区别在于数据链路除链路外，还必须有一些必要的规程来控制数据的传输。因此，数据链路比链路多了实现通信规程所需要的硬件和软件。（2）“电路接通了”表示链路两端的结点交换机已经开机，物理连接已经能够传送比特流了。但是，数据传输并不可靠。在物理连接基础上，再建立数据链路连接，才是“数据链路接通了”。此后，由于数据链路连接具有检测、确认和重传等功能，才使不太可靠的物理链路变成可靠的数据链路，进行可靠的数据传输。当数据链路断开连接时，物理电路连接不一定跟着断开连接。

2、数据链路层的链路控制包括哪些功能？答：链路管理；帧同步；流量控制；差错控制；将数据和控制信息分开；透明传输；寻址

3、考察停止等待协议算法。在接收结点，当执行步骤（4）时，若将“否则转到（7）”改为“否则转到（8）”，将产生什么结果？

答：“否则”是指发送方发送的帧的 N(S) 和接收方的状态变量 V(R) 不同。表明发送方没有收到接收方发出的 ACK，于是重传上次的帧。

若“转到（8）”，则接收方要发送 NAK。发送方继续重传上次的帧，一直这样下去。

步骤（4）中，若，表明发送结点队上一帧的确认发送结点没有正确收到，发送结点重传了上一帧，此时接收结点的做法应当是：丢弃该重复帧，并重发对该帧的确认。若改为“转到（8）”，接收结点发送否认帧，则接收结点以为该帧传输错误，则一直重发该帧。

4、试导出公式（3-5）答：两个发送成功的数据帧之间最小时间间隔，式中，，现在假设数据帧出现错误的概率为 p，则我们知，正确传送一个数据帧所需的时间：求其期望，得到正确传送一帧的平均时间。

5、试导出停止等待协议的信道利用率公式。答：设数据帧出现错误的概率为 p，每帧中数据为 bit。则信道利用率 $U = \text{平均有效数据率 } D / \text{链路容量 } C =$

6、信道速率为 4kbit/s。采用停止等待协议。传播时延 $t_p = 20\text{ms}$ 。确认帧长度和处理时间可忽略。问帧长为多少才能使信道利用率达到至少 50%？

答： $t_{\text{发 } 1}$

\geq ；得 $t_{\text{发}} \geq 40\text{ms}$ ，则帧长 $L \geq 40\text{ms} \times 4\text{kbit/s} = 160\text{bit}$

$t_{\text{发}} + 2t_p$

7、在停止等待协议中，确认帧是否需要序号？请说明理由。答：在一般情况下，确认帧不需要序号。但如果超时时间设置短了一些，则可能会出现问问题，即有时发送方会分不清对哪一帧的确认。

9、试证明：当用 n 个比特进行编号时，若接收窗口的大小为 1，则只有在发送窗口的大小 $WT \leq 2^n - 1$ 时，连续 ARQ 协议才能正确运行。

答：（1）显然 WT 内不可能有重复编号的帧，所以 $WT \leq 2^n$ 。设 $WT = 2^n$ ；

(2) 注意以下情况:

发送窗口: 只有当收到对一个帧的确认, 才会向前滑动一个帧的位置;

接收窗口: 只有收到一个序号正确的帧, 才会向前滑动一个帧的位置, 且同时向发送端发送对该帧的确认。

显然只有接收窗口向前滑动时, 发送窗口才有可能向前滑动。发送端若没有收到该确认, 发送窗口就不能滑动。

(3) 为讨论方便, 取 $n=3$ 。并考虑当接收窗口位于 0 时, 发送窗口的两个极端状态

状态 1: 发送窗口: 0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4 5 6 7

全部确认帧收到 接收窗口: 0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4 5 6 7

状态 2: 发送窗口: 0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4 5 6 7

全部确认帧都没收到 接收窗口: 0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4 5 6 7

(4) 可见在状态 2 下, 接收过程前移窗口后有效序列号的新范围和发送窗口的旧范围之间有重叠, 致使接收端无法区分是重复帧还是新帧。为使旧发送窗口和新接收窗口之间序列号不发生重叠, 有 $WT+WR \leq 2n$, 所以 $WT \leq 2n-1$ 。

10、试证明: 对于选择重传 ARQ 协议, 若有 n 比特进行编号, 则接收窗口的最大值受公式 $WR \leq 2n/2$ 的约束。

答: 因 $WT+WR \leq 2n$, 而 $WR \leq WT$, 当 $WR=WT$ 时, WR 取最大值, 为 $2n/2$ 。

11、在选择重传 ARQ 协议中, 设编号用 3bit。再设发送窗口 $WT=6$, 而接收窗口 $WR=3$ 。试找出一种情况, 使得在此情况下协议不能正常工作。

答: 发送端: 0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4 5 6 7 0

接收端: 0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4 5 6 7 0

12、在连续 ARQ 协议中, 设编号用 3bit, 而发送窗口 $WT=8$, 试找出一种情况, 使得在此情况下协议不能正常工作。

答: 发送端: 0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4 5 6 7 0

接收端: 0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4 5 6 7 0

13、在什么条件下, 选择重传 ARQ 协议和连续 ARQ 协议在效果上完全一致?

答: 当选择重传 ARQ 协议 $WR=1$ 时, 或当连续 ARQ 协议传输无差错时。

15、卫星通信的数据率为 1Mbit/s。数据帧长为 2000bit。忽略确认帧长和处理时间, 并设卫星信道传播时延为 0.25 秒。若忽略可能出现的传输差错, 试计算下列情况下的信道利用率: (1) 停止等待协议;

(2) 连续 ARQ 协议, $WT=7$;

(3) 连续 ARQ 协议, $WT=127$;

(4) 连续 ARQ 协议, $WT=255$ 。

答: $t_{\text{发}} = 2000/10^6$ s

(1) 信道利用率 =

$t_{\text{发}} + t_p = 2000/10^6 + 2 \times 0.25 = 251$ s

$t_{\text{发}} \times WT = 7 \times 127$

(2) (3) (4) 信道利用率 = ; (2) = ; (3) = ; (4) = 1

$t_{\text{发}} + t_p = 251 \times 251$

16、简述 HDLC 帧各字段的意义。HDLC 用什么方法保证数据的透明传输? 答: (1) HDLC 帧的格式, 信息字段 (长度可变) 为数据链路层的数据, 它就是从网络层传下来的分组。在信息字段的两端是 24bit 的帧头和帧尾。

HDLC 帧两端的标志字段用来界定一个帧的边界, 地址字段是用来填写从站或应答站的地址信息, 帧校验序列 FCS 用来对地址、控制和信息字段组成的比特流进行校验, 控制字段最复杂, 用来实现许多主要功能。

(2) 采用零比特填充法来实现链路层的透明传输, 即在两个标志字段之间不出现 6 个连续 1。具体做法是在发送端, 当一串比特流尚未加上标志字段时, 先用硬件扫描整个帧, 只要发现 5 个连续的 1, 则在其后插入 1 个 0, 而在接收端先找到 F 字段以确定帧的边界, 接着再

对其中的比特流进行扫描，每当发现 5 个连续的 1，就将这 5 个连续 1 后的 1 个 0 删除，以还原成原来的比特流。

17、HDLC 帧可分为哪几大类？试简述各类帧的作用。

答：分三大类。1 信息帧：用于数据传输，还可同时用来对已收到的数据进行确认和执行轮询功能。2 监督帧：用于数据流控制，帧本身不包含数据，但可执行对数据帧的确认，请求重发信息帧和请求暂停发送信息帧等功能。3 无编号帧：主要用于控制链路本身，不使用发送或接收帧序号。

18、HDLC 规定，接收序号 $N(R)$ 表示序号 $[N(R)-1] \bmod 8$ 的帧以及在这以前的各帧都已正确无误地收妥了。为什么不定义“ $N(R)$ 表示序号为 $N(R) \bmod 8$ 的帧以及在这以前的各帧都已正确无误的收妥了”？答：因为帧的初始序号为 0。

19、PPP 协议的特点是什么？它适用在什么情况下？

答：PPP 协议是点对点线路中的数据链路层协议；它由三部分组成：一个将 IP 数据报封装到串行链路的方法，一个用来建立、配置和测试数据链路连接的链路控制协议 LCP，一套网络控制协议；PPP 是面向字节的，处理差错检测，支持多种协议；PPP 不使用序号和确认机制，因此不提供可靠传输的服务。它适用在点到点线路的传输中。

20、要发送的数据为 1101011011。采用 CRC 的生成多项式是 $P(x)=x^4+x+1$ 。试求应添加在数据后面的余数。

数据在传输过程中最后一个 1 变成了 0，问接收端能否发现？

若数据在传输过程中最后两个 1 都变成了 0，问接收端能否发现？

答：添加的检验序列为 1110（11010110110000 除以 10011）

数据在传输过程中最后一个 1 变成了 0，11010110101110 除以 10011，余数为 011，不为 0，接收端可以发现差错。

数据在传输过程中最后两个 1 都变成了 0，11010110001110 除以 10011，余数为 101，不为 0，接收端可以发现差错。

第四章 局域网（P135）

1、局域网的主要特点是什么？为什么说局域网是一个通信网？答：局域网 LAN 是指在较小的地理范围内，将有限的通信设备互联起来的计算机通信网络。

从功能的角度来看，局域网具有以下几个特点：①共享传输信道。在局域网中，多个系统连接到一个共享的通信媒体上。②地理范围有限，用户个数有限。通常局域网仅为一个单位服务，只在一个相对独立的局部范围内连网，如一座楼或集中的建筑群内。一般来说，局域网的覆盖范围约为 10m~10km 内或更大一些。③传输速率高。局域网的数据传输速率一般为 1~100Mbps，能支持计算机之间的高速通信，所以时延较低。④误码率低。因近距离传输，所以误码率很低，一般在 10^{-8} ~ 10^{-11} 之间。⑤多采用分布式控制和广播式通信。在局域网中各站是平等关系而不是主从关系，可以进行广播或组播。从网络的体系结构和传输控制规程来看，局域网也有自己的特点：①低层协议简单。在局域网中，由于距离短、时延小、成本低、传输速率高、可靠性高，因此信道利用率已不是人们考虑的主要因素，所以低层协议较简单。②不单独设立网络层。局域网的拓扑结构多采用总线型、环型和星型等共享信道，网内一般不需要中间转接，流量控制和路由选择功能大为简化，通常在局域网不单独设立网络层。因此，局域网的体系结构仅相当与 OSI/RM 的最低两层。③采用多种媒体访问控制技术。由于采用共享广播信道，而信道又可用不同的传输媒体，所以局域网面对的问题是多元、多目的的链路管理。由此引发出多种媒体访问控制技术。在 OSI 的体系结构中，一个通信子网只有最低的三层。而局域网的体系结构也只有 OSI 的下三层，没有第四层以上的层次。所以说局域网只是一种通信网。

3、一个 7 层楼，每层有一排共 15 间办公室。每个办公室的楼上设有一个插座，所有的插座在一个垂直面上构成一个正方形栅格组成的网的结点。设任意两个插座之间都允许连上电缆（垂直、水平、斜线……均可）。现要用电缆将它们连成（1）集线器在中央的星形网；（2）总线式以太网。试计算每种情况下所需的电缆长度。

答：（1）假定从下往上把 7 层楼编号为 1~7 层。按楼层高 4 米计算。在星形网中，集线器放在 4 层中间位置（第 8 间房）。电缆总长度等于：

7 15

$4 \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{15} \sqrt{(i-4)^2 + (j-8)^2} = 1832 \text{ (m)}$

$i=1 \quad j=1$

（2）对于总线式以太网（如 10BASE2），每层需 $4 \times 14 = 56 \text{ (m)}$ 水平电缆，垂直电缆需 $4 \times 6 = 24 \text{ (m)}$ ，所以总长度等于

$7 \times 56 + 24 = 416 \text{ (m)}$

（3）一种方案是采用螺旋结构，线缆经过（1,1）、（15,1）、（15,7）、（1,7）、（1,2）和（14,2）等，总长度等于：56+

$52+48+36+40+48+56+20+12+4+8+16+24+ =466\text{m}$

图中有错，粗线右端应连接到第4层右起第4个站点

4、数据率为10Mbit/s的以太网的码元传输速率是多少波特？

答：以太网使用曼彻斯特编码，这就意味着发送的每一位都有两个信号周期。标准以太网的数据速率是10Mb/s，因此波特率是数据率的两倍，即20M波特。

5、假定一个以太网上只有两个站，它们同时发送数据，产生了冲突。于是按二进制指数类型退避算法进行重传。重传次数记为*i*，*i*=1, 2, 3, ...。试计算第1次重传失败的概率、第2次重传失败的概率、第3次重传失败的概率，以及一个站成功发送数据之前的平均重传次数*I*。

答：将第*i*次重传成功的概率记为*P_i*，显然

第一次重传失败的概率为0.5，第2次重传失败的概率为0.25，第3次重传失败的概率为0.125。平均重传次数*I*=1.637。

6、试说明10BASE5，10BASE2，10BASE-T，和10BROAD36和FOMA U所代表的意思。

答：10BASE5：“10”表示数据率为10Mbit/s，“BASE”表示电缆上的信号是基带信号，“5”表示每一段电缆的最大长度是500m。

10BASE2：“10”表示数据率为10Mbit/s，“BASE”表示电缆上的信号是基

带信号，“2”表示每一段电缆的最大长度是185m。

10BASE-T：“10”表示数据率为10Mbit/s，“BASE”表示电缆上的信号是

基带信号，“T”表示使用双绞线作为传输媒体。

10BROAD36：“10”表示数据率为10Mbit/s，“BROAD”表示电缆上的信

号是宽带信号，“36”表示网络的最大跨度是3600m。

FOMA U：(Fiber Optic Medium Attachment Unit) 光纤媒介附属单元。

10和1代表网络数据传输速率分别为10Mbps和1Mbps，BASE和BROAD分别表示基带和频分多路复用的宽带。5、2和36分别表示传输媒体线缆段最大长度分别为500米、185（约200）米和3600米；T表示是采用双绞线；F表示光纤。10BASE5是50欧同轴粗缆；10BASE2是50欧同轴细缆；10BASE-T为一种物理星状拓扑而逻辑上为总线结构的以太网；1BASE5指AT&T公司的StarLAN的物理媒体规范，使用和10BASE-T一样的双绞线，可通过一种称为菊花链的机制进行扩展；10BASE-F又分为适用于以星状拓扑连接站和转发器的无源系统10BASE-FP、点对点连接站或转发器的光纤链路10BASE-FL、以及点对点主干光纤链路10BASE-FB；10BROAD36采用75欧的CATV同轴电缆。FOMA U是采用光纤(Fiber Optic)的媒体接入单元MAU(Media Access Unit)，用以连接扩展以太网的转发器之间的光纤链路FOIRL(Fiber Optic Inter-Repeater Link)。请自行解释100BASE-T、100BASE-X、100BASE-TX、100BASE-FX、100BASE-T4、1000BASE-SX、1000BASE-LX、1000BASE-CX、1000BASE-T、10GBASE-SR、10GBASE-LR、10GBASE-ER、10GBASE-SW、10GBASE-LW、10GBASE-EW、10GBASE-LX4的含义。

7、10Mbit/s以太网升级到100Mbit/s和1Gbit/s甚至10Gbit/s时，需要解决哪些技术问题？在帧的长度方面需要有什么改变？为什么？传输媒体应当有什么改变？

答：以太网升级时，由于数据传输率提高了，帧的发送时间会按比例缩短，这样会影响冲突的检测。所以需要减小最大电缆长度或增大帧的最小长度，使参数*a*保持为较小的值，才能有效地检测冲突。在帧的长度方面，几种以太网都采用802.3标准规定的以太网最小最大帧长，使不同速率的以太网之间可方便地通信。100bit/s的以太网采用保持最短帧长（64byte）不变的方法，而将一个网段的最大电缆长度减小到100m，同时将帧间间隔时间由原来的9.6μs，改为0.96μs。1Gbit/s以太网采用保持网段的最大长度为100m的方法，用“载波延伸”和“分组突发法”的办法使最短帧仍为64字节，同时将争用字节增大为512字节。传输媒体方面，10Mbit/s以太网支持同轴电缆、双绞线和光纤，而100Mbit/s和1Gbit/s以太网支持双绞线和光纤，10Gbit/s以太网只支持光纤。

欲保持10M，100M，1G的MAC协议兼容，要求最小帧长的发送时间大于最长的冲突检测时间，因而千兆以太网采用载波扩充方法。而且为了避免由此带来的额外开销过大，当连续发送多个短帧时采用帧突发技术。而100M以太网采用的则是保持帧长不变但将最大电缆长度减小到100m。其它技术改进：（1）采用专用的交换集线器，缩小冲突域（2）发送、接收、冲突检测传输线路独立，降低对媒体带宽要求（3）为使用光纤、双绞线媒体，采用新的信号编码技术。

8、有10个站连接到以太网上，试计算以下三种情况下每一个站所能得到带宽。

（1）10个站点连接到一个10Mbit/s以太网集线器；

(2) 10 站点连接到一个 100Mbit/s 以太网集线器;

(3) 10 个站点连接到一个 10Mbit/s 以太网交换机。

答: (1) 10 个站共享 10Mbit/s;

(2) 10 个站共享 100Mbit/s;

(3) 每一个站独占 10Mbit/s。

9、100 个站分布在 4km 长的总线上, 协议采用 CSMA/CD。总线速率为 5Mbit/s, 帧平均长度为 1000bit。试估算每个站每秒种发送的平均帧数的最大值。传播时延为 $5 \mu\text{s}/\text{km}$ 。

答: $a = \tau / T_0 = \tau C / L = 5 \mu\text{s}/\text{km} \times 4\text{km} \times 5\text{Mbit/s} \div 1000\text{bit} = 0.1$

当站点数较大时, 信道利用率最大值 S_{\max} 接近 $1 / (1 + 4.44a) = 0.6925$

信道上每秒发送的帧的最大值 $= S_{\max} \times C / L = 0.6925 \times 5\text{Mbit/s} / 1000\text{bit} = 3462$

每个站每秒种发送的平均帧数的最大值 $= 3462 / 100 = 34$

10、在以下条件下, 分别重新计算上题, 并解释所得结果。

(1) 总线长度减小到 1km。 (2) 总线速度加倍。 (3) 帧长变为 10000bit。

答: 设 a 与上题意义相同

(1) $a_1 = a / 4 = 0.025$, $S_{\max 1} = 0.9000$

每个站每秒种发送的平均帧数的最大值 $= 45$

总线长度减小, 端到端时延就减小, 以时间为单位的信道长度与帧长的比也减小, 信道给比特填充得更满, 信道利用率更高, 所以每站每秒发送的帧更多。

(2) $a_2 = 2a = 0.2$, $S_{\max 2} = 0.5296$

每个站每秒种发送的平均帧数的最大值 $= 53$

总线速度加倍, 以时间为单位的信道长度与帧长的比也加倍, 信道利用率

减小 (但仍比原来的 $1/2$ 大), 所以最终每站每秒发送的帧比原来多。

(3) $a_3 = a / 10 = 0.01$, $S_{\max 3} = 0.9574$

每个站每秒种发送的平均帧数的最大值 $= 4.8$

帧长加长 10 倍, 信道利用率增加, 每秒在信道上传输的比特增加 (但没有 10 倍), 所以最终每站每秒发送的帧比原来少。

11、假定 1km 长的 CSMA/CD 网络的数据率为 1Gbit/s。设信号在网络上的传播速率为 200000km/s。求能够使用此协议的最短帧长。

答: 对于 1km 电缆, 单程端到端传播时延为: $\tau = 1 \div 200000 = 5 \times 10^{-6}\text{s} = 5 \mu\text{s}$,

端到端往返时延为: $2\tau = 10 \mu\text{s}$

为了能按照 CSMA/CD 工作, 最小帧的发送时延不能小于 $10 \mu\text{s}$, 以 1Gb/s 速率工作, $10 \mu\text{s}$ 可发送的比特数等于:

$10 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^9 = 10000\text{bit} = 1250$ 字节。

12、有一个使用集线器的以太网, 每个站到集线器的距离为 d , 数据发送率为 C , 帧长为 12500 字节, 信号在线路上的传播速率为 $2.5 \times 10^8\text{m/s}$ 。距离 d 为 25m 和 2500m, 发送速率为 10Mbit/s 或 10Gbit/s。这样就有 4 种不同的组合。试利用公式 (5-9) 分别计算 4 种不同情况下 a 的值, 并进行简单讨论。

答: $a = \tau / T_0 = \tau C / L = d \div (2.5 \times 10^8) \times C \div (12500 \times 8) = 4 \times 10^{-14} d C$

$d = 25\text{m}$ $d = 2500\text{m}$

$C = 10\text{Mbit/s}$ $C = 10\text{Gbit/s}$ $C = 10\text{Mbit/s}$ $C = 10\text{Gbit/s}$

a 10^{-5} 10^{-2} 10^{-3} 1

a 越小, 信道利用率越大

1、 站点到集线器距离一定的情况下, 数据发送率越高, 信道利用率越低。

2、 数据发送率相同的情况下, 站点到集线器的距离越短, 信道利用率越高。

15、假定一个以太网上的通信量中的 80%是在本局域网上进行的，而其余的 20%的通信量是在本局域网和因特网之间进行的。另一个以太网的情况则反过来。这两个以太网一个使用以太网集线器，另一个使用以太网交换机。你认为以太网交换机应当用在哪一个网络上。

答：以太网交换机用在这样的网络，其 20%通信量在本局域网而 80%的通信量到因特网。

16、以太网使用的 CSMA/CD 协议是以争用方式接入到共享信道。这与传统的时分复用 TDM 相比优缺点如何？

答：CSMA/CD 是一种动态的媒体随机接入共享信道方式，而传统的时分复用 TDM 是一种静态的划分信道，所以对信道的利用，CSMA/CD 是用户共享信道，更灵活，可提高信道的利用率，不像 TDM，为用户按时隙固定分配信道，即使当用户没有数据要传送时，信道在用户时隙也是浪费的；也因为 CSMA/CD 是用户共享信道，所以当同时有用户需要使用信道时会发生碰撞，就降低信道的利用率，而 TDM 中用户在分配的时隙中不会与别的用户发生冲突。对局域网来说，连入信道的是相距较近的用户，因此通常信道带宽较宽，如果使用 TDM 方式，用户在自己的时隙内没有数据发送的情况会更多，不利于信道的充分利用。

对计算机通信来说，突发式的数据更不利于使用 TDM 方式。

17、使用 CSMA/CD 协议时，若线路长度为 100m，信号在线路上传播速率为 2×10^8 m/s。数据的发送速率为 1Gbit/s。试计算帧长度为 512 字节、1500 字节和 64000 字节时的参数 a 的数值，并进行简单讨论。

答： $a = \tau / T_0 = \tau C / L = 100 \div (2 \times 10^8) \times 1 \times 10^9 / L = 500 / L$ ，

信道最大利用率 $S_{\max} = 1 / (1 + 4.44a)$ ，最大吞吐量 $T_{\max} = S_{\max} \times 1 \text{Gbit/s}$

帧长 512 字节时， $a = 500 / (512 \times 8) = 0.122$ ， $S_{\max} = 0.6486$ ， $T_{\max} = 648.6 \text{ Mbit/s}$

帧长 1500 字节时， $a = 500 / (1500 \times 8) = 0.0417$ ， $S_{\max} = 0.8438$ ， $T_{\max} = 843.8 \text{ Mbit/s}$

帧长 64000 字节时， $a = 500 / (64000 \times 8) = 0.000977$ ， $S_{\max} = 0.9957$ ， $T_{\max} = 995.7 \text{ Mbit/s}$

可见，在端到端传播时延和数据发送率一定的情况下，帧长度越大，信道利用率越大，信道的最大吞吐量月越大。

18、以太网交换机有何特点？用它怎样组成虚拟局域网？

答：特点：以太网交换机实质就是一个多端口的网桥，它工作在数据链路层上。每一个端口都直接与一个主机或一个集线器相连，并且是全双工工作。它能同时连通多对端口，使每一对通信能进行无碰撞地传输数据。在通信时是独占而不是和其他网络用户共享传输媒体的带宽。以太网交换机支持存储转发方式，而有些交换机还支持直通方式。但要应当注意的是：用以太网交换机互连的网络只是隔离了网段（减少了冲突域），但同一台交换机的各个网段仍属于同一个广播域。因此，在需要时，应采用具 VLAN 能力的交换机划分虚拟网，以减少广播域（802.1q 协议）。

19、网桥的工作原理和特点是什么？网桥与转发器以及以太网交换机有何异同？

答：网桥的每个端口与一个网段相连，网桥从端口接收网段上传送的各种帧。每当收到一个帧时，就先暂存在其缓冲中。若此帧未出现差错，且欲发往的目的站 MAC 地址属于另一网段，则通过查找站表，将收到的帧送往对应的端口转发出去。若该帧出现差错，则丢弃此帧。网桥过滤了通信量，扩大了物理范围，提高了可靠性，可互连不同物理层、不同 MAC 子层和不同速率的局域网。但同时也增加了时延，对用户太多和通信量太大的局域网不适合。

网桥与转发器不同，（1）网桥工作在数据链路层，而转发器工作在物理层；（2）网桥不像转发器转发所有的帧，而是只转发未出现差错，且目的站属于另一网络的帧或广播帧；（3）转发器转发一帧时不用检测传输媒体，而网桥在转发一帧前必须执行 CSMA/CD 算法；（4）网桥和转发器都有扩展局域网的作用，但网桥还能提高局域网的效率并连接不同 MAC 子层和不同速率局域网的作用。

以太网交换机通常有十几个端口，而网桥一般只有 2-4 个端口；它们都工作在数据链路层；网桥的端口一般连接到局域网，而以太网的每个接口都直接与主机相连，交换机允许多对计算机间能同时通信，而网桥允许每个网段上的计算机同时通信。所以实质上以太网交换机是一个多端口的网桥，连到交换机上的每台计算机就像连到网桥的一个局域网段上。网桥采用存储转发方式进行转发，而以太网交换机还可采用直通方式转发。以太网交换机采用了专用的交换机构芯片，转发速度比网桥快。

21、FDDI 的主要特点有哪些？和以太网相比，优缺点各有哪些？ 答：FDDI 的主要特点有：①使用基于 IEEE 802.5 令牌环标准的令牌传递 MAC 协议；②使用 802.2 LLC 协议，因而与 IEEE 802 局域网兼容；③利用多模光纤进行传输，并使用有容错能力的双环拓扑；④数据率为 100Mb/s，光信号码元传输速率为 125MBaud；⑤1000 个物理连接（若都是双连接站，则为 500 个站）；⑥最大站间距离为 2km（使用多模光纤），环路长度为 100km，即光纤总长度为 200km；⑦具有动态分配带宽的能力，故能同时提供同步和异步数据服务；⑧分组长度最大为 4500

字节。

和以太网相比，FDD I 的优缺点与令牌类似。

23、现有 5 个站分别连接在三个局域网上，并且用两个网桥连接起来（下图）。每一个网桥的两个端口号都标明在图上。在一开始，两个网桥中的转发表都是空的。以后有以下各站向其他的站发送了数据帧，即 H1 发送给 H5，H3 发送给 H2，H4 发送给 H3，H2 发送给 H1。试将有关数据填入下表中。

答：

发送的帧 网桥 1 的转发表 网桥 2 的转发表 网桥 1 的处理的

(转发?丢弃?登记?) 网桥 2 的处理的

(转发?丢弃?登记?)

站地址 端口 站地址 端口

H1 →H5 MAC1 1 MAC1 1 转发，写入转发表 转发，写入转发表

H3→H2 MAC3 2 MAC3 1 转发，写入转发表 转发，写入转发表

H4→H3 MAC4 2 MAC4 2 写入转发表，丢弃不转发 转发，写入转发表

H2→H1 MAC2 1 写入转发表，丢弃不转发 接收不到这个帧

26、 IEEE802.11 标准的 MAC 协议中的 SIFS、PIFS 和 DIFS 的作用是什么？

答 SIFS 是一种最短的帧间间隔，用于 PCF 中对轮询的响应帧、CSMA/CA 协议中预约信道的 RTS 帧和 CTS 帧、目的站收到自己的数据帧后给发送站的确认帧等短帧的场合。PIFS 是中等的帧间间隔，用于 PCF 方式中轮询。DIFS 是最长的帧间间隔，用于 DCF 方式中所有普通的通信量。

第五章 广域网（P167）

1、试从多个方面比较虚电路和数据报这两种服务的优缺点。

答：从占用通信子网资源方面看：虚电路服务将占用结点交换机的存储空间，而数据报服务对每个 其完整的目标地址独立选径，如果传送大量短的分组，数据头部分远大于数据部分，则会浪费带宽。

从时间开销方面看：虚电路服务有创建连接的时间开销，对传送小量的短分组，显得很浪费；而数据报服务决定分组的去向过程很复杂，对每个分组都有分析时间的开销。

从拥塞避免方面看：虚电路服务因连接起来的资源可以预留下来，一旦分组到达，所需的带宽和结点交换机的容量便已具有，因此有一些避免拥塞的优势。而数据报服务则很困难。

从健壮性方面看：通信线路的故障对虚电路服务是致命的因素，但对数据报服务则容易通过调整路由得到补偿。因此虚电路服务更脆弱。

答：（1）在传输方式上，虚电路服务在源、目的主机通信之前，应先建立一条虚电路，然后才能进行通信，通信结束应将虚电路拆除。而数据报服务，网络层从运输层接收报文，将其装上报头（源、目的地址等信息）后，作为一个独立的信息单位传送，不需建立和释放连接，目标结点收到数据后也不需发送确认，因而是一种开销较小的通信方式。但发方不能确切地知道对方是否准备好接收，是否正在忙碌，因而数据报服务的可靠性不是很高。

（2）关于全网地址：虚电路服务仅在源主机发出呼叫分组中需要填上源和目的主机的全网地址，在数据传输阶段，都只需填上虚电路号。而数据报服务，由于每个数据报都单独传送，因此，在每个数据报中都必须具有源和目的主机的全网地址，以便网络结点根据所带地址向目的主机转发，这对频繁的人—机交互通信每次都附上源、目的主机的全网地址不仅累赘，也降低了信道利用率。

（3）关于路由选择：虚电路服务沿途各结点只在呼叫请求分组在网中传输时，进行路径选择，以后便不需要了。可是在数据报服务时，每个数据每经过一个网络结点都要进行一次路由选择。当有一个很长的报文需要传输时，必须先把它分成若干个具有定长的分组，若采用数据报服务，势必增加网络开销。

（4）关于分组顺序：对虚电路服务，由于从源主机发出的所有分组都是通过事先建立好的一条虚电路进行传输，所以能保证分组按发送顺序到达目的主机。但是，当把一份长报文分成若干个短的数据报时，由于它们被独立传送，可能各自通过不同的路径到达目的主机，因

而数据报服务不能保证这些数据报按序列到达目的主机。

(5) 可靠性与适应性：虚电路服务在通信之前双方已进行过连接，而且每发完一定数量的分组后，对方也都给予确认，故虚电路服务比数据报服务的可靠性高。但是，当传输途中的某个结点或链路发生故障时，数据报服务可以绕开这些故障地区，而另选其他路径，把数据报传至目的地，而虚电路服务则必须重新建立虚电路才能进行通信。因此，数据报服务的适应性比虚电路服务强。

(6) 关于平衡网络流量：数据报在传输过程中，中继结点可为数据报选择一条流量较小的路由，而避开流量较高的路由，因此数据报服务既平衡网络中的信息流量，又可使数据报得以更迅速地传输。而在虚电路服务中，一旦虚电路建立后，中继结点是不能根据流量情况来改变分组的传送路径的。

综上所述，虚电路服务适用于交互作用，不仅及时、传输较为可靠，而且网络开销小。数据报服务适用于传输单个分组构成的、不具交互作用的信息以及对传输要求不高的场合。

2、设有一分组交换网。若使用虚电路，则每一分组必须有 3 字节的分组首部，

而每个网络结点必须为虚电路保留 8 字节的存储空间来识别虚电路。但若使用数据报，则每个分组需有 15 字节的分组首部，而结点就不需要保留转发表的存储空间。设每段链路每传 1MB 需 0.01 元。购买结点存储器的代价为每字节 0.01 元，而存储器的寿命为 2 年工作时间（每周工作 40 小时）。假定一条虚电路的每次平均时间为 1000s，而在此时间内发送 200 分组，每个分组平均要经过 4 段链路。试问采用哪种方案（虚电路或数据报）更为经济？相差多少？

答：每个分组经过 4 段链路意味链路上包括 5 个分组交换机。

虚电路实现方案：需在 1000 秒内固定分配 $5 \times 8 = 40\text{bytes}$ 存储空间，

存储器使用的时间是 2 年，即 $2 \times 52 \times 40 \times 3600 = 1.5 \times 10^7 \text{sec}$

每字节每秒的费用 $= 0.01 / (1.5 \times 10^7) = 6.7 \times 10^{-10}$ 元

总费用，即 1000 秒 40 字节的费用 $= 1000 \times 40 \times 6.7 \times 10^{-10} = 2.7 \times 10^{-5}$ 元

数据报实现方案：比上述虚电路实现方案需多传 $(15-3) \times 4 \times 200 = 9600\text{bytes}$ ，

每字节每链路费用 $= 0.01 / 106 = 10^{-8}$ 元

总费用，即 9600 字节每链路费用 $= 9600 \times 10^{-8} = 9.6 \times 10^{-5}$ 元

$9.6 - 2.7 = 6.9$ 毫分

可见，本题中采用虚电路实现方案更为经济，在 1000 秒的时间内便宜 6.9 毫分。

3、假定分组交换网中所有结点的处理机和主机均正常工作，所有的软件也正常无误。试问一个分组是否可能被投送到错误的目的结点（不管这个概率有多小？）

如果一个网络中所有链路的数据链路层协议都能正确工作，试问从源结点到目的结点之间的端到端通信是否一定也是可靠的？

答：有可能。大的突发噪声可能破坏分组。使用 k 位的效验和，差错仍然有 2^{-k} 的概率被漏检。如果分组的地址字段或虚电路的标识号被改变，分组会被投送到错误的目的地，并可能被接收为正确的分组。换句话说，偶然的突发噪声可能把送往一个目的地的完全合法的分组改变成送往另一个目的地的也是完全合法的分组。

端到端的通信不一定可靠。端到端的通信不仅与数据链路层有关，还与网络层有关，尽管链路层协议能正确工作，但不能保证网络层协议正常工作，即通信子网是否可靠。

4、广域网中的主机为什么采用层次结构方式进行编址？

答：广域网中，分组往往要经过许多结点交换机的存储转发才能到达目的地。每个结点交换机都有一转发表，结点交换机根据转发表决定该如何转发分组，如果转发表里存放了到达每一主机的路由，显然广域网中的主机数越多，查找转发表就越费时间，为了减少查找转发表所花费的时间，广域网采用层次结构的地址。把一个二进制数表示的主机地址分成两部分，第一部分的二进制数表示该主机所连接的分组交换机的编号，是第一层地址；而后一部分的二进制数表示所连接的分组交换机的端口号，或主机的编号，是第二层地址。（这样转发表可简化为两个内容：分组要发往的目的站的交换机号，以及下一跳交换机号。）

5、一个数据报分组交换网允许各结点在必要时将收到的分组丢弃。设结点丢弃一个分组的概率为 p。现有一个主机经过两个网络结点与另一个主机以数据报方式通信，因此两个主机之间要经过 3 段链路。当传送数据报时，只要任何一个结点丢弃分组，则源点主机最终将重传此分组。试问：

(1) 每一个分组在一次传输过程中平均经过几段链路?

(2) 每一个分组平均要传送几次?

(3) 目的主机每收到一个分组, 连同该分组在传输时被丢弃的传输, 平均需要经过几段链路?

答: (1) 从源主机发送的每个分组可能走 1 段链路 (主机-结点)、2 段链路 (主机-结点-结点) 或 3 段链路 (主机-结点-结点-主机)。

走 1 段链路的概率是 p ,

走 2 段链路的概率是 $p(1-p)$,

走 3 段链路的概率是 $(1-p)^2$

则, 一个分组平均通路长度的期望值是这 3 个概率的加权和, 即等于

$$L = 1 \times p + 2 \times p(1-p) + 3 \times (1-p)^2 = p^2 - 3p + 3$$

注意, 当 $p=0$ 时, 平均经过 3 段链路, 当 $p=1$ 时, 平均经过 1 段链路, 当 $0 < p < 1$ 时, 可能需要多次发送。

(2) 一次传送成功的概率 = $(1-p)^2$, 令 $\alpha = (1-p)^2$,

两次传送成功的概率 = $(1-\alpha)\alpha$,

三次传送成功的概率 = $(1-\alpha)^2\alpha$,

.....

因此每个分组平均传送次数 $T = \alpha + 2\alpha(1-\alpha) + 3\alpha(1-\alpha)^2 +$

$$= [\alpha / (1-\alpha)] [(1-\alpha) + 2(1-\alpha)^2 + 3(1-\alpha)^3 + \dots]$$

因为 ∞

$$\sum_{k=1}^{\infty} kq^k = q / (1-q)^2$$

$$k=1$$

$$\text{所以 } T = [\alpha / (1-\alpha)] \times (1-\alpha) / [1 - (1-\alpha)]^2 = 1/\alpha = 1/(1-p)^2$$

(3) 每个接收到的分组平均经过的链路数 H

$$H = L \times T = (p^2 - 3p + 3) / (1-p)^2$$

6、一个分组交换网其内部采用虚电路服务, 沿虚电路共有 n 个结点交换机, 在交换机中每一个方向设有一个缓存, 可存放一个分组。在交换机之间采用停止等待协议, 并采用以下措施进行拥塞控制。结点交换机在收到分组后要发回确认, 但条件是: ①接收端已成功收到了该分组; ②有空闲的缓存。设发送一个分组需 T 秒 (数据或确认), 传输的差错可忽略不计, 主机和结点交换机之间的数据传输时延也可忽略不计。试问: 交付给目的主机的速率最快为多少?

答: 对时间以 T 秒为单位分槽。在时槽 1, 源结点交换机发送第 1 个分组。在时槽 2 的开始, 第 2 个结点交换机收到了分组, 但不能应答。在时槽 3 的开始, 第 3 个结点交换机收到了分组, 但也不能应答。这样, 此后所有的路由器都不会应答。仅当目的主机从目的地结点交换机取得分组时, 才会发送第 1 个应答。现在确认应答开始往回传播。在源结点交换机可以发送第 2 个分组之前, 需两次穿行该子网, 需要花费的时间等于 $2(n-1)T$ 。所以, 源结点交换机往目的主机投递分组的速度是每 $2(n-1)T$ 秒 1 个分组。显然这种协议的效率是很低的。

8、流量控制在网络工作中具有何意义? 流量控制与路由选择有何异同之处? 答: 流量控制与路由选择的异同之处是: ①路由选择是网络中的所有结点共同协调工作的结果。其次, 路由选择的环境往往是在变化的, 而这种变化有时无法事先知道。而流量控制是收发两端共同协调工作的结果。②好的流量控制可以使更多的通信量流入网络, 而好的路由选择可使网络的平均时延较小。③路由选择可保证分组通过一条最佳的路径达到目的。流量控制要考虑网络资源分配的公平性。

9、为什么说, “只要任意增加一些资源就可以解决网络拥塞的问题”是不正确的? 答: 只任意增加一些资源可能无法解决网络拥塞的问题。例如, 将某路由器缓冲区的存储空间扩大, 但保持其输出链路速率的不变。这时, 虽然该路由器可以接收更多的分组, 但由于其输出链路速率的没变, 存在于该路由器的许多分组可能因超时, 必须重发, 从而导致网络的性能可能变得更糟。

10、死锁是怎样形成的? 有什么措施可用来防止死锁? 答: 当网络负载增大到某一数值时, 网络的吞吐量就下降到零, 网路已无法工作, 这就是死锁。

死锁中有一种是直接死锁, 即由互相占用了对方需要的资源而造成的死锁。例如两个结点和都有大量的分组要发往对方, 但两个结点中的缓冲区在发送之前就已经全部被待发分组占满了。这样, 当每个分组到达对方时, 由于没有对方存放, 只好被丢弃。发送分组的一方因收不到对方发来的确认信息, 只能将发送过去的分组依然保存在自己结点的缓冲区中。这两个结点就这样一直互相僵持着, 谁也无法成功地发送出一个分组。

可以通过合适的拥塞控制, 来防止死锁的发生。

11、有 AB 和 BC 两条链路。A 经过 B 向 C 发送数据。若 B 收到 A 发来的数据时，可以先向 C 转发再向 A 发确认，也可以把这顺序反过来。也就是说，B 要做的三件事的顺序是：接收数据-转发-发确认，或：接收数据-发确认-转发。现假定 B 在做完第二件事后处理机出现故障，存储器中所存信息全部丢失，但很快又恢复了工作。试证明：只有采用端到端发确认信息的方法（即从 C 向 A 发确认信息），才能保证在任何情况下数据都能从 A 经 B 正确无误地交付到 C。

答：情形 1：如 B 采用接收数据-转发-发确认顺序工作，在把 A 的数据转发给 C 后（随后 C 接收到该数据），处理机出现故障，存储器中所存信息全部丢失，无法发确认给 A；A 在重发计时器到时后仍未收到确认，就会重发，这时 B 已恢复工作，再转发给 C，则 C 收到两个重复的数据。

情形 2：如 B 采用接收数据-发确认-转发顺序工作，在向 A 发送完确认后（随后 A 收到确认，认为该数据已成功交付），处理机出现故障，存储器中所存信息全部丢失，无法转发给 C，而 A 认为该数据已成功交付，导致数据丢失。

因此就算所有的数据链路层协议都工作正常，端到端的通信不一定可靠。

如果采用端到端发确认信息的方法，情形 1 中 C 在收到数据后，会给 A 发送确认，A 收到后不会重发数据。在情形 2 中，C 未收到数据，没有给 A 发送确认，A 在重发计时器到时后未收到确认，就重发数据，不会造成数据的丢失。所以只有采用端到端发确认信息的方法，才能保证在任何情况下数据都能从 A 经 B 正确无误地交付到 C。

6、在广域网中，直接交付和间接交付有何不同？

答：在广域网中，直接交付是指分组的目的地是直接连接在本结点交换机上的主机，该分组不需再经过其他结点交换机的转发，而由结点本交换机直接交付给目的主机。间接交付是指分组的目的地主机与本结点交换机没有直接连接，该分组的转发需根据结点交换机转发表指出的路由转发给下一跳的结点交换机。

7、在广域网的转发表中使用默认路由有什么好处？

答：在广域网的转发表中有可能出现很多的“下一跳”相同的项目，如果使用默认路由代替所有的具有相同“下一跳”的项目，显然转发表会减小很多项目，变得更加简洁，从而减少转发表的搜索时间。

第一章 概述

1-01 计算机网络向用户可以提供那些服务？

答：连通性和共享

1-02 简述分组交换的要点。

答：（1）报文分组，加首部

（2）经路由器储存转发

（3）在目的地合并

1-03 试从多个方面比较电路交换、报文交换和分组交换的主要优缺点。

答：（1）电路交换：端对端通信质量因约定了通信资源获得可靠保障，对连续传送大量数据效率高。

（2）报文交换：无须预约传输带宽，动态逐段利用传输带宽对突发式数据通信效率高，通信迅速。

（3）分组交换：具有报文交换之高效、迅速的要点，且各分组小，路由灵活，网络生存性能好。

1-04 为什么说因特网是自印刷术以来人类通信方面最大的变革？

答：融合其他通信网络，在信息化过程中起核心作用，提供最好的连通性和信息共享，第一次提供了各种媒体形式的实时交互能力。

1-05 因特网的发展大致分为哪几个阶段？请指出这几个阶段的主要特点。

答：从单个网络 APPANET 向互联网发展；TCP/IP 协议的初步成型

建成三级结构的 Internet；分为主干网、地区网和校园网；
形成多层次 ISP 结构的 Internet；ISP 首次出现。

1-06 简述因特网标准制定的几个阶段？

答：（1）因特网草案(Internet Draft) ——在这个阶段还不是 RFC 文档。

（2）建议标准(Proposed Standard) ——从这个阶段开始就成为 RFC 文档。

（3）草案标准(Draft Standard)

（4）因特网标准(Internet Standard)

1-07 小写和大写开头的英文名字 internet 和 Internet 在意思上有何重要区别？

答：（1）internet（互联网或互连网）：通用名词，它泛指由多个计算机网络互连而成的网络。；协议无特指

（2）Internet（因特网）：专用名词，特指采用 TCP/IP 协议的互联网络
区别：后者实际上是前者的双向应用

1-08 计算机网络都有哪些类别？各种类别的网络都有哪些特点？

答：按范围：（1）广域网 WAN：远程、高速、是 Internet 的核心网。

（2）城域网：城市范围，链接多个局域网。

（3）局域网：校园、企业、机关、社区。

（4）个域网 PAN：个人电子设备

按用户：公用网：面向公共营运。专用网：面向特定机构。

1-09 计算机网络中的主干网和本地接入网的主要区别是什么？

答：主干网：提供远程覆盖\高速传输\和路由器最优化通信

本地接入网：主要支持用户的访问本地，实现散户接入，速率低。

1-10 试在下列条件下比较电路交换和分组交换。要传送的报文共 x (bit)。从源点到终点共经过 k 段链路，每段链路的传播时延为 d (s)，数据率为 b (b/s)。在电路交换时电路的建立时间为 s (s)。在分组交换时分组长度为 p (bit)，且各结点的排队等待时间可忽略不计。问在怎样的条件下，分组交换的时延比电路交换的要小？（提示：画一下草图观察 k 段链路共有几个结点。）

答：线路交换时延： $kd + (x/b) + s$ ， 分组交换时延： $kd + (x/p) * (p/b) + (k-1) * (p/b)$

其中 $(k-1) * (p/b)$ 表示 K 段传输中，有 $(k-1)$ 次的储存转发延迟，当 $s > (k-1) * (p/b)$ 时，电路交换的时延比分组交换的时延大，当 $x \gg p$ ，相反。

1-11 在上题的分组交换网中，设报文长度和分组长度分别为 x 和 $(p+h)$ (bit)，其中 p 为分组的数据部分的长度，而 h 为每个分组所带的控制信息固定长度，与 p 的大小无关。通信的两端共经过 k 段链路。链路的数据率为 b (b/s)，但传播时延和结点的排队时间均可忽略不计。若打算使总的时延为最小，问分组的数据部分长度 p 应取为多大？（提示：参考图 1-12 的分组交换部分，观察总的时延是由哪几部分组成。）

答：总时延 D 表达式，分组交换时延为： $D = kd + (x/p) * ((p+h)/b) + (k-1) * (p+h)/b$

D 对 p 求导后，令其值等于 0，求得 $p = [(xh)/(k-1)]^{0.5}$

1-12 因特网的两大组成部分（边缘部分与核心部分）的特点是什么？它们的工作方式各有什么特点？

答：边缘部分：由各主机构成，用户直接进行信息处理和信息共享；低速连入核心网。

核心部分：由各路由器连网，负责为边缘部分提供高速远程分组交换。

1-13 客户服务器方式与对等通信方式的主要区别是什么？有没有相同的地方？

答：前者严格区分服务和被服务者，后者无此区别。后者实际上是前者的双向应用。

1-14 计算机网络有哪些常用的性能指标？

答：速率，带宽，吞吐量，时延，时延带宽积，往返时间 RTT，利用率

1-15 假定网络利用率达到了 90%。试估计一下现在的网络时延是它的最小值的多少倍？

解：设网络利用率为 U ，网络时延为 D ，网络时延最小值为 D_0

$U=90\%; D=D_0/(1-U) \rightarrow D/D_0=10$

现在的网络时延是最小值的 10 倍

1-16 计算机通信网有哪些非性能特征？非性能特征与性能特征有什么区别？

答：征：宏观整体评价网络的外在表现。性能指标：具体定量描述网络的技术性能。

1-17 收发两端之间的传输距离为 1000km，信号在媒体上的传播速率为 $2 \times 10^8 \text{m/s}$ 。试

计算以下两种情况的发送时延和传播时延：

(1) 数据长度为 107bit，数据发送速率为 100kb/s。

(2) 数据长度为 103bit，数据发送速率为 1Gb/s。

从上面的计算中可以得到什么样的结论？

解：(1) 发送时延： $t_s = 107/105 = 100\text{s}$

传播时延 $t_p = 106/(2 \times 10^8) = 0.005\text{s}$

(2) 发送时延 $t_s = 103/10^9 = 1\mu\text{s}$

传播时延： $t_p = 106/(2 \times 10^8) = 0.005\text{s}$

结论：若数据长度大而发送速率低，则在总的时延中，发送时延往往大于传播时延。但

若数据长度短而发送速率高，则传播时延就可能是总时延中的主要成分。

1-18 假设信号在媒体上的传播速度为 $2 \times 10^8 \text{m/s}$ 。媒体长度 L 分别为：

(1) 10cm (网络接口卡)

(2) 100m (局域网)

(3) 100km (城域网)

(4) 5000km (广域网)

试计算出当数据率为 1Mb/s 和 10Gb/s 时在以上媒体中正在传播的比特数。

解：(1) 1Mb/s: 传播时延 $= 0.1/(2 \times 10^8) = 5 \times 10^{-10}$

比特数 $= 5 \times 10^{-10} \times 1 \times 10^6 = 5 \times 10^{-4}$

1Gb/s: 比特数 $= 5 \times 10^{-10} \times 1 \times 10^9 = 5 \times 10^{-1}$

(2) 1Mb/s: 传播时延 $= 100/(2 \times 10^8) = 5 \times 10^{-7}$

比特数 $= 5 \times 10^{-7} \times 1 \times 10^6 = 5 \times 10^{-1}$

1Gb/s: 比特数 $= 5 \times 10^{-7} \times 1 \times 10^9 = 5 \times 10^2$

(3) 1Mb/s: 传播时延 $= 100000/(2 \times 10^8) = 5 \times 10^{-4}$

比特数 $= 5 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^6 = 5 \times 10^2$

1Gb/s: 比特数 $= 5 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^9 = 5 \times 10^5$

(4) 1Mb/s: 传播时延 $= 5000000/(2 \times 10^8) = 2.5 \times 10^{-2}$

比特数 $= 2.5 \times 10^{-2} \times 1 \times 10^6 = 5 \times 10^4$

1Gb/s: 比特数 $= 2.5 \times 10^{-2} \times 1 \times 10^9 = 5 \times 10^7$

1-19 长度为 100 字节的应用层数据交给传输层传送，需加上 20 字节的 TCP 首部。再交给

网络层传送，需加上 20 字节的 IP 首部。最后交给数据链路层的以太网传送，加上首部和

尾部 18 字节。试求数据的传输效率。数据的传输效率是指发送的应用层数据除以所发送的总数据（即应用数据加上各种首部和尾部的额外开销）。

若应用层数据长度为 1000 字节，数据的传输效率是多少？

解：（1） $100 / (100 + 20 + 20 + 18) = 63.3\%$

（2） $1000 / (1000 + 20 + 20 + 18) = 94.5\%$

1-20 网络体系结构为什么要采用分层次的结构？试举出一些与分层体系结构的思想相似的日常生活。

答：分层的好处：

- ①各层之间是独立的。某一层可以使用其下一层提供的服务而不需要知道服务是如何实现的。
- ②灵活性好。当某一层发生变化时，只要其接口关系不变，则这层以上或以下的各层均不受影响。
- ③结构上可分割开。各层可以采用最合适的技术来实现
- ④易于实现和维护。
- ⑤能促进标准化工作。

与分层体系结构的思想相似的日常生活有邮政系统，物流系统。

1-21 协议与服务有何区别？有何关系？

答：网络协议：为进行网络中的数据交换而建立的规则、标准或约定。由以下三个要素组成：

- （1）语法：即数据与控制信息的结构或格式。
- （2）语义：即需要发出何种控制信息，完成何种动作以及做出何种响应。
- （3）同步：即事件实现顺序的详细说明。

协议是控制两个对等实体进行通信的规则集合。在协议的控制下，两个对等实体间的通信使得本层能够向上一层提供服务，而要实现本层协议，还需要使用下面一层提供服务。

协议和服务的概念的区别：

- 1、协议的实现保证了能够向上一层提供服务。本层的服务用户只能看见服务而无法看见下面的协议。下面的协议对上面的服务用户是透明的。
- 2、协议是“水平的”，即协议是控制两个对等实体进行通信的规则。但服务是“垂直的”，即服务是由下层通过层间接口向上层提供的。上层使用所提供的服务必须与下层交换一些命令，这些命令在 OSI 中称为服务原语。

1-22 网络协议的三个要素是什么？各有什么含义？

答：网络协议：为进行网络中的数据交换而建立的规则、标准或约定。由以下三个要素组成：

- （1）语法：即数据与控制信息的结构或格式。
- （2）语义：即需要发出何种控制信息，完成何种动作以及做出何种响应。
- （3）同步：即事件实现顺序的详细说明。

1-23 为什么一个网络协议必须把各种不利的情况都考虑到？

答：因为网络协议如果不全面考虑不利情况，当情况发生变化时，协议就会保持理想状况，一直等下去！就如同两个朋友在电话中约会好，下午 3 点在公园见面，并且约定不

见不散。这个协议就是很不科学的，因为任何一方如果有耽搁了而来不了，就无法通知对方，而另一方就必须一直等下去！所以看一个计算机网络是否正确，不能只看在正常情况下是否正确，而且还必须非常仔细的检查协议能否应付各种异常情况。

1-24 论述具有五层协议的网络体系结构的要点，包括各层的主要功能。

答：综合 OSI 和 TCP/IP 的优点，采用一种原理体系结构。各层的主要功能：

物理层 物理层的任务就是透明地传送比特流。（注意：传递信息的物理媒体，如双绞线、同轴电缆、光缆等，是在物理层的下面，当做第 0 层。） 物理层还要确定连接电缆插头的定义及连接法。

数据链路层 数据链路层的任务是在两个相邻结点间的线路上无差错地传送以帧（frame）为单位的数据。每一帧包括数据和必要的控制信息。

网络层 网络层的任务就是要选择合适的路由，使 发送站的运输层所传下来的分组能够正确无误地按照地址找到目的站，并交付给目的站的运输层。

运输层 运输层的任务是向上一层的进行通信的两个进程之间提供一个可靠的端到端服务，使它们看不见运输层以下的数据通信的细节。

应用层 应用层直接为用户的应用进程提供服务。

1-25 试举出日常生活中有关“透明”这种名词的例子。

答：电视，计算机视窗操作系统、工农业产品

1-26 试解释以下名词：协议栈、实体、对等层、协议数据单元、服务访问点、客户、服务器、客户-服务器方式。

答：实体(entity) 表示任何可发送或接收信息的硬件或软件进程。

协议是控制两个对等实体进行通信的规则集合。

客户(client)和服务器(server)都是指通信中所涉及的两个应用进程。客户是服务的请求方，服务器是服务的提供方。

客户服务器方式所描述的是进程之间服务和被服务的关系。

协议栈：指计算机网络体系结构采用分层模型后，每层的主要功能由对等层协议的运行来实现，因而每层可用一些主要协议来表征，几个层次画在一起很像一个栈的结构

对等层：在网络体系结构中，通信双方实现同样功能的层。

协议数据单元：对等层实体进行信息交换的数据单位。

服务访问点：在同一系统中相邻两层的实体进行交互（即交换信息）的地方。服务访问点

SAP 是一个抽象的概念，它实体上就是一个逻辑接口。

1-27 试解释 everything over IP 和 IP over everything 的含义。

TCP/IP 协议可以为各式各样的应用提供服务（所谓的 everything over ip）

答：允许 IP 协议在各式各样的网络构成的互联网上运行（所谓的 ip over everything）

第二章 物理层

2-01 物理层要解决哪些问题？物理层的主要特点是什么？

答：物理层要解决的主要问题：

- (1) 物理层要尽可能地屏蔽掉物理设备和传输媒体，通信手段的不同，使数据链路层感觉不到这些差异，只考虑完成本层的协议和服务。
- (2) 给其服务用户（数据链路层）在一条物理的传输媒体上传送和接收比特流（一般为串行按顺序传输的比特流）的能力，为此，物理层应该解决物理连接的建立、维持和释放问题。
- (3) 在两个相邻系统之间唯一地标识数据电路

物理层的主要特点：

- (1) 由于在 OSI 之前，许多物理规程或协议已经制定出来了，而且在数据通信领域中，这些物理规程已被许多商品化的设备所采用，加之，物理层协议涉及的范围广泛，所以至今没有按 OSI 的抽象模型制定一套新的物理层协议，而是沿用已存在的物理规程，将物理层确定为描述与传输媒体接口的机械，电气，功能和规程特性。
- (2) 由于物理连接的方式很多，传输媒体的种类也很多，因此，具体的物理协议相当复杂。

2-02 归层与协议有什么区别？

答：规程专指物理层协议

2-03 试给出数据通信系统的模型并说明其主要组成构建的作用。

答：源点：源点设备产生要传输的数据。源点又称为源站。

发送器：通常源点生成的数据要通过发送器编码后才能在传输系统中进行传输。

接收器：接收传输系统传送过来的信号，并将其转换为能够被目的设备处理的信息。

终点：终点设备从接收器获取传送过来的信息。终点又称为目的站

传输系统：信号物理通道

2-04 试解释以下名词：数据，信号，模拟数据，模拟信号，基带信号，带通信号，数字数据，数字信号，码元，单工通信，半双工通信，全双工通信，串行传输，并行传输。

答：数据：是运送信息的实体。

信号：则是数据的电气的或电磁的表现。

模拟数据：运送信息的模拟信号。

模拟信号：连续变化的信号。

数字信号：取值为有限的几个离散值的信号。

数字数据：取值为不连续数值的数据。

码元(code)：在使用时间域（或简称为时域）的波形表示数字信号时，代表不同离散数值的基本波形。

单工通信：即只有一个方向的通信而没有反方向的交互。

半双工通信：即通信和双方都可以发送信息，但不能双方同时发送（当然也不能同时接收）。这种通信方式是一方发送另一方接收，过一段时间再反过来。

全双工通信：即通信的双方可以同时发送和接收信息。

基带信号（即基本频带信号）——来自信源的信号。像计算机输出的代表各种文字或图像文件的数据信号都属于基带信号。

带通信号——把基带信号经过载波调制后，把信号的频率范围搬移到较高的频段以便在

信道中传输（即仅在一段频率范围内能够通过信道）。

2-05 物理层的接口有哪几个方面的特性？个包含些什么内容？

答：（1）机械特性

指明接口所用的接线器的形状和尺寸、引线数目和排列、固定和锁定装置等等

。

（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表示何意。

（4）规程特性

说明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序。

2-06 数据在信道中的传输速率受哪些因素的限制？信噪比能否任意提高？香农公式在

数据通信中的意义是什么？“比特/每秒”和“码元/每秒”有何区别？

答：码元传输速率受奈氏准则的限制，信息传输速率受香农公式的限制

香农公式在数据通信中的意义是：只要信息传输速率低于信道的极限传信率，就可实现无差传输。

比特/s 是信息传输速率的单位

码元传输速率也称为调制速率、波形速率或符号速率。一个码元不一定对应于一个比特。

2-07 假定某信道受奈氏准则限制的最高码元速率为 20000 码元/秒。如果采用振幅调制

，把码元的振幅划分为 16 个不同等级来传送，那么可以获得多高的数据率（b/s）？

答： $C = R \cdot \log_2(16) = 20000 \text{ b/s} \cdot 4 = 80000 \text{ b/s}$

2-08 假定要用 3KHz 带宽的电话信道传送 64kb/s 的数据（无差错传输），试问这个信道

应具有多高的信噪比（分别用比值和分贝来表示？这个结果说明什么问题？）

答： $C = W \log_2(1 + S/N)$ (b/s)

$W = 3 \text{ kHz}$, $C = 64 \text{ kHz}$ —— $S/N = 64.2 \text{ dB}$ 是个信噪比要求很高的信源

2-09 用香农公式计算一下，假定信道带宽为 3100Hz，最大信道传输速率为 35Kb/s，

那么若想使最大信道传输速率增加 60%，问信噪比 S/N 应增大到多少倍？如果在刚

才计算出的基础上将信噪比 S/N 应增大到多少倍？如果在刚才计算出的基础上将信噪

比 S/N 再增大到十倍，问最大信息速率能否再增加 20%？

答： $C = W \log_2(1 + S/N)$ b/s— $SN1 = 2^{(C1/W) - 1} = 2^{(35000/3100) - 1}$

$SN2 = 2^{(C2/W) - 1} = 2^{(1.6 \cdot C1/W) - 1} = 2^{(1.6 \cdot 35000/3100) - 1}$

$SN2/SN1 = 100$ 信噪比应增大到约 100 倍。

$C3 = W \log_2(1 + SN3) = W \log_2(1 + 10 \cdot SN2)$

$C3/C2 = 18.5\%$

如果在此基础上将信噪比 S/N 再增大到 10 倍，最大信息速率只能再增加 18.5%左右

2-10 常用的传输媒体有哪几种？各有何特点？

答：双绞线

屏蔽双绞线 STP (Shielded Twisted Pair)

无屏蔽双绞线 UTP (Unshielded Twisted Pair)

同轴电缆

50 W 同轴电缆

75 W 同轴电缆

光缆

无线传输：短波通信/微波/卫星通信

2-11 假定有一种双绞线的衰减是 0.7dB/km(在 1 kHz 时)，若容许有 20dB 的衰减，试问使用这种双绞线的链路的工作距离有多长？如果要双绞线的工作距离增大到 100 公里，试应当使衰减降低到多少？

解：使用这种双绞线的链路的工作距离为 $=20/0.7=28.6\text{km}$

衰减应降低到 $20/100=0.2\text{db}$

2-12 试计算工作在 1200nm 到 1400nm 之间以及工作在 1400nm 到 1600nm 之间的光波的频带宽度。假定光在光纤中的传播速率为 $2 \times 10^8\text{m/s}$ 。

解：

$V=L \cdot F - \Delta F = V/L - \Delta B = F_2 - F_1 = V/L_1 - V/L_2$

1200nm 到 1400nm：带宽=23.8THZ

1400nm 到 1600nm：带宽=17.86THZ

2-13 为什么要使用信道复用技术？常用的信道复用技术有哪些？

答：为了通过共享信道、最大限度提高信道利用率。

频分、时分、码分、波分。

2-14 试写出下列英文缩写的全文，并做简单的解释。

FDM, TDM, STDM, WDM, DWDM, CDMA, SONET, SDH, STM-1, OC-48.

答：FDM(frequency division multiplexing)

TDM(Time Division Multiplexing)

STDM(Statistic Time Division Multiplexing)

WDM(Wave Division Multiplexing)

DWDM(Dense Wave Division Multiplexing)

CDMA(Code Wave Division Multiplexing)

SONET(Synchronous Optical Network) 同步光纤网

SDH(Synchronous Digital Hierarchy) 同步数字系列

STM-1(Synchronous Transfer Module) 第 1 级同步传递模块

OC-48(Optical Carrier) 第 48 级光载波

2-15 码分多址 CDMA 为什么可以使所有用户在同样的时间使用同样的频带进行通信而不会互相干扰？这种复用方法有何优缺点？

答：各用户使用经过特殊挑选的相互正交的不同码型，因此彼此不会造成干扰。

这种系统发送的信号有很强的抗干扰能力，其频谱类似于白噪声，不易被敌人发现。

。占用较大的带宽。

2-16 共有 4 个站进行码分多址通信。4 个站的码片序列为

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: $(-1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 -1)$

现收到这样的码片序列 S: $(-1 +1 -3 +1 -1 -3 +1 +1)$ 。问哪个站发送数据了？发

送数据的站发送的是 0 还是 1?

解: $S?A = (+1-1+3+1-1+3+1+1) / 8 = 1$, A 发送 1

$S?B = (+1-1-3-1-1-3+1-1) / 8 = -1$, B 发送 0

$S?C = (+1+1+3+1-1-3-1-1) / 8 = 0$, C 无发送

$S?D = (+1+1+3-1+1+3+1-1) / 8 = 1$, D 发送 1

2-17 试比较 xDSL、HFC 以及 FTTx 接入技术的优缺点?

答: xDSL 技术就是用数字技术对现有的模拟电话用户线进行改造, 使它能够承载宽带业务。成本低, 易实现, 但带宽和质量差异性大。

HFC 网的最大的优点具有很宽的频带, 并且能够利用已经有相当大的覆盖面的有线电视

网。要将现有的 450 MHz 单向传输的有线电视网络改造为 750 MHz 双向传输的 HFC 网

需要相当的资金和时间。

FTTx (光纤到……) 这里字母 x 可代表不同意思。可提供最好的带宽和质量、但现阶段

线路和工程成本太大。

2-18 为什么在 ADSL 技术中, 在不到 1MHz 的带宽中却可以传送速率高达每秒几个兆比?

答: 靠先进的 DMT 编码, 频分多载波并行传输、使得每秒传送一个码元就相当于每秒传送多个比特

第三章 数据链路层

3-01 数据链路(即逻辑链路)与链路(即物理链路)有何区别? “电路接通了”与“数

据链路接通了”的区别何在?

答: 数据链路与链路的区别在于数据链路出链路外, 还必须有一些必要的规程来控制数据的传输, 因此, 数据链路比链路多了实现通信规程所需要的硬件和软件。

“电路接通了”表示链路两端的结点交换机已经开机, 物理连接已经能够传送比特流了

, 但是, 数据传输并不可靠, 在物理连接基础上, 再建立数据链路连接, 才是“数据链路接通了”, 此后, 由于数据链路连接具有检测、确认和重传功能, 才使不太可靠的物理链路变成可靠的数据链路, 进行可靠的数据传输当数据链路断开连接时, 物理电路连接不一定跟着断开连接。

3-02 数据链路层中的链路控制包括哪些功能?试讨论数据链路层做成可靠的链路层

有哪些优点和缺点。

答: 链路管理

帧定界

流量控制

差错控制

将数据和控制信息区分开

透明传输

寻址

可靠的链路层的优点和缺点取决于所应用的环境：对于干扰严重的信道，可靠的链路层可以将重传范围约束在局部链路，防止全网络的传输效率受损；对于优质信道，采用可靠的链路层会增大资源开销，影响传输效率。

3-03 网络适配器的作用是什么？网络适配器工作在哪一层？

答：适配器（即网卡）来实现数据链路层和物理层这两层的协议的硬件和软件
网络适配器工作在 TCP/IP 协议中的网络接口层（OSI 中的数据链里层和物理层）

3-04 数据链路层的三个基本问题（帧定界、透明传输和差错检测）为什么都必须加以解决？

答：帧定界是分组交换的必然要求

透明传输避免消息符号与帧定界符号相混淆

差错检测防止合差错的无效数据帧浪费后续路由上的传输和处理资源

3-05 如果在数据链路层不进行帧定界，会发生什么问题？

答：无法区分分组与分组

无法确定分组的控制域和数据域

无法将差错更正的范围限定在确切的局部

3-06 PPP 协议的主要特点是什么？为什么 PPP 不使用帧的编号？PPP 适用于什么情况？为什么 PPP 协议不能使数据链路层实现可靠传输？

答：简单，提供不可靠的数据报服务，检错，无纠错

不使用序号和确认机制

地址字段 A 只置为 0xFF。地址字段实际上并不起作用。

控制字段 C 通常置为 0x03。

PPP 是面向字节的

当 PPP 用在同步传输链路时，协议规定采用硬件来完成比特填充（和 HDLC 的做法一

样），当 PPP 用在异步传输时，就使用一种特殊的字符填充法

PPP 适用于线路质量不太差的情况下、PPP 没有编码和确认机制

3-07 要发送的数据为 1101011011。采用 CRC 的生成多项式是 $P(X) = X^4 + X + 1$ 。试求应添加在数据后面的余数。数据在传输过程中最后一个 1 变成了 0，问接收端能否发现？若数据在传输过程中最后两个 1 都变成了 0，问接收端能否发现？采用 CRC 检验后，数据链路的传输是否就变成了可靠的传输？

答：作二进制除法， $1101011011 \div 000010011$ 得余数 1110，添加的检验序列是 1110。

作二进制除法，两种错误均可发现

仅仅采用了 CRC 检验，缺重传机制，数据链路层的传输还不是可靠的传输。

3-08 要发送的数据为 101110。采用 CRC 生成多项式是 $P(X) = X^3 + 1$ 。试求应添加在数据后面的余数。

答：作二进制除法， $101110 \div 00010011$ 添加在数据后面的余数是 011

3-09 一个 PPP 帧的数据部分（用十六进制写出）是 7D 5E FE 27 7D 5D 7D 5D 65 7D

5E。试问真正的数据是什么（用十六进制写出）？

答：7D 5E FE 27 7D 5D 7D 5D 65 7D 5E

7E FE 27 7D 7D 65 7D

3-10 PPP 协议使用同步传输技术传送比特串 0110111111111100。试问经过零比特填

充后变成怎样的比特串？若接收端收到的 PPP 帧的数据部分是 0001110111110111110110

，问删除发送端加入的零比特后变成怎样的比特串？

答：011011111 11111 00

0110111110111111000

0001110111110111110110

000111011111 11111 110

3-11 试分别讨论一下各种情况在什么条件下是透明传输，在什么条件下不是透明传

输。（提示：请弄清什么是“透明传输”，然后考虑能否满足其条件。）

- (1) 普通的电话通信。
- (2) 电信局提供的公用电报通信。
- (3) 因特网提供的电子邮件服务。

3-12 PPP 协议的工作状态有哪一种？当用户要使用 PPP 协议和 ISP 建立连接进行通信

需要建立哪几种连接？每一种连接解决什么问题？

3-13 局域网的主要特点是什么？为什么局域网采用广播通信方式而广域网不采用呢

？

答：局域网 LAN 是指在较小的地理范围内，将有限的通信设备互联起来的计算机通信网

络

从功能的角度来看，局域网具有以下几个特点：

- (1) 共享传输信道，在局域网中，多个系统连接到一个共享的通信媒体上。
- (2) 地理范围有限，用户个数有限。通常局域网仅为一个单位服务，只在一个相对独立的局部范围内连网，如一座楼或集中的建筑群内，一般来说，局域网的覆盖范围越位 10m~10km 内或更大一些。

从网络的体系结构和传输检测提醒来看，局域网也有自己的特点：

- (1) 低层协议简单
- (2) 不单独设立网络层，局域网的体系结构仅相当于相当与 OSI/RM 的最低两层
- (3) 采用两种媒体访问控制技术，由于采用共享广播信道，而信道又可用不同的传输媒体，所以局域网面对的问题是多元，多目的的连连管理，由此引发出多中媒体访问控制技术

在局域网中各站通常共享通信媒体，采用广播通信方式是天然合适的，广域网通常采站

点间直接构成格状网。

3-14 常用的局域网的网络拓扑有哪些种类？现在最流行的是哪种结构？为什么早期

的以太网选择总线拓扑结构而不是星形拓扑结构，但现在却改为使用星形拓扑结构？

答：星形网，总线网，环形网，树形网

当时很可靠的星形拓扑结构较贵，人们都认为无源的总线结构更加可靠，但

实践证明，连接有大量站点的总线式以太网很容易出现故障，而现在专用的 ASIC 芯片的

使用可以讲星形结构的集线器做的非常可靠，因此现在的以太网一般都使用星形结构的拓扑。

3-15 什么叫做传统以太网？以太网有哪两个主要标准？

答：DIX Ethernet V2 标准的局域网

DIX Ethernet V2 标准与 IEEE 的 802.3 标准

3-16 数据率为 10Mb/s 的以太网在物理媒体上的码元传输速率是多少码元/秒？

答：码元传输速率即为波特率，以太网使用曼彻斯特编码，这就意味着发送的每一位都有两个信号周期。标准以太网的数据速率是 10MB/s，因此波特率是数据率的两倍，即 20M 波特

3-17 为什么 LLC 子层的标准已制定出来了但现在却很少使用？

答：由于 TCP/IP 体系经常使用的局域网是 DIX Ethernet V2 而不是 802.3 标准中的几种局域网，因此现在 802 委员会制定的逻辑链路控制子层 LLC（即 802.2 标准）的作用已经不大。

3-18 试说明 10BASE-T 中的“10”、“BASE”和“T”所代表的意思。

答：10BASE-T 中的“10”表示信号在电缆上的传输速率为 10MB/s，“BASE”表示电缆上的信号是基带信号，“T”代表双绞线星形网，但 10BASE-T 的通信距离稍短，每个站到集线器的距离不超过 100m。

3-19 以太网使用的 CSMA/CD 协议是以争用方式接入到共享信道。这与传统的时分复用 TDM 相比优缺点如何？

答：传统的时分复用 TDM 是静态时隙分配，均匀高负荷时信道利用率高，低负荷或符合不均匀时资源浪费较大，CSMA/CD 课动态使用空闲新到资源，低负荷时信道利用率高，但控制复杂，高负荷时信道冲突大。

3-20 假定 1km 长的 CSMA/CD 网络的数据率为 1Gb/s。设信号在网络上的传播速率为 200000km/s。求能够使用此协议的最短帧长。

答：对于 1km 电缆，单程传播时间为 $1/200000=5$ 为微秒，来回路程传播时间为 10 微秒，为了能够按照 CSMA/CD 工作，最小帧的发射时间不能小于 10 微秒，以 Gb/s 速率工作，10 微秒可以发送的比特数等于 $10 \times 10^{-6} / 1 \times 10^{-9} = 10000$ ，因此，最短帧是 10000 位或 1250 字节长

3-21 什么叫做比特时间？使用这种时间单位有什么好处？100 比特时间是多少微秒？

答：比特时间是发送一比特多需的时间，它是传信率的倒数，便于建立信息长度与发送延迟的关系

“比特时间”换算成“微秒”必须先知道数据率是多少，如数据率是 10Mb/s，则 100 比特时间等于 10 微秒。

3-22 假定在使用 CSMA/CD 协议的 10Mb/s 以太网中某个站在发送数据时检测到碰撞，执行退避算法时选择了随机数 $r=100$ 。试问这个站需要等待多长时间后才能再次发送数据？如果是 100Mb/s 的以太网呢？

答：对于 10mb/s 的以太网，以太网把争用期定为 51.2 微秒，要退后 100 个争用期，等待

时间是 $51.2 \text{ (微秒)} \times 100 = 5.12 \text{ms}$

对于 100mb/s 的以太网，以太网把争用期定为 5.12 微秒 ，要退后 100 个争用期，等待时间

是 $5.12 \text{ (微秒)} \times 100 = 512 \text{ 微秒}$

3-23 公式 (3-3) 表示，以太网的极限信道利用率与连接在以太网上的站点数无关

。能否由此推论出：以太网的利用率也与连接在以太网的站点数无关？请说明你的理由

。

答：实际的以太网各给发送数据的时刻是随即的，而以太网的极限信道利用率的得出是

假定以太网使用了特殊的调度方法（已经不再是 CSMA/CD 了），使各结点的发送不发生碰撞。

3-24 假定站点 A 和 B 在同一个 10Mb/s 以太网网段上。这两个站点之间的传播时延为

225 比特时间 。现假定 A 开始发送一帧，并且在 A 发送结束之前 B 也发送一帧。如果 A 发送

的是以太网所容许的最短的帧，那么 A 在检测到和 B 发生碰撞之前能否把自己的数据发送

完毕？换言之，如果 A 在发送完毕之前并没有检测到碰撞，那么能否肯定 A 所发送的帧不

会和 B 发送的帧发生碰撞？（提示：在计算时应当考虑到每一个以太网帧在发送到信道

上时，在 MAC 帧前面还要增加若干字节的前同步码和帧定界符）

答：设在 $t=0$ 时 A 开始发送，在 $t = (64+8) \times 8 = 576 \text{ 比特时间}$ ，A 应当发送完毕。 $t=225 \text{ 比特}$

时间，B 就检测出 A 的信号。只要 B 在 $t=224 \text{ 比特时间}$ 之前发送数据，A 在发送完毕之前就

一定检测到碰撞，就能够肯定以后也不会再发送碰撞了

如果 A 在发送完毕之前并没有检测到碰撞，那么就能够肯定 A 所发送的帧不会和 B 发送的帧发生碰撞（当然也不会和其他站点发生碰撞）。

3-25 在上题中的站点 A 和 B 在 $t=0$ 时同时发送了数据帧。当 $t=255 \text{ 比特时间}$ ，A 和 B 同时

检测到发生了碰撞，并且在 $t=255+48=273 \text{ 比特时间}$ 完成了干扰信号的传输。A 和 B 在

CSMA/CD 算法中选择不同的 r 值退避。假定 A 和 B 选择的随机数分别是 $r_A=0$ 和 $r_B=1$ 。试问 A

和 B 各在什么时间开始重传其数据帧？A 重传的数据帧在什么时间到达 B？A 重传的数据会

不会和 B 重传的数据再次发生碰撞？B 会不会在预定的重传时间停止发送数据？

答： $t=0$ 时，A 和 B 开始发送数据

$T_1=225 \text{ 比特时间}$ ，A 和 B 都检测到碰撞（ τ ）

$T_2=273 \text{ 比特时间}$ ，A 和 B 结束干扰信号的传输（ T_1+48 ）

$T_3=594 \text{ 比特时间}$ ，A 开始发送（ $T_2+\tau+r_A \times \tau+96$ ）

$T_4=785 \text{ 比特时间}$ ，B 再次检测信道。（ $T_4+T_2+\tau+r_B \times \tau$ ）如空闲，则 B 在 $T_5=881 \text{ 比特时}$

间发送数据、否则再退避。（ $T_5=T_4+96$ ）

A 重传的数据在 819 比特时间 到达 B，B 先检测到信道忙，因此 B 在预定的 881 比特时间 停止

发送

3-26 以太网上只有两个站，它们同时发送数据，产生了碰撞。于是按截断二进制指

数退避算法进行重传。重传次数记为 i ， $i=1, 2, 3, \dots$ 。试计算第 1 次重传失败的概率

、第 2 次重传的概率、第 3 次重传失败的概率，以及一个站成功发送数据之前的平均重传

次数 I 。

答：将第 i 次重传成功的概率记为 p_i 。显然

第一次重传失败的概率为 0.5，第二次重传失败的概率为 0.25，第三次重传失败的概率为 0.125。平均重传次数 $I=1.637$

3-27 假定一个以太网上的通信量中的 80%是在本局域网上进行的，而其余的 20%的通信量是在本局域网和因特网之间进行的。另一个以太网的情况则反过来。这两个以太网一个使用以太网集线器，而另一个使用以太网交换机。你认为以太网交换机应当用在哪个网络？

答：集线器为物理层设备，模拟了总线这一共享媒介共用，成为局域网通信容量的瓶颈。

交换机则为链路层设备，可实现透明交换

局域网通过路由器与因特网相连

当本局域网和因特网之间的通信量占主要成份时，形成集中面向路由器的数据流，使用集线器冲突较大，采用交换机能得到改善。

当本局域网内通信量占主要成份时，采用交换机改善对外流量不明显

3-28 有 10 个站连接到以太网上。试计算一下三种情况下每一个站所能得到的带宽。

(1) 10 个站都连接到一个 10Mb/s 以太网集线器；

(2) 10 个站都连接到一个 100Mb/s 以太网集线器；

(3) 10 个站都连接到一个 10Mb/s 以太网交换机。

答：(1) 10 个站都连接到一个 10Mb/s 以太网集线器：10mb/s

(2) 10 个站都连接到一个 100mb/s 以太网集线器：100mb/s

(3) 10 个站都连接到一个 10mb/s 以太网交换机：10mb/s

3-29 10Mb/s 以太网升级到 100Mb/s、1Gb/s 和 10Gb/s 时，都需要解决哪些技术问题？为什么以太网能够在发展的过程中淘汰掉自己的竞争对手，并使自己的应用范围从局域网一直扩展到城域网和广域网？

答：技术问题：使参数 a 保持为较小的数值，可通过减小最大电缆长度或增大帧的最小长度

在 100mb/s 的以太网中采用的方法是保持最短帧长不变，但将一个网段的最大电缆的度减小到 100m，帧间时间间隔从原来 9.6 微秒改为现在的 0.96 微秒

吉比特以太网仍保持一个网段的最大长度为 100m，但采用了“载波延伸”的方法，使最短帧长仍为 64 字节（这样可以保持兼容性）、同时将争用时间增大为 512 字节。并使用“分组突发”减小开销

10 吉比特以太网的帧格式与 10mb/s，100mb/s 和 1Gb/s 以太网的帧格式完全相同

吉比特以太网还保留标准规定的以太网最小和最大帧长，这就使用户在将其已有的以太网进行升级时，仍能 and 较低速率的以太网很方便地通信。

由于数据率很高，吉比特以太网不再使用铜线而只使用光纤作为传输媒体，它使用长距离（超过 km）的光收发器与单模光纤接口，以便能够工作在广

3-30 以太网交换机有何特点？用它怎样组成虚拟局域网？

答：以太网交换机则为链路层设备，可实现透明交换

虚拟局域网 VLAN 是由一些局域网网段构成的与物理位置无关的逻辑组。

这些网段具有某些共同的需求。

虚拟局域网协议允许在以太网的帧格式中插入一个 4 字节的标识符，称为 VLAN 标记（tag），用来指明发送该帧的工作站属于哪一个虚拟局域网。

3-31 网桥的工作原理和特点是什么？网桥与转发器以及以太网交换机有何异同？

答：网桥工作在数据链路层，它根据 MAC 帧的目的地址对收到的帧进行转发。

网桥具有过滤帧的功能。当网桥收到一个帧时，并不是向所有的接口转发此帧，而是先

检查此帧的目的 MAC 地址，然后再确定将该帧转发到哪一个接口

转发器工作在物理层，它仅简单地转发信号，没有过滤能力

以太网交换机则为链路层设备，可视为多端口网桥

3-32 图 3-35 表示有五个站点分别连接在三个局域网，并且用网桥 B1 和 B2 连接起来

。每一个网桥都有两个接口（1 和 2）。在一开始，两个网桥中的转发表都是空的。以后

有以下各站向其他的站发送了数据帧：A 发送给 E，C 发送给 B，D 发送给 C，B 发送给 A。试

把有关数据填写在表 3-2 中。

发送的帧 B1 的转发表 B2 的转发表 B1 的处理

（转发？丢弃？登记？） B2 的处理

（转发？丢弃？登记？）

地址 接口 地址 接口

A→E A 1 A 1 转发，写入转发表 转发，写入转

发表

C→B C 2 C 1 转发，写入转发表 转发，写入转

发表

D→C D 2 D 2 写入转发表，丢弃不转发 转发，写入转

发表

B→A B 1 写入转发表，丢弃不转发 接收不到这个

帧

3-33 网桥中的转发表是用自学习算法建立的。如果有的站点总是不发送数据而仅仅

接受数据，那么在转发表中是否就没有与这样的站点相对应的项目？如果要向这个站点

发送数据帧，那么网桥能够把数据帧正确转发到目的地址吗？

答：没有与这样的站点相对应的项目；

网桥能够利用广播把数据帧正确转发到目的地址

第四章 网络层

1. 网络层向上提供的服务有哪两种？是比较其优缺点。

网络层向运输层提供 “面向连接” 虚电路 (Virtual Circuit) 服务或 “无连接” 数

据报服务

前者预约了双方通信所需的一切网络资源。优点是能提供服务质量的承诺。即所传送的

分组不出错、丢失、重复和失序（不按序列到达终点），也保证分组传送的时限，缺点

是路由器复杂，网络成本高；

后者无网络资源障碍，尽力而为，优缺点与前者互易

2. 网络互连有何实际意义？进行网络互连时，有哪些共同的问题需要解决？

网络互联可扩大用户共享资源范围和更大的通信区域

进行网络互连时，需要解决共同的问题有：

不同的寻址方案

不同的最大分组长度

不同的网络接入机制

不同的超时控制

不同的差错恢复方法

不同的状态报告方法

不同的路由选择技术

不同的用户接入控制

不同的服务（面向连接服务和无连接服务）

不同的管理与控制方式

3. 作为中间设备，转发器、网桥、路由器和网关有何区别？

中间设备又称为中间系统或中继(relay)系统。

物理层中继系统：转发器(repeater)。

数据链路层中继系统：网桥或桥接器(bridge)。

网络层中继系统：路由器(router)。

网桥和路由器的混合物：桥路器(brouter)。

网络层以上的中继系统：网关(gateway)。

4. 试简单说明下列协议的作用：IP、ARP、RARP 和 ICMP。

IP 协议：实现网络互连。使参与互连的性能各异的网络从用户看起来好像是一个统一

的网络。网际协议 IP 是 TCP/IP 体系中两个最主要的协议之一，与 IP 协议配套使用的还有

四个协议。

ARP 协议：是解决同一个局域网上的主机或路由器的 IP 地址和硬件地址的映射问题。

RARP：是解决同一个局域网上的主机或路由器的硬件地址和 IP 地址的映射问题。

ICMP：提供差错报告和询问报文，以提高 IP 数据交付成功的机会

因特网组管理协议 IGMP：用于探寻、转发本局域网内的组成员关系。

5. IP 地址分为几类？各如何表示？IP 地址的主要特点是什么？

分为 ABCDE 5 类；

每一类地址都由两个固定长度的字段组成，其中一个字段是网络号 net-id，它标志主

机（或路由器）所连接到的网络，而另一个字段则是主机号 host-id，它标志该主机（

或路由器)。

各类地址的网络号字段 net-id 分别为 1, 2, 3, 0, 0 字节; 主机号字段 host-id 分别为 3

字节、2 字节、1 字节、4 字节、4 字节。

特点:

(1) IP 地址是一种分等级的地址结构。分两个等级的好处是:

第一, IP 地址管理机构在分配 IP 地址时只分配网络号, 而剩下的主机号则由得到该

网络号的单位自行分配。这样就方便了 IP 地址的管理。

第二, 路由器仅根据目的主机所连接的网络号来转发分组 (而不考虑目的主机号), 这

样就可以使路由表中的项目数大幅度减少, 从而减小了路由表所占的存储空间。

(2) 实际上 IP 地址是标志一个主机 (或路由器) 和一条链路的接口。

当一个主机同时连接到两个网络上时, 该主机就必须同时具有两个相应的 IP 地址, 其

网络号 net-id 必须是不同的。这种主机称为多归属主机 (multihomed host)。

由于一个路由器至少应当连接到两个网络 (这样它才能将 IP 数据报从一个网络转发到

另一个网络), 因此一个路由器至少应当有两个不同的 IP 地址。

(3) 用转发器或网桥连接起来的若干个局域网仍为一个网络, 因此这些局域网都具有同

样的网络号 net-id。

(4) 所有分配到网络号 net-id 的网络, 范围很小的局域网, 还是可能覆盖很大地理范

围的广域网, 都是平等的。

6. 试根据 IP 地址的规定, 计算出表 4-2 中的各项数据。

解: 1) A 类网中, 网络号占七个 bit, 则允许用的网络数为 2 的 7 次方, 为 128, 但是要

除去 0 和 127 的情况, 所以能用的最大网络数是 126, 第一个网络号是 1, 最后一个网络号

是 126。主机号占 24 个 bit, 则允许用的最大主机数为 2 的 24 次方, 为 16777216, 但是也

要除去全 0 和全 1 的情况, 所以能用的最大主机数是 16777214。

2) B 类网中, 网络号占 14 个 bit, 则能用的最大网络数为 2 的 14 次方, 为 16384, 第 一

个网络号是 128.0, 因为 127 要用作本地软件回送测试, 所以从 128 开始, 其点后的还可

以容纳 2 的 8 次方为 256, 所以以 128 为开始的网络号为 128.0~128.255, 共 256 个, 以此

类推, 第 16384 个网络号的计算方法是: $16384/256=64$, $128+64=192$, 则可推算出为

191.255。主机号占 16 个 bit, 则允许用的最大主机数为 2 的 16 次方, 为 65536, 但是也

要除去全 0 和全 1 的情况, 所以能用的最大主机数是 65534。

3) C 类网中, 网络号占 21 个 bit, 则能用的网络数为 2 的 21 次方, 为 2097152, 第一个网

络号是 192.0.0, 各个点后的数占一个字节, 所以以 192 为开始的网络号为

192.0.0~192.255.255, 共 $256*256=65536$, 以此类推, 第 2097152 个网络号的计算方法

是: $2097152/65536=32$, $192+32=224$, 则可推算出为 223.255.255。主机号占 8 个 bit, 则

允许用的最大主机数为 2 的 8 次方, 为 256, 但是也要除去全 0 和全 1 的情况, 所以能用的

最大主机数是 254。

7. 试说明 IP 地址与硬件地址的区别, 为什么要使用这两种不同的地址?

IP 地址就是给每个连接在因特网上的主机 (或路由器) 分配一个在全世界范围是唯一

的 32 位的标识符。从而把整个因特网看成为一个单一的、抽象的网络
在实际网络的链路上传送数据帧时，最终还是必须使用硬件地址。
MAC 地址在一定程度上与硬件一致，基于物理、能够标识具体的链路通信对象、IP 地址

给予逻辑域的划分、不受硬件限制。

8. IP 地址方案与我国的电话号码体制的主要不同点是什么？

于网络的地理分布无关

9. (1) 子网掩码为 255.255.255.0 代表什么意思？

有三种含义

其一是一个 A 类网的子网掩码，对于 A 类网络的 IP 地址，前 8 位表示网络号，后 24 位表示
主机号，使用子网掩码 255.255.255.0 表示前 8 位为网络号，中间 16 位用于子网段的划分
，最后 8 位为主机号。

第二种情况为一个 B 类网，对于 B 类网络的 IP 地址，前 16 位表示网络号，后 16 位表示主机
号，使用子网掩码 255.255.255.0 表示前 16 位为网络号，中间 8 位用于子网段的划分，最
后 8 位为主机号。

第三种情况为一个 C 类网，这个子网掩码为 C 类网的默认子网掩码。

(2) 一网络的现在掩码为 255.255.255.248，问该网络能够连接多少个主机？

255.255.255.248 即 11111111.11111111.11111111.11111000.

每一个子网上的主机为 $(2^3)=6$ 台

掩码位数 29，该网络能够连接 8 个主机，扣除全 1 和全 0 后为 6 台。

(3) 一 A 类网络和一 B 网络的子网号 subnet-id 分别为 16 个 1 和 8 个 1，问这两个子网掩码

有何不同？

A 类网络：11111111 11111111 11111111 00000000

给定子网号（16 位“1”）则子网掩码为 255.255.255.0

B 类网络 11111111 11111111 11111111 00000000

给定子网号（8 位“1”）则子网掩码为 255.255.255.0 但子网数目不同

(4) 一个 B 类地址的子网掩码是 255.255.240.0。试问在其中每一个子网上的主机数最
多是多少？

$(240)_{10} = (128+64+32+16)_{10} = (11110000)_2$

Host-id 的位数为 $4+8=12$ ，因此，最大主机数为：

$2^{12}-2=4096-2=4094$

11111111.11111111.11110000.00000000 主机数 $2^{12}-2$

(5) 一 A 类网络的子网掩码为 255.255.0.255；它是否为一个有效的子网掩码？

是 10111111 11111111 00000000 11111111

(6) 某个 IP 地址的十六进制表示 C2.2F.14.81，试将其转化为点分十进制的形式。这个地

址是哪一类 IP 地址？

C2 2F 14 81 $\rightarrow (12*16+2). (2*16+15). (16+4). (8*16+1) \rightarrow 194.47.20.129$

C2 2F 14 81 $\rightarrow 11000010.00101111.00010100.10000001$

C 类地址

(7) C 类网络使用子网掩码有无实际意义？为什么？

有实际意义。C 类子网 IP 地址的 32 位中，前 24 位用于确定网络号，后 8 位用于确定主机号。如

果划分子网，可以选择后 8 位中的高位，这样做可以进一步划分网络，并且不增加路由表的

内容,但是代价是主机数相信减少.

10. 试辨认以下 IP 地址的网络类别。

- (1) 128. 36. 199. 3 (2) 21. 12. 240. 17 (3) 183. 194. 76. 253 (4) 192. 12. 69. 248
- (5) 89. 3. 0. 1 (6) 200. 3. 6. 2

(2) 和 (5) 是 A 类, (1) 和 (3) 是 B 类, (4) 和 (6) 是 C 类.

11. IP 数据报中的首部检验和并不检验数据报中的数据。这样做的最大好处是什么? 坏处是什么?

在首部中的错误比在数据中的错误更严重, 例如, 一个坏的地址可能导致分组被投寄到错误的主机。许多主机并不检查投递给他们的分组是否确实是要投递给它们, 它们假定网络从来不会把本来是要前往另一主机的分组投递给它们。

数据不参与检验和的计算, 因为这样做代价大, 上层协议通常也做这种检验工作, 从前, 从而引起重复和多余。

因此, 这样做可以加快分组的转发, 但是数据部分出现差错时不能及早发现。

12. 当某个路由器发现一 IP 数据报的检验和有差错时, 为什么采取丢弃的办法而不是要求源站重传此数据报? 计算首部检验和为什么不采用 CRC 检验码?

答: 纠错控制由上层(传输层)执行

IP 首部中的源站地址也可能出错请错误的源地址重传数据报是没有意义的
不采用 CRC 简化解码计算量, 提高路由器的吞吐量

13. 设 IP 数据报使用固定首部, 其各字段的具体数值如图所示(除 IP 地址外, 均为十进制表示)。试用二进制运算方法计算应当写入到首部检验和字段中的数值(用二进制表示)。

4 5 0 28

1 0 0

4 17

10. 12. 14. 5

12. 6. 7. 9

1000101	00000000	00000000-00011100	
00000000	00000001	00000000-00000000	
00000100	00010001	xxxxxxx	xxxxxxx
00001010	00001100	00001110	00000101
00001100	00000110	00000111	00001001
01110100	01001110	取反码	作二进制检验和(XOR)
10001011	10110001		

14. 重新计算上题, 但使用十六进制运算方法(没 16 位二进制数字转换为 4 个十六进制数字, 再按十六进制加法规则计算)。比较这两种方法。

01000101	00000000	00000000-00011100	4	5	0	0	0	0	1	C
00000000	00000001	00000000-00000000	0	0	0	1	0	0	0	0
00000100	000010001	xxxxxxx	xxxxxxx	0	4	1	1	0	0	0

00001010	00001100	00001110	00000101	0	A	0	C	0	E	0	5
00001100	00000110	00000111	00001001	0	C	0	6	0	7	0	9
01011111	00100100	00010101	00101010	5	F	2	4	1	5	2	A

5 F 2 4

1 5 2 A

7 4 4 E-8 B B 1

15. 什么是最大传送单元 MTU？它和 IP 数据报的首部中的哪个字段有关系？

答：IP 层下面数据链里层所限定的帧格式中数据字段的最大长度，与 IP 数据报首部中的总长度字段有关系

16. 在因特网中将 IP 数据报分片传送的数据报在最后的目的地主机进行组装。还可以有另一种做法，即数据报片通过一个网络就进行一次组装。是比较这两种方法的优劣。

在目的地站而不是在中间的路由器进行组装是由于：

- （1）路由器处理数据报更简单些；效率高，延迟小。
 - （2）数据报的各分片可能经过各自的路径。因此在每一个中间的路由器进行组装可能总会缺少几个数据报片；
 - （3）也许分组后面还要经过一个网络，它还要给这些数据报片划分成更小的片。如果在中间的路由器进行组装就可能会组装多次。
- （为适应路径上不同链路段所能许可的不同分片规模，可能要重新分片或组装）

17. 一个 3200 位长的 TCP 报文传到 IP 层，加上 160 位的首部后成为数据报。下面的互联网由两个局域网通过路由器连接起来。但第二个局域网所能传送的最长数据帧中的数据部分只有 1200 位。因此数据报在路由器必须进行分片。试问第二个局域网向其上层要传送多少比特的数据（这里的“数据”当然指的是局域网看见的数据）？

答：第二个局域网所能传送的最长数据帧中的数据部分只有 1200bit，即每个 IP 数据片的数据部分<1200-160(bit)，由于片偏移是以 8 字节即 64bit 为单位的，所以 IP 数据片的数据部分最大不超过 1024bit，这样 3200bit 的报文要分 4 个数据片，所以第二个局域网向上传送的比特数等于（3200+4×160），共 3840bit。

18. （1）有人认为：“ARP 协议向网络层提供了转换地址的服务，因此 ARP 应当属于数据链路层。”这种说法为什么是错误的？

因为 ARP 本身是网络层的一部分，ARP 协议为 IP 协议提供了转换地址的服务，数据链路层使用硬件地址而不使用 IP 地址，无需 ARP 协议数据链路层本身即可正常运行。因此 ARP 不再数据链路层。

（2）试解释为什么 ARP 高速缓存每存入一个项目就要设置 10~20 分钟的超时时钟器。这个时间设置的太大或太小会出现什么问题？

答：考虑到 IP 地址和 Mac 地址均有可能是变化的（更换网卡，或动态主机配置）10—20 分钟更换一块网卡是合理的。超时时间太短会使 ARP 请求和响应分组的通信量太频繁，而超时时间太长会使更换网卡后的主机迟迟无法和网络上的其他主机通信。

（3）至少举出两种不需要发送 ARP 请求分组的情况（即不需要请求将某个目的 IP 地址

解析为相应的硬件地址)。

在源主机的 ARP 高速缓存中已经有了该目的 IP 地址的项目；源主机发送的是广播分组；

源主机和目的主机使用点对点链路。

19. 主机 A 发送 IP 数据报给主机 B，途中经过了 5 个路由器。试问在 IP 数据报的发送过程中
总共使用了几次 ARP？

6 次，主机用一次，每个路由器各使用一次。

20. 设某路由器建立了如下路由表：

目的网络	子网掩码	下一跳
128.96.39.0	255.255.255.128	接口 m0
128.96.39.128	255.255.255.128	接口 m1
128.96.40.0	255.255.255.128	R2
192.4.153.0	255.255.255.192	R3
* (默认)	——	R4

现共收到 5 个分组，其目的地址分别为：

- (1) 128.96.39.10
- (2) 128.96.40.12
- (3) 128.96.40.151
- (4) 192.153.17
- (5) 192.4.153.90

(1) 分组的目的站 IP 地址为：128.96.39.10。先与子网掩码 255.255.255.128 相与，得

128.96.39.0，可见该分组经接口 0 转发。

(2) 分组的目的 IP 地址为：128.96.40.12。

① 与子网掩码 255.255.255.128 相与得 128.96.40.0，不等于 128.96.39.0。

② 与子网掩码 255.255.255.128 相与得 128.96.40.0，经查路由表可知，该项分组

经 R2 转发。

(3) 分组的目的 IP 地址为：128.96.40.151，与子网掩码 255.255.255.128 相与后得

128.96.40.128，与子网掩码 255.255.255.192 相与后得 128.96.40.128，经查路由表知
，该分组转发选择默认路由，经 R4 转发。

(4) 分组的目的 IP 地址为：192.4.153.17。与子网掩码 255.255.255.128 相与后得

192.4.153.0。与子网掩码 255.255.255.192 相与后得 192.4.153.0，经查路由表知，该
分组经 R3 转发。

(5) 分组的目的 IP 地址为：192.4.153.90，与子网掩码 255.255.255.128 相与后得

192.4.153.0。与子网掩码 255.255.255.192 相与后得 192.4.153.64，经查路由表知，该
分组转发选择默认路由，经 R4 转发。

21 某单位分配到一个 B 类 IP 地址，其 net-id 为 129.250.0.0。该单位有 4000 台机器，分布在 16 个不同的地点。如选用子网掩码为 255.255.255.0，试给每一个地点分配一个子网掩码号，并算出每个地点主机号码的最小值和最大值

4000/16=250，平均每个地点 250 台机器。如选 255.255.255.0 为掩码，则每个网络所连

主机数=2⁸-2=254>250，共有子网数=2⁸-2=254>16，能满足实际需求。

可给每个地点分配如下子网号码

地点： 子网号 (subnet-id) 子网网络号 主机 IP 的最小值和最大值

1:	00000001	129.250.1.0	129.250.1.1---129.250.1.254
2:	00000010	129.250.2.0	129.250.2.1---129.250.2.254
3:	00000011	129.250.3.0	129.250.3.1---129.250.3.254
4:	00000100	129.250.4.0	129.250.4.1---129.250.4.254
5:	00000101	129.250.5.0	129.250.5.1---129.250.5.254
6:	00000110	129.250.6.0	129.250.6.1---129.250.6.254
7:	00000111	129.250.7.0	129.250.7.1---129.250.7.254
8:	00001000	129.250.8.0	129.250.8.1---129.250.8.254
9:	00001001	129.250.9.0	129.250.9.1---129.250.9.254
10:	00001010	129.250.10.0	129.250.10.1---129.250.10.254
11:	00001011	129.250.11.0	129.250.11.1---129.250.11.254
12:	00001100	129.250.12.0	129.250.12.1---129.250.12.254
13:	00001101	129.250.13.0	129.250.13.1---129.250.13.254
14:	00001110	129.250.14.0	129.250.14.1---129.250.14.254
15:	00001111	129.250.15.0	129.250.15.1---129.250.15.254
16:	00010000	129.250.16.0	129.250.16.1---129.250.16.254

22. . 一个数据报长度为 4000 字节（固定首部长度）。现在经过一个网络传送， 但此网络

能够

传送的最大数据长度为 1500 字节。试问应当划分为几个短些的数据报片？ 各数据报

片的数据字段长度、片偏移字段和 MF 标志应为何数值？

IP 数据报固定首部长度为 20 字节

总长度(字节) 数据长度(字节) MF 片偏移

原始数据报 4000 3980 0 0

数据报片 1 1500 1480 1 0

数据报片 2 1500 1480 1 185

数据报片 3 1040 1020 0 370

23 分两种情况（使用子网掩码和使用 CIDR）写出因特网的 IP 成查找路由的算法。

见课本 P134、P139

24. 试找出可产生以下数目的 A 类子网的子网掩码（采用连续掩码）。

（1）2， （2）6， （3）30， （4）62， （5）122， （6）250.

（1）255.192.0.0， （2）255.224.0.0， （3）255.248.0.0， （4）255.252.0.0， （5

）255.254.0.0， （6）255.255.0.0

25. 以下有 4 个子网掩码。哪些是不推荐使用的？为什么？

（1）176.0.0.0， （2）96.0.0.0， （3）127.192.0.0， （4）255.128.0.0。

只有（4）是连续的 1 和连续的 0 的掩码，是推荐使用的

26. 有如下的 4 个/24 地址块，试进行最大可能性的聚合。

212.56.132.0/24

212.56.133.0/24

212.56.134.0/24

212.56.135.0/24

212=（11010100）2， 56=（00111000）2

132=（10000100）2，

133= (10000101) 2

134= (10000110) 2,

135= (10000111) 2

所以共同的前缀有 22 位, 即 11010100 00111000 100001, 聚合的 CIDR 地址块是:

212.56.132.0/22

27. 有两个 CIDR 地址块 208.128/11 和 208.130.28/22。是否有那一个地址块包含了另一个地址? 如果有, 请指出, 并说明理由。

208.128/11 的前缀为: 11010000 100

208.130.28/22 的前缀为: 11010000 10000010 000101, 它的前 11 位与 208.128/11 的前缀是一致的, 所以 208.128/11 地址块包含了 208.130.28/22 这一地址块。

28. 已知路由器 R1 的路由表如表 4-12 所示。

表 4-12 习题 4-28 中路由器 R1 的路由表

地址掩码	目的网络地址	下一跳地址	路由器接口
------	--------	-------	-------

/26	140.5.12.64	180.15.2.5	m2
-----	-------------	------------	----

/24	130.5.8.0	190.16.6.2	m1
-----	-----------	------------	----

/16	110.71.0.0	m0
-----	------------	-------	----

/16	180.15.0.0	m2
-----	------------	-------	----

/16	196.16.0.0	m1
-----	------------	-------	----

默认	默认	110.71.4.5	m0
----	----	------------	----

试画出个网络和必要的路由器的连接拓扑, 标注出必要的 IP 地址和接口。对不能确定的情况应该指明。

图形见课后答案 P380

29. 一个自治系统有 5 个局域网, 其连接图如图 4-55 示。LAN2 至 LAN5 上的主机数分别为:

91, 150, 3 和 15. 该自治系统分配到的 IP 地址块为 30.138.118/23。试给出每一个局域网的地址块 (包括前缀)。

30.138.118/23-->30.138.0111 011

分配网络前缀时应先分配地址数较多的前缀

题目没有说 LAN1 上有几个主机, 但至少需要 3 个地址给三个路由器用。

本题的解答有很多种, 下面给出两种不同的答案:

第一组答案

第二组答案

LAN1	30.138.119.192/29	30.138.118.192/27
------	-------------------	-------------------

LAN2	30.138.119.0/25	30.138.118.0/25
------	-----------------	-----------------

LAN3	30.138.118.0/24	30.138.119.0/24
------	-----------------	-----------------

LAN4	30.138.119.200/29	30.138.118.224/27
------	-------------------	-------------------

LAN5	30.138.119.128/26	30.138.118.128/27
------	-------------------	-------------------

30. 一个大公司有一个总部和三个下属部门。公司分配到的网络前缀是 192.77.33/24.

公司的网络布局如图 4-56 示。总部共有五个局域网, 其中的 LAN1-LAN4 都连接到路由器

R1 上, R1 再通过 LAN5 与路由器 R5 相连。R5 和远地的三个部门的局域网 LAN6~LAN8 通过广

域网相连。每一个局域网旁边标明的数字是局域网上的主机数。试给每一个局域网分配

一个合适的网络的前缀。

见课后答案 P380

31. 以下地址中的哪一个和 86.32/12 匹配？请说明理由。

(1) 86.33.224.123; (2) 86.79.65.216; (3) 86.58.119.74; (4)

86.68.206.154。

86.32/12 ? 86.00100000 下划线为 12 位前缀说明第二字节的前 4 位在前缀中。

给出的四个地址的第二字节的前 4 位分别为：0010 , 0100 , 0011 和 0100。因此只有 (1

) 是匹配的。

32. 以下地址中的哪一个地址 2.52.90.140 匹配？请说明理由。

(1) 0/4; (2) 32/4; (3) 4/6 (4) 152.0/11

前缀 (1) 和地址 2.52.90.140 匹配

2.52.90.140 ? 0000 0010.52.90.140

0/4 ? 0000 0000

32/4 ? 0010 0000

4/6 ? 0000 0100

80/4 ? 0101 0000

33. 下面的前缀中的哪一个和地址 152.7.77.159 及 152.31.47.252 都匹配？请说明理由。

(1) 152.40/13; (2) 153.40/9; (3) 152.64/12; (4) 152.0/11。

前缀 (4) 和这两个地址都匹配

34. 与下列掩码相对应的网络前缀各有多少位？

(1) 192.0.0.0; (2) 240.0.0.0; (3) 255.254.0.0; (4) 255.255.255.252。

(1) /2 ; (2) /4 ; (3) /11 ; (4) /30 。

35. 已知地址块中的一个地址是 140.120.84.24/20。试求这个地址块中的最小地址和

最大地址。地址掩码是什么？地址块中共有多少个地址？相当于多少个 C 类地址？

140.120.84.24 ? 140.120.(0101 0100).24

最小地址是 140.120.(0101 0000).0/20 (80)

最大地址是 140.120.(0101 1111).255/20 (95)

地址数是 4096。相当于 16 个 C 类地址。

36. 已知地址块中的一个地址是 190.87.140.202/29。重新计算上题。

190.87.140.202/29 ? 190.87.140.(1100 1010)/29

最小地址是 190.87.140.(1100 1000)/29 200

最大地址是 190.87.140.(1100 1111)/29 207

地址数是 8。相当于 1/32 个 C 类地址。

37. 某单位分配到一个地址块 136.23.12.64/26。现在需要进一步划分为 4 个一样大

的子网。试问：

(1) 每一个子网的网络前缀有多长？

(2) 每一个子网中有多少个地址？

(3) 每一个子网的地址是什么？

(4) 每一个子网可分配给主机使用的最小地址和最大地址是什么？

(1) 每个子网前缀 28 位。

(2) 每个子网的地址中有 4 位留给主机用，因此共有 16 个地址。

(3) 四个子网的地址块是：

第一个地址块 136.23.12.64/28，可分配给主机使用的

最小地址：136.23.12.01000001=136.23.12.65/28

最大地址：136.23.12.01001110=136.23.12.78/28

第二个地址块 136.23.12.80/28，可分配给主机使用的

最小地址：136.23.12.01010001=136.23.12.81/28

最大地址：136.23.12.01011110=136.23.12.94/28

第三个地址块 136.23.12.96/28，可分配给主机使用的

最小地址：136.23.12.01100001=136.23.12.97/28

最大地址：136.23.12.01101110=136.23.12.110/28

第四个地址块 136.23.12.112/28，可分配给主机使用的

最小地址：136.23.12.01110001=136.23.12.113/28

最大地址：136.23.12.01111110=136.23.12.126/28

38. IGP 和 EGP 这两类协议的主要区别是什么？

IGP：在自治系统内部使用的路由协议；力求最佳路由

EGP：在不同自治系统便捷使用的路由协议；力求较好路由（不兜圈子）

EGP 必须考虑其他方面的政策，需要多条路由。代价费用方面可能可达性更重要。

IGP：内部网关协议，只关心本自治系统内如何传送数据报，与互联网中其他自治系统

使用什么协议无关。

EGP：外部网关协议，在不同的 AS 边界传递路由信息的协议，不关心 AS 内部使用何种协

议。

注：IGP 主要考虑 AS 内部如何高效地工作，绝大多数情况找到最佳路由，对费用和代价

的有多种解释。

39. 试简述 RIP，OSPF 和 BGP 路由选择协议的主要特点。

主要特点 RIP OSPF BGP

网关协议 内部 内部 外部

路由表内容 目的网，下一站，距离 目的网，下一站，距离 目的网，完整

路径

最优通路依据 跳数 费用 多种策略

算法 距离矢量 链路状态 距离矢量

传送方式 运输层 UDP IP 数据报 建立 TCP 连接

其他 简单、效率低、跳数为 16 不可达、好消息传的快，坏消息传的慢 效率

高、路由器频繁交换信息，难维持一致性

规模大、统一度量可达性

40. RIP 使用 UDP，OSPF 使用 IP，而 BGP 使用 TCP。这样做有何优点？为什么 RIP 周期

性地和临站交换路由信息而 BGP 却不这样做？

RIP 只和邻站交换信息，使用 UDP 无可靠保障，但开销小，可以满足 RIP 要求；

OSPF 使用可靠的洪泛法，直接使用 IP，灵活、开销小；

BGP 需要交换整个路由表和更新信息，TCP 提供可靠交付以减少带宽消耗；

RIP 使用不保证可靠交付的 UDP，因此必须不断地（周期性地）和邻站交换信息才能使路

由信息及时得到更新。但 BGP 使用保证可靠交付的 TCP 因此不需要这样做。

41. 假定网络中的路由器 B 的路由表有如下的项目（这三列分别表示“目的网络”

、“距离”和“下一跳路由器”）

N1

7

A

N2	2	B
N6	8	F
N8	4	E
N9	4	F

现在 B 收到从 C 发来的路由信息（这两列分别表示“目的网络”“距离”）：

N2	4
N3	8
N6	4
N8	3
N9	5

试求出路由器 B 更新后的路由表（详细说明每一个步骤）。

路由器 B 更新后的路由表如下：

N1	7	A	无新信息，不改变
N2	5	C	相同的下一跳，更新
N3	9	C	新的项目，添加进来
N6	5	C	不同的下一跳，距离更短，更新
N8	4	E	不同的下一跳，距离一样，不改变
N9	4	F	不同的下一跳，距离更大，不改变

42. 假定网络中的路由器 A 的路由表有如下的项目（格式同上题）：

N1	4	B
N2	2	C
N3	1	F
N4	5	G

现将 A 收到从 C 发来的路由信息（格式同上题）：

N1	2
N2	1
N3	3
N4	7

试求出路由器 A 更新后的路由表（详细说明每一个步骤）。

路由器 A 更新后的路由表如下：

N1	3	C	不同的下一跳，距离更短，改变
N2	2	C	不同的下一跳，距离一样，不变
N3	1	F	不同的下一跳，距离更大，不改变
N4	5	G	无新信息，不改变

43. IGMP 协议的要点是什么？隧道技术是怎样使用的？

IGMP 可分为两个阶段：

第一阶段：当某个主机加入新的多播组时，该主机应向多播组的多播地址发送

IGMP 报文，声明自己要成为该组的成员。本地的多播路由器收到 IGMP 报文后，将组

成员关系转发给因特网上的其他多播路由器。

第二阶段：因为组成员关系是动态的，因此本地多播路由器要周期性地探询本地局域

网上的主机，以便知道这些主机是否还继续是组的成员。只要对某个组有一个主机响应

，那么多播路由器就认为这个组是活跃的。但一个组在经过几次的探询后仍然没有一个

主机响应，则不再将该组的成员关系转发给其他的多播路由器。

隧道技术：多播数据报被封装到一个单播 IP 数据报中，可穿越不支持多播的网络，到达另一个支持多播的网络。

44. 什么是 VPN? VPN 有什么特点和优缺点? VPN 有几种类别?

P171-173

45. 什么是 NAT? NAT 有哪些特点? NAT 的优点和缺点有哪些? NAT 的优点和缺点有哪些?

P173-174

第五章 传输层

5—01 试说明传输层在协议栈中的地位和作用，传输层的通信和网络层的通信有什么重要区别? 为什么传输层是必不可少的?

答：传输层处于面向通信部分的最高层，同时也是用户功能中的最低层，向它上面的应用层提供服务

传输层为应用进程之间提供端到端的逻辑通信，但网络层是为主机之间提供逻辑通信（面向主机，承担路由功能，即主机寻址及有效的分组交换）。

各种应用进程之间通信需要“可靠或尽力而为”的两类服务质量，必须由传输层以复用和分用的形式加载到网络层。

5—02 网络层提供数据报或虚电路服务对上面的传输层有何影响?

答：网络层提供数据报或虚电路服务不影响上面的传输层的运行机制。但提供不同的服务质量。

5—03 当应用程序使用面向连接的 TCP 和无连接的 IP 时，这种传输是面向连接的还是面向无连接的?

答：都是。这要在不同层次来看，在传输层是面向连接的，在网络层则是无连接的。

5—04 试用画图解释传输层的复用。画图说明多个运输用户复用到一条运输连接上，而这条运输连接有复用到 IP 数据报上。

5—05 试举例说明有些应用程序愿意采用不可靠的 UDP，而不用采用可靠的 TCP。

答：VOIP：由于语音信息具有一定的冗余度，人耳对 VOIP 数据报损失由一定的承受度，但对传输时延的变化较敏感。

有差错的 UDP 数据报在接收端被直接抛弃，TCP 数据报出错则会引起重传，可能带来较大的时延扰动。

因此 VOIP 宁可采用不可靠的 UDP，而不愿意采用可靠的 TCP。

5—06 接收方收到有差错的 UDP 用户数据报时应如何处理?

答：丢弃

5—07 如果应用程序愿意使用 UDP 来完成可靠的传输，这可能吗？请说明理由

答：可能，但应用程序中必须额外提供与 TCP 相同的功能。

5—08 为什么说 UDP 是面向报文的，而 TCP 是面向字节流的？

答：发送方 UDP 对应用程序交下来的报文，在添加首部后就向下交付 IP 层。UDP 对

应用层交下来的报文，既不合并，也不拆分，而是保留这些报文的边界。

接收方 UDP 对 IP 层交上来的 UDP 用户数据报，在去除首部后就原封不动地交付上层

的应用进程，一次交付一个完整的报文。

发送方 TCP 对应用程序交下来的报文数据块，视为无结构的字节流（无边界约束，课分

拆/合并），但维持各字节

5—09 端口的作用是什么？为什么端口要划分为三种？

答：端口的作用是对 TCP/IP 体系的应用进程进行统一的标志，使运行不同操作系统的计

算机的应用进程能够互相通信。

熟知端口，数值一般为 0~1023. 标记常规的服务进程；

登记端口号，数值为 1024~49151，标记没有熟知端口号的非常规的服务进程；

5—10 试说明运输层中伪首部的作用。

答：用于计算运输层数据报校验和。

5—11 某个应用进程使用运输层的用户数据报 UDP，然而继续向下交给 IP 层后，又封

装成 IP 数据报。既然都是数据报，可否跳过 UDP 而直接交给 IP 层？哪些功能 UDP 提供了但

IP 没提提供？

答：不可跳过 UDP 而直接交给 IP 层

IP 数据报 IP 报承担主机寻址，提供报头检错；只能找到目的主机而无法找到目的进程。

UDP 提供对应用进程的复用和分用功能，以及提供对数据差分的差错检验。

5—12 一个应用程序用 UDP，到 IP 层把数据报在划分为 4 个数据报片发送出去，结果前

两个数据报片丢失，后两个到达目的站。过了一段时间应用程序重传 UDP，而 IP 层仍然

划分为 4 个数据报片来传送。结果这次前两个到达目的站而后两个丢失。试问：在目的

站能否将这两次传输的 4 个数据报片组装成完整的数据报？假定目的站第一次收到的后

两个数据报片仍然保存在目的站的缓存中。

答：不行

重传时，IP 数据报的标识字段会有另一个标识符。

仅当标识符相同的 IP 数据报片才能组装成一个 IP 数据报。

前两个 IP 数据报片的标识符与后两个 IP 数据报片的标识符不同，因此不能组装成一个 IP 数据报。

5—13 一个 UDP 用户数据的数据字段为 8192 字节。在数据链路层要使用以太网来传送

。试问应当划分为几个 IP 数据报片？说明每一个 IP 数据报字段长度和片偏移字段的值。

答：6 个

数据字段的长度：前 5 个是 1480 字节，最后一个是 800 字节。

片偏移字段的值分别是：0，1480，2960，4440，5920 和 7400.

5—14 一 UDP 用户数据报的首部十六进制表示是：06 32 00 45 00 1C E2 17. 试求源

端口、目的端口、用户数据报的总长度、数据部分长度。这个用户数据报是从客户发送给服务器发送给客户？使用 UDP 的这个服务器程序是什么？

解：源端口 1586，目的端口 69，UDP 用户数据报总长度 28 字节，数据部分长度 20 字节。

此 UDP 用户数据报是从客户发给服务器（因为目的端口号 < 1023，是熟知端口）、服务器程序是 TFTP。

5—15 使用 TCP 对实时话音数据的传输有没有什么问题？使用 UDP 在传送数据文件时会什么问题？

答：如果语音数据不是实时播放（边接受边播放）就可以使用 TCP，因为 TCP 传输可靠。

接收端用 TCP 讲话音数据接受完毕后，可以在以后的任何时间进行播放。但假定是实时传输，则必须使用 UDP。

UDP 不保证可靠交付，但 UCP 比 TCP 的开销要小很多。因此只要应用程序接受这样的服务质量就可以使用 UDP。

5—16 在停止等待协议中如果不使用编号是否可行？为什么？

答：分组和确认分组都必须进行编号，才能明确哪个分则得到了确认。

5—17 在停止等待协议中，如果收到重复的报文段时不予理睬（即悄悄地丢弃它而其它什么也没做）是否可行？试举出具体的例子说明理由。

答：

收到重复帧不确认相当于确认丢失

5—18 假定在运输层使用停止等待协议。发送方在发送报文段 M0 后再设定的时间内未收到确认，于是重传 M0，但 M0 又迟迟不能到达接收方。不久，发送方收到了迟到的对 M0 的确认，于是发送下一个报文段 M1，不久就收到了对 M1 的确认。接着发送方发送新的报文段 M0，但这个新的 M0 在传送过程中丢失了。正巧，一开始就滞留在网络中的 M0 现在到达接收方。接收方无法分辨 M0 是旧的。于是收下 M0，并发送确认。显然，接收方后来收到的 M0 是重复的，协议失败了。

试画出类似于图 5-9 所示的双方交换报文段的过程。

答：

旧的 M0 被当成新的 M0。

5—19 试证明：当用 n 比特进行分组的编号时，若接收到窗口等于 1（即只能按序接收分组），当仅在发送窗口不超过 $2n-1$ 时，连接 ARQ 协议才能正确运行。窗口单位是分组。

解：见课后答案。

5—20 在连续 ARQ 协议中，若发送窗口等于 7，则发送端在开始时可连续发送 7 个分组。因此，在每一分组发送后，都要置一个超时计时器。现在计算机里只有一个硬时钟。

设这 7 个分组发出的时间分别为 $t_0, t_1 \dots t_6$ ，且 t_{out} 都一样大。试问如何实现这 7 个超时计时器（这叫软件时钟法）？

解：见课后答案。

5—21 假定使用连续 ARQ 协议中，发送窗口大小 3，而序列范围 $[0, 15]$ ，而传输媒体

保证在接收方能够按序收到分组。在某时刻，接收方，下一个期望收到序号是 5。

试问：

- (1) 在发送方的发送窗口中可能有出现的序号组合有哪几种？
- (2) 接收方已经发送出去的、但在网络中（即还未到达发送方）的确认分组可能有
哪些？说明这些确认分组是用来确认哪些序号的分组。

5—22 主机 A 向主机 B 发送一个很长的文件，其长度为 L 字节。假定 TCP 使用的 MSS 有
1460 字节。

- (1) 在 TCP 的序号不重复使用的条件下，L 的最大值是多少？
- (2) 假定使用上面计算出文件长度，而运输层、网络层和数据链路层所使用的首部
开销共 66 字节，链路的数据率为 10Mb/s，试求这个文件所需的最短发送时间。

解：(1) L_{\max} 的最大值是 $2^{32}-4GB$, $G=2^{30}$.

(2) 满载分片数 $Q=\{L_{\max}/MSS\}$ 取整=2941758 发送的总报文数

$N=Q*(MSS+66)+\{L_{\max}-Q*MSS\}+66=4489122708+682=4489123390$

总字节数是 $N=4489123390$ 字节，发送 4489123390 字节需时间为： $N*8/(10*10^6)$
=3591.3 秒，即 59.85 分，约 1 小时。

5—23 主机 A 向主机 B 连续发送了两个 TCP 报文段，其序号分别为 70 和 100。试问：

- (1) 第一个报文段携带了多少个字节的数据？
- (2) 主机 B 收到第一个报文段后发回的确认中的确认号应当是多少？
- (3) 如果主机 B 收到第二个报文段后发回的确认中的确认号是 180，试问 A 发送的第
二个报文段中的数据有多少字节？
- (4) 如果 A 发送的第一个报文段丢失了，但第二个报文段到达了 B。B 在第二个报文
段到达后向 A 发送确认。试问这个确认号应为多少？

解：(1) 第一个报文段的数据序号是 70 到 99，共 30 字节的数据。

(2) 确认号应为 100。

(3) 80 字节。

(4) 70

5—24 一个 TCP 连接下面使用 256kb/s 的链路，其端到端时延为 128ms。经测试，发现
吞吐量只有 120kb/s。试问发送窗口 W 是多少？（提示：可以有两种答案，取决于接收等
发出确认的时机）。

解：

来回路程的时延等于 256ms ($=128ms \times 2$)。设窗口值为 X (注意：以字节为单位)，假

定一次最大发送量等于窗口值，且发射时间等于 256ms，那么，每发送一次都得停下来期待
再次得到下一窗口的确认，以得到新的发送许可。这样，发射时间等于停止等待应答的时

间，

结果，测到的平均吞吐率就等于发送速率的一半，即

$8X \div (256 \times 1000) = 256 \times 0.001$

$X=8192$

所以，窗口值为 8192。

5—25 为什么在 TCP 首部中要把 TCP 端口号放入最开始的 4 个字节？

答：在 ICMP 的差错报文中要包含 IP 首部后面的 8 个字节的内容，而这里面有 TCP 首部中的源端口和目的端口。当 TCP 收到 ICMP 差错报文时需要用这两个端口来确定是哪条连接出了差错。

5—26 为什么在 TCP 首部中有一个首部长度字段，而 UDP 的首部中就没有这个这个字段？

答：TCP 首部除固定长度部分外，还有选项，因此 TCP 首部长度是可变的。UDP 首部长度是固定的。

5—27 一个 TCP 报文段的数据部分最多为多少个字节？为什么？如果用户要传送的数据的字节长度超过 TCP 报文段中的序号字段可能编出的最大序号，问还能否用 TCP 来传送？

答：65495 字节，此数据部分加上 TCP 首部的 20 字节，再加上 IP 首部的 20 字节，正好是 IP 数据报的最大长度 65535。（当然，若 IP 首部包含了选择，则 IP 首部长度超过 20 字节，这时 TCP 报文段的数据部分的长度将小于 65495 字节。）

数据的字节长度超过 TCP 报文段中的序号字段可能编出的最大序号，通过循环使用序号，仍能用 TCP 来传送。

5—28 主机 A 向主机 B 发送 TCP 报文段，首部中的源端口是 m 而目的端口是 n。当 B 向 A 发送回信时，其 TCP 报文段的首部中源端口和目的端口分别是什么？

答：分别是 n 和 m。

5—29 在使用 TCP 传送数据时，如果有一个确认报文段丢失了，也不一定会引起与该确认报文段对应的数据的重传。试说明理由。

答：还未重传就收到了对更高序号的确认。

5—30 设 TCP 使用的最大窗口为 65535 字节，而传输信道不产生差错，带宽也不受限制。若报文段的平均往返时延为 20ms，问所能得到的最大吞吐量是多少？

答：在发送时延可忽略的情况下，最大数据率=最大窗口*8/平均往返时间=26.2Mb/s。

5—31 通信信道带宽为 1Gb / s，端到端时延为 10ms。TCP 的发送窗口为 65535 字节。试问：可能达到的最大吞吐量是多少？信道的利用率是多少？

答：

$$L=65536 \times 8 + 40 \times 8 = 524600$$

$$C=109b/s$$

$$L/C=0.0005246s$$

$$T_d=10 \times 10^{-3}s$$

$$0.02104864$$

$$\text{Throughput} = L / (L/C + 2 \times T_d) = 524600 / 0.0205246 = 25.5 \text{ Mb/s}$$

$$\text{Efficiency} = (L/C) / (L/C + 2 \times D) = 0.0255$$

最大吞吐量为 25.5Mb/s。信道利用率为 $25.5/1000=2.55\%$

5—32 什么是 Karn 算法?在 TCP 的重传机制中,若不采用 Karn 算法,而是在收到确认时

都认为是对重传报文段的确认,那么由此得出的往返时延样本和重传时间都会偏小。试

问:重传时间最后会减小到什么程度?

答:Karn 算法:在计算平均往返时延 RTT 时,只要报文段重传了,就不采用其往返时延样本。

设新往返时延样本 T_i

$$RTT(1) = a \cdot RTT(i-1) + (1-a) \cdot T(i);$$

$$RTT^{\wedge}(i) = a \cdot RTT(i-1) + (1-a) \cdot T(i)/2;$$

$$RTT(1) = a \cdot 0 + (1-a) \cdot T(1) = (1-a) \cdot T(1);$$

$$RTT^{\wedge}(1) = a \cdot 0 + (1-a) \cdot T(1)/2 = RTT(1)/2$$

$$RTT(2) = a \cdot RTT(1) + (1-a) \cdot T(2);$$

$$RTT^{\wedge}(2) = a \cdot RTT(1) + (1-a) \cdot T(2)/2;$$

$$= a \cdot RTT(1)/2 + (1-a) \cdot T(2)/2 = RTT(2)/2$$

$RTO = \beta \cdot RTT$, 在统计意义上,重传时间最后会减小到使用 karn 算法的 1/2.

5—33 假定 TCP 在开始建立连接时,发送方设定超时重传时间是 $RTO=6s$ 。

(1) 当发送方接到对方的连接确认报文段时,测量出 RTT 样本值为 1.5s。试计算现在的

RTO 值。

(2) 当发送方发送数据报文段并接收到确认时,测量出 RTT 样本值为 2.5s。试计算现在

的 RTO 值。

答:

(1) 据 RFC2988 建议, $RTO = RTTs + 4 \cdot RTTd$ 。其中 RTTd 是 RTTs 的偏差加权均值。

$$\text{初次测量时, } RTTd(1) = RTT(1)/2;$$

$$\text{后续测量中, } RTTd(i) = (1-\beta) \cdot RTTd(i-1) + \beta \cdot \{RTTs - RTT(i)\}$$

;

$$\beta = 1/4$$

依题意, RTT(1) 样本值为 1.5 秒, 则

$$RTTs(1) = RTT(1) = 1.5s \quad RTTd(1) = RTT(1)/2 = 0.75s$$

$$RTO(1) = RTTs(1) + 4 \cdot RTTd(1) = 1.5 + 4 \cdot 0.75 = 4.5(s)$$

$$(2) RTT(2) = 2.5 \quad RTTs(1) = 1.5s \quad RTTd(1) = 0.75s$$

$$RTTd(2) = (1-\beta) \cdot RTTd(1) + \beta \cdot \{RTTs(1) - RT$$

$$(2)\} = 0.75 \cdot 3/4 + \{1.5 - 2.5\}/4 = 13/16$$

$$RTO(2) = RTTs(1) + 4 \cdot RTTd(2) = 1.5 + 4 \cdot 13/16 = 4.75s$$

5—34 已知第一次测得 TCP 的往返时延的当前值是 30 ms。现在收到了三个接连的确认

报文段,它们比相应的数据报文段的发送时间分别滞后的时间是: 26ms, 32ms 和 24ms。

设 $\alpha = 0.9$ 。试计算每一次的新的加权平均往返时间值 RTTs。讨论所得出的结果。

答: $\alpha = 0.1$, $RTT_0 = 30$

$$RTT_1 = RTT_0 \cdot (1-\alpha) + 26 \cdot \alpha = 29.6$$

$$RTT_2 = RTT_1 \cdot \alpha + 32 \cdot (1-\alpha) = 29.84$$

$$RTT_3 = RTT_2 \cdot \alpha + 24 \cdot (1-\alpha) = 29.256$$

三次算出加权平均往返时间分别为 29.6, 29.84 和 29.256ms。

可以看出，RTT 的样本值变化多达 20%时，加权平均往返

5—35 试计算一个包括 5 段链路的运输连接的单程端到端时延。5 段链路中有 2 段是

卫星链路，有 3 段是广域网链路。每条卫星链路又由上行链路和下行链路两部分组成。

可以取这两部分的传播时延之和为 250ms。每一个广域网的范围为 1500km，其传播时延

可按 $150000\text{km} / \text{s}$ 来计算。各数据链路速率为 $48\text{kb} / \text{s}$ ，帧长为 960 位。

答：5 段链路的传播时延 $= 250 \times 2 + (1500 / 150000) \times 3 \times 1000 = 530\text{ms}$

5 段链路的发送时延 $= 960 / (48 \times 1000) \times 5 \times 1000 = 100\text{ms}$

所以 5 段链路单程端到端时延 $= 530 + 100 = 630\text{ms}$

5—36 重复 5-35 题，但假定其中的一个陆地上的广域网的传输时延为 150ms。

答：760ms

5—37 在 TCP 的拥塞控制中，什么是慢开始、拥塞避免、快重传和快恢复算法？这里每

一种算法各起什么作用？ “乘法减小”和“加法增大”各用在什么情况下？

答：慢开始：

在主机刚刚开始发送报文段时可先将拥塞窗口 cwnd 设置为一个最大报文段

MSS 的数值。在每收到一个对新的报文段的确认后，将拥塞窗口增加至多一个 MSS 的数值

。用这样的方法逐步增大发送端的拥塞窗口 cwnd ，可以分组注入到网络的速率更加合理

。

拥塞避免：

当拥塞窗口值大于慢开始门限时，停止使用慢开始算法而改用拥塞避免算法。

拥塞避免算法使发送的拥塞窗口每经过一个往返时延 RTT 就增加一个 MSS 的大小。

快重传算法规定：

发送端只要一连收到三个重复的 ACK 即可断定有分组丢失了，就应该立即重传丢手的报

文段而不必继续等待为该报文段设置的重传计时器的超时。

快恢复算法：

当发送端收到连续三个重复的 ACK 时，就重新设置慢开始门限 ssthresh

与慢开始不同之处是拥塞窗口 cwnd 不是设置为 1，而是设置为 ssthresh

若收到的重复的 ACK 为 n 个 ($n > 3$)，则将 cwnd 设置为 ssthresh

若发送窗口值还容许发送报文段，就按拥塞避免算法继续发送报文段。

若收到了确认新的报文段的 ACK，就将 cwnd 缩小到 ssthresh

乘法减小：

是指不论在慢开始阶段还是拥塞避免阶段，只要出现一次超时（即出现一次网络拥塞）

，就把慢开始门限值 ssthresh 设置为当前的拥塞窗口值乘以 0.5。

当网络频繁出现拥塞时， ssthresh 值就下降得很快，以大大减少注入到网络中的分组

数。

加法增大：

是指执行拥塞避免算法后，在收到对所有报文段的确认后（即经过一个往返时间），就

把拥塞窗口 cwnd 增加一个 MSS 大小，使拥塞窗口缓慢增大，以防止网络过早出现拥塞

。

5—38 设 TCP 的 `ssthresh` 的初始值为 8 (单位为报文段)。当拥塞窗口上升到 12 时网络发生了超时, TCP 使用慢开始和拥塞避免。试分别求出第 1 次到第 15 次传输的各拥塞窗口大小。你能说明拥塞控制窗口每一次变化的原因吗?

答: 拥塞窗口大小分别为: 1, 2, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9.

5—39 TCP 的拥塞窗口 `cwnd` 大小与传输轮次 `n` 的关系如下所示:

<code>cwnd</code>	<code>n</code>
1	1
2	2
4	3
8	4
16	5
32	6
33	7
34	8
35	9
36	10
37	11
38	12
39	13
40	14
41	15
42	16
21	17
22	18
23	19
24	20
25	21
26	22
1	23
2	24
4	25
8	26

- (1) 试画出如图 5-25 所示的拥塞窗口与传输轮次的关系曲线。
- (2) 指明 TCP 工作在慢开始阶段的时间间隔。
- (3) 指明 TCP 工作在拥塞避免阶段的时间间隔。
- (4) 在第 16 轮次和第 22 轮次之后发送方是通过收到三个重复的确认还是通过超时检测到丢失了报文段?
- (5) 在第 1 轮次, 第 18 轮次和第 24 轮次发送时, 门限 `ssthresh` 分别被设置为多大?

(6) 在第几轮次发送出第 70 个报文段？

(7) 假定在第 26 轮次之后收到了三个重复的确认，因而检测出了报文段的丢失，那么

拥塞窗口 cwnd 和门限 ssthresh 应设置为多大？

答：(1) 拥塞窗口与传输轮次的关系曲线如图所示（课本后答案）：

(2) 慢开始时间间隔：【1，6】和【23，26】

(3) 拥塞避免时间间隔：【6，16】和【17，22】

(4) 在第 16 轮次之后发送方通过收到三个重复的确认检测到丢失的报文段。在第 22 轮

次之后发送方是通过超时检测到丢失的报文段。

(5) 在第 1 轮次发送时，门限 ssthresh 被设置为 32

在第 18 轮次发送时，门限 ssthresh 被设置为发生拥塞时的一半，即 21。

在第 24 轮次发送时，门限 ssthresh 是第 18 轮次发送时设置的 21

(6) 第 70 报文段在第 7 轮次发送出。

(7) 拥塞窗口 cwnd 和门限 ssthresh 应设置为 8 的一半，即 4。

5—40 TCP 在进行流量控制时是以分组的丢失作为产生拥塞的标志。有没有不是因拥

塞而引起的分组丢失的情况？如有，请举出三种情况。

答：

当 IP 数据报在传输过程中需要分片，但其中的一个数据报未能及时到达终点，而终点组

装 IP 数据报已超时，因而只能丢失该数据报；IP 数据报已经到达终点，但终点的缓存没

有足够的空间存放此数据报；数据报在转发过程中经过一个局域网的网桥，但网桥在转

发该数据报的帧没有足够的差错空间而只好丢弃。

5—41 用 TCP 传送 512 字节的数据。设窗口为 100 字节，而 TCP 报文段每次也是传送 100

字节的数据。再设发送端和接收端的起始序号分别选为 100 和 200，试画出类似于图 5-31

的工作示意图。从连接建立阶段到连接释放都要画上。

5—42 在图 5-32 中所示的连接释放过程中，主机 B 能否先不发送 ACK=x+1 的确认？（因

为后面要发送的连接释放报文段中仍有 ACK=x+1 这一信息）

答：

如果 B 不再发送数据了，是可以把两个报文段合并成为一个，即只发送 FIN+ACK 报文段。

但如果 B 还有数据报要发送，而且要发送一段时间，那就不行，因为 A 迟迟收不到确认，

就会以为刚才发送的 FIN 报文段丢失了，就超时重传这个 FIN 报文段，浪费网络资源。

5—43 在图(5-33)中，在什么情况下会发生从状态 LISTEN 到状态 SYN_SENT，以及从状

态 SYN_SENT 到状态 SYN_RCVD 的变迁？

答：当 A 和 B 都作为客户，即同时主动打开 TCP 连接。这时的每一方的状态变迁都是：

CLOSED→SYN_SENT→SYN_RCVD→ESTABLISHED

5—44 试以具体例子说明为什么一个运输连接可以有多种方式释放。可以设两个互相

通信的用户分别连接在网络的两结点上。

答：设 A、B 建立了运输连接。协议应考虑一下实际可能性：

A 或 B 故障，应设计超时机制，使对方退出，不至于死锁；

A 主动退出，B 被动退出

B 主动退出，A 被动退出

5—45 解释为什么突然释放运输连接就可能会丢失用户数据，而使用 TCP 的连接释放方法就可保证不丢失数据。

答：

当主机 1 和主机 2 之间连接建立后，主机 1 发送了一个 TCP 数据段并正确抵达主机 2，接着主机 1 发送另一个 TCP 数据段，这次很不幸，主机 2 在收到第二个 TCP 数据段之前发出了释放连接请求，如果就这样突然释放连接，显然主机 1 发送的第二个 TCP 报文段会丢失。而使用 TCP 的连接释放方法，主机 2 发出了释放连接的请求，那么即使收到主机 1 的确认后，只会释放主机 2 到主机 1 方向的连接，即主机 2 不再向主机 1 发送数据，而仍然可接受主机 1 发来的数据，所以可保证不丢失数据。

5—46 试用具体例子说明为什么在运输连接建立时要使用三次握手。说明如不这样做可能会出现什么情况。

答：

3 次握手完成两个重要的功能，既要双方做好发送数据的准备工作（双方都知道彼此已准备好），也要允许双方就初始序列号进行协商，这个序列号在握手过程中被发送和确认。

假定 B 给 A 发送一个连接请求分组，A 收到了这个分组，并发送了确认应答分组。按照两次握手的协定，A 认为连接已经成功地建立了，可以开始发送数据分组。可是，B 在 A 的应答分组在传输中被丢失的情况下，将不知道 A 是否已准备好，不知道 A 建议什么样的序列号，B 甚至怀疑 A 是否收到自己的连接请求分组，在这种情况下，B 认为连接还未建立成功，将忽略 A 发来的任何数据分组，只等待连接确认应答分组。

而 A 发出的分组超时后，重复发送同样的分组。这样就形成了死锁。

5—47 一个客户向服务器请求建立 TCP 连接。客户在 TCP 连接建立的三次握手中的最后一个报文段中捎带上一些数据，请求服务器发送一个长度为 L 字节的文件。假定：

- （1）客户和服务器之间的数据传输速率是 R 字节/秒，客户与服务器之间的往返时间是 RTT（固定值）。
- （2）服务器发送的 TCP 报文段的长度都是 M 字节，而发送窗口大小是 nM 字节。
- （3）所有传送的报文段都不会出错（无重传），客户收到服务器发来的报文段后就及时发送确认。
- （4）所有的协议首部开销都可忽略，所有确认报文段和连接建立阶段的报文段的长度都可忽略（即忽略这些报文段的发送时间）。

试证明，从客户开始发起连接建立到接收服务器发送的整个文件多需的时间 T 是：

$$T=2RTT+L/R \quad \text{当 } nM > R(RTT)+M$$

$$\text{或 } T=2RTT+L/R+(K-1)[M/R+RTT-nM/R] \quad \text{当 } nM$$

其中， $K=\lceil L/nM \rceil$ ，符号 $\lceil x \rceil$ 表示若 x 不是整数，则把 x 的整数部分加 1。

解：

发送窗口较小的情况，发送一组 nM 个字节后必须停顿下来，等收到确认后继续发送。

共需 $K=\lceil L/nM \rceil$ 个周期：其中

前 K-1 个周期每周期耗时 $M/R+RTT$ ，共耗时 $(K-1)(M/R+RTT)$

第 K 周期剩余字节数 $Q = L - (K-1) * nM$ ，需耗时 Q/R

总耗时 $= 2 * RTT + (K-1)M / (R + RTT) + Q/R = 2 * RTT + L/R + (K-1) [(M/R + RTT) - nM/R]$

第六章 应用层

6-01 因特网的域名结构是怎样的？它与目前的电话网的号码结构有何异同之处？

答：

(1) 域名的结构由标号序列组成，各标号之间用点隔开：

... . 三级域名 . 二级域名 . 顶级域名

各标号分别代表不同级别的域名。

(2) 电话号码分为国家号结构分为（中国 +86）、区号、本机号。

6-02 域名系统的主要功能是什么？域名系统中的本地域名服务器、根域名服务器、顶级域名服务器以及权限域名服务器有何区别？

答：

域名系统的主要功能：将域名解析为主机能识别的 IP 地址。

因特网上的域名服务器系统也是按照域名的层次来安排的。每一个域名服务器都只对域

名体系中的一部分进行管辖。共有三种不同类型的域名服务器。即本地域名服务器、根域名服务器、授权域名服务器。当一个本地域名服务器不能立即回答某个主机的查询时，该本地域名服务器就以 DNS 客户的身份向某一个根域名服务器查询。若根域名服务器有被查询主机的信息，就发送 DNS 回答报文给本地域名服务器，然后本地域名服务器再回答发起查询的主机。但当根域名服务器没有被查询的主机的信息时，它一定知道某个保存有被查询的主机名字映射的授权域名服务器的 IP 地址。通常根域名服务器用来管辖顶级域。根域名服务器并不直接对顶级域下面所属的所有的域名进行转换，但它一定能够找到下面的所有二级域名的域名服务器。每一个主机都必须在授权域名服务器处注册登记。通常，一个主机的授权域名服务器就是它的主机 ISP 的一个域名服务器。授权域名服务器总是能够将其管辖的主机名转换为该主机的 IP 地址。

因特网允许各个单位根据本单位的具体情况将本域名划分为若干个域名服务器管辖区。

一般就在各管辖区中设置相应的授权域名服务器。

6-03 举例说明域名转换的过程。域名服务器中的高速缓存的作用是什么？

答：

(1) 把不方便记忆的 IP 地址转换为方便记忆的域名地址。

(2) 作用：可大大减轻根域名服务器的负荷，使因特网上的 DNS 查询请求和回答报文的数量大为减少。

6-04 设想有一天整个因特网的 DNS 系统都瘫痪了（这种情况不大会出现），试问还可以给朋友发送电子邮件吗？

答：不能；

6-05 文件传送协议 FTP 的主要工作过程是怎样的？为什么说 FTP 是带外传送控制信息？

主进程和从属进程各起什么作用？

答：

（1）FTP 使用客户服务器方式。一个 FTP 服务器进程可同时为多个客户进程提供服务。FTP 的服务器进程由两大部分组成：一个主进程，负责接受新的请求；另外有若干个从

属进程，负责处理单个请求。

主进程的工作步骤：

- 1、打开熟知端口（端口号为 21），使客户进程能够连接上。
- 2、等待客户进程发出连接请求。
- 3、启动从属进程来处理客户进程发来的请求。从属进程对客户进程的请求处理完毕后即终止，但从属进程在运行期间根据需要还可能创建其他一些子进程。
- 4、回到等待状态，继续接受其他客户进程发来的请求。主进程与从属进程的处理是并发地进行。

FTP 使用两个 TCP 连接。

控制连接在整个会话期间一直保持打开，FTP 客户发出的传送请求通过控制连接发送给

服务器端的控制进程，但控制连接不用来传送文件。

实际用于传输文件的是“数据连接”。服务器端的控制进程在接收到 FTP 客户发来的

的文件传输请求后就创建“数据传送进程”和“数据连接”，用来连接客户端和服务器的数据传送进程。

数据传送进程实际完成文件的传送，在传送完毕后关闭“数据传送连接”并结束运行。

6-06 简单文件传送协议 TFTP 与 FTP 的主要区别是什么？各用在什么场合？

答：

（1）文件传送协议 FTP 只提供文件传送的一些基本的服务，它使用 TCP 可靠的运输服务。

FTP 的主要功能是减少或消除在不同操作系统下处理文件的不兼容性。

FTP 使用客户服务器方式。一个 FTP 服务器进程可同时为多个客户进程提供服务。FTP

的服务器进程由两大部分组成：一个主进程，负责接受新的请求；另外有若干个从属进程，负责处理单个请求。

TFTP 是一个很小且易于实现的文件传送协议。

TFTP 使用客户服务器方式和使用 UDP 数据报，因此 TFTP 需要有自己的差错改正措施

。

TFTP 只支持文件传输而不支持交互。

TFTP 没有一个庞大的命令集，没有列目录的功能，也不能对用户进行身份鉴别。

6-07 远程登录 TELNET 的主要特点是什么？什么叫做虚拟终端 NVT？

答：

（1）用户用 TELNET 就可在其所在地通过 TCP 连接注册（即登录）到远地的另一个主机上（使用主机名或 IP 地址）。

TELNET 能将用户的击键传到远地主机，同时也能将远地主机的输出通过 TCP 连接返回

到用户屏幕。这种服务是透明的，因为用户感觉到好像键盘和显示器是直接连在远地主

机上。

(2) TELNET 定义了数据和命令应该怎样通过因特网, 这些定义就是所谓的网络虚拟终端 NVT。

6-08 解释以下名词。各英文缩写词的原文是什么?

www, URL, HTTP, HTML, CGI, 浏览器, 超文本, 超媒体, 超链, 页面, 活动文档, 搜索引擎。

答:

www: 万维网 WWW (World Wide Web) 并非某种特殊的计算机网络。万维网是一个大规模

的、联机式的信息储藏所, 英文简称为 Web。万维网用链接的方法能非常方便地从因特网上的一个站点访问另一个站点 (也就是所谓的“链接到另一个站点”), 从而主动地按需获取丰富的信息。

URL: 为了使用户清楚地知道能够很方便地找到所需的信息, 万维网使用统一资源定位符

URL (Uniform Resource Locator) 来标志万维网上的各种文档, 并使每一个文档在整个因特网的范围内具有唯一的标识符 URL。

HTTP: 为了实现万维网上各种链接, 就要使万维网客户程序与万维网服务器程序之间的

交互遵守严格的协议, 这就是超文本传送协议 HTTP。HTTP 是一个应用层协议, 它使用 TCP 连接进行可靠的传送。

CGI: 通用网关接口 CGI 是一种标准, 它定义了动态文档应该如何创建, 输入数据应如何

提供给应用程序, 以及输出结果意如何使用。CGI 程序的正式名字是 CGI 脚本。按照计算机科学的一般概念。

浏览器: 一个浏览器包括一组客户程序、一组解释程序, 以及一个控制程序。

超文本: 超文本的基本特征就是可以超链接文档; 你可以指向其他位置, 该位置可以在

当前的文档中、局域网中的其他文档, 也可以在因特网上的任何位置的文档中。这些文档组成了一个杂乱的信息网。目标文档通常与其来源有某些关联, 并且丰富了来源; 来源中的链接元素则将这种关系传递给浏览者。

超媒体: 超级媒体的简称, 是超文本 (hypertext) 和多媒体在信息浏览环境下的结合。

超链接: 超链接可以用于各种效果。超链接可以用在目录和主题列表中。浏览者可以在浏

览器屏幕上单击鼠标或在键盘上按下按键, 从而选择并自动跳转到文档中自己感兴趣的那个主题, 或跳转到世界上某处完全不同的集合中的某个文档。超链接 (hyper text)

, 或者按照标准叫法称为锚 (anchor), 是使用 [标签标记的, 可以用两种方式表](#)

示。锚的一种类型是在文档中创建一个热点, 当用户激活或选中 (通常是使用鼠标) 这个热点时, 会导致浏览器进行链接。

页面: 页面, 类似于单篇文章页面, 但是和单篇文章不同的是: 1. 每个页面都可以自定

义样式, 而单篇文章则共用一个样式。2. 页面默认情况一般不允许评论, 而单篇文章默认情况允许评论。3. 页面会出现在水平导航栏上, 不会出现在分类和存档里, 而单篇文章会出现在分类和存档里, 不会出现在水平导航栏上。

活动文档: 即正在处理的文档。在 Microsoft Word 中键入的文本或插入的图形将出现

在活动文档中。活动文档的标题栏是突出显示的。一个基于 Windows 的、嵌入到浏览器

中的非 HTML 应用程序，提供了从浏览器界面访问这些应用程序的 功能的方法。

搜索引擎：搜索引擎指能够自动从互联网上搜集信息，经过整理以后，提供给用户进行查阅的系统。

6-09 假定一个超链从一个万维网文档链接到另一个万维网文档时，由于万维网文档上出现了差错而使得超链只想一个无效的计算机名字。这是浏览器将向用户报告什么？

答：404 Not Found。

6-10 假定要从已知的 URL 获得一个万维网文档。若该万维网服务器的 IP 地址开始时并不知道。试问：除 HTTP 外，还需要什么应用层协议和传输层协议？

答：

应用层协议需要的是 DNS。

传输层协议需要的是 UDP（DNS 使用）和 TCP（HTTP 使用）。

6-11 你所使用的浏览器的高速缓存有多大？请进行一个试验：访问几个万维网文档，然后将你的计算机与网络断开，然后再回到你刚才访问过的文档。你的浏览器的高速缓存能够存放多少各页面？

6-12 什么是动态文档？试举出万维网使用动态文档的一些例子。

答：

Dynamic document 动态文档：与 www 文档有关的计算机程序，它能生成所需的文档。

当浏览器需要动态文档时，服务器就运行该程序并发送输出到浏览器。动态文档程序对每个需求可生成不同的输出。

6-13 浏览器同时打开多少个 TCP 连接进行浏览的优缺点如何？请说明理由。

答：

优点：简单明了方便。

缺点：卡的时候容易死机

6-14 当使用鼠标点击一个万维网文档是，若该文档出来有文本外，还有一个本地.gif 图像和两个远地.gif 图像。试问：需要使用那个应用程序，以及需要建立几次 UDP 连接和几次 TCP 连接？

答：

若使用 HTTP/1.0，需要建立 0 次 UDP 连接，4 次 TCP 连接。

若使用 HTTP/1.1，需要建立 0 次 UDP 连接，1 次 TCP 连接。

6-15 假定你在浏览器上点击一个 URL，但这个 URL 的 ip 地址以前并没有缓存在本地主机上。因此需要用 DNS 自动查找和解析。假定要解析到所要找的 URL 的 ip 地址共经过 n 个 DNS 服务器，所经过的时间分别是 $RTT_1, RTT_2, \dots, RTT_n$ 。假定从要找的网页上只需要读取一个很小的图片（即忽略这个小图片的传输时间）。从本地猪寄到这个网页的往返时间是 RTT_w 。试问从点击这个 URL 开始，一直到本地主机的屏幕上出现所读取的小图片，一共需要经过多少时间？

解：

解析 IP 地址需要时间是： $RTT_1 + RTT_2 + \dots + RTT_n$ 。

建立 TCP 连接和请求万维网文档需要 $2RTT_w$ 。

6-16 在上题中，假定同一台服务器的 HTML 文件中又链接了三个非常小的对象。若忽略这些对象的发送时间，试计算客户点击读取这些对象所需的时间。

- (1) 没有并行 TCP 连接的非持续 HTTP;
- (2) 使用并行 TCP 连接的非持续 HTTP;
- (3) 流水线方式的持续 HTTP。

解：(1) 所需时间= $RTT_1+RTT_2+\dots+RTT_n+8RTT_w$ 。

(2) 所需时间= $RTT_1+RTT_2+\dots+RTT_n+4RTT_w$ 。

(3) 所需时间= $RTT_1+RTT_2+\dots+RTT_n+3RTT_w$ 。

6-17 在浏览器中应当有几个可选解释程序。试给出一些可选解释程序的名称。

答：在浏览器中，HTML 解释程序是必不可少的，而其他的解释程序则是可选的。

如 java 可选解释程序，但是在运行 java 的浏览器是则需要两个解释程序，即 HTML 解释程序和 Java 小应用程序解释程序。

6-18 一个万维网网点有 1000 万个页面，平均每个页面有 10 个超链，读取一个页面平均要 100ms。问要检索整个网点所需的最少时间。

答： $t=100*10-3*10*1000*10^{-4}=107\text{ s}$

6-19 搜索引擎可分为哪两种类型？各有什么特点？

答：搜索引擎的种类很多，大体上可划分为两大类，即全文检索搜索引擎和分类目录搜索引擎。

全文检索搜索引擎是一种纯技术型的检索工具。它的工作原理是通过搜索软件到因特网上的各网站收集信息，找到一个网站后可以从这个网站再链接到另一个网站。然后按照一定的规则建立一个很大的在线数据库供用户查询。

用户在查询时只要输入关键词，就从已经建立的索引数据库上查询（并不是实时地在因特网上检索到的信息）。

分类目录搜索引擎并不采集网站的任何信息，而是利用各网站向搜索引擎提交的网站信息时填写的关键词和网站描述等信息，经过人工审核编辑后，如果认为符合网站登录的条件，则输入到分类目录的数据库中，供网上用户查询。

6-20 试述电子邮件的最主要的组成部件。用户代理 UA 的作用是什么？没有 UA 行不行？

答：电子邮件系统的最主要组成部件：用户代理、邮件服务器、以及电子邮件使用的协议。

UA 就是用户与电子邮件系统的接口。用户代理使用户能够通过一个很友好的接口来发送和接收邮件。

没有 UA 不行。因为并非所有的计算机都能运行邮件服务器程序。有些计算机可能没有足够的存储器来运行允许程序在后台运行的操作系统，或是可能没有足够的 CPU 能力来运行邮件服务器程序。更重要的是，邮件服务器程序必须不间断地运行，每天 24 小时都必须不间断地连接在因特网上，否则就可能使很多外面发来的邮件丢失。这样看来，让用户 PC 机运行邮件服务器程序显然是很不现实的。

6-21 电子邮件的信封和内容在邮件的传送过程中起什么作用？和用户的关系如何？

答：一个电子邮件分为信封和内容两大部分。电子邮件的传输程序根据邮件信封上的信息（收信人地址）来传送邮件。RFC822 只规定了邮件内容中的首部格式，而对邮

件的主体部分则让用户自由撰写。用户填写好首部后，邮件系统将自动地将所需的信息提取出来并写在信封上。

6-22 电子邮件的地址格式是怎样的？请说明各部分的意思。

答：TCP/IP 体系的电子邮件系统规定电子邮件地址的格式如下：

收信人邮箱名@邮箱所在主机的域名

符号“@”读作“at”，表示“在”的意思。例如，电子邮件地址

xiexiren@tsinghua.org.cn

6-23 试简述 SMTP 通信的三个阶段的过程。

答：1. 连接建立：连接是在发送主机的 SMTP 客户和接收主机的 SMTP 服务器之间建立的。SMTP 不使用中间的邮件服务器。

2. 邮件传送。

3. 连接释放：邮件发送完毕后，SMTP 应释放 TCP 连接。

6-24 试述邮局协议 POP 的工作过程。在电子邮件中，为什么需要使用 POP 和 SMTP 这两个协议？IMAP 与 POP 有何区别？

答：POP 使用客户机服务器的工作方式。在接收邮件的用户的 PC 机中必须运行 POP 客户机程序，而在其 ISP 的邮件服务器中则运行 POP 服务器程序。POP 服务器只有在用户输入鉴别信息（用户名和口令）后才允许对邮箱进行读取。

POP 是一个脱机协议，所有对邮件的处理都在用户的 PC 机上进行；IMAP 是一个联机协

议，用户可以操纵 ISP 的邮件服务器的邮箱。

6-25 MIME 与 SMTP 的关系是什么的？什么是 quoted-printable 编码和 base64 编码？

答：

MIME 全称是通用因特网邮件扩充 MIME。它并没有改动或取代 SMTP。MIME 的意图是继续使

用目前的 RFC 822 格式，但增加了邮件主体的结构，并定义了传送非 ASCII 码的编码规则

。也就是说，MIME 邮件可以在现有的电子邮件程序和协议下传送。下图表明了 MIME 和 SMTP 的关系：

quoted-printable 编码：对于所有可打印的 ASCII 码，除特殊字符等号外，都不改变。

等号和不可打印的 ASCII 码以及非 ASCII 码的数据的编码方法是：先将每个字节的二进制代码用两个十六进制数字表示，然后在前面再加上一个等号。

base64 编码是先把二进制代码划分为一个 24 位长的单元，然后把每个 24 位单元划分为 4

个 6 位组。每一个 6 位组按以下方法替换成 ASCII 码。6 位的二进制代码共有 64 种不同的值，从 1 到 63。用 A 表示 0，用 B 表示 1，等等。26 个大写字母排列完毕后，接下去再排 26 个小写字母，再后面是 10 个数字，最后用+表示 62，而用/表示 63。再用两个连在一起的等号==和一个等号=分别表示最后一组的代码只有 8 位或 16 位。回车和换行都忽略，它们可在任何地方插入。

6-26 一个二进制文件共 3072 字节长，若使用 base64 编码，并且每发送完 80 字节就插

入一个回车符 CR 和一个换行符 LF，问一共发送了多少个字节？

解答：

在 base64 编码方案中，24 比特的组被分成 4 个 6 比特单位，每个单位都作为一个合法的 ASCII 字符发送。编码规则是 A 表示 0，B 表示 1 等等，接着是 26 个小写字母

表示 26 到 51，10 个数字 (0 到 9) 表示 52 到 61，最后，+和/分别表示 62 和 63。=和= 分别用来指示最后一组仅包含 8 位或 16 位。回车和换行被忽略不计，因此可以任意插入它们来保持一行足够短。在本题中，base 64 编码将把报文划分成 1024 个单元，每个单元 3 字节长。每个单元被编码为 4 个字节，所以共有 4096 个字节。如果把这些字节每 80 字节划分为一行，将需要 52 行，所以需要加 52 个 CR 和 52 个 LF。4096+52×2=4200。综上所述，该二进制文件用 base 64 编码将会有 4200 字节长。

6-27 试将数据 11001100 10000001 00111000 进行 base64 编码，并得到最后传输的 ASCII 数据。

解：

对应的 ASCII 数据为 zIE4，对应的二进制代码为：

01111010 01001001 01000101 00110100

6-28 试将数据 01001100 10011101 00111001 进行 quoted-printable 编码，并得出最后传送的 ASCII 数据。这样的数据用 quoted-printable 编码后其编码开销有多大？

解：01001100 00111101 00111001 01000100 00111001

编码开销为 66.7%

6-29 电子邮件系统需要将众的电子邮件地址编成目录以便于查找，要建立这种目录应将人名划分为标准部分（例如，姓，名）。若要形成一个国际标准，那么必须解决哪些问题？

答：非常困难。例如，人名的书写方法，很多国家（如英、美等西方国家）是先书写姓

。但像中国或日本等国家则是先书写姓再写名。有些国家的一些人还有中间的名。称呼也有非常多种类。还有各式各样的头衔。很难有统一的格式。

6-30 电子邮件系统使用 TCP 传送邮件。为什么有时我们会遇到邮件发送失败的情况

？为什么有时对方会收不到我们发送的邮件？

答：

有时对方的邮件服务器不工作，邮件就发送不出去。对方的邮件服务器出故障也会使邮件丢失。

6-31 基于万维网的电子邮件系统有什么特点？在传送邮件时使用什么协议？

答：

特点：不管在什么地方，只要能上网，在打开万维网浏览器后，就可以收发电子邮件。

这时，邮件系统中的用户代理就是普通的万维网。

电子邮件从 A 发送到网易邮件服务器是使用 HTTP 协议。

两个邮件服务器之间的传送使用 SMTP。

邮件从新浪邮件服务器传送到 B 是使用 HTTP 协议。

6-32 DHCP 协议用在什么情况下？当一台计算机第一次运行引导程序时，其 ROP 中有

没有该 IP 地址，子网掩码或某个域名服务器的 IP 地址？

答：

动态主机配置协议 DHCP 提供了即插即用连网的机制。

这种机制允许一台计算机加入新的网络和获取 IP 地址而不用手工参与。

6-33 什么是网络管理？为什么说网络管理是当今网络领域中的热闹课题？

答：

网络管理即网络的运行、处理、维护（Maintenance）、服务提供等所需要的各种活动

。网络管理是控制一个复杂的计算机网络使得它具有最高的效率和生产力的过程。

6-34 解释下列术语，网络元素，被管对象，管理进程，代理进程和管理库

答：

网络元素：被管对象有时可称为网络元素。

被管对象：在每一个被管设备中有许多被管对象，被管对象可以是被管设备中的某个硬

件（例如，一块网络接口卡），也可以是某些硬件或软件（例如，路由选择协议）的配

置参数集合。

管理进程：管理程序在运行时就成为管理进程。

代理进程：在每一个被管理设备中都要运行一个程序以便和管理站中的管理程序进行通

信。这些运行着的程序叫作网络管理代理程序。

管理库：在被管理的实体中创建了命名对象，并规定了其类型。

6-35 SNMP 使用 UDP 传送报文，为什么不使用 TCP？

答：使用 UDP 是为了提高网管的效率

6-36 为什么 SNMP 的管理进程使用轮询掌握全网状态用于正常情况而代理进程用陷阱

向管理进程报告属于较少发生的异常情况？

答：使用轮询以维持对网络资源的实时监视，系统简单并限制通信量。陷阱的中断方式更灵活、快捷。

计算机网络复习资料

一、CRC 计算。P. 166

（目的：理解 $G(x)$ 多项式，会进行计算判断接受的比特串是否正确）

1. CRC 校验原理

具体来说，CRC 校验原理就是以下几个步骤：

（1）先选择（可以随机选择，也可按标准选择，具体在后面介绍）一个用于在接收端进行校验时，对接收的帧进行除法运算的除数（是二进制比特串，通常是以多项式方式表示，所以 CRC 又称多项式编码方法，这个多项式也称之为“生成多项式”）。

（2）看所选定的除数二进制位数（假设为 k 位），然后在要发送的数据帧（假设为 m 位）后面加上 $k-1$ 位“0”，然后以这个加了 $k-1$ 个“0”的新帧（一共是 $m+k-1$ 位）以“模 2 除法”方式除以上面这个除数，所得到的余数（也是二进制的比特串）就是该帧的 CRC 校验码，也称之为 FCS（帧校验序列）。但 要注意的是，余数的位数一定要是比除数位数只能少一位，哪怕前面位是 0，甚至是全为 0（附带好整除时）也都不能省略。

(3) 再把这个校验码附加在原数据帧（就是 m 位的帧，注意不是在后面形成的 $m+k-1$ 位的帧）后面，构建一个新帧发送到接收端，最后在接收端再把这个新帧以“模 2 除法”方式除以前面选择的除数，如果没有余数，则表明该帧在传输过程中没出错，否则出现了差错。

【说明】“模 2 除法”与“算术除法”类似，但它既不向上位借位，也不比较除数和被除数的相同位数值的大小，只要以相同位数进行相除即可。模 2 加法运算为：1+1=0，0+1=1，0+0=0，无进位，也无借位；模 2 减法运算为：1-1=0，0-1=1，1-0=1，0-0=0，也无进位，无借位。相当于二进制中的逻辑异或运算。也就是比较后，两者对应位相同则结果为“0”，不同则结果为“1”。如 100101 除以 1110，结果得到商为 11，余数为 1，如图 5-9 左图所示。如 $11 \times 11 = 101$ ，如图 5-9 右图所示。

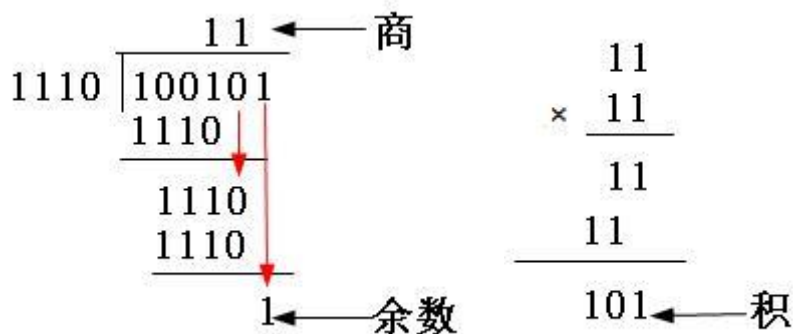


图 5-9 “模 2 除法”和“模 2 乘法”示例

例题：

下面以一个例子来具体说明整个过程。现假设选择的 CRC 生成多项式为 $G(X) = X^4 + X^3 + 1$ ，要求出二进制序列 10110011 的 CRC 校验码。下面是具体的计算过程：

(1) 首先把生成多项式转换成二进制数，由 $G(X) = X^4 + X^3 + 1$ 可以知道（，它一共是 5 位（总位数等于最高位的幂次加 1，即 $4+1=5$ ），然后根据多项式各项的含义（多项式只列出二进制值为 1 的位，也就是这个二进制的第 4 位、第 3 位、第 0 位的二进制均为 1，其它位均为 0）很快就得到它的二进制比特串为 11001。

(2) 因为生成多项式的位数为 5，根据前面的介绍，得知 CRC 校验码的位数为 4（校验码的位数比生成多项式的位数少 1）。因为原数据帧 10110011，在它后面再加 4 个 0，得到 101100110000，然后把这个数以“模 2 除法”方式除以生成多项式，得到的余数，即 CRC 校验码为 0100，如图 5-10 所示。注意参考前面介绍的“模 2 除法”运算法则。

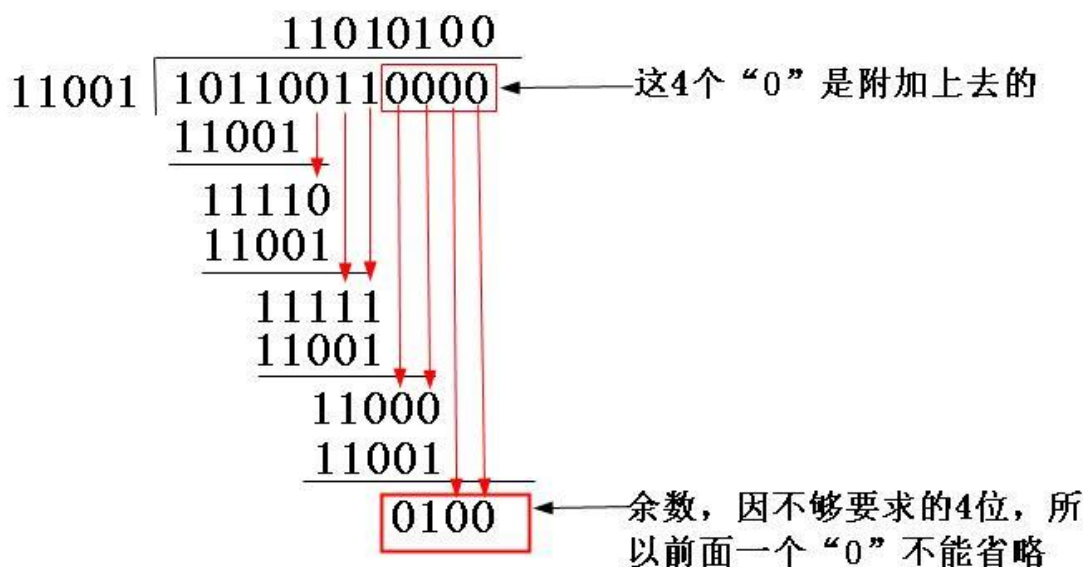


图 5-10 CRC 校验码计算示例

(3) 把上步计算得到的 CRC 校验码 0100 替换原始帧 101100110000 后面的四个“0”，得到新帧 101100110100。再把这个新帧发送到接收端。

(4) 当以上新帧到达接收端后,接收端会把这个新帧再用上面选定的除数 11001 以“模 2 除法”方式去除,验证余数是否为 0,如果为 0,则证明该帧数据在传输过程中没有出现差错,否则出现了差错。

二、子网掩码的作用和计算

作用:子网掩码就是用来指定某个 IP 地址的网络地址的,换一句话说,就是用来划分子网的。

计算子网掩码:要划分子网就需要计算子网掩码和分配相应的主机块,尽管采用二进制计算可以得出相应的结论,但如果采用十进制计算方法,计算起来更为简便。

方法一:利用子网数来计算。(主要)

1. 首先,将子网数目从十进制数转化为二进制数;
2. 接着,统计得到的二进制数的位数,设为 N;
3. 最后,先求出此 IP 地址对应的地址类别的子网掩码。再将求出的子网掩码的主机地址部分(也就是“主机号”)的前 N 位全部置 1,这样即可得出该 IP 地址划分子网的子网掩码。

例:需将 B 类 IP 地址 167.194.0.0 划分成 28 个子网:

1) $(28)_{10} = (11100)_2$;

2) 此二进制的位数是 5,则 $N=5$;

3) 此 IP 地址为 B 类地址,而 B 类地址的子网掩码是 255.255.0.0,且 B 类地址的主机地址是后 2 位(即 0-255.1-254)。于是将子网掩码 255.255.0.0 中的主机地址前 5 位全部置 1,就可得到 255.255.248.0,而这组数值就是划分成 28 个子网的 B 类 IP 地址 167.194.0.0 的子网掩码。

方法二:利用主机数来计算。

1. 首先,将主机数目从十进制数转化为二进制数;
2. 接着,如果主机数小于或等于 254(注意:应去掉保留的两个 IP 地址),则统计由“1”中得到的二进制数的位数,设为 N;如果主机数大于 254,则 $N>8$,也就是说主机地址将超过 8 位;
3. 最后,使用 255.255.255.255 将此类 IP 地址的主机地址位数全部置为 1,然后按照“从后向前”的顺序将 N 位全部置为 0,所得到的数值即为所求的子网掩码值。

例:需将 B 类 IP 地址 167.194.0.0 划分成若干个子网,每个子网内有主机 500 台:

1) $(500)_{10} = (111110100)_2$;

2) 此二进制的位数是 9,则 $N=9$;

3) 将该 B 类地址的子网掩码 255.255.0.0 的主机地址全部置 1,得到 255.255.255.255。然后再从后向前将 9 位置 0,可得:11111111.11111111.11111110.00000000 即 255.255.254.0。这组数值就是划分成主机为 500 台的 B 类 IP 地址 167.194.0.0 的子网掩码。

相关例题:

P 地址为 $192 \cdot 168 \cdot 100 \cdot 163$ 子网掩码是 $255 \cdot 255 \cdot 255 \cdot 224$ 。算出网络地址、广播地址、地址范围、主机数。

计算过程。

答:根据题目[子网掩码](#) 255.255.255.224,算出块大小 $256-224=32$

分出的子网数

0, 32, 64, 96, 128, 160, 192, 224 8 个子网

子网地址分别是

192.168.100.0

192.168.100.32

192.168.100.64

192.168.100.96

192.168.100.128

192.168.100.160

192.168.100.192

192.168.100.224

则题目的 IP 地址 是在

192.168.100.160 这个子网里面。

地址范围 192.168.100.161~192.168.100.190 可用主机数 30 台

广播地址是 192.168.100.191

网络地址是 192.168.100.160

三、TCP 拥塞控制算法 P441

慢速启动→拥塞避免→快速重传→快速恢复（记住关键词了解即可）

慢 启动：最初的 TCP 在连接建立成功后会向网络中发送大量的数据包，这样很容易导致网络中路由器缓存空间耗尽，从而发生拥塞。因此新建的连接不能够一开始 就大量发送数据包，而只能根据网络情况逐步增加每次发送的数据量，以避免上述现象的发生。具体来说，当新建连接时，cwnd 初始化为 1 个最大报文段（MSS）大小，发送端开始按照拥塞窗口大小发送数据，每当有一个报文段被确认，cwnd 就增加 1 个 MSS 大小。这样 cwnd 的值就随着网络往返时间（Round Trip Time, RTT）呈指数级增长，事实上，慢启动的速度一点也不慢，只是它的起点比较低一点而已。我们可以简单计算下：

开始	--->	cwnd = 1
经过 1 个 RTT 后	--->	cwnd = 2*1 = 2
经过 2 个 RTT 后	--->	cwnd = 2*2 = 4
经过 3 个 RTT 后	--->	cwnd = 4*2 = 8

如果带宽为 W，那么经过 $RTT * \log_2 W$ 时间就可以占满带宽。

拥 塞避免：从慢启动可以看到，cwnd 可以很快的增长上来，从而最大程度利用网络带宽资源，但是 cwnd 不能一直这样无限增长下去，一定需要某个限制。TCP 使用了一个叫慢启动门限（sssthresh）的变量，当 cwnd 超过该值后，慢启动过程结束，进入拥塞避免阶段。对于大多数 TCP 实现来说，sssthresh 的值是 65536（同样以字节计算）。拥塞避免的主要思想是加法增大，也就是 cwnd 的值不再指数级往上升，开始加法增加。此时当窗口中所有的报文段都被确认时，cwnd 的大小加 1，cwnd 的值就随着 RTT 开始线性增加，这样就可以避免增长过快导致网络拥塞，慢慢的增加调整到网络的最佳值。

其实 TCP 还有一种情况会进行快速重传：那就是收到 3 个相同的 ACK。TCP 在收到乱序到达包时就会立即发送 ACK，TCP 利用 3 个相同的 ACK 来判定数据包的丢失，此时进行快速重传，快速重传做的事情有：

1. 把 sssthresh 设置为 cwnd 的一半
2. 把 cwnd 再设置为 sssthresh 的值（具体实现有些为 sssthresh+3）
3. 重新进入拥塞避免阶段。

快速恢复的主要步骤是：

1. 当收到 3 个重复 ACK 时，把 sssthresh 设置为 cwnd 的一半，把 cwnd 设置为 sssthresh 的值加 3，然后重传丢失的报文段，加 3 的原因是因为收到 3 个重复的 ACK，表明有 3 个“老”的数据包离开了网络。
2. 再收到重复的 ACK 时，拥塞窗口增加 1。
3. 当收到新的数据包的 ACK 时，把 cwnd 设置为第一步中的 sssthresh 的值。原因是因为该 ACK 确认了新的数据，说明从重复 ACK 时的数据都已收到，该恢复过程已经结束，可以回到恢复之前的状态了，也即再次进入拥塞避免状态。

相关例题：1：为避免和消除拥塞，TCP 采用哪些策略来控制拥塞窗口

答：为了避免和消除拥塞，TCP 周而复始地采用 3 种策略来控制拥塞窗口的大小。

首先是使用慢启动策略，在建立连接时拥塞窗口被设置为一个最大段大小 MSS。对于每一个段的确认都会使拥塞窗口增加一个 MSS，实际上这种增加方式是指数级的增加。例如，开始时只能发送一个数据段，当收到该段的确认后拥塞窗口加大到两个 MSS，发送方接着发送两个段，收到这两个段的确认后，拥塞窗口加大到 4 个 MSS，接下来发送 4 个段，依此类推。

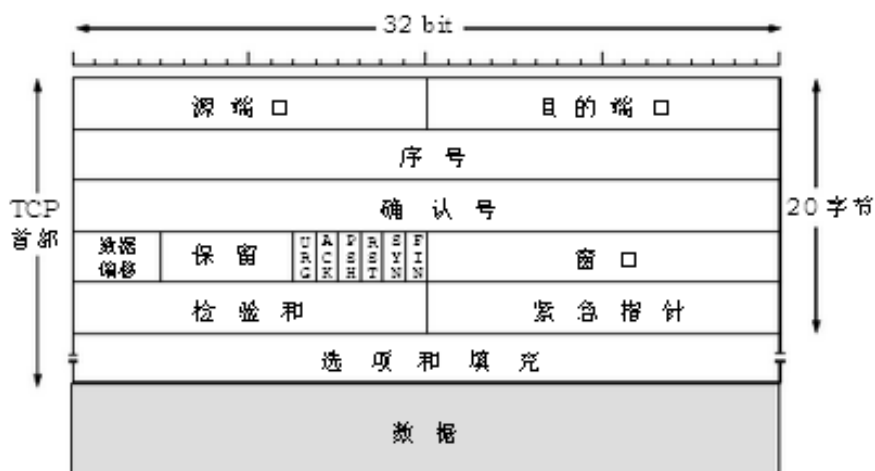
当拥塞窗口加大到门限值(拥塞发生时的拥塞窗口的一半)时,进入拥塞避免阶段,在这一阶段使用的策略是,每收到一个确认,拥塞窗口加大 $1/n$ 个 MSS(n 为拥塞窗口大小),即使确认是针对多个段的,拥塞窗口也只加大 1 个

MSS,这在一定程度上减缓了拥塞窗口的增长。但在此阶段,拥塞窗口仍在增长,最终可能导致拥塞。拥塞使重传定时器超时,发送方进入拥塞解决阶段。发送方在进行重传的同时,将门限值调整为拥塞窗口的一半,并将拥塞窗口恢复成一个 MSS,然后进入新一轮的循环。

2: 为什么说,拥塞造成的数据丢失,仅仅靠超时重传是无法解决的?

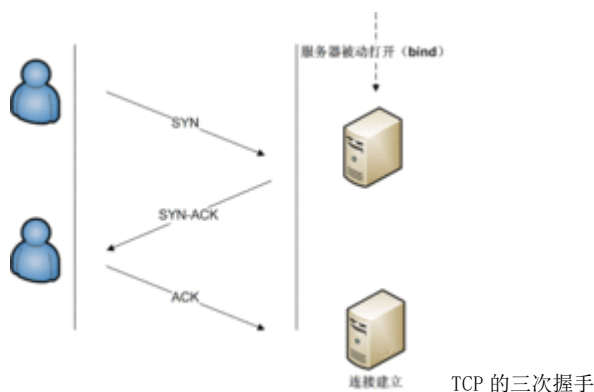
答:拥塞是由于网络中的路由器超载而引起的严重延迟现象。拥塞的发生会造成数据的丢失,数据的丢失会引起超时重传,而超时重传的数据又会进一步加剧拥塞,如果不加以控制,最终将会导致系统的崩溃

四、TCP 报文 P429



连接建立

TCP 是因特网中的传输层协议,使用[三次握手协议](#)建立连接。当主动方发出 SYN 连接请求后,等待对方回答



SYN+ACK^[1],并最终对对方的 SYN 执行 ACK 确认。这种建立连接的方法可以防止产生错误的连接,TCP 使用的流量控制协议是可变大小的滑动窗口协议。

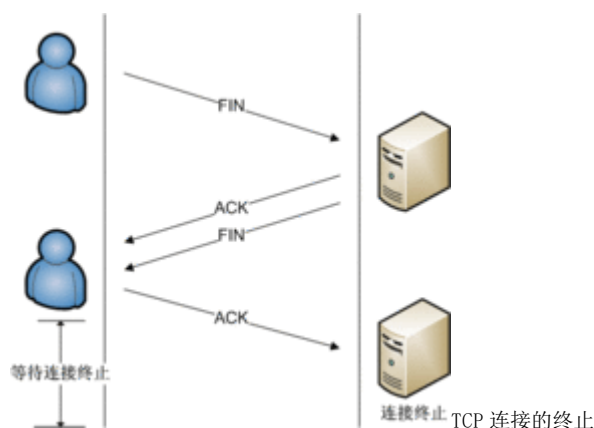
TCP 三次握手的过程如下:

- 1、客户端发送 SYN (SEQ=x) 报文给服务器端,进入 SYN_SEND 状态。
- 2、服务器端收到 SYN 报文,回应一个 SYN (SEQ=y) ACK(ACK=x+1) 报文,进入 [SYN_RECV](#) 状态。
- 3、客户端收到服务器端的 SYN 报文,回应一个 ACK(ACK=y+1) 报文,进入 Established 状态。

三次握手完成,TCP 客户端和服务器端成功地建立连接,可以开始传输数据了。

连接终止

建立一个连接需要三次握手，而终止一个连接要经过四次握手，这是由 TCP 的半关闭（half-close）造成的。具体过程如下图所示。^[1]



(1) 某个应用进程首先调用 close，称该端执行“主动关闭”（active close）。该端的 TCP 于是发送一个 FIN 分节，表示数据发送完毕。

(2) 接收到这个 FIN 的对端执行“被动关闭”（passive close），这个 FIN 由 TCP 确认。

注意：FIN 的接收也作为一个文件结束符（end-of-file）传递给接收端应用进程，放在已排队等候该应用进程接收的任何其他数据之后，因为，FIN 的接收意味着接收端应用进程在相应连接上再无额外数据可接收。

(3) 一段时间后，接收到这个文件结束符的应用进程将调用 close 关闭它的套接字。这导致它的 TCP 也发送一个 FIN。

(4) 接收这个最终 FIN 的原发送端 TCP（即执行主动关闭的那一端）确认这个 FIN。

既然每个方向都需要一个 FIN 和一个 ACK，因此通常需要 4 个分节。

五、香农公式（信噪比）P74

[香农定理](#)指出，如果信息源的信息速率 R 小于或者等于信道容量 C ，那么，在理论上存在一种方法可使信息源的输出能够以任意小的差错概率通过信道传输。

该定理还指出：如果 $R > C$ ，则没有任何办法传递这样的信息，或者说传递这样的二进制信息的差错率为 $1/2$ 。

可以严格地证明：在被高斯白噪声干扰的信道中，传送的最大信息速率 C 由下述公式确定：

$$C = B \cdot \log_2 (1 + S/N) \quad (\text{bit/s})$$

该式通常称为香农公式。 B 是码元速率的极限值（由[奈奎斯特](#)指出 $B = 2H$ ， H 为[信道带宽](#)，单位 Baud）； S 是信号功率（瓦）， N 是噪声功率（瓦）。

香农公式中的 S/N 是为信号与噪声的功率之比，为无量纲单位。如： $S/N = 1000$ （即，信号功率是噪声功率的 1000 倍）

但是，当讨论信噪比时，常以分贝（dB）为单位。公式如下：

$$\text{SNR (信噪比, 单位为 dB)} = 10 \lg (S/N)$$

换算一下：

$$S/N = 10^{(\text{SNR}/10)}$$

公式表明，信道带宽限制了比特率的增加，信道容量还取决于系统信噪比以及编码技术种类。

例题：一个信噪比为 30dB、带宽为 3KHz 的信道若用于传送数据，则不管使用多少级的信号电平，其最大数据传输速率绝不可能高于 $3000 \log_2 (1 + 1000)$ bps。

不明白为什么是 $(1 + 1000)$ 其中 1000 是怎么来的呢？

答案：因为信噪比 $= 10 \lg (S/N)$ dB， S/N 表示信号[平均功率](#)比上噪声[平均功率](#)的值（不要误认为 S/N 就是信噪比），这样就可以解出 $S/N = 1000$ ，再代入香农定理的公式： $C = B \cdot \log_2 (1 + S/N)$ 即可。

六、名词：英汉翻译

第一章

1. 计算机网络——computer networks

2. 组播——multicasting

3. 广播——broadcasting
4. 广域网——WAN, Wide Area Network
5. 局域网——LAN, Local Area Network
6. 城域网——MAN, Metropolitan Area Network
7. 协议——protocol
8. 无连接——connectionless
9. 面向连接——connection-oriented
10. 分组交换——packet switching
 11. 电路交换——circuit switching
 12. OSI 模型 7 层
 - (7) 应用层——application layer
 - (6) 表示层——presentation layer
 - (5) 会话层——session layer
 - (4) 传输层——transport layer
 - (3) 网络层——network layer
 - (2) 数据链路层——data link layer
 - (1) 物理层——physical layer
13. TCP/IP 模型 4 层
 - (4) 应用层——application layer
 - (3) 传输层——transport layer
 - (2) 互联网层——internet layer
 - (1) 网络接口层——host - to - network

第三章

1. 差错控制——error control
2. 流量控制——flow control
3. 滑动窗口——sliding window

第五章

1. 虚电路——Virtual circuit

2. 数据报——datagram

3. 路由算法——routing algorithm

4. 路由器——router

第六章

1. 端口——port

2. 套接字——socket

第七章

1. 域名系统——DNS, Domain Name System

2. 万维网——World Wide Web

七、子网划分

1、基础知识

(1) 子网掩码等基础概念

子网掩码是一个应用于 TCP/IP 网络的 32 位二进制值,它可以屏蔽掉 ip 地址中的一部分,从而分离出 ip 地址中的网络部分与主机部分,基于子网掩码,管理员可以将网络进一步划分为若干子网。

(2) 如何用子网掩码得到网络/主机地址

既然子网掩码这么重要,那么它是如何分离出 ip 地址中的网络地址和主机地址的呢?

过程如下:

1. 将 ip 地址与子网掩码转换成二进制;
2. 将二进制形式的 ip 地址与子网掩码做'与'运算,将答案化为十进制便得到网络地址;
3. 将二进制形式的子网掩码取'反';
4. 将取'反'后的子网掩码与 ip 地址做'与'运算,将答案化为十进制便得到主机地址。

下面我们用一个例子给大家演示:

假设有一个 I P 地址: 192. 168. 0. 1

子网掩码为: 255. 255. 255. 0

化为二进制为: I P 地址 11000000. 10101000. 00000000. 00000001

子网掩码: 11111111. 11111111. 11111111. 00000000

将两者做'与'运算得: 11000000. 10101000. 00000000. 00000000

将其化为十进制得: 192. 168. 0. 0

这便是上面 ip 的网络地址, 主机地址以此类推。

小技巧: 由于观察到上面的子网掩码为 C 类地址的默认子网掩码 (即未划分子网), 便可直接看出网络地址为 ip 地址的前三部分, 即前三个字节。

解惑:

什么? 你还是不懂? 问我为什么要做'与'运算而不是别的? 其实你仔细观察一下上面的例子就应该能明白。

'1' 在做'与'运算时, 不影响结果, '0' 在做'与'运算时, 将得到 0, 利用'与'的这个特性, 当管理员设置子网掩码时, 即将子网掩码上与网络地址所对应的位都设为'1', 其他位都设为'0', 那么当作'与'时, ip 地址中的网络号将被保留到结果中, 而主机号将被置 0, 这样就解析出了网络号, 解析主机号也一样, 只需先把子网掩码取'反', 在做'与'。

2、例题

例 1：本例通过子网数来划分子网，未考虑主机数。

一家集团公司有 12 家子公司，每家子公司又有 4 个部门。上级给出一个 172.16.0.0/16 的网段，让给每家子公司以及子公司的部门分配网段。

思路：既然有 12 家子公司，那么就要划分 12 个子网段，但是每家子公司又有 4 个部门，因此又要在每家子公司所属的网段中划分 4 个子网分配给各部门。

步骤：

A. 先划分各子公司的所属网段。

有 12 家子公司，那么就有 2 的 n 次方 \geq 12，n 的最小值=4。因此，网络位需要向主机位借 4 位。那么就可以从 172.16.0.0/16 这个大网段中划出 2 的 4 次方=16 个子网。

详细过程：

先将 172.16.0.0/16 用二进制表示

10101100.00010000.00000000.00000000/16

借 4 位后（可划分出 16 个子网）：

- 1) 10101100.00010000.**0000**0000.00000000/20 【172.16.0.0/20】
- 2) 10101100.00010000.**0001**0000.00000000/20 【172.16.16.0/20】
- 3) 10101100.00010000.**0010**0000.00000000/20 【172.16.32.0/20】
- 4) 10101100.00010000.**0011**0000.00000000/20 【172.16.48.0/20】
- 5) 10101100.00010000.**0100**0000.00000000/20 【172.16.64.0/20】
- 6) 10101100.00010000.**0101**0000.00000000/20 【172.16.80.0/20】
- 7) 10101100.00010000.**0110**0000.00000000/20 【172.16.96.0/20】
- 8) 10101100.00010000.**0111**0000.00000000/20 【172.16.112.0/20】
- 9) 10101100.00010000.**1000**0000.00000000/20 【172.16.128.0/20】
- 10) 10101100.00010000.**1001**0000.00000000/20 【172.16.144.0/20】
- 11) 10101100.00010000.**1010**0000.00000000/20 【172.16.160.0/20】
- 12) 10101100.00010000.**1011**0000.00000000/20 【172.16.176.0/20】
- 13) 10101100.00010000.**1100**0000.00000000/20 【172.16.192.0/20】
- 14) 10101100.00010000.**1101**0000.00000000/20 【172.16.208.0/20】
- 15) 10101100.00010000.**1110**0000.00000000/20 【172.16.224.0/20】
- 16) 10101100.00010000.**1111**0000.00000000/20 【172.16.240.0/20】

我们从这 16 个子网中选择 12 个即可，就将前 12 个分给下面的各子公司。每个子公司最多容纳主机数目为 2 的 12 次方-2=4094。

B. 再划分子公司各部门的所属网段

以甲公司获得 172.16.0.0/20 为例，其他子公司的部门网段划分同甲公司。

有 4 个部门，那么就有 2 的 n 次方 \geq 4，n 的最小值=2。因此，网络位需要向主机位借 2 位。那么就可以从 172.16.0.0/20 这个网段中再划出 2 的 2 次方=4 个子网，正符合要求。

详细过程：

先将 172.16.0.0/20 用二进制表示

10101100.00010000.00000000.00000000/20

借 2 位后（可划分出 4 个子网）：

- ① 10101100.00010000.0000**00**00.00000000/22 【172.16.0.0/22】
- ② 10101100.00010000.0000**01**00.00000000/22 【172.16.4.0/22】
- ③ 10101100.00010000.0000**10**00.00000000/22 【172.16.8.0/22】

④ 10101100.00010000.00001100.00000000/22 【172.16.12.0/22】

将这4个网段分给甲公司的4个部门即可。每个部门最多容纳主机数目为2的10次方-2=1024。

例2：本例通过计算主机数来划分子网。

某集团公司给下属子公司甲分配了一段IP地址192.168.5.0/24，层办公楼（1楼和2楼），统一从1楼的路由器上公网。1楼有100有53台电脑联网。如果你是该公司的网管，你该怎么去规划这个根据需求，画出下面这个简单的拓扑。将192.168.5.0/24划成3网段，至少拥有101个可用IP地址；2楼一个网段，至少拥有54楼和2楼的路由器互联用一个网段，需要2个IP地址。

思路：我们在划分子网时优先考虑最大主机数来划分。在本例中，大主机数来划分子网。101个可用IP地址，那就要保证至少7位的 m 次方-2 \geq 101， m 的最小值=7。如果保留7位主机位，那就段，剩下的一个网段就划不出来了。但是我们剩下的一个网段只并且2楼的网段只需要54个可用IP，因此，我们可以从第一次划出的两个网段中选择一个网段来继续划分2楼的网段和路由器互联使用的网段。

步骤：

A. 先根据大的主机数需求，划分子网

因为要保证1楼网段至少有101个可用IP地址，所以，主机位要保留至少7位。

先将192.168.5.0/24用二进制表示：

11000000.10101000.00000101.00000000/24

主机位保留7位，即在现有基础上网络位向主机位借1位（可划分出2个子网）：

① 11000000.10101000.00000101.00000000/25 【192.168.5.0/25】

② 11000000.10101000.00000101.10000000/25 【192.168.5.128/25】

1楼网段从这两个子网段中选择一个即可，我们选择192.168.5.0/25。

2楼网段和路由器互联使用的网段从192.168.5.128/25中再次划分得到。

B. 再划分2楼使用的网段

2楼使用的网段从192.168.5.128/25这个子网段中再次划分子网获得。因为2楼至少要有54个可用IP地址，所以，主机位至少要保留6位（2的 m 次方-2 \geq 54， m 的最小值=6）。

先将192.168.5.128/25用二进制表示：

11000000.10101000.00000101.10000000/25

主机位保留6位，即在现有基础上网络位向主机位借1位（可划分出2个子网）：

① 11000000.10101000.00000101.10000000/26 【192.168.5.128/26】

② 11000000.10101000.00000101.11000000/26 【192.168.5.192/26】

2楼网段从这两个子网段中选择一个即可，我们选择192.168.5.128/26。

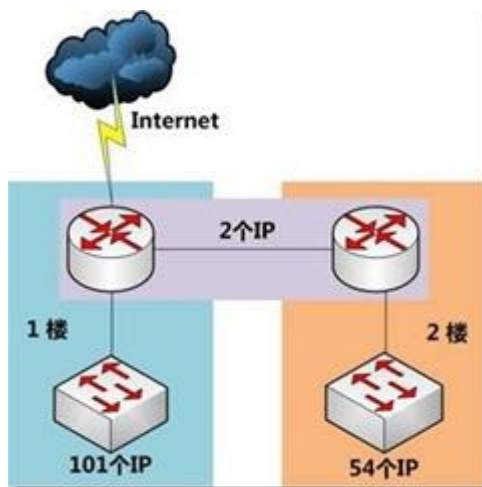
路由器互联使用的网段从192.168.5.192/26中再次划分得到。

C. 最后划分路由器互联使用的网段

路由器互联使用的网段从192.168.5.192/26这个子网段中再次划分子网获得。因为只需要2个可用IP地址，所以，主机位只要保留2位即可（2的 m 次方-2 \geq 2， m 的最小值=2）。

先将192.168.5.192/26用二进制表示：

11000000.10101000.00000101.11000000/26



现在甲公司有两台电脑联网，2楼IP？

个网段，1楼一个可用IP地址；1

我们就先使用最大的主机位可用（2只能划出两个网需要2个IP地址

主机位保留 2 位，即在现有基础上网络位向主机位借 4 位（可划分出 16 个子网）：

① 11000000.10101000.00000101.11**0000**00/30 【192.168.5.192/30】

② 11000000.10101000.00000101.11**0001**00/30 【192.168.5.196/30】

③ 11000000.10101000.00000101.11**0010**00/30 【192.168.5.200/30】

.....

④ 11000000.10101000.00000101.11**1101**00/30 【192.168.5.244/30】

⑤ 11000000.10101000.00000101.11**1110**00/30 【192.168.5.248/30】

⑥ 11000000.10101000.00000101.11**1111**00/30 【192.168.5.252/30】

路由器互联网段我们从这 16 个子网中选择一个即可，我们就选择 192.168.5.252/30。

D. 整理本例的规划地址

1 楼：

网络地址：【192.168.5.0/25】

主机 IP 地址：【192.168.5.1/25—192.168.5.126/25】

广播地址：【192.168.5.127/25】

2 楼：

网络地址：【192.168.5.128/26】

主机 IP 地址：【192.168.5.129/26—192.168.5.190/26】

广播地址：【192.168.5.191/26】

路由器互联：

网络地址：【192.168.5.252/30】

两个 IP 地址：【192.168.5.253/30、192.168.5.254/30】

广播地址：【192.168.5.255/30】

例 3：

1、某公司为了便于管理，拟将网络 192.168.3.0 划分为 5 个子网，每个子网中的计算机数不超过 15 台，请规划该子网。（1）写出子网掩码。

（2） 写出每个子网的网络号。（3） 写出每个子网中的主机的 IP 地址范围。 答：1）计算主机号所需位数：

每个子网中有计算机不超过 15 台，但主机号全 0 和全 1 不能使用（网络地址和广播地址），所以需要主机号 5 位。

$2^5=32$ $32-2=30$ ，则子网中最多可分配 30 台主机。（2 分） 2）计算子网号所需位数：

因划分 5 个子网，所以子网号需 3 位。 $2^3=8$ 3 位子网号可划分 8 个子网。（2 分） 3）子网掩码

1111111.1111111.1111111.11100000 即 255.255.255.224

（2 分） 4）子网网络号和 IP 地

址范围：（可以划分为 8 个子网，每个子网最多 30 个主机） 子网网络号

子网主机 IP 地址范围

192.168.3.0 192.168.3.1~192.168.3.30。

192.168.3.32 192.168.3.33~192.168.3.62。

192.168.3.64 192.168.3. 65~192.168.3.94。

192.168.3.96 192.168.3.97~192.168.3.126。

192.168.3.128 192.168.3.129~192.168.3.158。

192.168.3.160 192.168.3.161~192.168.3.190。

192.168.3.192 192.168.3.193 ~192.168.3.222。

192.168.3.224 192.168.3.225~192.168.3.254。

快速划分子网确定 IP

我们以例 2 为例：

题目需要我们将 192.168.5.0/24 这个网络地址划分成能容纳 101/54/2 个主机的子网。因此我们要先确定主机位，然后根据主机位决定网络

① 确定主机位

② 根据主机位决定网络位

③ 确定详细的 IP 地址

【网络地址】【有效 IP】【广播地址】

【192.168.5.0/25】【192.168.5.1/25-192.168.5.126/25】【192.168.5.127/25】

【192.168.5.128/26】【192.168.5.129/26-192.168.5.190/26】【192.168.5.191/26】

【192. 168. 5. 192/30】【192. 168. 5. 193/30-192. 168. 5. 194/30】【192. 168. 5. 195/30】

八、查找路由表

目的网络 子网掩码 下一跳

128.96.39.0 255.255.255.128 端口 0

128.96.39.128 255.255.255.128 端口 1

```
128.96.40.0 255.255.255.128 R2
```

```
192.4.153.0 255.255.255.192 R3
```

* (默认) R4

(1) 128.96.39.10

(2) 128, 96, 40, 12

(3) 128, 96, 40, 151

(4) 192, 4, 153, 17

(5) 192.4.153.90

试分别计算其转发端口或下一跳路由器。

答：将目的 IP 地址和子网掩码分别相与，然后比较是否和目的网络相匹配。

(1) 目的 IP: 128.96.39.10

128.96.39.10 与 255.255.255.128 结果为：128.96.39.0，与第一条路由匹配，所以下一跳为端口 0。

(2) 目的 IP: 128.96.40.12

128.96.40.12 与 255.255.255.128 结果为: 128.96.40.0, 与第一、二条路由表不匹配, 与第三条路由匹配, 所以下一跳为路由器 R2。

(3) 目的 IP: 128.96.40.151

128.96.40.151 与 255.255.255.128 结果为:128.96.40.128,与第一、二、三条路由表不匹配。128.96.40.151 与 255.255.255.192 结果为: 128.96.40.128 , 与第四条路由表不匹配。所以只能按照默认路由, 从路由器 R4 转发。

(4) 目的 IP: 192.4.153.17

192.4.153.17 与 255.255.255.128 结果为: 192.4.153.0, 与第一、二、三条路由表不匹配。 192.4.153.17 与 255.255.255.192 结果

为：192.4.153.0，与第四条路由表匹配。所以下一跳为路由器R3。

(5) 目的IP：192.4.153.90

192.4.153.90与255.255.255.128结果为：192.4.153.0，与第一、二、三条路由表不匹配。192.4.153.90与255.255.255.192结果为：192.4.153.64，与第四条路由表不匹配。所以只能按照默认路由，从路由器R4转发。

九、RIP路由表更新

1、一些基本概念

距离矢量路由算法：每个路由器维护一个距离矢量(通常是以延时是作变量的)表，然后通过相邻路由器之间的距离矢量通告进行距离矢量表的更新。

RIP：

2、例题

例1：假定网络中的路由器B的路由表有如下的项目（这三列分别表示“目的网络”、“距离”和“下一跳路由器”）

N1	7	A
N2	2	B
N6	8	F
N8	4	E
N9	4	F

现在B收到从C发来的路由信息（这两列分别表示“目的网络”“距离”）：

N2	4
N3	8
N6	4
N8	3
N9	5

试求出路由器B更新后的路由表（详细说明每一个步骤）。

答：收到C的路由信息后，根据RIP算法

(1) 将收到的路由表距离加一，下一跳路由器为C。得到：

N2	5	C
N3	9	C
N6	5	C
N8	4	C
N9	6	C

(2) 逐条比较路由器B中当前路由表和收到的路由表，进行更新操作。

(1) 目的网络N1：没有收到关于N1的路由更新信息，维持原路由不变。
即：(N1 7 A)。

(2) 目的网络N2：当前路由表项(N2 2 B)，收到更新消息(N2 5 C)，当前路由距离更短，不更新。即：(N2 2 B)。

(3) 目的网络N3：当前路由表项无该目的网络，收到更新消息(N3 9 C)，新的目的网络需要更新。即：(N3 9 C)。

(4) 目的网络N6：当前路由表项(N6 8 F)，收到更新消息(N6 5 C)，新路由距离更短，要更新。即：(N6 5 C)。

(5) 目的网络N8：当前路由表项(N8 4 E)，收到更新消息(N8 4 C)，路由距离相同，要更新。即：(N8 4 C)。

(6) 目的网络N9：当前路由表项(N9 4 F)，收到更新消息(N9 6 C)，当前路由距离更

短，不更新。即：(N9 4 F)。(2 分) 因此，更新后 B 的路由表如下：

N1	7	A
N2	2	B
N3	9	C
N6	5	C
N8	4	C
N9	4	F

例 2:

rip 路由表更新算法题

图 5-45 某路由器的路由表

4. 若路由器 A 采用的路由协议为 RIP, A 的路由表如图 5-46 所示, 现在路由器 A 收到从路由器 C 发来的路由信息 (如图 5-47 所示), 试给出路由表 A 更新的过程和结果。

目的网络	距离	下一站
N1	5	D
N2	2	C
N3	1	直接
N4	3	G

图 5-46 A 的路由表

目的网络	距离
N1	3
N2	2
N3	1
N5	3

图 5-47 C 的路由表

RIP 是距离矢量, 按照管理距离最短来寻路。

N1: 从 A→D→N1 = 5, 从 C→N1 = 3, A→C=2, 因此 N1 的 nexthop=C, 或者 D 都可以, 距离都是 5

如果开启备份路由, 则加入 FIB, 作为备份

N2: 从 A→C→N2 = 2, 从 A→C = 2, 因此不变

N3: 直连最优

N4: 不变

N5: 加入 FIB, A→N5, 分为 A-C→N5, 因此距离=5, 下一跳 C

十、简答题

1、零比特填充问题 (课本 P155):

目的是为了 避免误认比特串为帧的边界。

在 HDLC 的帧结构中, 若在两个标志字段之间的比特串中, 碰巧出现了和标志字 01111110 一样的比特组合 (标志字段 (F): 以 8bits 组 01111110 (0x7E) 在帧的两端起定界作用, 某个 F 可能既是一个帧的结束标志, 也是下一个帧的起始标志。), 那么就会误认为是帧的边界。为了避免出现这种情况, HDLC 采用零比特填充法使一帧中两个 F 字段之间不会出现 6 个连续 1。

做法是: 在发送端, 当一串比特流尚未加上标志字段时, 先用硬件扫描整个帧。只要发现 5 个连续 1, 则立即填入一个 0。因此经过这

种零比特填充后的数据，就可以保证不会出现 6 个连续 1。在接收一个帧时，先找到 F 字段以确定帧的边界。接着再用硬件对其中的比特流进行扫描。每当发现 5 个连续 1 时，就将这 5 个连续 1 后的一个 0 删除，以还原成原来的比特流。

实例：

输入：

01111110...0111111100111110

发送：

011111010...011111011001111100

接收：

011111010...011111011001111100

输出：

01111110...0111111100111110

2、地址聚合算法即：路由聚合（343）

路由聚合（也叫汇总）是让路由选择协议能够用一个地址通告众多网络，旨在缩小路由器中路由选择表的规模，以节省内存，并缩短 IP 对路由选择表进行分析以找出前往远程网络的路径所需的时间。（字不重要看算法）

192.168.65.0、

192.168.64.0、

192.168.67.0、

192.168.66.0

换二进制： 11000000.10101000,01000001.00000000

11000000.10101000,01000000.00000000

11000000.10101000,01000011.00000000

11000000.10101000,01000010.00000000

与的运算：11000000.10101000,01000000.00000000

换 IP 得 192.168.64.0

掩码是 IP 二进制前面相同的位数.22

11000000.10101000,01000001.00000000

11000000.10101000,01000000.00000000

11000000.10101000,01000011.00000000

11000000.10101000,01000010.00000000

答案是 192.168.64.0/22

3、IGP 和 EGP 的代表、作用、不同、具体协议例子（365）

IGP 代表内部网关协议

EGP 代表外部网关协议

IGP 作用：用于一个自治网络系统内部网关间交换数据流转通道信息的协议。

用于在“一个自治系统内”交换路由信息。

主要功能是“发现”和“计算”一个自治域内的路由信息

IGP 协议例子：路由信息协议（RIP）和最短路径优先路由协议（OSPF）

EGP 作用：用于两个相邻的自治系统的之间交换路由信息的协议。

用于在“两个相邻的自治系统之间”交换路由信息，通常用于在因特网主机间交换路由表信息。

主要功能是：使用路由策略和路由过滤等来控制“路由信息”在不同的自治区域间的传播。

EGP 协议例子：边界网关协议（BGP）

4、RIP 和 OSPF 协议的不同点（至少三点）

①OSPF 与 RIP 相比配置相对复杂。

②OSPF 支持基于服务类型的路由。

③OSPF 支持多种距离度量。

④RIP 收敛速度慢，OSPF 收敛速度快。

⑤RIP 有 15 跳数和慢收敛缺点，它不适用于大型网络，OSPF 适合用于大型网络。