

第一章概述

传播时延=信道长度/电磁波在信道上的传播速度

发送时延=数据块长度/信道带宽

总时延=传播时延+发送时延+排队时延

1-01 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断续（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。

1-02 试简述分组交换的要点。

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。在分组交换网络中，数据按一定长度分割为许多小段的数据——分组。以短的分组形式传送。分组交换在线路上采用动态复用技术。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。在路径上的每个结点，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。

分组交换网的主要优点是：

①高效。在分组传输的过程中动态分配传输带宽，对通信链路是逐段占有。

②灵活。每个结点均有智能，为每一个分组独立地选择转发的路由。

③迅速。以分组作为传送单位，通信之前可以不先建立连接就能发送分组；网络使用高速链路。

④可靠。完善的网络协议；分布式多路由的通信子网。

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。

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(InternetDraft)——在这个阶段还不是 RFC 文档。
(2) 建议标准(ProposedStandard)——从这个阶段开始就成为 RFC 文档。
(3) 草案标准(DraftStandard)
(4) 因特网标准(InternetStandard)

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 计算机网络可以从那几个方面进行分类？

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。

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 计算机网络由哪几部分组成？

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。

1-11 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。

1-12 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 1-11 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

$$p = \sqrt{\frac{hx}{k-1}}$$

1-13 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。

1-14 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。

1-15 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，利用率等。

1-16 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： $t_s = 107 / 10^5 = 100\text{s}$

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。

第二章协议和体系结构

2-1 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。

2-2 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分：

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。

2-3 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。

2-4 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。

2-5 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。

2-6 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

2-7 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的组合。

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。

2-8 试解释 everything over IP 和 IP over everything 的含义。

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

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

第三章物理层

规程与协议有什么区别？规程专指物理层协议

3-01 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。

3-02 试给出数据通信系统的模型并说明其主要组成构件的作用。

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

3-03 试解释以下名词：数据，信号，模拟数据，模拟信号，数字数据，数字信号，码元，单工通信，半双工通信，全双工通信。

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。

3-04 物理层的接口有哪几个方面的特性？各包含些什么内容？

答：(1) 机械特性

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。

3-05 奈氏准则与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：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 MBaud 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。

3-06 常用的传输媒体有哪几种？各有何特点？

答：常用的传输媒体有双绞线、同轴电缆、光纤和电磁波。

一、双绞线

特点：

- (1) 抗电磁干扰
- (2) 模拟传输和数字传输都可以使用双绞线

二、同轴电缆

特点：同轴电缆具有很好的抗干扰特性

三、光纤

特点：

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

四、电磁波

优点：

- (1) 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；
- (2) 微波传输质量较高；
- (3) 微波接力通信的可靠性较高；
- (4) 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：

- (1) 相邻站之间必须直视，不能有障碍物。
- (2) 微波的传播有时也会受到恶劣气候的影响；
- (3) 与电缆通信系统比较，微波通信的隐蔽性和保密性较差；
- (4) 对大量的中继站的使用和维护要耗费一定的人力和物力。

3-08 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。

3-10 EIA-232 接口标准用在什么场合？

答：通常 EIA-232 用于标准电话线路（一个话路）的物理层接口。

3-11 基带信号与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。

3-12 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 56kb/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，传输 600MB 需要 23.7 天：

$$600\text{MB}=600\times 1024\times 1024\times 8=600\times 1048576\times 8=5033164800\text{bit}.$$

$$5033164800\text{bit}/2.4\text{Kb/s}=2048000\text{s}$$

$$2048000\text{s}/60/60/24=23.7\text{天}, \text{比托人乘火车捎去要慢}.$$

若用 56Kb/s 速率传送，则需时间 1.02 天。

3-13 试写出下列英文缩写的全文，并进行简单的解释。

FDM, TDM, STDM, WDM, DWDM, CDMA, SONET, SDH, STM-1, OC-48, DTE, DCE, EIA, ITU-T, CCITT, ISO.

答：

3-14 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, DTE, DCE, EIA, ITU-T, CCITT, ISO

答：FDM(frequencydivisionmultiplexing)

TDM(TimeDivisionMultiplexing)

STDM(StatisticTimeDivisionMultiplexing)

WDM(WaveDivisionMultiplexing)

DWDM(DenseWaveDivisionMultiplexing)

CDMA(CodeWaveDivisionMultiplexing)

SONET(SynchronousOpticalNetwork) 同步光纤网

SDH(SynchronousDigitalHierarchy) 同步数字系列

STM-1(SynchronousTransferModule) 第 1 级同步传递模块

OC-48(OpticalCarrier) 第 48 级光载波

3-15

3-16 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 450MHz 单向传输的有线电视网络改造为 750MHz 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。

第四章数据链路层

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 中的数据链路层和物理层）

4-1 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：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。

4-2 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。

4-3 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

4-4 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

4-5 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

4-6 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，数据链路层的传输是否就变成了可靠的传输？

答：作二进制除法，1101011011000010011 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。

4-7 一个 PPP 帧的数据部分(用十六进制写出)是 7D5EFE277D5D7D5D657D5E。试问真正的数据是什么(用十六进制写出)？

答：7D5EFE277D5D7D5D657D5E
7EFE277D7D657D

4-8 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：0110111111111100
011011111011111000
0001110111110111110110
00011101111111111110

4-9 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。

答：

第5章 局域网

5-01 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 $10\text{m} \sim 10\text{km}$ 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。

5-02 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 DIXEthernetV2 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。

5-03 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

5-04 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 。

5-05 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，以便能够工作在广域网。

提示：可以从兼容性，价格，使用了光纤后具有的“意想不到”效果等角度阐述。

5-06 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 个站共享 10Mb/s。

10 个站共享 100Mb/s。(3) 每个站独占 10Mb/s。

5-07 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

5-08 有一个使用集线器的以太网，每个站到集线器的距离为 d ，数据发送速率为 C ，帧长为 12500 字节，信号在线路上的传播速率为 $2.5 \times 10^8 m/s$ ，距离 d 为 25m 或 2500m，发送速率为 10Mb/s 或 10Gb/s。这样就有四种不同的组合。试利用公式 (5-1) 分别计算这 4 种不同情况下参数 α 的数值，并作简单讨论。

解：公式 (5-1) 为：

$$\alpha = \frac{\tau}{T_0} = \frac{\tau}{L/C} = \frac{\tau C}{L}$$

其中 τ 为传播时延， T_0 为数据帧的发送时间。

计算结果：

距离	d=25m		d=2500m	
发送速率	C=10Mb/s	C=10Gb/s	C=10Mb/s	C=10Gb/s
α	10^{-5}	10^{-2}	10^{-3}	1

讨论： α 越大，信道利用率就越小。

5-09 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：常用的局域网的网络拓扑有：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。

5-10 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一个网络？

答：集线器为物理层设备，模拟了总线这一共享媒介共争用，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。

5-11 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；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 动态使用空闲资源，低负荷时信道利用率高，但控制复杂，高负荷时信道冲突大。对计算机通信来说，突发式的数据更不利于使用 TDM 方式。

5-12 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 $2 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。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，信道的最大吞吐量就越大。

5-13 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。

以太网交换机则为链路层设备，可实现透明交换，支持存储转发方式，而有些交换机还支持直通方式。

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。

5-14 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？

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。

5-15 图 5-24（见教材 p123）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：H1 发送给 H5，H3 发送给 H2，H4 发送给 H3，H2 发送给 H1。试把有关数据填写在表 3-2 中。

的帧	发送表	B1 的转发表		B2 的转发表		B1 的处理	B2 的处理
		地址	接口	地址	接口	（转发？丢弃？登记？）	（转发？丢弃？登记？）
H1→		A	1	A	1	转发，写入转发表	转发，写入转发表
H5							
H3→		C	2	C	1	转发，写入转发表	转发，写入转发表
H2							
H4→		D	2	D	2	写入转发表，丢弃不转发	转发，写入转发表
H3							
H2→		B	1			写入转发表，丢弃不转发	接收不到这个帧
H1							

5-16 无线局域网的 MAC 协议有哪些特点？为什么 WLAN 中不能使用冲突检测协议？试说明 RTS 帧和 CTS 帧的作用。

答：无线局域网 MAC 协议提供了一个名为分布式协调功能（DCF）的分布式接入控制机制以及工作于其上的一个可选的集中式控制，该集中式控制算法称为点协调功能（PCF）。DCF 采用争用算法为所有通信量提供接入；PCF 提供无争用的服务，并利用了 DCF 特性来保证它的用户可靠接入。PCF 采用类似轮询的方法将发送权轮流交给各站，从而避免了冲突的产生，对于分组语音这样对于时间敏感的业务，就应提供 PCF 服务。

由于无线信道信号强度随传播距离动态变化范围很大，不能根据信号强度来判断是否发生冲突，因此不适用有线局域网的冲突检测协议 CSMA/CD。802.11 采用了 CSMA/CA 技术，

CA 表示冲突避免。这种协议实际上是在发送数据帧前需对信道进行预约。这种 CSMA/CA 协议通过 RTS（请求发送）帧和 CTS（允许发送）帧来实现。

源站在发送数据前，先向目的站发送一个称为 RTS 的短帧，目的站收到 RTS 后向源站响应一个 CTS 短帧，发送站收到 CTS 后就可向目的站发送数据帧。

5-17

5-18 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 6 章 广域网

6-01 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：虚电路服务和数据报服务的区别可由下表归纳：

对比的方面	虚电路	数据报
连接的建立	必须有	不要
目的站地址	仅在连接建立阶段使用，每个分组使用短的虚电路号	每个分组都有目的站的全地址
路由选择	在虚电路连接建立时进行，所有分组均按同一路由	每个分组独立选择路由
当路由器出故障	所有通过了出故障的路由器的虚电路均不能工作	出故障的路由器可能会丢失分组，一些路由可能会发生变化
分组的顺序	总是按发送顺序到达目的站	到达目的站时可能不按发送顺序
端到端的差错处理	由通信子网负责	由主机负责
端到端的流量控制	由通信子网负责	由主机负责

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。

6-02 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。

6-03 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，分组会被投递到错误的目的地，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。

即使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。

6-04 广域网中的主机为什么采用层次结构方式进行编址？

答：层次结构方式进行编址就是把一个用二进制数表示的主机地址分为前后两部分。前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，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。采用两个层次的编址方案可使转发分组时只根据分组和第一部分的地址（交换机号），即在进行分组转发时，只根据收到的分组的主机地址中的交换机号。只有当分组到达与目的主机相连的结点交换机时，交换机才检查第二部分地址（主机号），并通过合适的低速端口将分组交给目的主机。采用这种方案可以减小转发表的长度，从而减少了查找转发表的时间。

6-05 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

$$T = \sum_{n=1}^{\infty} n\alpha(1-\alpha)^{n-1} = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{(1-p)^2}$$

(3) 每个接收到的分组平均经过的链路数 H

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

6-06 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。

6-07 ATM 主要有缺点是什么？

答：ATM 技术将面向连接机制和分组机制相结合，在通信开始之前需要根据用户的要求建立一定带宽的连接，但是该连接并不独占某个物理通道，而是和其他连接统计复用某个物理通道，同时所有的媒体信息，包括语音、数据和图像信息都被分割并封装成固定长度的分组在网络中传送和交换。

ATM 另一个突出的特点就是提出了保证 QoS 的完备机制，同时由于光纤通信提供了低误码率的传输通道，所以可以将流量控制和差错控制移到用户终端，网络只负责信息的交换和传送，从而使传输时延减少，ATM 非常适合传送高速数据业务。

从技术角度来讲，ATM 几乎无懈可击，但 ATM 技术的复杂性导致了 ATM 交换机造价极为昂贵，并且在 ATM 技术上没有推出新的业务来驱动 ATM 市场，从而制约了 ATM 技术的发展。目前 ATM 交换机主要用在骨干网络中，主要利用 ATM 交换的高速和对 QoS 的保证机制，并且主要是提供半永久的连接。

6-08 ATM 的协议参考模型各层的作用。

答：ATM 的协议参考模型共有四层。下面讨论与 ATM 直接有关的下三层。

(1) 物理层

物理层又分为两个子层。靠下面的是物理媒体相关 PMD 子层。PMD 子层的上面是

传输汇聚子层，即 TC 子层。

PMD 子层负责在物理媒体上正确传输和接收比特流。它只完成和媒体相关的功能，如线路编码和解码、比特定时以及光电转换等。。

TC 子层实现信元流和比特流的转换，包括速率适配(空闲信元的插入)、信元定界与同步、传输帧的产生与恢复等。这就是说，ATM 物理层中的 TC 子层的许多功能类似于 OSI 模型的数据链路层。

(2)ATM 层

主要完成交换和复用功能，ATM 层的功能是：

信元的复用与分用；

信元的 VPI/VCI 转换(就是将一个入信元(incomingcell)的 VPI/VCI 转换成新的数值)；

信元首部的产生与提取；

一般的流量控制。

ATM 层与传送 ATM 信元的物理媒体或物理层无关。

(3)ATM 适配层

ATM 适配层的作用是增强 ATM 层所提供的服务，并向上面高层提供各种不同的服务。

第七章 网络层

网络层向上提供的服务有哪两种？试比较其优缺点。

网络层向运输层提供“面向连接”虚电路(VirtualCircuit)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

7-01 网络互连有何实际意义？怎样理解 IP 网络是一个虚拟互联网络？

答：网络互连暗含了相互连接的计算机进行通信，也就是说从功能上和逻辑上看，这些相互连接的计算机网络组成了一个大型的计算机网络。网络互连可以使处于不同地理位置的计算机进行通信，方便了信息交流，促成了当今的信息世界。

虚拟：不同的寻址方案；不同的最大分组长度；不同的网络介入机制；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；等等。网络互连使不同结构的网络、不同类型的机器之间互相连通，实现更大范围和更广泛意义上的资源共享。(p144-145)

7-02 试简单说明下列协议的作用：IP、ARP、RARP、ICMP 和 IGMP。

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。

7-03 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 ABCDE5 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。

7-04 试根据 IP 地址的规定，计算出表 7-1（p148）中的各项数据。

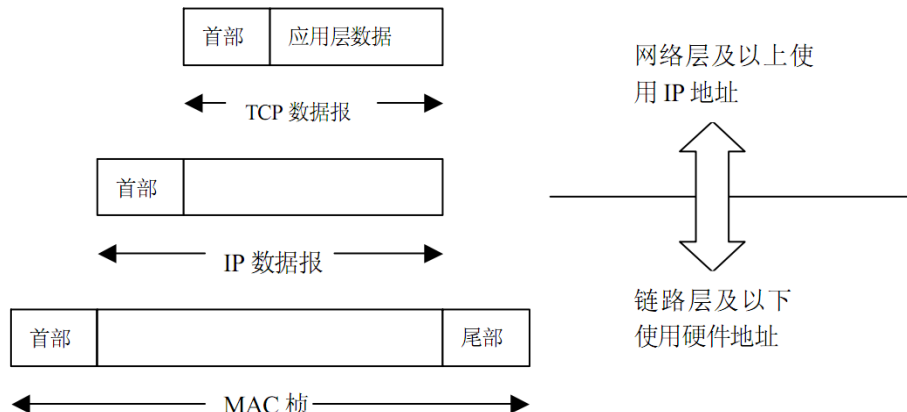
解：1）A 类网中，网络号占七个 bit，则允许用的网络数为 2 的 7 次方，为 128，但是要除去 0 和 127 的情况，所以能用的最大网络数是 126，第一个网络号是 1，最后一个网络号是 126。主机号占 24 个 bit，则允许用的最大主机数为 2 的 24 次方，为 16777216，但是也要除去全 0 和全 1 的情况，所以能用的最大主机数是 16777214。

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。

7-05 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?



如上图所示，IP 地址在 IP 数据报的首部，而硬件地址则放在 MAC 帧的首部。在网络层以上使用的是 IP 地址，而链路层及以下使用的是硬件地址。

在 IP 层抽象的互连网上，我们看到的只是 IP 数据报，路由器根据目的站的 IP 地址进行选路。在具体的物理网络的链路层，我们看到的只是 MAC 帧，IP 数据报被封装在 MAC 帧里面。MAC 帧在不同的网络上传送时，其 MAC 帧的首部是不同的。这种变化，在上面的 IP 层上是看不到的。每个路由器都有 IP 地址和硬件地址。使用 IP 地址与硬件地址，尽管连接在一起的网络的硬件地址体系各不相同，但 IP 层抽象的互连网却屏蔽了下层这些很复杂的细节，并使我们能够使用统一的、抽象的 IP 地址进行通信。

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。

7-06 (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 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：1111111111111111111110000000

给定子网号（16 位“1”）则子网掩码为 255.255.255.0

B 类网络 1111111111111111111111111100000000

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

(3) 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 $2^{12}-2$

(4) 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？

子网掩码由一连串的 1 和一连串的 0 组成，1 代表网络号和子网号，0 对应主机号。255.255.0.255 变成二进制形式是：111111111111111110000000011111111。可见，是一个有效的子网掩码，但是不是一个方便使用的解决办法，不推荐这样使用。

(5) 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？

$$C22F1481 \rightarrow (12*16+2).(2*16+15).(16+4).(8*16+1) \rightarrow 194.47.20.129$$

C22F1481 \rightarrow 11000010.00101111.00010100.10000001，C 类地址。

(6) 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应减少。

7-07 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。

7-08 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) 20, (4) 62, (5) 122, (6) 250

答：(3) $20+2=22 < 25$ （加 2 即将不能作为子网号的全 1 和全 0 的两种，所以子网号占用 5bit，所以网络号加子网号共 13bit，子网掩码为前 13 个 1 后 19 个 0，即 255.248.0.0。依此方法：

(1) 255.192.0.0, (2) 255.224.0.0, (4) 255.252.0.0, (5) 255.254.0.0,

(6) 255.255.0.0

7-09 以下有四个子网掩码，哪些是不推荐使用的？

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

答：只有 (4) 是连续的 1 和连续的 0 的掩码，是推荐使用的。

7-10

7-11

7-12 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。

7-13 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。

7-14 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。试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）

7-15 （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。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；源主机和目的地主机使用点对点链路。

7-16

7-17 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

7-18 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= $2^8-2=254>250$ ，共有子网数= $2^8-2=254>16$ ，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	

7-20 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。

7-21 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

7-23 设某路由器建立了如下路由表（这三列分别是目的网络、子网掩码和下一跳路由器，若直接交付则最后一列表示应当从哪一个接口转发出去）：

128.96.39.0	255.255.255.128	接口 0
-------------	-----------------	------

128.96.39.128	255.255.255.128	接口 1
---------------	-----------------	------

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，其目的站 IP 地址分别为：

(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

试分别计算其下一跳。

解：(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。

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

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。

7-24 一个自治系统有 5 个局域网，其连接图如图 7-36 示 (p199)。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）。

答：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

再给出一组解答：

30.138.118/23— 30.138.0111011

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。

写成二进制表示：00011110 10001010 01110110 00000000

掩码 11111111 11111111 11111110 00000000

LAN3 有 150 个主机加一个路由器地址为 151 个地址。

地址块 00011110 10001010 0111011* *****

分配地址块 00011110 10001010 01110110 *****

即 30.138.118.0/24

LAN2 有 91 个主机加一个路由器地址为 92 个地址。

分配地址块 00011110 10001010 01110111 0*****

即 30.138.119.0/25

LAN5 有 15 个主机加一个路由器地址为 16 个地址。需要/27 地址块，可分配/26 地址块。

分配地址块 00011110 10001010 01110111 10*****

即 30.138.119.128/26

LAN4 有 3 个主机加一个路由器地址为 4 个地址。至少需要/29 地址块

分配地址块 00011110 10001010 01110111 11000***

即 30.138.119.192/29

LAN1 至少有 3 个 IP 地址供路由器用。也分一个/29 地址块
 分配地址块 00011110 10001010 01110111 11001***
 即 30.138.119.200/29

7-25 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.(01010100).24
 最小地址是 140.120.(01010000).0/20 (80)
 最大地址是 140.120.(01011111).255/20 (95)
 地址数是 $2^{12}=4096$ ，相当于 16 个 C 类地址。
 7-26

7-27 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 下划线上为 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。

7-28 以下的地址前缀中的哪一个和地址 2.52.90.140 匹配？请说明理由。

- (1) 0/4； (2) 32/4； (3) 4/6 (4) 80/4

答：前缀 (1) 和地址 2.52.90.140 匹配

2.52.90.140——00000010.52.90.140

0/4——00000000

32/4——00100000

4/6——00000100

80/4——01010000

7-29 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。

7-30 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、频繁交换信息，好消息传的快，坏消息传的慢	效率高、路由器	规模大、统一度

7-31 RIP 使用 UDP, OSPF 使用 IP, 而 BGP 使用 TCP。这样做有何优点？为什么 RIP 周期性地和邻站交换路由信息，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。

第五章 运输层

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；

8-01 试说明运输层的作用。网络层提供数据报或虚电路服务对上面的运输层有何影响？

答：（1）运输层是资源子网与通信子网的界面和桥梁，它负责端到端的通信，既是七层模型中负责数据通信的最高层，又是面向网络通信的低三层和面向信息处理的最高三层之间的中间层，起承上启下的作用。

（2）若通信子网所提供的服务越多，运输协议就可以做得越简单。若网络层提供虚电路服务，那就能保证报文无差错、不丢失、不重复且按序地进行交付，因而运输协议就很简单。但若网络层提供的是不可靠的数据报服务，则就要求主机有一个复杂的运输协议。在极端情况下可以不需要运输层。

8-02 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？

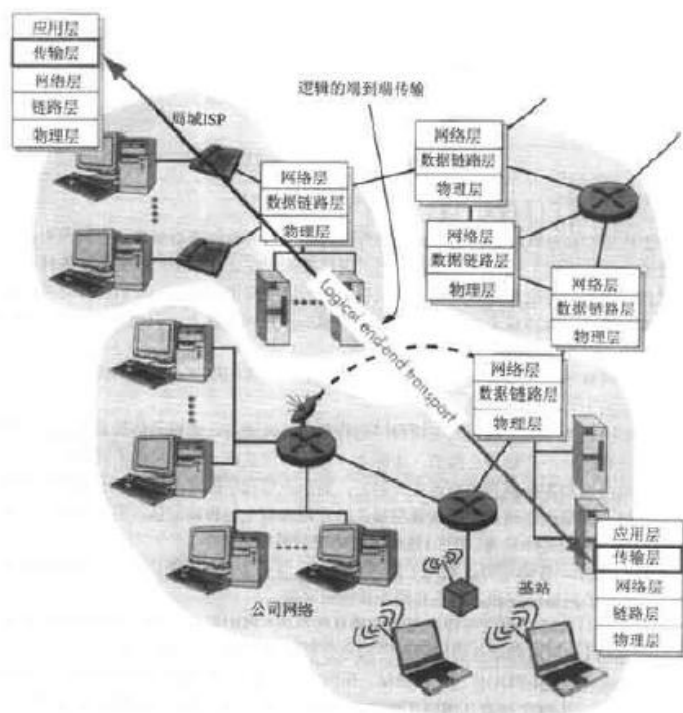
答：都是。这要在不同层次来看，在运输层是面向连接的，在网络层则是无连接的。

8-03 接收方收到有差错的 UDP 用户数据报时应如何处理？

答：丢弃

8-04 试用示意图来解释运输层的复用。一个给定的运输连接能否分裂成许多条虚电路？试解释之；画图说明许多个运输用户复用到一条运输连接上，而这条运输连接又复用到若干条网络连接（虚电路）上。

答：所有的传输层协议都为应用程序提供多路复用多路分解服务。除了多路复用移路分解服务之外，传输层协议还可以给应用进程提供其他服务，包括可靠数据传输、带宽保证和传输延迟保证。



图传输层在两个应用程序之间提供了逻辑的而不是物理的通信

如图所示，传输层协议实现于终端系统上，而不是在网络路由器上。网络路由器只作用于 3—PDU（协议数据单元）的网络层字段，而不作用于传输层字段。

8-05 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

8-06 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。

8-07 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。

8-08 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报文字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。

8-11 在8.3.3节曾讲过，若收到的报文段无差错，只是未按序号，则TCP对此未作明确规定，而是让TCP的实现者自行确定。试讨论两种可能的方法的优劣：

(1) 将不按序的报文段丢弃；

(2) 先将不按序的报文段暂存于接收缓存内，待所缺序号的报文段收齐后再一起上交应用层。

提示：可以从以下角度回答——尽管到达的每个数据报都是完整的，但可能到达的数据报顺序是错误的，因此，TCP必须准备适当地重组报文的各个部分。

8-12 设TCP使用的最大窗口为64KB(64*1024*8bit)，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。

8-13 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段链路程中有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150000km/s来计算。各数据链路速率为48kb/s，帧长为960位。

答：5段链路的传播时延=250*2+(1500/150000)*3*1000=530ms

5段链路的发送时延=960/(48*1000)*5*1000=100ms

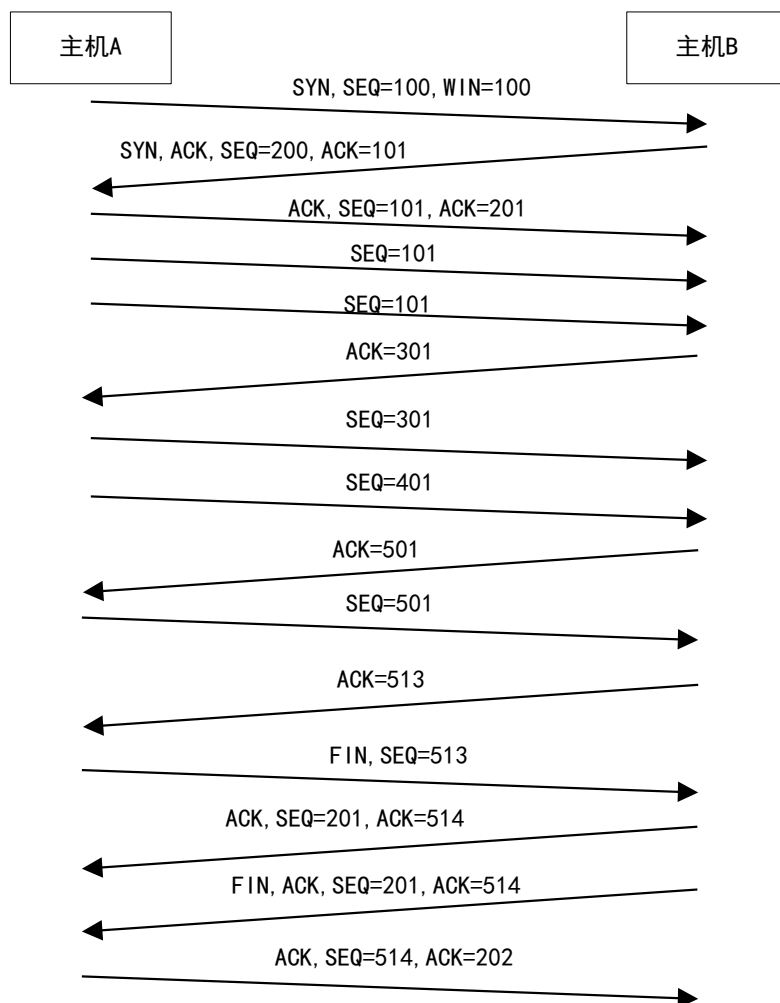
所以5段链路单程端到端时延=530+100=630ms

8-14 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

8-15 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 8-18（三次握手）的工作示意图。从连接建立阶段到连接释放都要画上。



8-16 在图 8-19 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。

8-17 在图 8-20 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

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。

8-18 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 提出了一个算法：在计算平均往返延时，只要报文段重发了，就不采用其往返时延样本。这样得出的平均往返时延和重发时间当然就较准确。

反之，若不采用 Karn 算法，若收到的确认是对重发报文段的确认，但却被

源站当成是对原来的报文段的确认，那么这样计算出的往返时延样本和重发时间就会偏大。如果后面再发送的报文段又是经过重发后才收到确认报文段，那么按此方法得出的重发时间就越来越长。

若收到的确认是对原来的报文段的确认，但被当成是对重发报文段的确认，则由此计算出的往返时延样本和重发时间都会偏小。这就必然导致报文段的重发。这样就有可能导致重发时间越来越短。

8-19

8-20 使用 TCP 对实时话音数据的传输会有什么问题？使用 UDP 在传送数据文件时会有什么问题？

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 UDP 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。

8-21 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。

8-22 一个应用程序用 UDP，到 IP 层把数据报划分为 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。

8-23 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。

8-24 为什么在 TCP 首部中有一个首部长度的字段，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。

8-25 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。

8-26 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，就应该立即重传丢失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。