

谢希仁《计算机网络教程》

习题参考答案

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，通信之前可以不必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，可以多个用户同时同一条线路上传送，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？

1-05 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。

1-06 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。

1-07 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 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？

答：对于电路交换， $t=s$ 时电路建立起来； $t=s+x/b$ 时报文的最后 1 位发送完毕； $t=s+x/b+kd$ 时报文到达目的地。而对于分组交换，最后 1 位在 $t=x/b$ 时发送完毕。为到达最终目的地，最后 1 个分组必须被中间的路由器重发 $k-1$ 次，每次重发花时间 p/b (一个分组的所有比特都接收齐了，才能开始重发，因此最后 1 位在每个中间结点的停滞时间为最后一个分组的发送时间)，所以总的延迟为

$$\frac{x}{b} + (k-1)\frac{p}{b} + kd$$

为了使分组交换比电路交换快，必须：

$$\frac{x}{b} + (k-1)\frac{p}{b} + kd < s + \frac{x}{b} + kd$$

所以：

$$s > (k-1)\frac{p}{b}$$

1-8 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，而此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？

答：所需要的分组总数是 x/p ，因此总的的数据加上头信息交通量为 $(p+h)x/p$ 位。源端发送这些位需要时间为：

$$(p+h)\frac{x}{pb}$$

中间的路由器重传最后一个分组所花的总时间为 $(k-1)(p+h)/b$
因此我们得到的总的延迟为

$$(p+h)\frac{x}{pb} + (p+h)(k-1)\frac{1}{b}$$

对该函数求 p 的导数，得到

$$\frac{p-(p+h)x}{p^2} + \frac{k-1}{b}$$

令

$$\frac{p-(p+h)x}{p^2} + \frac{k-1}{b} = 0$$

得到

$$\frac{hx}{p^2} = k-1$$

因为 $p > 0$ ，所以

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

故

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

时能使总的延迟最小。

1-09 计算机网络中的主干网和本地接入网各有何特点？

答：主干网一般是分布式的，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。

1-10 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 10^7bit ，数据发送速率为 100kb/s ，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 $2 \times 10^8 \text{m/s}$ 。

$$\text{解：发送时延} = \frac{10^7 \text{ bit}}{100 \text{ kbit/s}} = 100 \text{ s}$$

$$\text{传播时延} = \frac{1000 \text{ km}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 5 \times 10^{-3} \text{ s}$$

(2) 数据长度为 10^3bit ，数据发送速率为 1Gb/s 。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 $2 \times 10^8 \text{m/s}$ 。

$$\text{解：发送时延} = \frac{10^3 \text{ bit}}{1 \times 10^9 \text{ bit/s}} = 1 \times 10^{-6} \text{ s}$$

$$\text{传播时延} = \frac{1000 \text{ km}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 5 \times 10^{-3} \text{ s}$$

1-11 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。

第 2 章 协议与体系结构

2-01 网络协议的三个要素是什么？各有什么含义？

答：在计算机网络中要做到有条不紊地交换数据，就必须遵守一些事先约定好的规则。这些为进行网络中的数据交换而建立的规则、标准或约定即称为网络协议。一个网络协议主

要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应答;
- (3) **同步**, 即事件实现顺序的详细说明。

对于非常复杂的计算机网络协议, 其结构最好采用层次式的。

2-02 试举出对网络协议的分层处理方法的优缺点。

答: 优点: (1) 可使各层之间互相独立, 某一层可以使用其下一层提供的服务而不需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) 结构上可以分割开, 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。

缺点: 层次划分得过于严密, 以致不能越层调用下层所提供的服务, 降低了协议效率。

2-03 试举出一些与分层体系结构的思想相似的日常生活。

答:

2-04 试述具有五层协议的原理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。

2-05 试举出日常生活中有关“透明”这种名词的例子。

2-06 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。

2-07 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:

协议栈——协议套件又称为协议栈，因为它由一系列的子层组成，各层之间的关系好像一个栈。

实体 (entity) —— 用以表示任何可发送或接收信息的硬件或软件进程。

对等层与协议:

任何两个同样的层次（例如在两个系统的第 4 层）之间，好像将数据（即数据单元加上控制信息）直接传递给对方。这就是所谓的“对等层”（peer layers）之间的通信。我们以前经常提到的各层协议，实际上就是在各个对等层之间传递数据时的各项规定。

服务访问点 SAP—— 是相邻两层实体交互的一个逻辑接口。

协议数据单元 PDU—— 各层的数据单元

服务数据单元 SDU—— 各层之间传递数据的单元

客户-服务器模型——大部分网络应用程序在编写时都假设一端是 **客户**，另一端是**服务器**，其目的是为了**服务器**为**客户**提供一些特定的服务。可以将这种服务分为两种类型：重复型或并发型。客户机是主叫方，服务器是被叫方。

2-08 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。

2-09 协议与服务有何区别？有何关系？

答：协议是水平的，服务是垂直的。

协议是“水平的”，即协议是控制对等实体之间的通信的规则。服务是“垂直的”，即服务是由下层向上层通过层间接口提供的。

协议与服务的关系

在协议的控制下，上层对下层进行调用，下层对上层进行服务，上下层间用交换原语交换信息。同层两个实体间有时有连接。

第 3 章 物理层

标准话路频率（300—3400Hz）

一个标准话路所占带宽 4kHz（64kbit/s）

调制的 3 种方式（调频、调幅和调相）

信道复用技术（频分复用、（统计）时分复用、波分复用和码分复用）

3-01 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。

3-02 物理层的接口有哪几个方面的特性？各包含些什么内容？

答：物理层的接口有机械特性、电气特性和功能特性。

（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。

3-04 奈氏准则与香农公式在数据通信中的意义是什么？

答：奈氏准则指出了：码元传输的速率是受限的，不能任意提高，否则在接收端就无法正确判定码元是 1 还是 0（因为有码元之间的相互干扰）。奈氏准则是在理想条件下推导出的。在实际条件下，最高码元传输速率要比理想条件下得出的数值还要小些。电信技术人员的任务就是要在实际条件下，寻找出较好的传输码元波形，将比特转换为较为合适的传输信号。需要注意的是，奈氏准则并没有对信息传输速率（b/s）给出限制。要提高信息传输速率就必须使每一个传输的码元能够代表许多个比特的信息。这就需要有很好的编码技术。

香农公式给出了信息传输速率的极限，即对于一定的传输带宽（以赫兹为单位）和一定的信噪比，信息传输速率的上限就确定了。这个极限是不能够突破的。要想提高信息的传输速率，或者必须设法提高传输线路的带宽，或者必须设法提高所传信号的信噪比，此外没有其他任何办法。至少到现在为止，还没有听说有谁能够突破香农公式给出的信息传输速率的极限。

香农公式告诉我们，若要得到无限大的信息传输速率，只有两个办法：要么使用无限大的传输带宽（这显然不可能），要么使信号的信噪比为无限大，即采用没有噪声的传输信道或使用无限大的发送功率（当然这些也都是不可能的）。

3-05 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。

3-06 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，则其前半个码元的电平与上一个码元的后半半个码元的电平一样；但若码元为 0，则其前半个码元的电平与上一个码元的后半半个码元的电平相反。不论码元是 1 或 0，在每个码元的正中间的时刻，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。

3-07 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。

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。

3-09 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）

3-10 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。

3-11 有 600 MB（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 2.4 kb/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 33.6 kb/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 24.3 天（ $=600 \times 1048576 \times 8 = 5033164800 \text{ bit}$ ）。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。

3-12 56 kb/s 的调制解调器是否已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怎样的？

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。

3-13 在 3.3.1 小节介绍双绞线时，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 56 kb/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。

3-15 码分复用 CDMA 为什么可以使所有用户在同样地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？

3-16 有 4 个站进行码分复用 CDMA 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： $(-1 +1 -3 +1 -1 -3 +1 +1)$ 。问哪个站发送数据了？发送的代码是什么？

答：只须计算 4 个常规的内积：

$$(-1 +1 -3 +1 -1 -3 +1 +1) \cdot (-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1) / 8 = 1$$

$$(-1 +1 -3 +1 -1 -3 +1 +1) \cdot (-1 -1 +1 -1 +1 +1 +1 -1) / 8 = -1$$

$$(-1 +1 -3 +1 -1 -3 +1 +1) \cdot (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1) / 8 = 0$$

$$(-1 +1 -3 +1 -1 -3 +1 +1) \cdot (-1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 -1) / 8 = 1$$

结果是 A 和 D 发送比特 1，B 发送比特 0，而 C 未发送数据。

第 4 章 数据链路层

4-01 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：（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。

4-02 数据链路层中的链路控制包括哪些功能？

答：数据链路层中的链路控制包括链路管理；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；寻址等功能。

4-03 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：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。

4-04 在停止等待协议算法中，在接收站点，当执行步骤（3）时，若将“否则——转到（6）”改为“否则——转到（2）”将产生什么结果？

答：

4-05 在停止等待协议算法中，若不使用帧的序号将出现什么后果？

答：

4-06 一个信道速率为 4 kb/s。采用停止等待协议。传播时延为 20 m s。确认帧长度和处理时间均可忽略。问帧长为多少才能使信道利用率达到至少 50%？

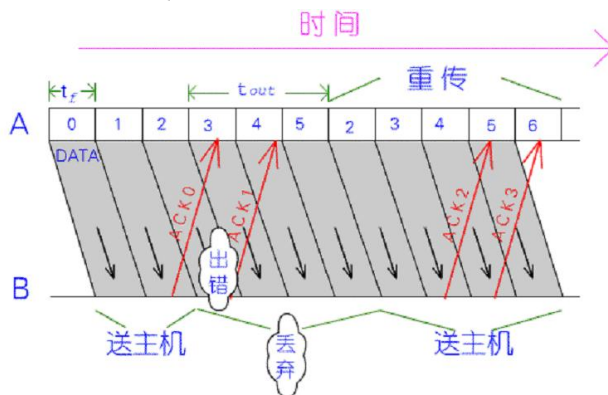
答：当发送一帧的时间等于信道的传播时延的 2 倍时，信道利用率是 50%，或者说当发送一帧的时间等于来回路程的传播时延时，效率将是 50%。即 $20\text{ms} * 2 = 40\text{ms}$ 。现在发送速率是每秒 4000bit，即发送一位需 0.25ms。则帧长 $40 / 0.25 = 160\text{bit}$

4-07 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。

4-08 试写出连续 ARQ 协议的算法。

答：连续 ARQ 协议的工作原理如图所示。



连续 ARQ 协议在简单停止等待协议的基础上，允许连续发送若干帧，在收到相应 ACK 后继续发送若干帧，用以提高传输效率。这时 ACK 及 NAK 也必须有对应的帧序号，才能够一一对应起来。

在发生差错时丢弃原已发送的所有后续帧，重发差错发生以后的所有帧，相当于完全返回重传。

信道较差时，连续 ARQ 协议传输效率不高。

4-09 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 $W_t \leq 2^n - 1$ 时，连续 ARQ 协议才能正确运行。

证明：

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

(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 $W_t + W_r \leq 2^n$ ，所以 $W_t \leq 2^n - 1$ 。

4-10 试证明：对于选择重传 ARQ 协议，若用 n 比特进行编号，则接收窗口的最大值受公式 (4-8) 的约束。

证明：同上，有，而选择重传 ARQ 协议中，接收窗口肯定比发送窗口小，即，故证。

4-11 在选择重传 ARQ 协议中，设编号用 3 bit。再设发送窗口 $W_t=6$ 而接收窗口 $W_r=3$ 。试找出一种情况，使得在此情况下协议不能正确工作。

答：设想在发送窗口内的序号为 0, 1, 2, 3, 4, 5，而接收窗口等待后面的 6, 7, 0。接收端若收到 0 号帧，则无法判断是新帧还是重传的（当确认帧丢失）。

4-12 在连续 ARQ 协议中，设编号用 3bit，而发送窗口 $W_t=8$ 。试找出一种情况，使得在今此情况下协议不能正确工作。

答：设想在发送窗口内的序号为 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7。而接收窗口等待后面的 0。接收端若收到 0 号帧，则无法判断是新帧还是重传的（当确认帧丢失）

4-13 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：当传输误差错时，或者选择重传协议的接收窗口为 1 时

4-14 在连续 ARQ 协议中，若发送窗口 $W_t=7$ ，则发送端在开始时连续发送 7 个数据

帧。因此，在每一帧发出后，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 个数据帧发出的时间分别为 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（这叫软时钟法）？

答：可使用链表实现。

4-15 卫星信道的数据率为 1 Mb/s。数据帧长为 2000 bit。忽略确认帧长和处理时间。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：使用卫星信道端到端的传输延迟是 250ms-270ms,以 1Mb/s 发送，2000bit 长的帧的发送时间是 $2000\text{bit}/(1\text{Mb/s})=2\text{ms}$ 。若用 $t=0$ 表示开始传输时间，那么在 $t=2\text{ms}$ ，第一帧发送完毕。 $t=252\text{ms}$ ，第一帧完全到达接收方。 $t=254\text{ms}$ ，对第一帧的确认帧发送完毕。 $t=504\text{ms}$ 时带有确认的帧完全到达发送方。因此周期是 542ms。如果在 504ms 内可以发送 k 个帧（每个帧的发送用 2ms 时间），则信道利用率是 $2k/504$ ，因此，(1) 停止等待协议， $k=1,2/504=1/252$ (2) $W=7, 14/504=7/252$ (3) $W=127, 254/504=127/252$ (4) $W=255, 2W=510>504$ ，故信道利用率为 1。

4-16 试简述 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。

4-17 HDLC 帧可分为哪几个大类？试简述各类帧的作用。

答：在 HDLC 中，帧被分为三种类型：(1) 信息帧用于传输数据的帧，具有完全的控制顺序。(2) 监控帧用于实现监控功能的帧。包括接收准备好、接收未准备好、请求发送、选择发送等监控帧。主要完成回答、请求传输、请求暂停等功能。(3) 无编号帧用于提供附加的链路控制功能的帧。该帧没有信息帧编号，因此可以表示各种无编号的命令和响应（一般情况下，各种命令和响应都是有编号的），以扩充主站和从站的链路控制功能。

4-18 HDLC 规定，接收序号 $N(R)$ 表示序号为 $[N(R)-1] \pmod{8}$ 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) (mod8) 的帧以及在这以前的各帧都已正确无误地收妥了”？

答：因为帧的初始序号为 0

4-19 PPP 协议的主要特点是什么？它适用在什么情况下？

答：点对点协议 PPP,它有三个组成部分:

- (1) 一个将 IP 数据报封装到串行链路的方法.
- (2) 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.
- (3) 一套网络控制协议 NCP,支持不同的网络层协议.

点对点协议 PPP 适用于在 PSTN 拨号的情况。

第 5 章 局域网

5-01 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：局域网是将小区域内的各种通信设备互联在一起的通信网络。

1) 特点:

高数据速率 (0.1Mbps~100Mbps)

短距离 (0.1km~25km)

低误码率 ($10^{-8} \sim 10^{-11}$)。

2) 局域网络是一个通信网络，因为从协议层次的观点看，它包含着下三层的功能。

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。

5-02 IEEE 802 局域同参考模型与 OSI 参考模型有何异同之处？

答：OSI 体系结构指 7 层开放式互连标准参考模型。IEEE802 是国际电子与电气工程师协会发布的关于办公自动化和轻工业局域网体系结构的一系列标准文件，该标准基本上对应于 OSI 模型的物理层和数据链路层，这个标准使网络的物理连接和访问方法规范化。已被 ISO 陆续接收为标准。

相同：IEEE802 局域网遵循 OSI 模型。包括物理层、数据链路层和网络层。

不同：对应 OSI 模型的数据链路层分成两个子层，介质访问控制子层和逻辑链路控制子层；一般不单独设置网络层。

局域网的参考模型只相当于 OSI 参考模型的最低两层，且两者的物理层和数据链路层之间也有很大差别。在 IEEE802 系列标准中各个子标准的物理层和媒体访问控制 MAC 子层是有区别的，而逻辑链路控制 LLC 子层是相同的，也就是说，LLC 子层实际上是高层协议与任何一种 MAC 子层之间的标准接口。

5-03 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同；（2）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层楼分别编号为1~7层。在星形网中，路由器放在4层中间位置。到达 $7 \times 15 - 1 = 104$ 个场点中的每一个场点都需要有电缆。因此电缆的总长度等于：

（2）对于以太网（10BASE5），每一层都需要56m水平电缆，再加上24m（=4×6）垂直方向电缆，所以总长度等于： $56 \times 7 + 24 = 416$ （m）

5-04 数据率为10Mb/s的以太网的码元传输速率是多少？

答：码元传输速率即为波特率。10Mb/s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，因此波特率是数据率的两倍，即20M波特。

5-05 有10个站连接到以太网上，试计算以下三种情况下每个站所能得到的带宽？

答：（1）10个站共享10Mbit/s； $10/10 = 1$ mbps

（2）10个站共享100Mbit/s； $100/10 = 10$ mbps

（3）每站独占10Mbps。连接到以太网交换机上的每台计算机都享有10mbps的带宽。

5-06 试说明10BASE5，10BASE2，10BASE-T，10BASE-F、1BASE5，10BROAD36、和FOMAU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。

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

5-07 10Mb/s以太网升级到100Mb/s和1Gb/s时，需要解决哪些技术问题？

答：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。

5-08 100个站点分布在4km长的总线上，协议采用CSMA/CD。总线速率为5Mbps，帧平均长度为1000比特，传播时延为 $5\mu\text{s}/\text{km}$ 。试估算每个站每秒钟发送的平均帧数最大值。

答案一：因传播时延为 $5\mu\text{s}/\text{km}$ ，则传播速度为 $2 \times 10^8 \text{m}$ 。

100 个站点时，每站发送成功的概率为 $A = (1 - 1/100)^{100-1} = 0.369$

信道利用率最大值 $S_{\text{max}} = 1 / (1 + 0.1 (2/0.369 - 1)) = 0.693$

因总线速率为 5Mbps ，且 100 个站点的 100 个帧的总长度为 100000 比特，所以每个站每秒钟发送的平均帧数最大值为 34.65。

答案二： $a = \tau / T_0 = \tau C / L = 5 \mu\text{s}/\text{km} \times 4\text{km} \times 5\text{Mbit/s} \div 1000\text{bit} = 0.1$

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 $= S_{\text{max}} \times C / L = 0.6925 \times 5\text{Mbit/s} / 1000\text{bit} = 3462$

每个站每秒钟发送的平均帧数的最大值 $= 3462 / 100 = 34$

5-09 在以下条件下，重新计算每个站每秒钟发送的平均帧数最大值。

(1) 总线长度减小为 1km ； (2) 总线速率加倍； (3) 帧长变为 10000 比特。

答：设 a 与上题意义相同。当改变条件时，答案如下：

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

每个站每秒钟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) $a_2 = 2a = 0.2$ ，整个总线网的吞吐率 $S_{\text{max}2} = 0.5296$

每个站每秒钟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) $a_3 = a/10 = 0.01$ ，整个总线网的吞吐率 $S_{\text{max}3} = 0.9574$

每个站每秒钟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。

5-10 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，即 $5\mu\text{s}$ ，来回路程传播时间为 $10\mu\text{s}$ 。为了能够按照 CSMA/CD 工作，最小帧的发射时间不能小于 $10\mu\text{s}$ 。以 1Gb/s 速率工作， $10\mu\text{s}$ 可以发送的比特数等于，因此，最短帧长 10000 比特或 1250 字节。

5-11 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 的数值，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=25m		d=2500m	
	C=10Mbit/s	C=10Gbit/s	C=10Mbit/s	C=10Gbit/s
a	10-5	10-2	10-3	1
	a 越小，信道利用率越大			

分析:

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。

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。

补充题: 为什么在 CSMA/CD 协议中参数 a 必须很小? 用什么方法可以保证 a 的值很小?

答: 在 CSMA/CD 协议中参数 a 很小, 可以使线路利用率和整个网络系统吞吐率保持较高水平。限制网络传输媒体长度、提高总线速率或增加帧长度都是保证 a 值很小的有效方法。

5-13 帧中继的数据链路连接标识符 DLCI 的用途是什么? 什么是“本地意义”?

答: DLCI 作地址信息用, 用于 FR 交换机沿着虚电路向下一节点转发帧。

所谓“本地意义”是指帧包含的 DLCI 只标识帧所经过的这段链路, 而不标识上一段、下一段或其它链路, 该帧前进时其 DLCI 在每段链路上都可变化。另外, 一条新建虚电路在某链路上 DLCI 值的选取, 只要求在本段链路上与其它虚电路彼此不同, 即只要局部不同, 不要求跟别的链路段不同(全局不同)。

5-14 假定一个以太网上的通信量中的 80%是在本局域网上的, 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。

5-15 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。

5-16 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, 信道的最大吞吐量越大。

5-17 100VG 局域网有哪些特点？和以太网相比，优缺点各有哪些？

100VG-AnyLAN 也是一种使用集线器的 100 Mb/s 高速局域网，它综合了现有以太网和令牌环的优点。IEEE 也制定其标准 802.12。100VG-AnyLAN 常简称为 100VG。VG 代表 Voice Grade，而 Any 则表示它能使用多种传输媒体，并可支持 IEEE 802.3 和 802.5 的数据帧。

100VG 是一种无冲突局域网，能更好地支持多媒体传输。在网络上可获得高达 95% 的吞吐量。在媒体接入控制 MAC 子层运行一种新的协议，叫做需求优先级（demand priority）协议。各工作站有数据要发送时，要向集线器发出请求。每个请求都标有优先级别。一般的数据为低优先级，而对时间敏感的多媒体应用的数据（如话音、活动图像）则可定为高优先级。集线器使用一种循环仲裁过程来管理网络的结点。它对各结点的请求连续进行快速的循环扫描，检查来自结点的服务请求。集线器维持两个指针：高优先级指针和低优先级指针。高优先级的请求可在低优先级请求之前优先接入网络，因而可保证对时间敏感的一些应用提供所需的实时服务。集线器接收输入的数据帧并只将其导向具有匹配目的地址的端口，从而提供了固有的网络数据安全性。优先级的标记由高层应用软件完成。标记信息作为帧信息的一部分被送往媒体接入控制 MAC 子层。

100VG 使用 4 对 UTP（3 类线、4 类线或 5 类线）以半双工方式传送数据，因此每对 UTP 的数据率只有 25 Mb/s。100VG 采用 5B6B 编码来传输数据。这种编码方法是先将数据流划分为每组 5 bit，然后按编码规则将其转换为 6 bit。因此每对 UTP 上 30 MBaud 的信号速率可以获得 25 Mb/s 的数据率。5 bit 共有 32 种组合。但在 6 bit 的 64 种组合中只有 20 种是其中的 1 和 0 一样多（当每组中具有相同数量的 1 和 0 可使直流分量为零），因此有 12 种输入组合所对应的输出就一定有直流分量。编码规则使这 12 种输入中的每一种对应于两种不同的输出：一种叫“方式 2 输出”，它包含 2 个 1 和 4 个 0；另一种叫“方式 4 输出”，它包含 4 个 1 和 2 个零。当这 12 种输入中的某一种出现时，对应的输出就使“方式 2 输出”和“方式 4 输出”交替出现。这样就可使输出数据流中的直流分量最小。

100VG 还支持 10BASE-T 和令牌环的网络拓扑，因此现有的 10BASE-T 以太网和令牌环可很方便地移植成 100 Mb/s 的速率。100VG 还可通过 FDDI 或 ATM 与广域网相连。

5-18 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：网桥从端口接收网段上传送的各种帧。每当收到一个帧时，就先存放在其缓存中，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，则通过查找网桥中生成的站表，将收到的帧送往对应的端口转发出去。否则，就丢弃该帧。

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。但网桥转发前需先缓存并查找站表，连接不同 MAC 子层的网段时需耗时修改某些字段内容；增加了时延；无流量控制，以致产生丢帧；当网桥连接的用户过多时易产生较大广播风暴。

网桥与转发器相比，主要有以下异同点：（1）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。转发器的数目受限，而网桥从理论上讲，扩展的局域网范围是无限制的；（2）都能实现网段的互连，但网

桥工作在数据链路层，而转发器工作在物理层；转发器只通过按比特转发信号实现各网段物理层的互连，网桥在 MAC 层转发数据帧实现数据链路层的互连，而且网桥能互连不同物理层甚至不同 MAC 子层的网段；(3) 互连的各网段都在同一广播域，但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；网桥将网段隔离为不同的冲突域，而转发器则无隔离信号作用。(4) 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；

网桥与以太网交换机相比，主要有以下异同点：(1) 以太网交换机实质上是一个多端口的网桥，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；(2) 网桥的端口一般连接到局域网，而以太网交换机的每个接口都直接与主机相连，(3) 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。(4) 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。

5-19 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）。

5-20 无线局域网 WLAN 的 IEEE802.11 标准的 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。

答称之为 DCF 的无线局域网 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。

5-21 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。

补充题：解释 CSMA/CD 和它的用途。在 802 项目的哪个部分中使用到 CSMA/CD？

答：CSMA/CD 是用于以太网（802.3）的接入机制。如果站点想发送数据到网上，必须首先监听线路上存在的通信量。如果没有检测到通信量，则认为线路是空闲的并开始发送。站点在发送数据后继续监听，如果检测到冲突，站点停止当前的发送并等待某个时间量直到线路干净，然后再从头开始这一切。

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：（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。数据报无需；

（2）从地址设置看，虚电路每个分组含有一个短的虚电路号，数据报有完整地址；

（3）从路由选择及影响来看，虚电路建好时，路由就已确定，所有分组都经过此路由，数据报的每个分组独立选择路由。路由器失败时，所有经过路由器的虚电路都将被终止，数据报服务则除了崩溃时全丢失分组外，无其他影响；

（4）关于分组顺序：虚电路服务能保证分组按发送顺序到达目的主机。数据报服务不能保证数据报按序列到达目的主机。

（5）可靠性与适应性：虚电路服务比数据报服务的可靠性高。数据报服务的适应性比虚电路服务强。

（6）在拥塞控制方面，若有足够的缓冲区分配给已经建立的每条虚电路，拥塞较容易控制，而数据报服务难以控制拥塞。

（7）关于平衡网络流量：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。

6-02 设有一通信子网。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，则每个分组要有 15 字节的分组首部，而结点就不需要保留路由表的存储空间。设每段链路每传 1 兆字节需 0.01 元，购买结点存储器的费用为每字节 0.01 元，而存储器的寿命为 2 年工作时间（每周工作 40 小时）。假准一条虚电路的每次平均使用时间为 1000 秒，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：4 段链路意味着涉及 5 个路由器。虚电路实现需要在 1000 秒内固定分配 $5 \times 8 = 40$ 字节的存储器。数据报实现需要比虚电路实现多传送的头信息的容量等于 $(15 - 3) \times 4 \times 200 = 9600$ 字节·链路。现在的问题就成了 40000 字节·秒的存储器对比 9600 字节·链路的电路容量。如果存储器的使用期是两年，即 $3600 \times 40 \times 52 \times 2 \approx 1.5 \times 10^7$ 字节·秒的代价为 $1 \div (1.5 \times 10^7) = 6.7 \times 10^{-8}$ 分，那么 40000 字节·秒的代价约等于 2.7 毫分。另一方面，1 个字节·链路代价是 10⁻⁶ 分，9600 个字节·链路的代价为 $10^{-6} \times 9600 = 9.6 \times 10^{-3}$ 分，即 9.6 毫分。显然，对于这样的参数，虚电路的实现要便宜一些。9.6 - 2.7 = 6.9 毫分，即在这 1000 秒的时间内便宜大约 6.9 毫分。

6-03 假定通信子网中所有结点的处理机和计算机均正常工作，所有的软件也正确无误。试问一个分组是否可能被投送到错误的目的结点（不管这个概率有多大）？

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：（1）有可能。大的突发噪声可能破坏分组。使用 k 位的检验和，差错仍然有 2^{-k} 的概率被漏检。如果分组的目的地址段或虚电路号码被改变，分组将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。

（2）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。

6-04 有 AB 和 BC 两条链路。A 经过 B 向 C 发送数据。B 收到 A 发来的数据时，可以先向 C 转发再向 A 发确认，也可以把这过顺序反过来。也就是说，B 要做的三件事的顺序是：收数据—转发—发确认，或：收数据—发确认—转发。现假定 B 在做完第二件事后处理机即出故障，内存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。

6-05 广域网中的计算机为什么采用层次结构方式进行编址？

答：为了提高数据传送的效率，许多广域网都采用层次编址方案。最简单的层次地址方案就是把一个地址分成前后两部分。前一部分表示分组交换机，后一部分表示连接在分组交换机上的计算机。不难看出，采用这种编址方法，在整个广域网中的每一台计算机的地址一定是唯一的。在实际应用中都是用一个二进制数来表示地址。这个二进制数的前面若干比特表示地址的第一部分（交换机号），而剩下后面的一些比特则表示地址的第二部分（计算机接入的低速端口号）。用户和应用程序可以将这样的地址简单地看成是一个数，而不必知道这个地址是分层结构的。

6-06 在广域网中，直接交付和间接交付有什么不同？

答：当主机 A 要向另一个主机 B 发送数据报时，先要检查目的主机 B 是否与源主机 A 连接在同一个网络上。

如果是，就将数据报直接交付给目的主机 B 而不需要通过路由器。

但如果目的主机与源主机 A 不是连接在同一个网络上，则应将数据报发送给本网络上的某个路由器，由该路由器按照转发表指出的路由将数据报转发给下一个路由器。这就叫作间接交付。

6-07 在广域网的转发表中使用默认路由有什么好处？

答：使用默认路由使转发表更加简洁，可减少查找转发表的时间。

6-08 一个数据报通信子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：

(a) 每一个分组在一次传输过程中平均经过几段链路？

(b) 每一个分组平均要传送几次？

(c) 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

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

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

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

6-09 一个通信子网内部采用虚电路服务，沿虚电路共有 n 个结点交换机，在交换机中为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

下的措施进行拥塞控制。结点交换机在收到分组后要发回确认，但条件是：(1) 接收端已成功地收到了该分组；(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，分组交付给目的主机的速率最快为多少？

答：每 $2(n-1)T$ 秒交付一个分组，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。

6-10 为什么 X.25 分组交换网会发展到帧中继？帧中继有什么优点？试从层次结构上以及结点交换机需要进行的处理过程进行讨论。

答：在 X.25 网络发展初期，网络传输设施基本上是借用了模拟电话线路，这种线路容易受噪声的干扰而产生误码。为确保传输无差错，X.25 在每个结点都需要作大量的处理。对于经历多个网络结点的帧，这种处理帧的方法会导致较长的时延。除了数据链路层的开销，分组层协议为确保在每个逻辑信道上按序正确传送，还要有一些处理开销。在一个典型的 X.25 网络中，分组在传输过程中在每个结点大约有 30 次左右的差错检查或其他处理步骤。

今天的数字光纤网比早期的电话网具有低得多得误码率，因此，我们可以简化 X.25 的某些差错控制过程。帧中继就是一种减少结点处理时间的技术。

帧中继的原理：认为帧的传送基本上不会出错，因而只要一知道帧的目的地址就立即开始转发该帧。这样，在一个帧中继网络中，一个结点在收到一个帧时，大约只需执行 6 个检错步骤。这显然减少了帧在结点的时延。这种传输数据的帧中继方式也称为 X.25 的流水线方式，但帧中继网络的吞吐率却要比 X.25 网络的提高一个数量级以上。

帧中继（frame relay, FR）是在用户与网络接口之间提供用户信息流的双向传输，并保持信息顺序不变的一种承载业务。用户信息以帧为单位进行传输，并对用户信息流进行统计复用。帧中继是综合业务数字网 ISDN 标准化过程中产生的一种重要技术，它是在数字光纤传输线路逐步替代原有的模拟线路，用户终端日益智能化的情况下，由 X.25 分组交换技术发展起来的一种传输技术。

6-11 快速分组交换和普通的分组交换的区别是什么？

ATM 是 ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE（异步转移模式）的英文缩写，是在分组交换技术上发展起来的快速分组交换技术，它采用统计时分复用技术，并综合吸收了分组交换高效率 and 电路交换高速度的优点，针对分组交换速率比较低的缺陷，利用电路交换几乎与协议处理无关的特点，通过高性能的硬件设备来提高处理速度，实现高速化传输。ATM 以独有的 ATM 信元进行数据传输，每个 ATM 信元 53 个字节，可传输语音、数据、图像和视频业务。可以提供 256K 到 622M 之间的高速数据传输通道。

6-12 帧中继的数据链路连接标识符 DLCI 的用途是什么？什么是“本地意义”？

答：DLCI 作地址信息用，用于 FR 交换机沿着虚电路向下一节点转发帧。

所谓“本地意义”是指帧包含的 DLCI 只标识帧所经过的这段链路，而不标识上一段、下一段或其它链路，该帧前进时其 DLCI 在每段链路上都可变化。另外，一条新建虚电路在某链路上 DLCI 值的选取，只要求在本段链路上与其它虚电路彼此不同，即只要局部不同，不要求跟别的链路段不同（全局不同）。

6-13 帧中继的拥塞控制是怎样进行的？许诺的信息速率 CIR 在拥塞控制中起何作用？

答：（1）帧中继使用的拥塞控制方法主要有三种：

- ① 丢弃策略 --- 当拥塞足够严重时，网络就要被迫将帧丢弃。
- ② 拥塞避免 --- 在刚一出现轻微的拥塞迹象时可采取拥塞避免的方法。
- ③ 拥塞恢复 --- 在已出现拥塞时，拥塞恢复过程可阻止网络彻底崩溃。

（2）许诺的信息速率 CIR 为了进行拥塞控制，帧中继采用了一个概念，叫做许诺的信息速率 CIR（Committed Information Rate），其单位为 b/s。CIR 就是对一个特定的帧中继连接网络同意支持的信息传送速率。只要数据传输速率超过了 CIR，在网络出现拥塞时就会遭受到帧的丢弃。

6-14 B-ISDN 与 N-ISDN 的主要区别是什么？B-ISDN 与 ATM 有何关系？

答：B-ISDN 与 N-ISDN 相比，具有以下的一些重大区别：

N-ISDN 使用的是电路交换。只是在传送信令的 D 通路使用分组交换。B-ISDN 则使用一种快速分组交换，称为异步传递方式 ATM。

N-ISDN 是以目前正在使用的电话网为基础，其用户环路采用双绞线(铜线)。但在 B-ISDN 中，其用户环路和干线都采用光缆。

N-ISDN 各通路的比特率是预先设置的。如 B 通路比特率为 64 kb/s。但 B-ISDN 使用虚通路的概念，其比特率只受用户到网络接口的物理比特率的限制。

N-ISDN 无法传送高速图像，但 B-ISDN 可以传送。

窄带 ISDN 以电路交换为基础，B-ISDN 使用 ATM 异步传递方式。

6-15 共路信令和随路信令有什么区别？什么是带内信令和带外信令？

答：信令就是各个交换局在完成呼叫接续中的一种通信语言。在通信设备之间传递的各种控制信号，如占用、释放、设备忙闲状态、被叫用户号码等，都属于信令。信令系统指导系统各部分相互配合，协同运行，共同完成某项任务。

（1）按信令的信道传送方式分为：

随路信令：是信令消息在对应的语音通道上传送信令的方式，一般是指 T1/E1 数字电路上的**一种信令**，它可以在这种电路上与语音或者数据流共用同一个通道。中国一号信令就属于随路信令系统。

共路信令：这是一种用于在电话网中将信号信息与用户数据分开的信号系统。一条特殊的专用通道可以为系统的所有其他通道传输信号信息。信令信道和业务信道完全分开，在公共的数据链路上以消息的形式传送一群话路的信令方式。中国七号信令就属于共路信令系统。

(2) 按信令的频带分为:

带内信令: 可以在通路频带 (300~3400Hz) 范围内传送的信令, 叫带内信令。

带外信令: 在通路频带外传送的信令, 叫带外信令。

6-16 为什么说, “ATM 集中了电路交换和分组交换的优点? 为什么现在 ATM 未能成为宽带网络中最重要的技术?”

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。

6-17 异步传递方式 ATM 中的“异步”是什么意思?

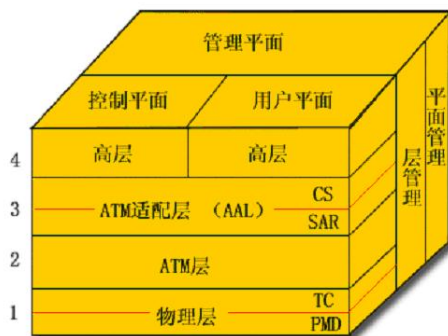
答: 异步传递方式 ATM 假定各终端之间没有共同的时间参考。在 STM 中, 每一个信道周期性地占用一个帧中的固定的时隙。而在 ATM 中, 每个时隙没有确定的占有者, 各信道根据通信量的大小和排队规则来占用时隙。每一个时隙就相当于一个分组, 这在 ATM 中叫做信元 (cell)。

6-18 ATM 网络中的 ATM 端点和 ATM 交换机各有何特点?

答: 在 ATM 交换机中只有物理层和 ATM 层。

AAL 层只能驻留在 ATM 端点之中。

6-19 试画出 ATM 的协议参考模型, 并解释各层的作用。



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 (incoming cell) 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。

6-20 写出英文名称 **ATM、AAL、PMD、TC、CS、SAR、GFC、VCI、VPI、PT、PTI、CLP、HEC、UNI** 和 **NNI** 的全名，并简单说明其意义。

第 7 章 网络互连

7-01 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？

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。

存在问题有：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。

注：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。

7-02 作为中间系统，转发器、网桥、路由器和网关都有何区别？

答：

1) 转发器、网桥、路由器、和网关所在的层次不同。

转发器是物理层的中继系统。

网桥是数据链路层的中继系统。

路由器是网络层的中继系统。

在网络层以上的中继系统为网关。

2) 当中继系统是转发器或网桥时，一般并不称之为网络互连，因为仍然是一个网络。

路由器其实是一台专用计算机，用来在互连网中进行路由选择。一般讨论的互连网都是指用路由器进行互连的互连网络。

7-04 试简单说明 IP、ARP、RARP 和 ICMP 协议的作用。

答：IP:网际协议，它是 TCP/IP 体系中两个最重要的协议之一，IP 使互连起来的许多计算机网络能够进行通信。无连接的数据报传输。数据报路由。

ARP（地址解析协议），实现地址转换：将 IP 地址转换成物理地址

RARP（逆向地址解析协议），将物理地址转换成 IP 地址

ICMP:Internet 控制消息协议，进行差错控制和传输控制，减少分组的丢失。

注：ICMP 协议帮助主机完成某些网络参数测试，允许主机或路由器报告差错和提供有关异常情况报告，但它没有办法减少分组丢失，这是高层协议应该完成的事情。IP 协议只是尽最大可能交付，至于交付是否成功，它自己无法控制。

7-05 IP 地址分为几类？各如何表示？IP 地址的主要特点是什么？

答：IP 地址共分 5 类，分类情况如下所示：

A 类

10	Net-id	Host-id
----	--------	---------

B 类

110	Net-id	Host-id
-----	--------	---------

C 类

1110	组播地址
------	------

D 类

E 类

11110	保留为今后使用
-------	---------

IP 地址是 32 位地址，其中分为 net-id（网络号），和 host-id（主机号）。特点如下：

IP 地址不能反映任何有关主机位置的物理信息；

一个主机同时连接在多个网络上时，该主机就必须有多个 IP 地址；

由转发器或网桥连接起来的若干个局域网仍为一个网络；

所有分配到网络号（net-id）的网络都是平等的；

IP 地址可用来指明一个网络的地址。

注：要求根据 IP 地址第一个字节的数值，能够判断 IP 地址的类型。参考 11 题。

7-06 试根据 IP 地址的规定，计算出表中的各项数据。

网络类别	最大网络数	第一个可用的网络号	最后一个可用的网络号	每个网络中的最大主机数
A	126	1	126	16777214
B	16384	128.0	191.255	65534
C	2097152	192.0.0	223.255.255	254

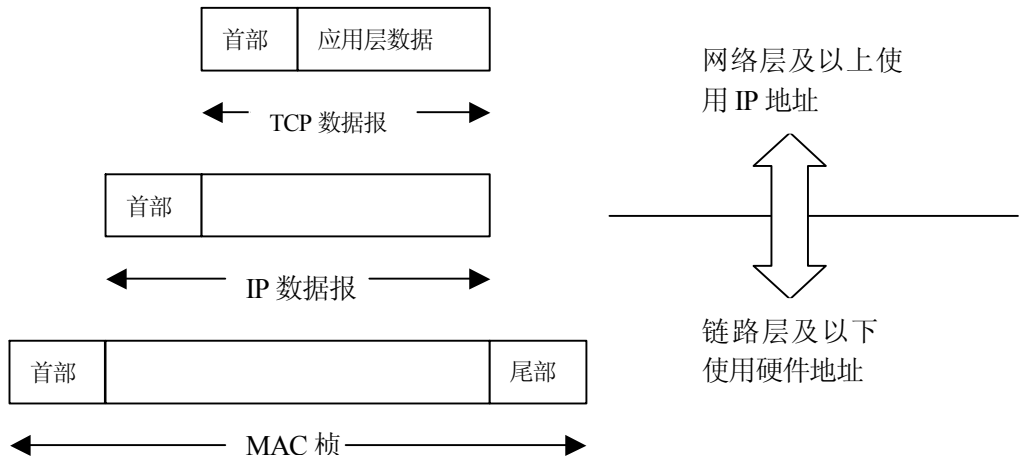
解：1) A类网中，网络号占七个 bit，则允许用的网络数为 2 的 7 次方，为 128，但是要除去 0 和 127 的情况，所以能用的最大网络数是 126，第一个网络号是 1，最后一个网络号是 126。主机号占 24 个 bit，则允许用的最大主机数为 2 的 24 次方，为 16777216，但是也要除去全 0 和全 1 的情况，所以能用的最大主机数是 16777214。

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： $16384/256=64128+64=192$ ，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： $2097152/65536=32192+32=224$ ，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。

7-07 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？

答



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。

7-08 IP 地址方案与我国的电话号码体制的主要不同点是什么？

答：IP 地址分为网络号和主机号，它不反映有关主机地理位置的信息。而电话号码反映有关电话的地理位置的信息，同一地域的电话号码相似，比如说，我们学校都是 8230 开头的。

注：我国电话号码体制是按照行政区域划分的层次结构，同一地域的电话号码有相同的若干位前缀。号码相近的若干话机，其地理位置应该相距较近。IP 地址没有此属性，其网络号和主机地理位置没有关系。

7-09 (1) 子网掩码为 255.255.255.0 代表什么意思？

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

(3) 某一 A 类网络和一 B 类网络的子网号 subnet-id 分别为 16 bit 和 8 bit 的 1，问这两个网络的子网掩码有何不同？

(4) 某 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？

答：(1) 可以代表 C 类地址对应的子网掩码默认值；也能表示 A 类和 B 类地址的掩码，前 24 位决定网络号和子网号，后 8 位决定主机号。(用 24bit 表示网络部分地址，包括网络号和子网号)

(2) 255.255.255.248 化成二进制序列为：11111111 11111111 11111111 11111000，根据掩码的定义，后三位是主机号，一共可以表示 8 个主机号，除掉全 0 和全 1 的两个，该网络能够接 6 个主机。

(3) 子网掩码的形式是一样的，都是 255.255.255.0；但是子网的数目不一样，前者为 65534，后者为 254。

(4) 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：11111111 11111111 00000000 11111111。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。

7-10 C 类网络使用子网掩码有无实际意义？为什么？

答：有，可以提高网络利用率。

注：实际环境中可能存在将 C 类网络地址进一步划分为子网的情况，需要掩码说明子网号的划分。C 类网参加互连网的路由，也应该使用子网掩码进行统一的 IP 路由运算。C 类网的子网掩码是 255.255.255.0。

7-11 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) 192.12.69.24
- (5) 89.3.0.1
- (6) 200.3.6.2

答：(2) 和 (5) 是 A 类，(1) 和 (3) 是 B 类，(4) 和 (6) 是 C 类。

解题思路：

A 类地址以 1-126 开始，B 类地址以 128-191 开始，C 类地址以 192-223 开始。

7-16 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？

答：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递到错误的主机。许多主机并不检查投递给它们的分组是否确实是要投递给它们的。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。有的时候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，从而引起重复和多余。因此，这样作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。

7-17 当某个路由器发现一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：之所以不要求源站重发，是因为地址字段也有可能出错，从而找不到正确的源站。

CRC 检验码需要使用多项式除法，逐站使用代价太高。数据报每经过一个结点，结点处理机就要计算一下校验和。不用 CRC，就是为了简化计算。

7-18 在因特网中分段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，即通过了一个网络就进行一次组装。试比较这两种方法的优劣。

答：在目的地站组装的好处：

- (1) 路由器处理数据报简单些；
- (2) 并非所有的数据报片都经过同样的路由器，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。

7-19 一个 3200 bit 长的 TCP 报文传到 IP 层，加上 160bit 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 1200bit。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”当然指的是局域网间看见的数据）？

答：进入本机 IP 层时报文长度为 $3200+160=3360\text{bit}$ ；

经过两个局域网的网络层，又加上两个头部信息，此时长度共有 $3360+160+160=3680\text{bit}$ ；

在第二个局域网，报文要进行分片，已知最长数据帧的数据部分只有 1200bit，所以共分成 4 片，故第二个局域网向上传送 3840bit。

7-20 设某路由器建立了如下表所示的路由表:

目的网络	子网掩码	下一站
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

此路由器可以直接从 接口 0 和 接口 1 转发分组，也可通过相邻的路由器 R2、R3 和 R4 进行转发。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

试分别计算其下一站。

- 答：(1) 接口 0
- (2) R2
 - (3) R4
 - (4) R3
 - (5) R4

7-21 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 多台机器，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号码，并算出每个地点主机号码的最小值和最大值。

答：每个地点主机号码的最小值为 1，最大值为 254。

7-22 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？

答：3 片；第一片：数据字段长度 1480、片偏移是 0，MF 是 1；第二片：数据字段长度 1480、片偏移是 185，MF 是 1；第三片：数据字段长度 1020、片偏移是 370 和 MF 是 0；

7-23 写出因特网的 IP 层查找路由的算法。

答：INTERNET 的 IP 层查找路由算法如下：

- (1) 从数据报的首部提取目的站的 IP 地址 D，得出目的站的网络号为 N。

(2) 若 N 就是与此路由器直接相连的某一个网络号，则不需要再经过其他的路由器，而直接通过该网络将数据报交付给目的站 D (这里包括将目的主机地址 D 转换为具体的物理地址，将数据报封装为 MAC 帧，再发送此帧)；否则，执行 (3)。

(3) 若路由表中有目的地址为 D 的指明主机路由，则将数据报传递给路由表中所指明的下一站路由器；否则，执行 (4)。

(4) 若路由表中有到达网络 N 的路由，则将数据报传递给路由表中所指明的下一站路由器；否则，执行 (5)。

(5) 若路由表中有子网掩码一项，就表示使用了子网掩码，这时应对路由表中的每一行，用子网掩码进行和目的站 IP 地址 D 相“与”的运算，设得出结果为 M。若 M 等于这一行中的目的站网络号，则将数据报传递给路由表中所指明的下一站路由器；否则，执行 (6)。

(6) 若路由表中有一个默认路由，则将数据报传递给路由表中所指明的默认路由器；否则，执行 (7)。

(7) 报告路由选择出错。

7-24 在什么情况下需要使用源站选路？

答：源站选路主要使用在测量报文中，可以使网络管理员了解网络中某一条通路的通信状况是否正常。

7-25 试简述 RIP、OSPF 和 BGP 选路协议的主要特点：

答：如下表所示：

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，完整路由
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、但效率低 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

7-26 ICMP 协议的要点是什么？隧道技术是怎样使用的？

答：要点有：1、IGMP 是用来进行多播的，采用多播协议可以明显地减轻网络中各种资源的消耗，IP 多播实际上只是硬件多播的一种抽象；2、IGMP 只有两种分组，即询问分组和响应分组。IGMP 使用 IP 数据报传递其报文，但它也向 IP 提供服务；3、IGMP 属于整个国际协议 IP 的一个组成部分，IGMP 也是 TCP/IP 的一个标准。

隧道技术使用：当多播数据报在传输过程中，若遇到不运行多播路由器或网络，路由器就对多播数据报进行再次封装（即加上一个普通数据报的首部，使之成为一个向单一目的站发送的单播数据报），通过了隧道以后，再由路由器剥去其首部，使它又恢复成原来的多播数

据报，继续向多个目的站转发。

7-27 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？

答：ARP 不是向网络层提供服务，它本身就是网络层的一部分，帮助向传输层提供服务。在数据链路层不存在 IP 地址的问题。数据链路层协议是象 HDLC 和 PPP 这样的协议，它们把比特串从线路的一端传送到另一端。

7-28 在因特网上的一个 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？

答：对于一个 B 类网络，高端 16 位形成网络号，低端 16 位是子网或主机域。在子网掩码的低端 16 位中，最高有效 4 位是 1111，因此剩下 12 位（第 3 字节低 4 位和第 4 字节）用于主机号。因此，存在 4096 个主机地址，但由于全 0 和全 1 是特别地址，因此最大主机数目应该是 4094。

7-29 在 IPv4 首部中有一个“协议”字段，但在 IPv6 的固定首部中却没有。这是为什么？

答：设置协议字段的目的是要告诉目的地主机把 IP 分组交给哪一个协议处理程序。中途的路由器并不需要这一信息，因此不必把它放在主头中。实际上，这个信息存在主头中，但被伪装了。最后一个（扩展）头的下一个头段就用于这一目的。

补充题 1 某网络上连接的所有主机，都得到“Request time out”的显示输出，检查本地主机配置和 IP 地址：202.117.34.35，子网掩码为 255.255.0.0，默认网关为 202.117.34.1，请问问题可能出在哪里？

答：子网掩码应为 255.255.255.0。按原配置，本地主机会被网关认为不在同一子网中，这样网关将不会转发任何发送给本地主机的信息。

补充题 2 以 C 类网 192.168.1.0 为背景，划分六个子网，设计两个广播地址：第一个子网的直接广播和全子网直接广播地址。

参考答案：

(1) 子网掩码：由于划分六个子网，需在 IP 地址的第四字节划出三位供分配子网用，故子网掩码为：255.255.255.224；

(2) 第一个子网的直接广播：第一个子网直接广播地址就是第一个子网的广播地址，因第一个网段的网络地址是 192.168.1.0/27，故广播地址是 192.168.1.31；

(3) 全子网直接广播地址：全子网直接广播地址就是子网号和主机号全为 1 的的广播地址地址，即 192.168.1.255。

补充题 3 对 4800 个路由器进行分级路由，若采用三级分级结构，则应选择多大的区和簇才能减小路由表的长度？最小的路由表长度可能是多少？

答：所谓分级路由，就是将路由器按区（REGION）进行划分，每个路由器只须知道在

自己的区内如何为分组选择路由到达目的地的细节，而不用知道其他区的内部结构。对于大的网络，也许两级结构是不够的，还可以把区组合成簇（CLUSTER），把簇再组合成域（ZONE），……对于等级式路由，在路由表中对应所有的本地路由器都有一个登录项，所有其他的区（本簇内）、簇（本域内）和域都缩减为单个路由器，因此减少了路由表的尺寸。

在本题中， $4800=15*16*20$ 。当选择 15 个簇、16 个区，每个区 20 个路由器时（或等效形式，例如 20 个簇、16 个区，每个区 15 个路由器），路由表尺寸最小，此时的路由表尺寸为 $15+16+20=51$ 。

补充题 4 无类型域间路由选择 CIDR 协议使用在何种情况？

答：近几年 Internet 的飞速发展产生了一个突出的问题，这就是 IP 地址不够分。如某单位申请 B 类网络资源嫌大，但 C 类网络资源又不能满足将来的发展。使用 CIDR 协议可以分配连续的 C 类网络地址组成的 CIDR 块。用 CIDR 按地域划分 C 类地址，可以减少互连网路由表的项目，提高互连网路由的效率。

补充题 5 建议的 IPv6 没有首部检验和。这样做的优缺点是什么？

答：16 位的首部检验和字段保证 IP 分组头值的完整性，但当 IP 分组头通过路由器时，分组头发生变化，检验和必须重算。若无此段则使路由器更快的处理分组，从而可以改善吞吐率。但在可靠度低的网络里，容易出错。

补充题 6 讨论一下：128bit 的 IP 地址空间比所需要的大，而 96bit 就可以提供足够的容量。

答：用 96bit 做地址，总地址数为 $7.9*10^{28}$ 个。若以每秒 108 的速率分配它们，要用 1013 年时间。显然够分配。

注：计算结果老师没有经过验证，考虑 128bit 做地址，容量只是一个方面，大家知道 TCP/IP 中，协议格式都是 4 个字节整倍数来处理，地址格式至少应作为 4 字节的整数倍处理起来更高效些。

补充题 7 某个 IP 地址的十六进制表示是 C22F1481，试将其转换为点分十进制的形式。这个地址是哪一类 IP 地址？

答：(C22F1481) H=11000010 00101111 00010100 10000001

用点分十进制表示，该 IP 地址是 194.47.20.129，为 C 类地址。

补充题 8 ARP 和 RARP 都是将地址从一个空间映射到另一个空间。在这个意义上讲，它们是相似的。然而 ARP 和 RARP 在实现方面却有一点很不相同。请指出这个不同点。

答：在 RARP 的实现中有一个 RARP 服务器负责回答查询请求。在 ARP 的实现中没有这样的服务器，主机自己回答 ARP 查询。

补充题 9 当使用 IPv6 时，是否 ARP 协议需要改变？如果需要改变，那么应当概念性的改变还是技术性的改变？

答：从概念上讲，不需要改变。在技术上，由于被请求的 IP 地址现在变大了，因此需要比较大的域。在使用 IPv6 时，ARP 协议是需要改变的。因为在 IPv6 中，地址占的位数很大，将这样一个地址翻译为一个物理地址是不现实的，所以，要改变这个协议要在技术方面改动，毕竟 IPv6 与 IPv4 的结构差距很大，要概念性地改变它，是很麻烦的，其实在使用 IPv6 时，早已不再需要 ARP 协议了。

补充题 10 IPv6 使用 16 字节地址空间。设每隔 1 微秒就分配出 100 万个地址。试计算大约要用多少年才能将 IP 地址空间全部用光。可以和宇宙的年龄（大约有 100 亿年）进行比较。

答：使用 16 个字节，总的地址数为 2^{128} 或 3.4×10^{38} 。如果我们以每 10-12 秒 106，亦即每秒 1018 的速率分配它们，这些地址将持续 3.4×10^{20} s，即大约 1013 年的时间。这个数字是宇宙年龄的 1000 倍。当然，地址空间不是扁平的，因此它们的分配是非线性的，但这个计算结果表明，即使分配方案，即使分配方案的效率为千分之一，这么多地址也永远都不会用完。

第 8 章 运输层

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 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。

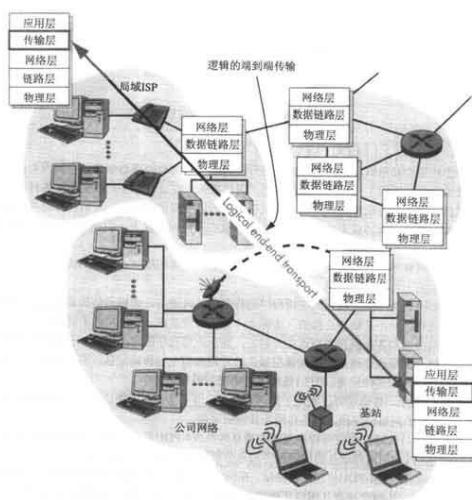


图 传输层在两个应用程序之间提供了逻辑的而不是物理的通信

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 的网络层字段，而不作用于传输层字段。

8-03 解释为什么运输连接突然释放掉就可能丢失用户数据而 TCP 的连接释放方法就可保证不丢失数据。

8-04 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。

解答：我们知道，3 次握手完成两个重要功能，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与确认。

现在把三次握手改成仅需要两次握手，死锁是可能发生的。作为例子，考虑计算机 A 和 B 之间的通信。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用于 A 到 B 的交通，也不知道 A 是否同意 B 所建议的用于 B 到 A 交通的初始序列号，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，只等待接收连接确认应答分组。而 A 在发出的分组超时后，重复发送同样的分组。这样就形成了死锁。

8-05 一个 TCP 报文段中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？

解答：整个 TCP 报文段必须适配 IP 分组 65535 字节的载荷段。因为 TCP 头最少 20 个

字节，所以只剩下 65515 字节用于 TCP 数据。

8-06 主机 A 和 B 使用 TCP 通信。在 B 发送过的报文段中，有这样连续的两个：ACK=120 和 ACK=100。这可能吗（前一个报文段确认的序号还大于后一个的）？试说明理由。

8-07 在使用 TCP 传送数据时，如果有一个确认报文段丢失了，也不一定会引起对方数据的重传。试说明理由（可结合上一题讨论）。

8-08 在 8.4.1 小节曾讲过，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。

解答：——

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。

8-09 设 TCP 使用的最大窗口为 64KB，即 64×1024 字节，而传输信道的带宽可认为是不受限制的。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？

解答：10 毫秒 $\times 2 = 20$ 毫秒

每 20 毫秒可以发送一个窗口大小的交通量，每秒 50 个窗口（ $1000 \text{ 毫秒} \div 20 \text{ 毫秒} = 50$ ）

$65535 \times 8 \times 50 = 26.214 \text{ Mbps}$

$26.214 \text{ Mbps} \div 1000 \text{ Mbbps} \approx 2.6\%$

所以，最大吞吐率是 26.214Mbps，线路效率约为 2.6%。

8-10 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。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 1500 km，其传播时延可按 150000 km/s 来计算。各数据链路速率为 48kb/s，帧长为 960bit。

8-11 重复上题，但假定其中的一个陆地上的广域网的传播时延为 150ms。

8-12 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：在计算平均往返时延时，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。

8-13 若一个应用进程使用运输层的用户数据报 UDP。但继续向下交给 IP 层后,又封装成 IP 数据报。既然都是数据报,是否可以跳过 UDP 而直接交给 IP 层? UDP 能否提供 IP 没有提供的功能?

8-14 使用 TCP 对实时话音业务的传输有没有什么问题? 使用 UDP 在传送文件时会有什么问题?

答: 首先, TCP/IP 协议本是为非实时数据业务而设计的。传统的 IP 网络主要是用来传输数据业务采用的是尽力而为的、无连接的技术,存在失序到达和时延抖动甚至分组丢失等情况。TCP 的流控制没有对语音处理优化的考虑,所以 VoIP 时有延时和丢包的情况。UDP 传输协议的报文可能会出现丢失、重复、延迟以及乱序的错误,使用 UDP 进行通信的程序就必须负责处理这些问题。

8-15 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: 传统的 TCP 总是把分组丢失解释为拥塞,而假定链路错误造成的分组丢失是可以忽略的。但是 (1) 在高速网络中,当数据传输速率比较高时,链路错误是不能忽略的。(2) 要求的窗口大小很容易超出最大允许的 65 536 字节。(3) 较大的往返延迟偏差将导致不精确的往返时间估计,它最终将降低 TCP 的丢失检测机制的效能,可能导致拥塞崩溃。

8-16 一个应用程序用 UDP,到了 IP 层将数据报再划分为 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 个数据报片组装成为完整的数据报? 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。

8-17 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字段?

答: 这是 TCP 与 UDP 包的区别, TCP 包的首部字段可以更好的保证数据传输的可靠安全,而 UDP 就不能保证,所以 UDP 比 TCP 快,不间断但是不可靠,例如 QQ 视频就是使用 UDP,经常出现人不动,就是这个原因。

8-18 一个 UDP 数据报的数据字段为 8192 字节。要使用以太网来传送。试问应当划分为几个数据报片? 说明每一个数据报片的数据字段长度和片偏移字段的值。

8-19 网络允许的最大报文段长度为 128 字节,序号用 8bit 表示,报文段在网络中的寿

命为 30 秒。求每一条 TCP 连接所能达到的最高数据率。

答：具有相同编号的报文段不应该同时在网络中传输，必须保证，当序列号循环回来重复使用的时候，具有相同序列号的报文段已经从网络中消失。现在报文段的寿命为 30 秒，那么在 30 秒的时间内发送方发送的报文段的数目不能多于 255 个。 $255 \times 128 \times 8 = 30 = 8704 \text{b/s}$ 所以，每一条 TCP 连接所能达到的最高数据率为 8.704Kb/s。

8-20 一个 TCP 连接下面使用 256 kb/s 的链路，其端到端时延为 128ms。经测试，发现吞吐量只有 120 kb/s。试问发送窗口是多少？

题解：来回路程的时延等于 $256 \text{ms} (=128 \text{ms} * 2)$ 。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，测到的平均吞吐量就等于发送速率的一半，即 128ms。

$$8X / (256 * 1000) = 256 * 0.001$$

$$X = 256 * 1000 * 256 * 0.001 / 8 = 256 * 32 = 8192$$

所以，窗口值为 8192。

27 通信信道速率为 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： $10 \text{ms} * 2 = 20 \text{ms}$

每 20ms 可以发送一个窗口大小的交通量，因此每秒 50 个窗口。

$$65536 \times 8 \times 50 = 26.2 \text{Mb/s}$$

$$26.2 / 1000 = 2.6 \%$$

所以，最大的数据吞吐量率为 26.2Mb/s，线路效率为 2.6%。

29 若 TCP 中的序号采用 64bit 编码，而每一个字节有其自己的序号，试问：在 75 Tb/s 的传输速率下（这是光纤信道理论上可达到的数据率），分组的寿命应为多大才不会使序号发生重复？

答：顺序号空间的大小是 2^{64} 个字节，约为 2×10^{19} 字节。 $75 / 8 = 9.375$ ，即 75Tb/s 的发送器每秒钟消耗 9.375×10^{12} 个顺序号。 $(2 \times 10^{19}) / (9.375 \times 10^{12}) \approx 2 \times 10^6$ ，所以顺序号循环一周所花的时间为 $2 \times 10^6 \text{s}$ ，约为 23 天。因此，最长的分组生命周期小于 3 个星期可以避免顺序号循环重复的问题。

第 9 章 应用层

9-01 什么是应用进程？应用进程与用户的应用程序有何关系？

答：为了解决具体的应用问题而彼此通信的进程就称为“应用进程”；应用进程为用户的应用程序提供通信服务。

9-02 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：Internet 采用了层次树状域名结构。

9-03 什么是域名系统中的根域名服务器和授权域名服务器？授权域名服务器与管辖区有何关系？

答：根域名服务器管辖顶级域；授权域名服务器管辖子域。

9-04 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：域名服务器中的高速缓存用于保存刚解析的域名，以便提高下一次相同域名的解析。

9-05 文件传送协议 FTP 的主要工作过程是怎样的？主进程和从属进程各起什么作用？

答：在 FTP 的客户机和服务器之间建立两个连接：控制连接和数据连接。首先客户机发出的传送请求通过控制连接发送给控制进程（21 号端口），然后用“数据连接”（20 号端口）传输文件；主进程，负责接受新的请求；从属进程，负责处理单个请求。

9-06 简单文件传输协议 TFTP 与 FTP 的主要区别是什么？用在什么场合？

答：FTP 服务和 TFTP 服务都是用于传输文件的，但用的场合不同。FTP 服务可以用于局域网和广域网，可以用来下载任何类型的文件。TFTP 服务用于局域网，在无盘工作站启动时用于传输系统文件。

9-07 试述网络文件系统 NFS 的主要特点。NFS 与远程过程调用 RPC 有何关系？

9-08 远程登录 TELNET 的主要特点是什么？什么叫做虚拟终端 NVT ？

答：用户用 TELNET 就可在其所在地通过 TCP 登录到远地的另一个主机上。TELNET 定义了数据和命令应怎样通过 Internet。这些定义就是所谓的网络虚拟终端（NVT）。

9-09 试述电子邮件的最主要的组成部件。UA 和 MTA 的作用是什么？能否不使用它们？

答：用户代理、邮件服务器、电子邮件使用的协议。不能不使用用户代理

9-10 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：电子邮件的传输程序根据邮件信封上的信息来传送邮件。用户在从自己的邮箱中读取邮件时才能见到邮件的内容。

9-11 电子邮件的地址格式是怎样的？请说明各部分的意思。

答：收信人邮箱名@邮箱所在主机的域名；

9-12 试简述 SMTP 通信的三个阶段的过程。

答：SMTP 通信的三个阶段为：（1）连接建立（2）邮件传送（3）连接释放。

9-13 试述邮局协议 POP 的工作过程。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。

9-14 MIME 与 SMTP 相比有何优点？什么是 quoted-printable 编码和 base64 编码？

9-15 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。

9-16 解释以下名词。各英文缩写词的原文是什么？

WWW、URL、URI、HTTP、HTML、浏览器、超文本、超媒体、超链、页面、表单 (form)、活动文档、搜索引擎。

9-17 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指向一个无效的计算机名字。这时浏览器将向用户报告什么？

9-18 当使用鼠标点取一个万维网文档时，若该文档除了有文本外，还有一个本地 .gif 图像和两个远地 .gif 图像。试问：需要使用哪个应用程序，以及需要建立几次 UDP 连接和几次 TCP 连接？

答：需要使用浏览器，需要建立 0 次 UDP 连接和 4 次 TCP 连接。

9-19 你所使用的浏览器的高速缓存有多大？请进行一个实验：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个页面？

9-20 试创建一个万维网页面，它有一个标题 (title)。然后观察浏览器如何使用此标题。

9-21 用你的浏览器读取一个万维网页面，然后利用浏览器菜单上的选项查看该页面的源程序。和本书介绍的 HTML 的格式与标签进行对比，看是否能够看懂。

9-23 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。

9-24 一个万维网网点有 1 千万个页面，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？

30 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门课题？

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。

31 解释下列术语：网络元素、被管对象、管理进程、代理进程、管理信息库和综合网络管理系统。

32 OSI 的五个管理功能域都有哪些内容？五个功能域之间有何关系？

答：网络管理功能主要包括以下几个方面：

- (1) 故障管理：包括故障检测、故障定位和故障改正；
- (2) 配置管理：只有在有权配置整个网络时，才可能正确地管理该网络；
- (3) 计费管理：跟踪用户对网络资源的使用情况，对其收取合理的费用；
- (4) 性能管理：包括网络性能和系统性能；
- (5) 安全管理：大多数的实用系统都能管理网络硬件的安全性能，例如，管理用户登录，在特定的路由器或网桥上进行各种操作，有些系统还有检测、警报和提示功能，例如，在连接中断时发出警报以提醒操作员。

33 试说明 SNMP 中为什么要使用“委托代理”这一概念。

34 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

35 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 trap 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控，系统简单并限制通信量。Trap 的中断方式更灵活、快捷。

36 SNMP 使用哪五种操作？SNMP 在 get 报文中设置了请求标识符字段，为什么？

37 什么是管理信息库 MIB ？为什么要使用 MIB ？

38 什么是管理信息结构 SMI ？它的作用是什么？

39 有下列 5 种用 ASN.1 表示的类型，其值均为“Jones”：

Type1 ::= OCTET STRING

Type2 ::= [APPLICATION 3] IMPLICIT Type1

Type3 ::= [2] Type2

Type4 ::= [APPLICATION 7] IMPLICIT Type3

Type5 ::= [2] IMPLICIT Type2

用 ASN.1 基本编码规则编出以下 5 种情况的代码：

- (1) 43 05 4A 6F 6E 65 73
- (2) 82 05 4A 6F 6E 65 73
- (3) 04 05 4A 6F 6E 65 73
- (4) 67 07 43 05 4A 6F 6E 65 73
- (5) A2 07 43 05 4A 6F 6E 65 73

以上编码均采用 16 进制表示。试找出与上面的 5 种类型定义的对对应关系。

40 用 ASN.1 基本编码规则对以下三种情况进行编码。设长度字段 L 为：(1) 18 字节； (2) 180 字节； (3) 1048 字节。

41 对象 tcp 的 OBJECT IDENTIFIER 是什么？

42 试说明抽象语法、传送语法和局部语法的用途。为什么要使用这几种不同的语法？

43 在 ASN.1 中类型 BIT STRING 的标记是 UNIVERSAL 3。现有一个 11 bit 的二进制比特串“11100001111”。它的 ASN.1 传送语法是什么？

44 试比较 SNMP 与 CMIP 的优缺点。

第 10 章 网络安全

10-1 试破译下面的密文诗。加密采用替代密码，使得 26 个字母（a 到 z）中的每一个用其他某个字母替代（注意，不是按序替代）。密文中无标点符号。空格未加密。

kfdktdfzmeubdkfdpziomnmtxkukzygurbzha kfhcmurmfudmzhx
 mfmnmzhxmdzythcpzqur ezsszodmzhx gthcmzhxpfa kfdmdztmsutythc
 fukzhxprfdkfdntcmfzldpthcmsokpzckzstk kfd uamkclmeitdxschuid
 pdfzduoiefzkruimubduromzid uokursidkzfzhxzyyur omzidzrk
 hufoiamzx kfd ezindhkdi kfa kfzhgdx fib boefruikfzk

答：明文是：

the time has come the walrus said to talk of many things of shoes and ships and sealing wax of cabbages and kings and why the sea is boiling hot and whether pigs have wings but wait a bit the oysters cried before we have our chat for some of us are out of breath and all of us are fat no hurry

said the carpenter they thanked him much for that From Through the Looking Glass (Tweedledum and Tweedledee).

10-2 下面一段密文本来是连续的字串，只是为了便于阅读将它分成每五个二组。明文是一般计算机教科书中的一段话，因此也许有“computer”这个字出现。加密采用的是置换密码，明文中无空格，无标点符号。试破译之。

aauan cvlre rumn dltme aeepb ytust iceat npmey iicgo gorch srsoc nntii
imiha oofpa gsvit tpsit lbolr otoex

答：明文是：

a digital computer is a machine that can solve problems for people by carrying out instructions given to it. From Structured Computer Organization by A. S. Tanenbaum.

10-3 仔细阅读 DES 的细节，弄清加密过程中的每一个步骤。

10-4 常规密钥体制与公开密钥体制的特点各如何？各有何优缺点？

10-5 常用密钥分配方法有哪些？

答：密钥的网内分配方式有两种。**一种分配方式是在用户之间直接实现分配。**例如 A 用密钥 K 对报文加密后发给 B。只有在 B 也具有密钥 K 的情况下才能对此密文进行解密。但 A 怎样才能使 B 得到密钥 K 呢？直接在网上发送密钥 K 是很不安全的。因此必须用另一个密钥 K" 对密钥 K 加密后才能在网上发送。但密钥 K" 又怎样传送给网络上的 B 呢？这就是传统密钥分配中最困难的问题。**另一种分配方法是设立一个密钥分配中心 KDC，通过 KDC 来分配密钥。**后一种方法已成为使用得较多的密钥分配方法。

10-6 链路加密与端到端加密各有何特点？各用在什么场合？

答：在采用链路加密的网络中，每条通信链路上的加密是独立实现的。通常**对每条链路使用不同的加密密钥。**当某条链路受到破坏就不会导致其他链路上传送的信息被析出。加密算法常**采用序列密码。**

链路加密的最大缺点是在中间结点都暴露了信息的内容。在网络互连的情况下，仅采用链路加密是不能实现通信安全的。

端到端加密是在源结点和目的结点中对传送的 PDU 进行加密和解密，其报文的安全性不会因中间结点的不可靠而受到影响。

端到端加密的层次选择有一定的灵活性。端到端加密更容易适合不同用户的要求。端到端加密不仅适用于互连网环境，而且同样也适用于广播网。

10-7 对网络安全的威胁都有哪些？有哪些安全措施？

10-8 采用 DES 加密算法和加密分组链接的方法。在传输过程中，某一个密文分组 C_i 中的一个 0 变成了 1。试问：在对应的明文中会出现多少个错误？

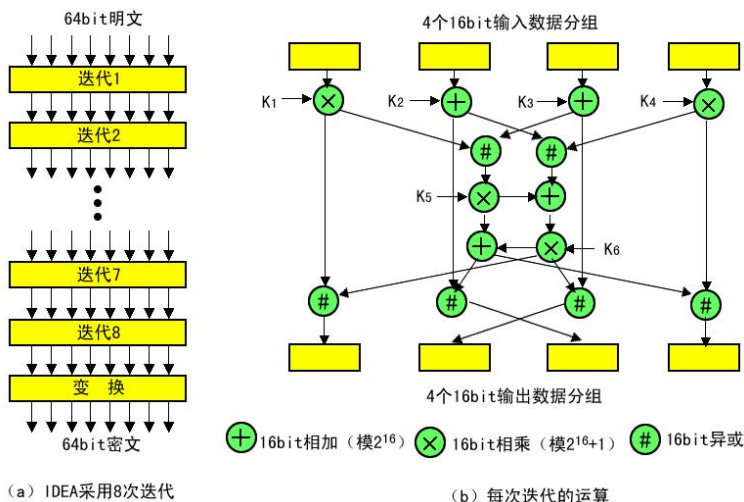
答：由于 DES 将把该错误位进行充分的混合，所以在块 C_i 中一个单独的位错误，将会在块 P_i 中作用而破坏了整个该块。此外，在块 P_{i+1} 中的一位将会发生错误。然而，所有随后的明文块都将是正确的。单一的位错误只是影响了两个明文块。

10-9 在上题中，若不是一个 0 变成了一个 1 而是在 C_i 中多出了一个 0。试分析明文中会出现什么样的错误？

答：解答：由于插入的 0bit 将变成块 C_{i+1} 的第 1 位，现在从 P_{i+1} 开始的每一个明文块将都是错误的，因为对异或操作的所有输入(C_{i+1}, C_{i+2}, \dots)都将是错误的。显然成帧错误要比单个位翻转的错误严重得多。

10-10 试述国际数据加密算法 IDEA 的加密过程。

答：在常规密钥密码体制中，IDEA 使用 128 bit 密钥。IDEA 和 DES 相似，也是先将明文划分成一个个 64 bit 长的数据分组，然后经过 8 次迭代和一次变换，得出 64 bit 密文。对于每一次的迭代，每一个输出比特都与每一个输入比特有关。



图中画出了每一次迭代的运算步骤。这里有三种运算。带有加号的圆圈表示 16 bit 的数相加 (模 216)。带有乘号的圆圈表示 16 bit 的数相乘(模 216+1)。带有井字号的圆圈表示 16 bit 的数进行异或操作。这三种运算在 16 位计算机上是很容易进行的。IDEA 最初是在时钟为 33 MHz 的 386 计算机上实现的，其加密速率达到 0.88 Mb/s。用 25 MHz 的专用芯片实现时，其加密速率可达 177 Mb/s。

10-11 使用 RSA 公开密钥体制进行加密。设 $a=1, b=2, \dots$

- (1) 若 $p=7$ 而 $q=11$ ，试列出 5 个有效的 e 。
- (2) 若 $p=13, q=31$ ，而 $e=7$ ，问 d 是多少？
- (3) 若 $p=5, q=11$ ，而 $d=27$ ，试求 e ，并将“abcdefghij”进行加密。

答：(1) $z = (p-1) \times (q-1) = 60$ ，则与 z 互质的 d 可以是 7, 11, 13, 17, 19

(2) 因为 $z = (p-1) \times (q-1) = 360$ ，又 d 与 z 互质，且 e 满足 $e \times d = 1 \pmod{z}$ ，若 e 能

符合式子 $7e \equiv 1 \pmod{360}$, 则 $7e$ 必然是 361, 721, 1081, 1441 等等。分别以 360 来除, 看那个能被 7 整除, 可发现 $721/7 = 103$, 即 $e=103$ 。

(3) 因为 $z = (p-1) \times (q-1) = 40$, 又 d 与 z 互质, 且 e 满足 $e \times d \equiv 1 \pmod{z}$, 即 $27e \equiv 1 \pmod{40}$, 所以 $e=3$ 。而 $n=p \times q=55$ 使用式子 $C = P^3 \pmod{55}$ 对 P 进行加密。从 $P=1$ 到 10, 相应的 $C=1, 8, 27, 9, 15, 51, 13, 17, 14,$ 和 10。

所以最后的密文是 18279155113171410。

10-12 试述数字签名的原理。

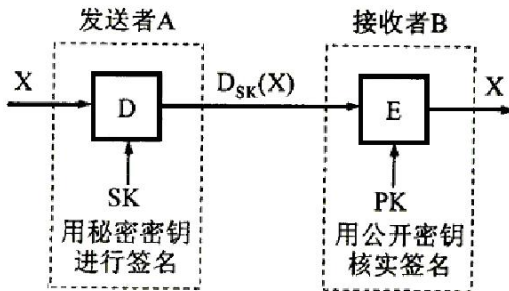
答: 数字签名是指通信双方在网上交换信息时, 用公钥密码防止伪造和欺骗的一种身份验证。**数字签名必须保证以下三点:**

- (1) 接收者能够核实发送者对报文的签名;
- (2) 发送者事后不能抵赖对报文的签名;
- (3) 接收者不能伪造对报文的签名。

有多种实现数字签名的方法, 采用公开密钥算法比常规密钥算法更容易实现。

采用公开密钥算法的数字签名算法如下:

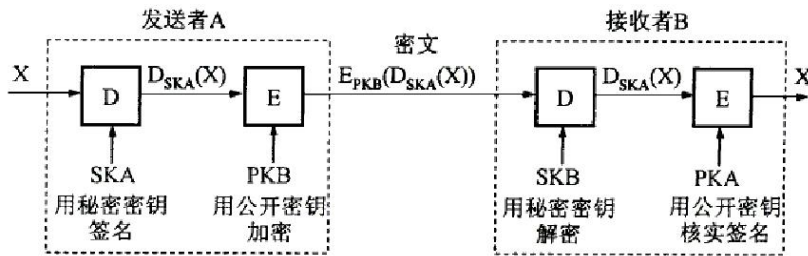
发送者 A 用其秘密解密密钥 SK_A 对报文 X 进行运算, 将结果 $D_{SK_A}(X)$ 传送给接收者 B。B 用已知的 A 的公开加密密钥得出 $E_{PK_A}(D_{SK_A}(X))=X$ 。因为除 A 外没有别人能具有 A 的解密密钥 SK_A , 所以除 A 外没有别人能产生密文 $D_{SK_A}(X)$ 。这样, 报文 X 就被签名为图所示。



如果 A 要抵赖曾发送报文给 B, B 可以将 X 及 $D_{SK_A}(X)$ 出示给第三者。第三者很容易用 PK_A 去证实 A 确实发送消息 X 给 B。反之, 若 B 将 X 伪造成 X' , 则 B 不能在第三者前出示 $D_{SK_A}(X')$ 。这样就证明了 B 伪造了报文。可见实现数字签名也同时实现了对报文来源的鉴别。

10-13 为什么需要进行报文鉴别? 什么是报文鉴别码 MAC? 报文的保密性与完整性有何区别? 什么是 MD5?

答: 数字签名过程仅对报文进行了签名。对报文 X 本身却未保密。因为截到密文 $D_{SK_A}(X)$ 并知道发送者身份的任何人, 通过查阅手册即可获得发送者的公开密钥 PK_A , 因而能理解电文内容。若采用如图所示的方法, 则可**同时实现秘密通信和数字签名**。图中 SK_A 和 SK_B 分别为 A 和 B 的秘密密钥, 而 PK_A 和 PK_B 分别为 A 和 B 的公开密钥。



10-14 什么是内联网 intranet 和外联网 extranet ？

答：内联网（Intranet）是企业网的一种，是采用因特网技术组建的企业网。

内联网的主要特征如下：

- ①采用 TCP/IP 协议作为通信协议；
- ②采用 Web 技术；
- ③仅供单位内部使用，并具有明确的应用目标；
- ④对外具有与因特网连接的接口；
- ⑤有安全设施，防止内部和外部的攻击。

内联网与因特网的区别是内联网上的绝大部分资源仅供企业内部使用，不对外开放。为了防止外界的非法侵入，通常采用防火墙或者其它安全技术，将内联网和因特网隔离开来。

外联网（Extranet）则是一种使用因特网/内联网技术使企业与其客户和其它企业相连，完成其共同目标的合作网络。严格地说，外联网是一种网络互连的技术，企业网（如内联网）通过公用网进行互连的技术，或者视为一个由多个企业合作共建的、能被合作企业的成员访问的更大型的虚拟企业网。与内联网类似，外联网也采用了 TCP/IP 协议作为通信协议。外联网访问是半私有的，用户是由关系紧密、相互信任的企业结成的小组，信息在信任的圈内共享。由于外联网主要用于互连合作企业的网络，并且交换仅限于这些企业共享的信息，因此，安全和可靠是外联网建设考虑的主要因素，可采用的技术包括隧道技术、访问控制技术、身份认证技术等。

10-15 试述防火墙的工作原理和所提供的功能。什么叫做网络级防火墙和应用级防火墙？

防火墙是网络安全的重要一环，防火墙技术是在内部网与外部网之间实施安全防范的最佳选择，防火墙能防以下内容：

- （1）访问控制：限制他人进入内部网络，过滤掉不安全服务和非法用户；
- （2）抗攻击：限定人们访问特殊站点；
- （3）审计：为监视 Internet 安全提供方便，对网络访问进行记录，建立完备的日志、审计和追踪网络访问，并可以根据需要产生报表、报警和入侵检测等。

但也存在一定的局限性：

- （1）不能完全防范外部刻意的人为攻击；
- （2）不能防范内部用户攻击防火墙不适用于内部人员的攻击；
- （3）不能防止内部用户因误操作而造成口令失密受到的攻击；

(4) 很难防止病毒或者受病毒感染的文件的传输。

14 因特网的安全体系结构是怎样的？ IPv6 的鉴别首部是怎样的？ 什么是封装安全净负荷 ESP 首部、安全关联和安全参数索引 SPI？ 什么是运输模式 ESP 和隧道模式 ESP？

习题 11

1 IP 电话是怎样实现的？ IP 电话网关的作用是什么？ IP 电话目前还存在什么问题需要解决？

2 为什么 IP 电话接收端缓存的大小对还原后的 IP 电话质量有很大的影响？

3 因特网多媒体体系结构有哪些组成部分？ 有哪些新的协议？ 各有何特点？

4 怎样可以改造因特网的“尽最大努力”的服务？ IntServ 和 DiffServ 各有何特点？

5 试简述 RSVP 协议的要点。

6 什么是 RAN 和 RBB？ 试比较 xDSL, FTTx 和 HFC 技术的优缺点。

7 在 P404 的图 12-4 中为何在 140-1100 KHz 不到 1 MHz 的带宽能够传送 6.3 Mb/s 的数据？

8 什么是穆尔定律？ 它对当前提出的“网络时代”有何影响？

9 试简述“三网融合”的主要含义。

名词解释

1.多路复用：在数据通信或计算机网络系统中，传输媒体的带宽或容量往往超过传输单一信号的需求，为了有效地利用通信线路，可以利用一条信道传输多路信号，这种方法称为信道的多路利用，简称多路复用。

2.带宽：带宽通常指通过给定线路发送的数据量，从技术角度看，带宽是通信信道的宽度（或传输信道的最高频率与最低频率之差），单位是赫兹。

3.FTP：文件传输协议，是 Internet 上使用最广泛的文件传输协议，

4.DHCP：动态主机配置协议，它是简化主机 IP 地址分配管理的 TCP/IP 标准协议。

5.防火墙：是在保护的 Intranet 和 Internet 之间竖起的一道安全屏障，用于增强 Intranet 的安全性。典型的防火墙系统可以由一个或多个构件组成，其主要部分是：包过滤路由器、应用层网关和电路层网关。