

第 5 章 数据链路层

数据链路层是网络体系结构中的次低层。数据链路层按信道通信方式有两种类型：一种是使用一对一通信方式的点对点信道；另一种是使用一对多通信方式的广播信道。前者的通信过程较为简单，后者的通信过程比较复杂，必须使用专用的共享信道协议来协调其操作过程。本章先对数据链路层进行概述，接着介绍数据链路层的 3 个基本问题，以及在点对点信道上常用的 PPP 和 PPPoE 协议，然后再专门讨论使用广播信道的数据链路层有关内容。

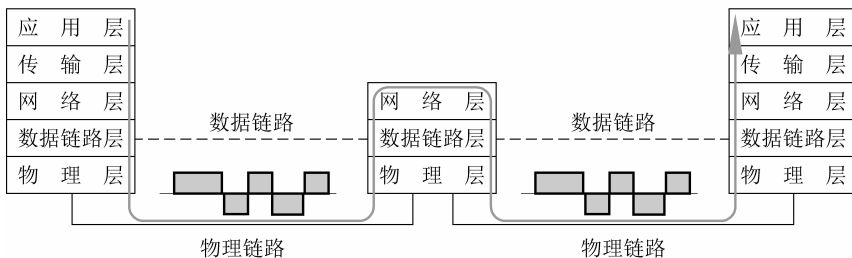
本章最重要的内容是：点对点信道和广播信道的特点，以及在这两种信道上常用的协议；数据链路层的 3 个基本问题；以太网 MAC 层的硬件地址；局域网中使用的网络适配器（网卡）、转发器、集线器、网桥、交换机的作用和应用场合。

* 5.1 数据链路层概述

从体系结构的角度，图 5-1(a)表示了主机 A 通过通信网和路由器与远程主机 B 进行通信的情况。通信网既可以是电话网，也可以是局域网、城域网或广域网。当主机 A 发送数据时，从协议层次上看，数据比特流的流向如图 5-1(b)所示。主机 A 和 B 都有完整的协议栈，但路由器在转发分组时使用的协议栈一般只有最下面的三层。当路由器的物理层收到比特流后，往上送至数据链路层，由数据链路层从比特流中取出帧，再从帧中提取 IP 数据报上交网络层。路由器的网络层根据 IP 数据报的首部信息，从转发表中找出下一跳的地址，再将 IP 数据报下送至数据链路层，重新封装成新的帧，然后交给物理层发送出去。如果数据从主机 A 传送到主机 B 的路径中要经历多个路由器，则数据在路由器的协议栈向上向下流动一次或多次。然而当我们专门研究数据链路层的问题时，需要关心的是在协议栈水平



(a) 主机A与主机B的通信



(b) 数据比特流的流向

图 5-1 两台主机通过通信网和路由器进行通信

方向上的各数据链路层,似乎数据是在数据链路层从左向右沿着水平方向传送的。

图 5-1 中,“物理链路”和“数据链路”是两个不同的概念。“物理链路”(简称为链路)是指相邻两结点之间(其间没有任何交换结点)的一段传输线路。计算机网络中任意两台计算机之间的通信路径往往需要经过若干个交换结点转接,此时这两台计算机之间是由多段这样的链路串接而成的。实际应用中的物理链路常采用多路复用技术,此时一条物理链路可以构成多条数据链路,从而提高了链路利用率。“数据链路”(又称为逻辑链路)则是另一个概念,它是由物理链路及实现通信协议的硬件和软件组成的。在链路上传输数据时,除了链路不可缺少,还需要有一些必要的通信协议来控制链路上的数据传输。常用的网络适配器就是实现通信协议的硬件和软件,它通常具有物理层和数据链路层的功能。

数据链路层的协议数据单元是帧。帧由首部、数据部分和尾部组成。一般来说,首部含有帧的控制信息(如地址、控制等),尾部包含帧校验序列,数据部分作为存放网络层下传 IP 数据报的数据域。

数据链路层的主要功能如下。

(1) 链路管理。对于面向连接的服务,数据链路层必须对数据链路的建立、维持和释放实施管理。

(2) 帧定界。数据链路层以帧为单位传送数据。帧定界的作用就在于接收端能够从收到的比特流中准确地确定帧的边界位置,即一帧的开始和结束。

(3) 透明传输。透明传输是指不管链路上传输的是何种形式的比特组合,都不会影响数据传输的正常进行。

(4) 流量控制。流量控制的实质是控制发送方的发送数据速率,不应超过接收方所能承受的能力。数据链路层和传输层都具有流量控制的功能,但它们的流量控制的对象不同。数据链路层控制的是相邻两结点之间数据链路上的流量,而传输层控制的则是从源点到终点之间的流量。

(5) 差错检测。差错检测是指数据在传输过程中检测是否存在差错的一种技术。通常采用在被发送的比特流后面附加差错检测码,接收端根据接收到的比特流重新计算差错检测码,然后与收到的差错检测码相比较,若无差错,则从收到的帧中提取 IP 数据报上交给网络层;若有差错,则将其丢弃。

* 5.2 数据链路层的 3 个基本问题

早期的数据链路层协议称为通信规程。规程和协议是同义语。数据链路层协议已有多种,但都需解决 3 个基本问题,即帧定界、透明传输和差错检测。下面就来讨论这 3 个基本问题。

5.2.1 帧定界

帧定界(framing)就是确定帧的边界,从传送的比特流中正确地分离出帧。帧定界可采用下面几种方法。

1. 字节填充法

字节填充法采用一些特定的字符来定界一帧的开始和结束。过去采用的开始和结束字节是不同的,但近几年多数协议倾向于采用使用相同的字节,称为标志字节(flag byte),作为帧开始和结束的分界符,如图 5-2 所示。

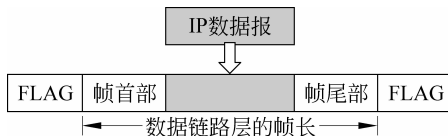


图 5-2 以标志字节作为帧定界

这里有一个值得考虑的问题,就是当标志字节出现在待传送的数据信息中时,就会被误认为是帧的边界。解决这一问题的一种方法是,发送端的数据链路层在出现标志字节前插入一个转义字符(ESC);接收端的数据链路层在将数据送往网络层之前删除这个转义字符。这种技术称为字节填充(byte stuffing)。然而,如果转义字符出现在待发送的数据信息中,又该如何处理呢?答案仍是用一个转义字符来填充。因此,接收端的数据链路层在去掉填充字符后上交给网络层的 IP 数据报与发送端发送的原始 IP 数据报是完全相同的。图 5-3 表示字节填充举例。面向字符的二进制同步通信规程 BSC 及 ARPANET 仍使用的 IMP-IMP 协议都采用这种字节填充法,但因特网数据链路协议 PPP 使用的字节填充法略作简化,其细节将在 5.3 节阐述。

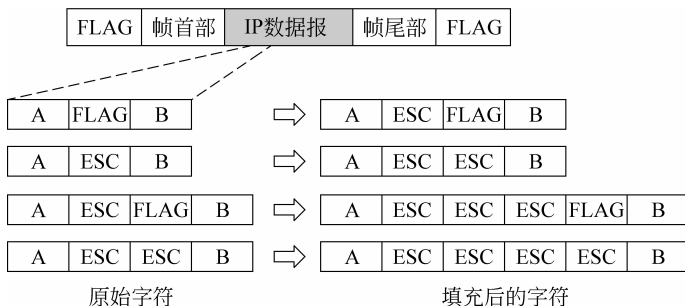


图 5-3 字节填充举例

2. 比特填充法

字节填充法的主要缺点是依赖于特定的字符模式。比特填充法则采用一特定的比特组合 01111110 来标志帧的边界,其实这是一个标志字节。这种方法既允许数据帧包含任意长度的字符,也允许每个字符有任意长度的位。为了避免在传送的数据信息中出现的相同比特组合被误认为是帧的首、尾标志,必须对其进行比特填充(bit stuffing),即采用“零比特插入、删除”技术,如图 5-4 所示。具体地说,发送端的数据链路层遇到数据比特流中出现 5 个连续 1 的时候,它就自动在输出比特流中插入一个 0;接收端遇到 5 个输入比特为 1,且后面紧接的是 0 时,自动将其删除。

3. 字节计数法

字节计数法采用一个特定字符来表示一帧的开始,随后使用一个字节计数字段指明该帧所要求传输的字节数。接收端通过对特定字符的识别,从比特流中确切地区分出帧的起

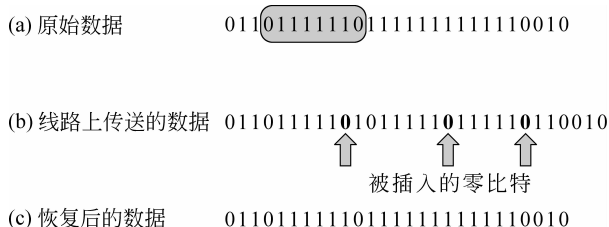


图 5-4 零比特的插入与删除

始位置,接着按照字节计数段注明的字节数来确定该帧的结束位置。字节计数法存在的问题是,如果字节计数值在传输过程中出现错误,那么就无法确定帧的结束边界。正因为这个原因,所以字节计数法很少使用。面向字节计数的数据链路控制规程 DDCMP 是采用字节计数法实现帧定界的例子。

4. 非法比特编码法

非法比特编码法仅适用于物理介质上采用特定的比特编码的场合。例如,当基带传输码型采用双相码时,每个码元的中点都存在电平跳变,如以“先高后低”电平变化表示比特 0,而以“先低后高”电平变化表示比特 1(见图 3-8(a))。这样,对于码元中点不发生电平跳变的比特编码就属于非法比特编码,这种非法比特编码可用作帧的定界。局域网 IEEE 802 标准采用这种方法。

在上述 4 种帧定界方法中,字符填充法与特定的字符编码集的关系过于密切,而且实现较为复杂;字节计数法的字节计数字段的传输正确性至关重要,否则,其错误不但影响本帧,还要影响下一帧;非法比特编码法只适用于采用冗余编码的特殊编码环境,而且对比特编码的码型有一定的要求。因此,目前较为常用的是比特填充法。但需指出,随着通信线路性能的改善,许多数据链路层协议又出现将字节计数法与其他某一种方法联合使用,以提高其安全性。

5.2.2 透明传输

透明传输是指不管链路上传输的是何种形式的比特组合,都不会影响数据传输的正常进行。为了解决透明传输的问题,上面介绍的几种帧定界方法采用了不同的技术。

在字节填充法中,采用了字节填充技术,所填充的字节是转义字符(ESC,其十六进制编码是 1B)。也就是说,IP 数据报中出现标志字节时,在其前插入一个转义字符(ESC),表示后续的标志字节将不作为帧的定界之用。当 IP 数据报中出现转义字符时,同样也是插入一个转义字符。从而实现了透明传输。

在比特填充法中,采用“零比特插入、删除”技术。如果 IP 数据的中含有特定的比特组合 01111110,则将其当作 011111010 来传输,但接收端上交给网络层的 IP 数据报中仍是特定的比特组合 01111110。这种“零比特插入、删除”过程对网络层是完全透明的,也不会影响数据传输的正常进行。

字节计数法虽然仍以特定字符的识别来区分帧的起始位置,但却以一字节计数字段指

明所要传输的字节数,从而确定帧的边界。这样,即便特定字符出现在数据信息中,也不会被认为是帧边界。

5.2.3 差错检测

数据信号在通信线路上传输因受干扰的影响,接收端往往不可能接收到发送端所发送的原样比特流。误码率是衡量传输差错的度量指标。如误码率为 10^{-12} ,表示平均每传送 10^{12} 个比特就会出现一个比特的差错。本书第3章差错控制技术一节中曾提到,在通信链路两端采用差错控制技术是一种有效方法。同样,计算机网络传输数据时也采用各种差错检测措施。循环冗余检验 CRC 是数据链路层被广泛采用的一种差错检测技术。

在帧格式中,通常将检错用的帧校验序列(Frame Check Sequence, FCS)放在帧格式的尾部,如图 5-2 所示。必须指出, FCS 与 CRC 有着不同的含义。CRC 指的是一种检错方法,而 FCS 则是添加在数据域后面起检错作用的冗余码。在数据链路层,发送端帧检验序列 FCS 的生成及接收端 CRC 检验可用硬件来实现。

必须指出,数据链路层仅使用 CRC 技术并不能做到百分之百的无差错,也就是说,差错还是存在,只不过差错出现的概率已在可接受的范围内。因此,数据链路层并不具有“可靠传输”的功能。不过,现在对数据链路层并没有要求它向网络层提供“可靠传输”的服务。所谓“可靠传输”,意即在数据链路层发送端发送的与接收端收到的是一样的。出现的传输差错可分为两类:一类是比特差错;另一类是帧丢失、帧重复和帧失序,此类差错将在 7.3.3 节中进行讨论。

对于数据链路层如何做到“可靠传输”,曾有两种观点:从 OSI 角度,认为数据链路层必须做到可靠传输,为此在 CRC 检错的基础上,又增加了流控制、确认和重传机制。从因特网角度,考虑到现有的通信线路质量大有改善,由通信线路引起的差错率已大为降低,数据链路层并非一定要为具有“可靠传输”功能而付出过高的代价,仅配置差错检测,一旦发现错误的帧将其丢弃即可。由此可见,因特网处理差错采用区别对待的方法:对于通信质量较差的无线传输链路(如无线网络),数据链路层使用确认和重传机制,向上层提供可靠传输服务;而对于通信质量良好的有线传输链路,数据链路层协议不使用确认和重传机制,当数据链路层发现传输数据出现差错,则把可能出现的差错上交给高层协议(如传输层的 TCP)去处理,显然这将使网络的通信效率大为提高。

* 5.3 点对点信道的数据链路层协议

5.3.1 数据链路层协议概述

数据链路控制协议又称为链路控制规程,在 OSI 模型中称为数据链路层协议。链路控制协议可分为异步协议和同步协议两大类。表 5-1 列出了几种常用的数据链路层协议。

在通信线路质量较差的年代,数据链路层使用可靠传输协议是一种较好的选择。当时能实现可靠传输的高级数据链路控制(High-level Data Link Control, HDLC)规程就成为当

时流行的数据链路层协议。但是,随着技术的进步和通信线路质量的改善,现在 HDLC 规程已很少使用。对于点对点信道,简单可行的 PPP 协议已成为目前广泛使用的数据链路层协议。

表 5-1 常用的数据链路层协议

协议名称	信息块长度	差错检测	发送机制	介质访问机制	
异步协议	Xmodem	132B	8 位校验和	停等 ARQ	受控访问
	Xmodem-CRC	132B	8 位 CRC	停等 ARQ	受控访问
	Xmodem-1K	1028B	8 位 CRC	停等 ARQ	受控访问
	Zmodem	视信息长度而异	32 位 CRC	连续 ARQ	受控访问
同步协议	SDLC	视信息长度而异	16 位 CRC	连续 ARQ	受控访问
	HDLC	视信息长度而异	16 位 CRC	连续 ARQ	受控访问
	Ethernet	视信息长度而异	32 位 CRC	停等 ARQ	争用访问
	PPP	视信息长度而异	16 位 CRC	连续 ARQ	全双工

5.3.2 PPP 和 PPPoE 协议

目前用户接入因特网有多种方式,常用的是电话拨号入网和宽带入网。但是,无论何种入网方式都不可能自己直接连接到因特网上,而是要通过某一种接入网连接到因特网服务提供者 ISP,才能接入因特网。PPP 协议正是用户计算机与 ISP 进行通信时使用的数据链路层协议。

对于点对点信道,在 PPP 协议出现之前仍使用面向字符的 SLIP 协议,但 SLIP 存在不少缺点,如无差错检测功能、通信双方需事先知道对方的 IP 地址、SLIP 仅支持 IP 不支持其他协议、存在多种版本等。为了克服 SLIP 的这些缺点,1992 年又制定了点对点协议(Point-to-Point Protocol,PPP)。经 1993 年和 1994 年的修订,PPP 协议现已成为因特网的正式标准(RFC 1661)。

在制定 PPP 协议时,因特网工程部 IETF 曾对该协议设计提出了多方面的需求,尽量使 PPP 协议设计简单。同时,在帧封装、透明传输、差错检测、检测连接状态、支持多种网络层协议和多种类型链路、最大传送单元、网络层地址协商和数据压缩协商等方面也有明确的需求,还明确不再设置纠错控制、流量控制、编制序号、只支持点对点的全双工链路通信等功能。PPP 协议的简单设计既提高了协议的可靠性,也有利于提高不同制造商对协议的不同实现的互操作性。

PPP 协议由 3 个部分组成。

(1) 一个将 IP 数据报封装到串行链路的方法。它既支持异步链路,也支持面向比特的同步链路。IP 数据报作为 PPP 帧的信息部分,其长度仅受最大传送单元 MTU 的限制。

(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(Link Control Protocol, LCP)。该协议允许通信双方协商一些配置选项。RFC 1661 定义了 11 种 LCP 帧的类型。

(3) 一组网络控制协议(Network Control Protocol, NCP)。其中的每一个协议支持不同的网络层协议,如 IP、OSI 网络层、DECnet 等。

这里需要指出的是,1999 年还公布了可运行在以太网上的 PPP,即 PPPoE 协议(PPP over Ethernet),这是一个目前流行的宽带接入方式 ADSL 使用的数据链路层协议。PPPoE 基于两个广泛接受的标准,即以太网协议和 PPP 协议。这样,ISP 可利用 PPPoE 协议为用户提供廉价的互联网接入服务。另外,单纯的以太网并无验证功能,也没有建立和断开连接的处理,因此无法实现按时计费功能,如采用 PPPoE 管理以太网的连接,就可以利用 PPP 的验证等功能有效地管理用户的使用。

5.3.3 PPP 和 PPPoE 协议的帧格式

PPP 协议的帧格式如图 5-5 所示。

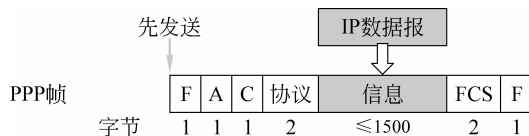


图 5-5 PPP 协议的帧格式

各字段的含义如下。

(1) 标志字段 F(1B)。规定为 0x7E(0x 表示它后面的字符是十六进制,即二进制 01111110)。该标志字段作为 PPP 帧定界符,表示一帧的开始或结束。若两个标志字段连续出现,则表示这是一个空帧,应将其丢弃。

(2) 地址字段 A(1B)。规定为 0xFF(即 11111111),表示所有的站都可接收此帧。

(3) 控制字段 C(1B)。规定为 0x03(即 00000011),表明这是一个无序号帧。

由于地址和控制字段总是常量,所以 LCP 提供了必要的机制,允许通信双方协商省略这两个字段,这样每一帧可节省 2B。

(4) 协议字段(2B)。该字段指明信息字段中含有的数据属于哪一种网络层协议。例如,当该字段为 0x0021 时,表示 PPP 帧中的信息字段为 IP 数据报。若为 0xC021 时,则信息字段为链路控制协议 LCP 的数据,而为 0x8021 则表示是网络层的控制数据。

(5) 信息字段。用来存放网络层下传的数据,其长度可变,未经协商的默认长度为 1500B。当信息字段中出现与标志字段一样的比特组合时,也必须采取一些措施加以区分。

PPP 协议规定:该协议用于 SONET/SDH 链路实现同步传输时,通常用硬件实现比特填充法,即采用“零比特插入、删除”技术来实现透明传输。而用于异步传输时,则采用一种特殊的字节填充法,其具体做法如下。

① 将信息字段中出现的每一个 0x7E 字节转变成为 2 字节序列(0x7D,0x5E)。

② 若信息字段中出现 1 个 0x7D 字节,则将其转变成 2 字节序列(0x7D,0x5D)。

③ 若信息字段中出现 ASCII 码的控制字符(其数值小于 0x20 的字符)时,则在该控制字符前面要加入一个 0x7D 字节,起到“转义”的作用。另外,还要将该控制字符的编码加以改变。如传输结束控制字符 ETX 的代码 0x03 要转换为 2 字节序列(0x7D,0x23)。

(6) 帧校验序列字段 FCS(2B)。规定使用 CRC 的帧校验序列 FCS。此字段也可经协商后扩展为 4 字节。

这里也顺便给出 PPPoE 协议的帧格式,如图 5-6 所示。

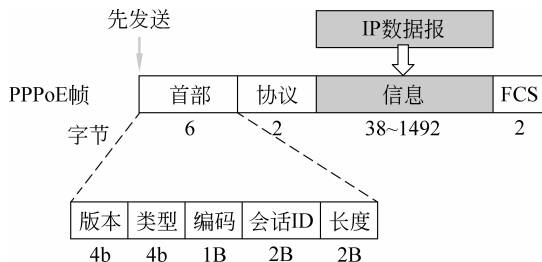


图 5-6 PPPoE 协议的帧格式

其中,首部字段 6 字节,包括版本(4b),其值为 0x01;类型(4b),其值为 0x01;编码(1B),表示 PPPoE 的数据类型;会话 ID(2B),用来定义一个 PPP 会话;长度(2B),表示负载长度,但不包括以太网首部和 PPPoE 首部。协议字段 2 字节,其值为 0xc021。

PPPoE 帧在以太网上传送,还需在此帧前追加目的地址(6B)、源地址(6B)和类型(2B) 3 个字段,其中类型字段的值为 0x8864。

5.3.4 PPP 协议的状态图

用户拨号入网的操作过程可用状态图来描述,如图 5-7 所示。

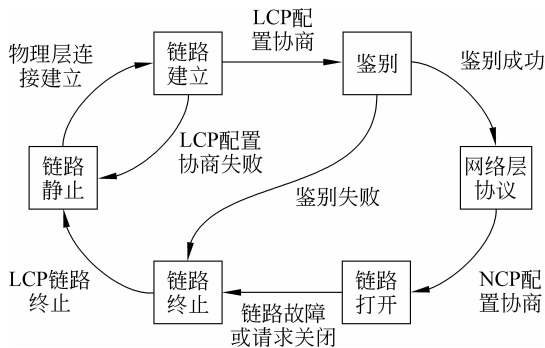


图 5-7 PPP 协议的状态图

其具体过程如下。

PPP 链路的初始状态和终止状态是“链路静止”(link dead)状态,此时未建立物理层连接。当用户通过调制解调器呼叫路由器(指单击屏幕上一个连接图标),路由器能检测到调制解调器输出的载波信号。在通信双方建立了物理层连接后,PPP 就进入链路的“链路建立”(link establish)状态,也就是建立了链路层的 LCP 连接。

此时用户 PC 向路由器发送 LCP 的配置请求帧(configure-request)。该 PPP 帧的协议字段为 LCP 对应的代码,信息字段中含有特定的配置请求选项,其中包括链路上的最大帧长、所使用的鉴别协议的规约(如果有的话),以及不使用的地址和控制字段。链路的另一端

则以下列 3 种帧之一作为响应。

- ① 配置确认帧(configure-ack)。所有选项均被接受。
- ② 配置否认帧(configure-nak)。所有选项均被理解,但不能接受。
- ③ 配置拒绝帧(configure-reject)。某些选项无法识别或不能接受,需协商。

协商结束后通信双方就建立了 LCP 链路,接着就进入“鉴别”(authenticate)状态。如果鉴别身份失败,则转入“链路终止”状态。若鉴别身份成功,则进入“网络层协议”状态。此时,PPP 链路两端的网络控制协议 NCP 根据网络层的不同协议互相交换网络层特定的网络控制分组。由于现在的路由器都能够同时支持多种网络层协议,如果在 PPP 链路上运行的是 IP,则在 PPP 链路两端配置 IP 协议模块时就要使用支持 IP 的 IP 控制协议(IP Control Protocol,IPCP),并将 IPCP 分组封装成 PPP 帧在链路上传送。

当网络配置完毕后,链路就进入“链路打开”(link open)状态,此时链路的两个 PPP 端点就可进行通信,或通过发送回送请求 LCP 分组和回送回答 LCP 分组来检查链路的状况。

用户通信结束后,可由链路的一端请求终止链路连接而发送终止请求(terminate-request)LCP 分组。当链路的另一端收到对方发来的终止确认 LCP(terminate-ack)分组后,就转入“链路终止”(link terminate)状态。如果链路出现故障,也可从“链路打开”状态转入到“链路终止”状态。NCP 释放网络连接,收回原来分配出去的 IP 地址。接着释放物理层连接。当调制解调器的载波停止后,则重新回到“链路静止”状态。

最后必须指出,由于 PPP 协议不提供使用序号和确认的可靠传输手段。在信道质量较差的场合(如无线通信),则应使用序号和确认机制。

* 5.4 广播信道的数据链路层

广播信道使用一对多的通信方式,其典型应用是局域网。局域网是计算机网络的重要组成部分,它组网简单、通信方式灵活、应用范围广泛,是日常生活中最常见到的一种网络形式。下面先介绍局域网的基本概念,然后再讨论局域网的体系结构和局域网的标准。

* 5.4.1 局域网概述

自 20 世纪 70 年代开始,随着计算机硬件价格的不断下降,微型计算机的出现和普及,用户有了共享计算机的硬件、软件资源的要求,将多台微型计算机互连成网的局域网技术就是在这样的客观需求下迅速发展起来的。

局域网通常是指在较小地理区域内,将计算机、数据通信设备通过通信线路互连在一起的通信网络。从系统功能的角度,局域网具有以下 6 个主要特点。

- ① 覆盖的地域范围较小,如一幢楼房、一个单位等,一般不超过 10km。
- ② 通信速率较高,一般为 10~100Mb/s,最高可达 10Gb/s。
- ③ 因通信距离近,故通信时延小,通信误码率也较低,一般为 $10^{-11} \sim 10^{-8}$ 。
- ④ 通信方式很灵活,既可以进行单播,也可以进行多播和广播。
- ⑤ 便于系统安装、扩展和维护,提高了系统的可靠性和可用性。
- ⑥ 性能价格比较高。一般采用基带传输,而配置上又可采用价格低廉、功能强的微型

计算机,这就使得整个系统的性价比较为理想。

局域网的技术性能主要取决于拓扑结构、传输介质和信道访问控制方式。

局域网按拓扑结构进行分类,通常有星形、环形及总线形等几种。图 5-8(a)所示的是星形网,它采用集中控制方式。网络中设一中心结点,可通过轮询方式实现网络中各结点之间的通信。集线器的出现和双绞线在局域网中的大量应用,使得星形网得到广泛的应用。图 5-8(b)所示的环形网则属于分布控制方式,它是由许多干线耦合器用点到点链路连接成单向环路,每一个干线耦合器再与一个计算机或终端相连接。最典型的环形网是令牌环形网(token ring),简称令牌环(见 3.4.2 节)。图 5-8(c)为总线网,网上的所有站点均连接到同一条总线上,总线的两端所加接的匹配电阻是为了吸收电磁波信号在总线上的反射。各站点对总线控制权的分配既可以采用随机争用方式,也可以采用令牌传送方式。后者是将物理上的总线网视作逻辑上的令牌环,令牌按一定的地址码在总线上传递,因此它具有令牌环和总线网的双重优点,但控制复杂,现已退出市场。

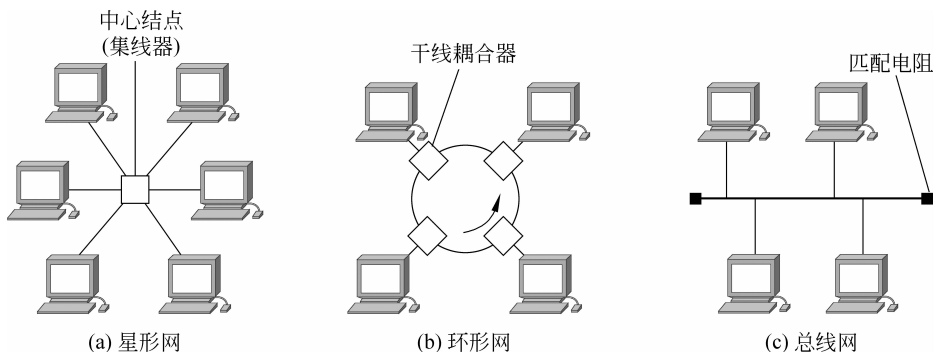


图 5-8 不同拓扑结构的局域网

对局域网另一种分类的方法是根据它是否拥有一台专用的服务器,而分为专用服务器局域网和非专用服务器的局域网(即端到端通信方式的局域网)。目前拥有专用服务器的局域网已占局域网市场的 90% 份额。但端到端的局域网因硬件和软件较便宜,所以很适用于小型局域网的资源共享。

局域网可使用多种传输介质。双绞线价格低,一般用于低速的基带局域网(1~2Mb/s)。现在网速为 10~100Mb/s,甚至 1Gb/s 的局域网也可使用双绞线。双绞线已成为局域网的主流传输介质。当网速要求很高时,可使用光纤,其数据传输率可达 100Mb/s,甚至高达 10Gb/s。

局域网是共享通信媒体的,如何使得多个用户能够合理方便地使用信道资源是局域网需要考虑的一个技术问题。这涉及采用何种信道访问控制方式。从实现的技术角度,可采用如 3.5 节所介绍的信道复用技术。但这种信道复用的控制方式因代价高,并不适用于局域网。还可采用 3.4 节所介绍的信道访问技术。轮询访问技术在局域网中很少使用,这是因为它必须接受一定的访问控制,才允许用户发送信息。争用访问技术则允许所有用户均可随机发送信息,但如果两个或多个用户在同一时刻发送信息,就会在共享信道上发生冲突(或碰撞),从而导致发送信息的操作失败。这就要采用解决冲突的网络协议。以太网采用争用访问技术。自高速以太网进入市场后,以太网在局域网市场已处于绝对优势,成为局域