

传输介质及其应用

传输媒体是通信网络传送数据时发送方和接收方之间的物理通路,如果没有介质传送信息,就不存在通信网络。计算机网络中采用的传输媒体可分为有线传输介质(硬介质)和无线传输介质(软介质)两大类。双绞线、同轴电缆和光纤是常用的3种有线传输媒体;无线电通信、微波通信、红外通信以及激光通信的信息载体等都属于无线传输媒体。传输媒体的分类见图3-1。

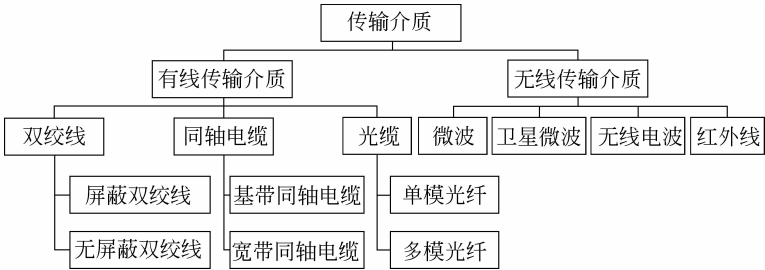


图 3-1 几种主要的传输介质

不同的传输介质具有不同的传输特性,而传输介质的特性又影响着数据的传输质量。从传输系统的整体设计来看,数据传输速率越高,允许传输距离越远则为优选,因此要掌握各种传输介质的特性,正确选择传输介质。

3.1 有线传输介质及其特性

3.1.1 双绞线

双绞线(Twisted-Pair Cable)由螺旋状扭在一起的两根绝缘导线组成,线对扭在一起可以减少相互间的辐射电磁干扰。双绞线是最常用的传输媒体,早就用于电话通信中的模拟信号传输,也可用于数字信号的传输。双绞线又分为两种,屏蔽双绞线和无屏蔽双绞线。

1. 无屏蔽双绞线

无屏蔽双绞线(Unshielded Twisted-Pair Cable, UTP)是目前电信中最常使用的传输媒体。用于市区电话系统,它的频率范围对于传输数据和声音都很适合,一般在 100Hz~5MHz 之间。双绞线由两个导体(通常是铜线)组成,外面是不同颜色的绝缘层,两根导线扭在一起再包一层绝缘层,组成电话线缆。绝缘层保证两根铜导线不接触,并防止一条电话线的信号干扰其他电话线的信号。大多数家庭使用的电话线实际上有 4 根导线,即两条电话线与电话局相连。如果一条电话线有问题可以使用另一条电话线,见图 3-2。



图 3-2 双绞线

UTP 的优点就是成本低,容易应用。UTP 很便宜,柔软易弯曲,并且容易安装,被应用在许多局域网技术中,包括以太网、令牌环网等。

EIA 标准将 UTP 分成了 5 种类型:

- (1) 1# UTP(基本双绞线),应用在电话系统,通话质量较好,但是通信的速率较低。
- (2) 2# UTP,适合于传输声音和数据,传输速率在 4Mb/s 以上。
- (3) 3# UTP,主要用在电话系统中,对于数据传输,其传输速率在 10Mb/s 以上。
- (4) 4# UTP,传输速率可以达到 16Mb/s。
- (5) 5# UTP,对于数据传输,其传输速率在 100Mb/s 以上。

2. 屏蔽双绞线(Shielded Twisted-Pair Cable, STP)

在双绞线的外面包上了用金属丝编织的屏蔽层,改善了双绞线的抗电磁干扰性能。STP 是将双绞线放在由金属导线包裹,用于吸收干扰的外包材料内,然后再将其包上橡胶外皮,比无屏蔽双绞线的抗干扰能力更强,传送数据更可靠,见图 3-3。

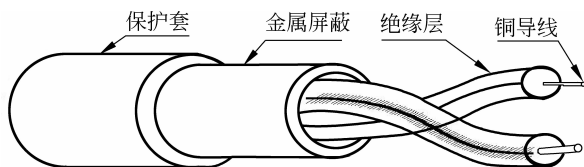


图 3-3 屏蔽双绞线

3. 双绞线的主要特性

- (1) 从物理特性上来看,双绞线芯一般是铜质的,能提供良好的传导率。
- (2) 从传输特性上来看,双绞线既可以用于传输模拟信号,也可以用于传输数字信号,最常用于声音的模拟传输。双绞线带宽可达 268kHz,而一条全双工语音通道的标准带宽是 300Hz~4kHz,因而可以使用频分多路复用技术实现多个语音通道的复用。双绞

线也可用于局域网,局域网中常用的3类双绞线和5类双绞线电缆均由4对双绞线组成,其中3类双绞线通常用于10Base-T,5类双绞线通常用于100Base-T。

(3) 从连通性上来说,双绞线普遍用于点对点的连接,也可以用于多点的连接。

(4) 从地理范围来看,局域网的双绞线主要用于一个建筑物内或几个建筑物间的通信,在100kb/s速率下传输距离可达1km,但在10Mb/s和100Mb/s传输速率下传输距离均不超过100m。

(5) 抗干扰性。在低频传输时,双绞线的抗干扰性相当于或高于同轴电缆,但如果频率超过10~100kHz时,双绞线的抗干扰能力较低。

(6) 从价格上来讲,双绞线的价格是比较低的。

3.1.2 同轴电缆

1. 同轴电缆的结构

同轴电缆(coaxial cable)由一对导体组成,与双绞线相比,可以携带较高频率范围的载波信号,其频率范围在100kHz~500MHz之间,但两种媒体的结构却完全不同,同轴电缆是按“同轴”的形式构成线对,最里层是内芯,向外依次为绝缘层、屏蔽层,最外层则是起保护作用的塑料外套,内芯和屏蔽层构成一对导体,其结构见图3-4。

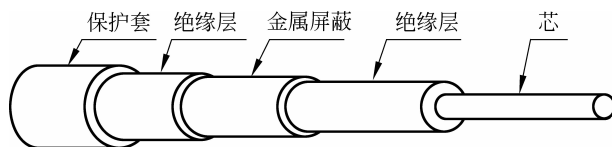


图 3-4 同轴电缆

同轴电缆分为基带同轴电缆(阻抗 50Ω)和宽带同轴电缆(阻抗 75Ω)。基带同轴电缆用于直接传输基带数字信号;在局域网中使用这种基带同轴电缆,可以在2500m内(需加4个中继器),以10Mb/s的速率传送基带的数字信号。宽带同轴电缆用于频分多路复用的模拟信号传输,也可用于不使用频分多路复用的高速数字信号和模拟信号传输。闭路电视所使用的CATV电缆就是宽带同轴电缆。

2. 同轴电缆的主要特性

(1) 物理特性。同轴电缆可以工作在较宽的频率范围内。

(2) 传输特性。基带同轴电缆仅用于数字传输,并使用曼彻斯特编码,数据传输速率最高可达10MIPS。宽带同轴电缆既可用于模拟信号传输又可用于数字信号传输。

(3) 连通性。同轴电缆适用于点对点 and 多点连接。

(4) 地理范围。传输距离取决于传输信号形式和传输的速率,如果传输速率相同,则粗缆的传输距离较细缆的传输距离要长。通常基带电缆的最大传输距离限制在几千米,宽带电缆的传输距离则可达几十千米。

(5) 抗干扰性。同轴电缆的抗干扰性能比双绞线强。

(6) 价格。同轴电缆的价格比双绞线贵,但比光纤低。

3.1.3 光缆

1. 光纤的结构

光纤是一种光传输介质,是光导纤维的简称,它由能传导光波的石英玻璃纤维(或塑料纤维)外加保护层构成。相对于金属导线来说具有重量轻、线径细的特点。用光纤传输电信号时,在发送端先要将其转换成光信号,在接收端又要由光检测器还原成电信号。由于可见光的频率高达 10^8 MHz,因此光纤传输系统具有足够的带宽。光缆(optical fiber)由一束光纤组装而成,用于传输调制到光载频上的信号,见图 3-5。

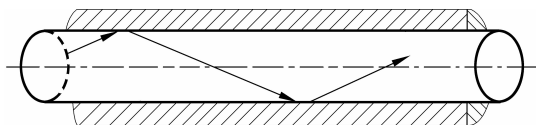


图 3-5 光波在纤芯中传播

2. 光纤的主要特性

(1) 物理特性。在计算机网络中均采用两根光纤组成传输系统。

(2) 传输特性。光纤通过内部的全反射来传输一束经过编码的光信号,与双绞线和同轴电线相比,光缆传送数据的速度相当快。光缆最低传送速率是 100Mb/s,一般可达 Gb/s,而同轴电缆的最大传送速度是 100Mb/s。双绞线或同轴电缆传送电信号,而光缆传送光信号,其中一种光源是发光二极管(LED),另一种光源是激光。光缆频带很宽,传送速率极高,因此能够传送大量的数据。

(3) 连通性。光纤普遍用于点对点的链路。

(4) 地理范围。光缆可以在 6~8km 的距离内不用中继器传输,因此光纤适合于在几个建筑物之间通过点对点的链路连接局域网络。

(5) 抗干扰性。光信号不受电磁干扰或噪声影响,光波也不会互相干扰,因此光缆不存在信号衰减问题,可以在长距离内传输数据;光缆中光的匹配好,使人很难在光缆上窃取数据,所以安全性好。

(6) 价格。光纤的价格比双绞线和同轴电缆都要贵。

3.2 无线传输媒体及其特性

无线传输媒体通过空间传输,不需要架设或铺设电缆或光纤,目前常用的无线传输媒体有无线电波、微波、红外线和激光等。

3.2.1 无线电波

便携式计算机的出现,以及在军事、野外等特殊场合下移动式通信联网的需要,促进了数字化无线移动通信的发展,现在已开始出现无线局域网产品。

无线电波是全向传播,不同的频段可以用于不同的无线电通信。例如无线电广播,包括调频(FM)广播和调幅(AM)广播等,只要收音机能够接收当地广播电台的信号就能够收到电台的广播;而且电视天线无论指向哪里都能够接收电视信号,如果调整电视天线使其直接指向发送台的方向则可以接收更清晰的图像。

调幅广播(AM)比调频广播(FM)使用的频率低得多,频率低的信号更易受到大气的干扰,但传送的距离远;短波和民用波段无线电广播也都使用很低的频率,能够远距离传送信号;电视台则用较高的频率传送图像和声音的混合信号,电视频道不同就是传送信号的频率不同,电视机在每个频道以不同频率接收不同的信号。

- (1) 频率范围在 30~300kHz 的是低频长波。
- (2) 频率范围在 300kHz~3MHz 的是中频中波,通常用于中波通信。
- (3) 频率范围在 3~30MHz 的是高频短波,用于短波通信。它是利用地面发射无线电波,通过电离层的多次反射到达接收端的一种通信方式。
- (4) 频率范围在 30~300MHz 的是甚高频(VHF)。
- (5) 频率范围在 300~3000MHz 的是特高频(UHF),电磁波可穿过电离层,不会因反射而引起干扰,可用于数据通信。具体频段名称等见表 3-1。

表 3-1 无线电波频段和波段名称

频段名称	频率范围	波段名称	波长范围
极低频(ELF)	3~30Hz	极长波	$10^8 \sim 10^7$ m
超低频(SLF)	30~300Hz	超长波	$10^7 \sim 10^6$ m
特低频(ULF)	300~3000Hz	特长波	$10^6 \sim 10^5$ m
甚低频(VLF)	3~30kHz	甚长波	$10^5 \sim 10^4$ m
低频(LF)	30~300kHz	长波	$10^4 \sim 10^3$ m
中频(MF)	300~3000kHz	中波	$10^3 \sim 10^2$ m
高频(HF)	3~30MHz	短波	$10^2 \sim 10$ m
甚高频(VHF)	30~300MHz	超短波	$10 \sim 1$ m
特高频(UHF)	300~3000MHz	分米波	$1 \sim 0.1$ m
超高频(SHF)	3~30GHz	厘米波	$10^2 \sim 1$ cm
极高频(EHF)	30~300GHz	毫米波	$10^2 \sim 10$ mm

3.2.2 微波

微波传送是单向的,并且信号沿直线传播。所以传送信号时一个微波站的天线必须指向另一个微波站,这样才能发送和接收信号。微波信号受天气环境(如雨雪等)和微波站之间障碍物的影响较大。微波传送有地面微波传送和卫星微波传送。

1. 地面微波

地球上两个微波站之间的微波传送方式叫地面微波传送。微波通信的载波频率很高,可同时传送大量信息,如一个带宽为 2MHz 的频段可容纳 500 条话音线路,用来传输

数字数据,速率可达数兆比特率。微波通信的工作频率很高,与通常的无线电波不一样,它是利用无线电波在对流层的视距范围内沿直线传播的。由于地球表面是曲面,而微波沿直线传播,这就给传送微波的地面微波站带来了问题,使得微波在地面的传播距离有限。通常可以利用天线提高传输距离,天线越高传播距离越远,一般两个微波站之间的通信距离为30~50km,超过一定距离后就要用微波中继站来接力。每个中继站的主要功能是变频和放大,这种通信方式称为微波接力通信。

微波天线的通用类型是抛物型“碟”,其直径为3m,两天线间直径距离 l 为

$$l = 7.14(kh)^{1/2} \quad (3-1)$$

式中, k 为调整因子,考虑地球的曲面折射的因素,取经验值 $k=4/3$; h 为天线高度(m)。微波损耗 L 与波长 λ 和 l 的关系,可用式(3-2)表示:

$$L = 10\lg(4\pi l/\lambda)^2 \quad (3-2)$$

微波传送是当今远程通信最常用的形式,长途电话和数据通信都使用这种介质。微波通信可传输电话、电报、图像、数据等信息,其主要特点为:

(1) 微波波段频率高,信道容量大,传输质量比较平稳,但受天气影响较大。

(2) 与电缆通信相比,微波接力信道灵活性大,抗灾能力较强,特别适合不易架设线缆的地区;但通信隐蔽性和保密性不如电缆通信。

2. 卫星微波

卫星是天空中的大型微波发送器和接收器,因此说卫星通信是微波通信中的特殊形式。卫星通信利用地球同步卫星做中继来转发微波信号,克服了地面微波通信距离的限制,一个同步卫星可以覆盖地球的1/3以上表面,原则上3个这样的卫星就可以覆盖地球上全部通信区域,这样,地球上的各个地面站之间都可互相通信。由于卫星信道频带宽,也可采用频分多路复用技术分为若干子信道,有些用于由地面站向卫星发送(称为上行信道),有些用于由卫星向地面转发(称为下行信道)。地面站接收或发送数据与卫星配套使用。地面站与卫星之间的微波传送也用视线法则,只是传送距离不同而已。卫星在与地球相对静止的同步轨道上运行,固定在地球上方的某一位置,从卫星上发出的信号只能到达地面特定的区域,微波的视线传送到地球表面产生一个覆盖区,地面站只有在覆盖区内才能接收卫星传送的信号。卫星将地面上地对空通信的信号由转发器接收、放大,改变频率(因为向地球传送必须使用不同的频率,以防止发出信号与接收信号相互干扰)后再将信号传回地面。

卫星通信的优点是容量大,传输距离远;缺点是传播延迟时间长,对于数万千米高度的卫星来说,以 $200\text{m}/\mu\text{s}$ 的信号传播速度来计算,从发送站通过卫星转发到接收站的传播延迟时间约要花数百毫秒(ms),这相对于地面电缆的传播延迟时间来说,两者要相差几个数量级。

3.2.3 红外线技术

红外通信和激光通信也像微波通信一样,有很强的方向性,都是沿直线传播的。这3种技术都需要在发送方和接收方之间有一条视线(Lind of Sight)通路,故它们统称为视

线媒体。所不同的是,红外通信和激光通信把要传输的信号分别转换为红外光信号和激光信号直接在空间传播。这3种视线媒体由于都不需要铺设电缆,对于连接不同建筑物内的局域网特别有用。这3种技术对环境气候较为敏感,例如雨、雾和雷电。

3.3 传输介质的选择与应用

3.3.1 传输介质的选择

传输介质的选择是由许多因素决定的,它受局部网络拓扑结构的约束。其他因素也将起作用,例如,某一部门已经有了通信导线,要更换这些导线需要多少费用。如果要建立一个新网络,设计者必须考虑介质的费用、传送速度、使用这种介质的出错率 and 安全性。通常考虑:

1. 容量

支持所期望的局部网络通信量。

2. 可靠性

满足可用的要求。

3. 支持的数据类型

根据应用特定的。

4. 环境范围

在所要求的环境范围内提供服务。

5. 费用

同轴电线的费用介于双绞线和光缆之间,是应用最广的连接设备与网络的线缆。费用最高的通信导线是光缆。

6. 速度

双绞线的传送速度最低,其次是同轴电缆和微波,光缆的速度最快。

7. 出错率

双绞线和同轴电缆更容易受电磁和电流波动的影响,微波传送可以被恶劣的天气中断。微波传送还互相影响,必须避免微波传送的重叠。

8. 安全性

双绞线和同轴电缆是铜导线,因而容易被窃听。然而从光缆上窃取数据则很困难。

无线电或微波传送是不安全的,任何人使用视线传送天线或一根天线就能接收数据。

3.3.2 传输介质的制作与应用

1. 双绞线的制作与应用

将两根具有绝缘保护层的导线按一定的密度互相绞在一起形成一个线对,降低信号的干扰。常用的双绞线是由4个线对逆时针相互扭转在一起,铜导线的直径为 $0.4\sim 1\text{mm}$,扭绞方向为逆时针,绞距为 $3.81\sim 14\text{cm}$,这些线对被标示了不同的颜色,如表3-2所示。

表 3-2 导线色彩编码

线对	1	2	3	4
色彩码	白/蓝、蓝	白/橙、橙	白/绿、绿	白/棕、棕

要使双绞线能够与网卡、hub、交换机等设备相连,还需要RJ-45接头,在制作接头时,必须符合国际标准,美国电子工业协会和美国电信工业协会TIA制定的双绞线制作标准,包括T568A和T568B,标准对线序排列有明确规定,如表3-3所示。

表 3-3 线序标准

引针号	1	2	3	4	5	6	7	8
T568A 标准	白/绿	绿	白/橙	蓝	白/蓝	橙	白/棕	棕
T568B 标准	白/橙	橙	白/绿	蓝	白/蓝	绿	白/棕	棕

双绞线适用于10Base-T、Token Ring、100Base-T、155Mb/s ATM等网络。

2. 同轴电缆的制作与网络

首先根据需要剪裁一定长度的同轴电缆,使用剥线钳剥去适当长度的外皮、屏蔽层、绝缘层等部分,并将BNC连接器装在同轴电缆的端口,然后插在T形头上。设备连接完成后,在同轴电缆的两端一定要加上端接匹配器。

3. 光纤的制作

常用的光缆有 $8.3\mu\text{m}$ 芯 $125\mu\text{m}$ 外层单模、 $62.5\mu\text{m}$ 芯 $125\mu\text{m}$ 外层多模、 $50\mu\text{m}$ 芯 $125\mu\text{m}$ 外层多模、 $100\mu\text{m}$ 芯 $140\mu\text{m}$ 外层多模。在使用光缆互连多个设备时,必须考虑光纤的单向特性,如果要进行双向通信,那么就应该是用双股光纤。

安装光缆需特别注意,连接每条光缆时都要磨光端头,通过电烧烤或其他方法与光学接口连在一起,确保光通道不被阻塞,光纤不能拉得太紧,也不能形成直角。光纤的连接方法主要有永久性连接、应急连接和活动连接。

(1) 永久性连接(又叫热熔),使用放电的方法将两根光纤的连接点融化并连接在一起。其主要特点是连接衰减最低,但连接时需要专用设备(熔接机)和专业人员进行操作,

而且连接点也需要专用容器保护起来。

(2) 应急连接(又叫冷溶),应急连接是将两根光纤固定并粘接在一起。主要特点是连接迅速可靠,但连接点长期使用会不稳定,衰减大幅度增加,所以只能短时间内应急使用。

(3) 活动连接,利用各种光纤连接器件(插头和插座),将站点与站点或站点与光缆连接起来的一种方法。这种方法灵活、简单、方便、可靠,在实际使用光纤连接设备时,应注意其连接器型号。

3.4 小 结

本章主要介绍用于传输的各种介质、传输介质的分类以及数据如何在介质中传输等。不同的传输介质具有不同的传输特性,而传输介质的特性又影响着数据的传输质量。计算机网络中采用的传输媒体可分为有线传输介质(硬介质)和无线传输介质(软介质)两大类。双绞线、同轴电缆和光纤是常用的3种有线传输媒体;无线电通信、微波通信、红外通信以及激光通信的信息载体等都属于无线传输媒体。

传输介质的选择是由许多因素决定的,也受网络拓扑结构的约束。设计者在选择传输介质时必须考虑介质的费用、传送速度、使用这种介质的出错率 and 安全性等一些相关因素。

练习思考题

- 3-1 根据你所使用的网络环境,分析所选用的传输介质的类型。
- 3-2 比较一下不同传输介质的特性。
- 3-3 传输介质的特性对数据传输有什么影响?
- 3-4 在网络连接时,双绞线如何进行连接? 其线序如何?
- 3-5 在网络连接时,如果只连接两台计算机,则其线序如何连接?

第4章

CHAPTER

计算机局域网

4.1 局域网概述

局域网是一个在一定区域内的数据通信网络,该区域内的各种通信设备互连在一起进行通信。一定区域可以是一个建筑物内、一个校园或者 10 千米范围的一个区域,其数据传输速率高($4\sim 1000\text{Mb/s}$),短距离,误码率低($10^{-8}\sim 10^{-11}$)。

在局域网中,常用的传输介质有同轴电缆、双绞线、光纤与无线通信信道。经常把传输介质作为各站点共享的资源,为了实现对多节点使用共享介质发送和接收数据的控制,国际标准的介质访问控制方法主要有以下 3 种:

- (1) 载波监听多路访问冲突检测(CSMA/CD)方法;
- (2) 令牌总线(Token Bus)方法;
- (3) 令牌环(Token Ring)方法。

局域网的应用范围很广,主要用于办公自动化系统、企业管理系统、生产过程实时控制系统等。

局域网的拓扑结构是网络网点的一种物理配置,根据要求不同拓扑结构也不相同。常见的局域网拓扑结构有星状、总线型、环状和树状等。

4.2 IEEE 802 标准及相关层

4.2.1 IEEE 802 标准

1980 年 2 月成立 IEEE 802 委员会,该委员会制定了一系列局域网标准,称为 IEEE 802 标准。

IEEE 802 标准指由 IEEE 802 委员会(Institute of Electrical and Electronics Engineers,IEEE),即电气和电子工程师协会制定的局域网标准。IEEE 于 1980 年 2 月成立了局域网标准委员会(简称 IEEE 802 委员会),专门从事局域网标准化工作,制定了一系列局域网标准,称为 IEEE 802

标准。在 IEEE 802 标准中,定义了物理层和数据链路层,并把数据链路层分成逻辑链路控制(Logical Link Control,LLC)子层和介质访问控制(Medium Access Control,MAC)子层,覆盖了 OSI 模型的第 1 层、第 2 层的功能以及第 3 层的部分功能。IEEE 802 标准与 OSI 模型层次间的关系,见图 4-1。

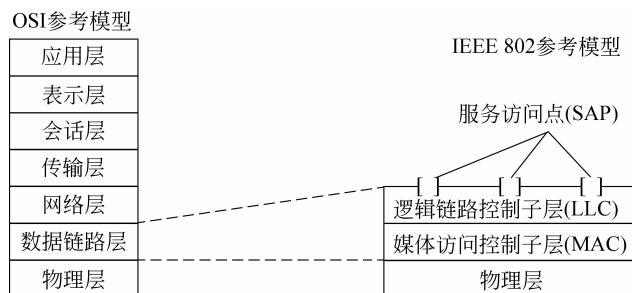


图 4-1 IEEE 802 标准与 OSI 模型层次间的关系

按 IEEE 802 标准,局域网体系结构由物理层、介质访问控制子层(Media Access Control,MAC)和逻辑链路子层(Logical Link Control,LLC)组成。逻辑链路控制子层 LLC 的主要功能是提供一个或多个相邻层之间的逻辑接口,称为服务访问点(Service Access Point,SAP)。介质访问控制子层(MAC)的主要功能是发送时将数据组成帧,接收时拆卸帧,同时管理链路上的通信。除了两个子层之外,802 标准还部分包括了控制网络互联的功能,这部分保证了不同的 LANs 和 MANs 之间协议的兼容性,使得不同网络间可以进行数据的交换。

802 标准具有较强的模块性,为了局域网的管理,细分出了许多具体的标准,802 委员会制定的有关局域网协议标准有:

- (1) IEEE 802.1——局域网概述、体系结构、网络管理和网络互联。
- (2) IEEE 802.2——逻辑链路控制 LLC。
- (3) IEEE 802.3——CSMA/CD 访问方法和物理层规范,主要包括如下几个标准:
 - IEEE 802.3——CSMA/CD 介质访问控制标准和物理层规范:定义了 10Base-2、10Base-5、10Base-T、10Base-F 4 种不同介质 10Mb/s 以太网规范。
 - IEEE 802.3u——100Mb/s 快速以太网标准,现已合并到 802.3 中。
 - IEEE 802.3z——光纤介质千兆以太网标准规范。
 - IEEE802.3ab——传输距离为 100m 的 5 类无屏蔽双绞线介质千兆以太网标准规范。
- (4) IEEE 802.4——Token Passing BUS(令牌总线)。
- (5) IEEE 802.5——Token Ring(令牌环)访问方法和物理层规范。
- (6) IEEE 802.6——城域网访问方法和物理层规范。
- (7) IEEE 802.7——宽带技术咨询和物理层课题与建议实施。
- (8) IEEE 802.8——光纤技术咨询和物理层课题。
- (9) IEEE 802.9——综合声音/数据服务的访问方法和物理层规范。
- (10) IEEE 802.10——安全与加密访问方法和物理层规范。

- (11) IEEE 802.11——无线局域网访问方法和物理层规范。
 - (12) IEEE 802.12——100VG-AnyLAN 快速局域网访问方法和物理层规范。
 - (13) IEEE 802.15——无线个域网 Wireless Personal Area Network (蓝牙)。
 - (14) IEEE 802.16——宽带无线接入 Broadband Wireless Access (WiMAX)。
 - (15) IEEE 802.17——弹性分组环 Resilient Packet Ring。
 - (16) IEEE 802.18——无线管制 Radio Regulatory TAG。
 - (17) IEEE 802.19——共存 Coexistence TAG。
 - (18) IEEE 802.20——移动宽带无线接入 Mobile Broadband Wireless Access (MBWA)。
 - (19) IEEE 802.21——媒质无关切换 Media Independent Handoff。
- IEEE 802 各个标准之间的关系如图 4-2 所示。

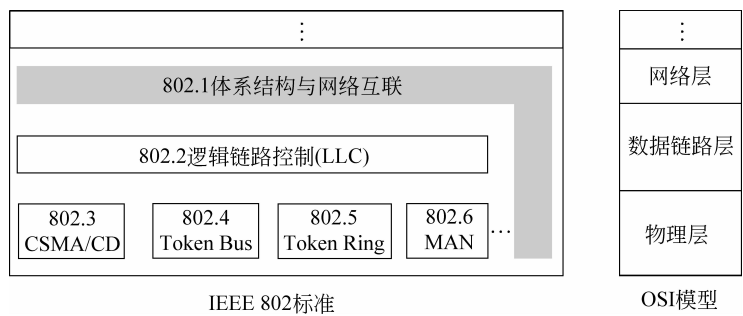


图 4-2 IEEE 802 各个标准之间的关系

其中,IEEE 802.1 是关于局域网互联的一个标准,主要是用来解决局域网及城域网的网络互联的协议,解决两个具有不同体系结构的网络之间的兼容性问题。

4.2.2 局域网物理层和数据链路层

1. IEEE 802 参考模型的物理层功能

IEEE 802 参考模型的物理层对应于 OSI 模型中的物理层,包括以下功能:

- (1) 建立、维持和拆除物理链路。
- (2) 信号的编码/解码;提供发送和接收信号的能力,包括对宽带的频道分配和对基带的信号调制。
- (3) 前导码的生成/去除(前导码仅用于接收同步)。
- (4) 比特的发送/接收。在物理层实体间发送和接收比特数据流。

2. LLC 子层

LLC 是逻辑链路层的上一个子层。IEEE 802.2 标准定义了 LLC 子层的服务与协议。

由 IEEE 802 标准局域网模型可知,局域网中数据链路层分为媒体访问控制子层和逻辑链路控制子层,与之相对应的帧是 MAC 帧和 LLC 帧。在 LLC 子层,当高层的协议

数据单元 PDU 传到 LLC 子层时,LLC 子层会把 PDU 加上头部构成 LLC 帧,再向下传递给 MAC 子层;同样,MAC 子层把 LLC 帧作为 MAC 的数据字段,加上头部和尾部构成 MAC 帧。图 4-3 给出了 LLC 帧与 MAC 帧的关系示意图。

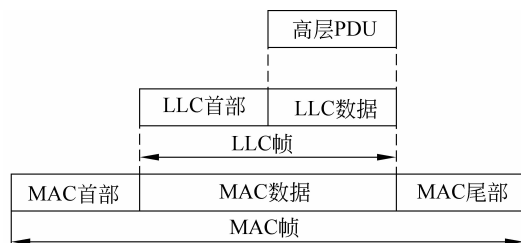


图 4-3 LLC 帧与 MAC 帧的关系

1) LLC 子层的服务访问点 SAP

在一个站的 LLC 层上面一般设有多个服务访问点 SAP,因为一个站中可能同时有多个进程在运行,与其他一些进程进行通信,当一个 LLC 层有很多的服务访问点时,不同的用户可以使用不同的 SAP,在一个局域网上互不干扰地同时工作。所以多个 SAP 可以复用一条数据链路,以便向多个过程提供服务。但是要注意的是,一个用户可以同时使用多个服务访问点,而一个服务访问点在一个时间只能为一个用户使用。

2) LLC 子层提供的服务

LLC 子层向上一层提供的服务有以下 4 种操作类型。

- (1) 类型 1(LLC1): 不确认的无连接服务。
- (2) 类型 2(LLC2): 面向连接服务。
- (3) 类型 3(LLC3): 确认的无连接服务。
- (4) 类型 4(LLC4): 高速传送服务(城域网专用)。

不确认无连接服务指的是数据报服务;面向连接服务相当于虚电路服务,每次连接都要首先建立连接、维护连接进行数据交换和释放连接 3 个阶段。确认的无连接服务是需要确认信息的无连接服务,如实时控制中的告警信号等,又称为可靠的数据报,适用于令牌总线局域网。

3) LLC 的帧结构

LLC 帧是在 HDLC 帧的结构基础上发展的,LLC 帧分为信息帧、监控帧和无编号帧。由于 LLC 帧还要封装在 MAC 帧中,所以它没有标志字段和帧校验序列字段。LLC 的帧结构共有 4 个字段,即目的服务访问点 DSAP 字段、源服务访问点 SSAP 字段、控制字段和数据字段。LLC 的帧结构见图 4-4。

- (1) 地址字段。地址字段占 2 字节,即 DSAP 和 SSAP 各占 1 字节。

(2) 控制字段。LLC 帧分为信息帧 I、监控帧 S 和无编号帧 U。可以用控制字段格式区分,由控制字段的最低两个比特来识别。如果控制字段的第 1 位是 0,则此帧为信息帧;如果控制字段的前 2 位是 1、0,则此帧为监控帧;如果控制字段的前两位是 1、1,则此帧为无编号帧。

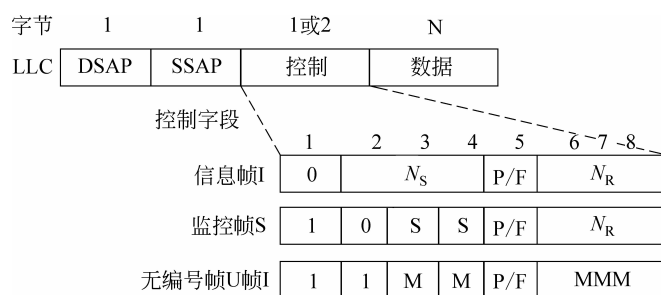


图 4-4 LLC 的帧结构

(3) 数据字段。数据字段的长度 M 没有限制,但应是整数个字节。不过,因为 MAC 帧的长度受限制,所以 LLC 帧的长度实际上也是受限制的。

4) LLC 子层完成的功能

(1) 为高层协议提供相应的通信接口,即一个或多个服务访问点(Service Access Point,SAP)。

(2) 端到端的差错控制和确认,保证无差错传输。

(3) 端到端的流量控制。

LLC 子层中主要规定了无确认无连接、有确认无连接和面向连接 3 种类型的链路服务。其中无确认、无连接服务是一组数据报服务,数据帧在 LLC 实体间交换时,无须事先建立逻辑连接,也没有任何流量控制或差错恢复功能。

而面向连接服务提供访问点之间的虚电路服务,在任何数据帧交换前,一对 LLC 实体之间必须建立逻辑链路,在数据传送过程中,数据帧依照次序发送,并且提供差错恢复和流量控制功能。需要注意的是,在局域网中采用了两级寻址,用 MAC 地址标识局域网中的一个站,LLC 提供了服务访问点(SAP)地址,SAP 指定了运行于一台计算机或网络设备上的一个或多个应用进程地址。

3. MAC 子层

IEEE 802 参考模型的 MAC 子层和 LLC 子层合起来对应 OSI 模型中的数据链路层。

MAC 子层主要是解决网上各节点争用共享介质的问题,MAC 子层完成的主要功能如下:

(1) MAC 对 LLC 子层提供多个可供选择的介质访问控制方法的功能服务,管理和控制对于局域网传输媒体的访问。

(2) 在发送时将要发送的数据组装成帧。

(3) 在接收时,将接收到的帧解包,进行地址识别和差错检测。

在 IEEE 802 系列标准中,对于不同的局域网,其 MAC 子层是不同的,也具有不同的 MAC 帧格式。因此,有关媒体访问控制 MAC 子层的内容将分别在各种局域网中讨论。

4.3 以太网

以太网(Ethernet)是局域网里使用最多的一种网络模型,用一条无源总线将局域网的所有用户连接起来实现通信,是总线拓扑结构,所以也称为总线局域网。以太网的历史可以追溯到1973年,Robert Metcalfe在他的博士论文中描述了他对局域网技术的许多研究,毕业之后,他加入了施乐(Xerox)公司,该项研究最终发展成现在的以太网。

在以太网中的每一个站,都有自己的网络接口卡(Network Interface Card, NIC)简称网卡。网卡通常安装在站内,并且提供该站的6位物理地址,这个号码是唯一的。以太网采用的媒体访问控制方法为IEEE 802.3标准的载波监听多路访问/冲突检测(CSMA/CD)技术。在IEEE 802.3标准中规定了总线网的CSMA/CD访问方法和物理层技术规范。其数据传输速率一般为1~100Mb/s,有的甚至可以达到1000Mb/s。

IEEE 802.3定义了两种类型:基带和宽带,见图4-5。

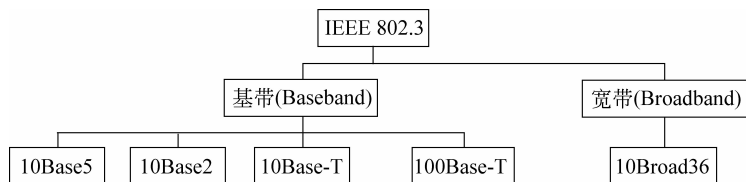


图4-5 IEEE 802.3 的类型

在这里,Base规范的是数字信号,采用曼彻斯特编码;Broad规范的是模拟信号,采用PSK编码。IEEE 802.3将基带分成5类不同的标准,分别是10Base5、10Base2、10Base-T、10Base-T、100Base-T。其中,前面的数字(10、1、100)表示数据传输的速率,单位是Mb/s。最后的数字或字母(如5、2、1或T)表示最大电缆长度或电缆类型。IEEE 802.3仅仅规定了一种类型的宽带标准:10Broad36。同样,前面的数字(10)表示数据速率,最后的数字表示最大电缆长度。然而,最大线缆长度的限制通过使用像中继器、网桥等网络互联设备能够改变。

4.3.1 媒体访问控制方法 CSMA/CD

为了减少线路资源的消耗,在数据传递时,尽量采用信道共享技术。信道在不进行复用的情况下,只允许一个用户使用。但是当两个或更多的用户在一个信道上无规则的发送信息时,就可能造成信号重叠,彼此的信号被破坏。这样的重叠,将信号变成了无用的噪音,称为冲突(collision),冲突又称为碰撞。在多路访问的链路上,随着通信量的增加,冲突也在增加。因此需要有一种机制可以调整通信量,可以最小的冲突发送大量的帧,这种访问机制应用在以太网上被称作载波监听多路访问/冲突检测(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, CSMA/CD)。CSMA/CD是从多路访问(Multiple Access, MA)到载波监听多路访问(Carrier Sense Multiple Access, CSMA),发展到最后载波监听多路访问/冲突检测(Carrier Sense Multiple Access with Collision

Detection,CSMA/CD),现在它们已成为总线局域网的标准。

CSMA 的特点是要求每个站都设置一硬件,用于在发送数据前监听同一信道上的载波信号,如果该站监听到别的站正在发送,就暂不发送数据,从而减少了发送冲突的可能性,也提高了整个系统的吞吐量和信道利用率。

1. CSMA/CD 工作原理

每站在发送数据前要先进行载波监听,监听信道是否空闲,若信道空闲,则发送数据,这样能够减少发生冲突的概率;但由于存在传播时延,冲突还有可能发生,为了及时发现冲突,采取边发送边监听的方式,一旦监听到冲突,便立即停止发送,并在短时间内连续向总线上发送一串阻塞信号强化冲突,通知总线上各站有冲突发生,使得冲突双方立即停止发送,随机退避一段时间后再发送,这种边发边听的功能称为冲突检测。因此这种 CSMA/CD 协议被形象地称为“先听后讲,边讲边听”,见图 4-6。

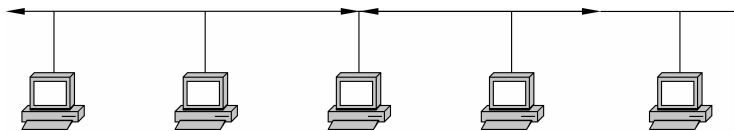


图 4-6 CSMA/CD 的冲突

2. 冲突退避算法

在 CSMA/CD 方式中,如果冲突检测电路检测出了冲突,就要退避等待一段时间然后重发原来的数据帧。如果网络负载比较重时,冲突过的数据帧的重发也可能再次引起冲突,甚至出现多次冲突。为了避免这种情况的发生,经常采用错开各站的重发时间的办法来解决,重发时间的控制就是冲突退避算法问题。

经常使用的计算重发时间间隙的算法是二进制指数退避算法,实质上就是根据冲突的状况,估计网上信息量而决定本次应等待的时间。当发生冲突时,控制器延迟一个随机长度时间间隔时间,是两倍于前次的等待时间。二进制指数退避算法的公式为:

$$\tau = R \cdot A \cdot 2^N$$

式中, N 为冲突次数, R 为随机数, A 为计时单位(可选用总线循环一周时间), τ 为本次冲突后等待重发的间隔时间。

3. 802.3 MAC 帧格式

MAC 帧是 MAC 子层实体间交互的协议数据单元。MAC 帧包含 7 个字段:前导符、起始定界符(SFD)、目的地址字段、源地址字段、PDU 的长度、数据(802.2 帧)和校验序列。MAC 帧格式见图 4-7。

(1) 前导符(Preamble): 802.3 帧的第 1 个字段是前导同步符,包含有 7 字节,交替的 56 位 1 和 0,提示接收系统有帧要发送过来,并且与输入端保持时钟同步。模式 10101010 仅仅是提示并使时钟脉冲保持同步。

(2) 帧起始定界符(Start Frame Delimiter,SFD): 802.3 帧的第 2 字段是帧的起始标

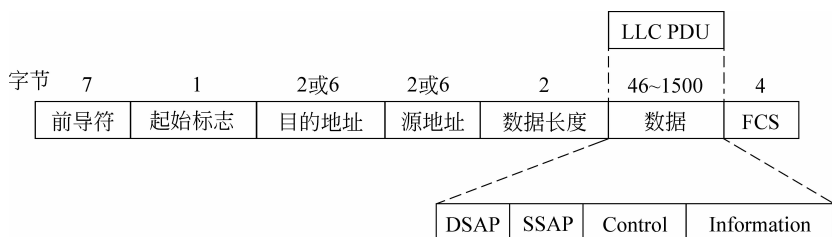


图 4-7 MAC 帧格式

志,只有 1 字节 10101011。

(3) 目的地址(destination address): 目的地址字段有 2 或 6 字节,包括目的地的物理地址。

(4) 源地址(source address): 源地址字段也是有 2 或 6 字节,包括发送方的物理地址。

(5) 数据的长度: 数据长度字段指出数据字段所包含的字节个数,该字段为 2 字节。

(6) 数据: 又称 802.2 帧,因为数据字段的内容与 LLC 帧相同,PDU 的长度从 46 字节到 1500 字节,因为 CSMA/CD 协议的正常操作需要一个最小帧长度,所以数据的最小长度为 46 字节,如数据长度不够 46 字节,则需要填充到 46 字节。

(7) MAC 帧的校验序列: FCS 字段为 4 字节,采用 CRC-32 校验。

从图 4-7 中可以知道,数据的上、下限分别是 1500 字节和 46 字节。上限用来防止一次传输独占传输媒体时间过长;下限用来确保冲突检测技术正常工作。一个 MAC 帧的大小必须大于一个最小帧长度,以使一个发送站点可以在发送帧结束之前检测到冲突。802.3 标准对不合格规范的 MAC 帧视为无效 MAC 帧,不上交 LLC 子层,只将故障情况通知网络管理。

4.3.2 以太网的类型

1. 10Mb/s 以太网

10Mb/s 以太网根据传输介质的不同,可以具体分成不同的标准,每个标准都采用 IEEE 802.3 帧结构和 MAC 子层媒体访问控制方法 CSMA/CD,物理层的编码译码方法均采用曼彻斯特编码,所不同的就是传输媒体和物理层的收发器以及媒体连接方式等。

1) 标准以太网(Thick Ethernet)

IEEE 802.3 第 1 个定义的标准就是标准以太网 10Base-5,也称粗缆以太网(Thick Ethernet)又称粗电缆网(Thicknet)。10Base-5 是总线拓扑结构的局域网,传输速率 10Mb/s,使用基带信号传输,一个网段的最大长度是 500m。如果利用网络互连设备(如中继器和网桥等),可以突破局域网的限制。局域网利用网络连接设备能够将粗缆以太网分成不同的网段,然而,由于冲突等原因,最多可连接 5 个网段,总的网段长度不超过 2500m。而且,相邻工作站之间的距离至少要 2.5m(每个网段最多 200 个工作站)。电缆的两端安置了防止电子信号回音的电子终端,因为往返的回响会产生错误信号并导致混

乱,如图 4-8 所示。

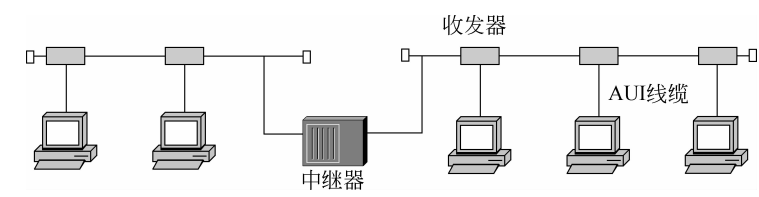


图 4-8 Ethernet 网段连接

每一个工作站通过附件单元接口(Attachment Unit Interface,AUI)线缆与媒体附件单元(Medium Attachment Unit,MAU)或称收发器(Transceiver)相连。收发器的主要功能是在 PC 和电缆之间建立一个接口,这个接口使用 CSMA/CD 竞争机制,将比特传到电缆上,完成 CSMA/CD 的冲突监测功能。收发器通过 AUI 与网络接口卡(NIC)连接,AUI 的作用是在工作站和收发器之间完成物理层的接口功能,它的最大长度是 50m,此外,它还有连接粗同轴电缆的作用。该电缆由 5 根双绞线组成,两根用来给 PC 发送数据和控制信息,另外两根用来接收数据的控制信息,第 5 根则可用来接电源或接地。

2) 细缆以太网(Thin Ethernet)

IEEE 802.3 第 2 个定义的标准就是 10Base-2,细缆以太网(Thin Ethernet)又称细缆网(Thinnet)。10Base-2 是总线拓扑结构的局域网,传输速率 10Mb/s,使用基带信号传输,一个网段的最大长度是 185m。细缆以太网与粗缆以太网相比,细缆以太网的成本低,但网络的覆盖范围小。10Base-2 的拓扑结构见图 4-9。

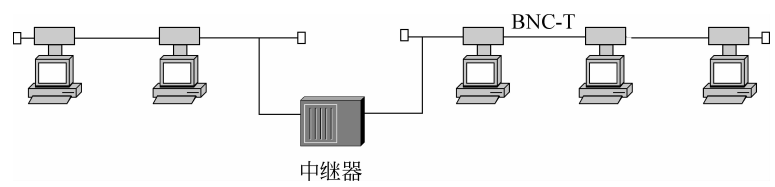


图 4-9 10Base-2 的拓扑结构

3) 双绞线以太网(Twisted-Pair Ethernet)

IEEE 802.3 系列里最流行的标准就是 10Base-T,又称双绞线以太网。双绞线以太网是一个星状拓扑结构的局域网,采用无屏蔽双绞线代替了同轴电缆。支持 10Mb/s 的数据速率,hub 到工作站的最远距离可以达到 100m。工作站与 hub 之间采用 8 线无屏蔽双绞线线缆连接,线缆的两端采用 RJ-45 连接器,见图 4-10。

每个工作站都要包含一个网卡(NIC),用不超过 100m 的 4 对无屏蔽双绞线(UTP),将工作站连接到 10Base-T hub 上。在 802.3 局域网中,10Base-T 的组网是最容易的。

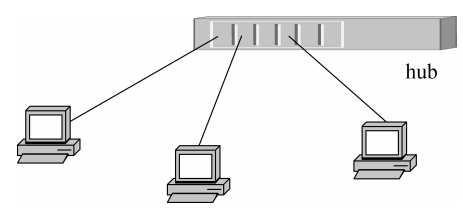


图 4-10 10Base-T 拓扑结构

2. 百兆以太网

IEEE 在 20 世纪 90 年代初专门成立

了快速以太网工作组,研究把以太网传输速率从 10Mb/s 提高到 100Mb/s,1995 年 100Mb/s 的快速以太网标准 IEEE 802.3u 正式颁布,这是基于 10Base-T 和 10Base-F 技术,在基本布线系统不变的情况下开发的高速局域网标准。将以太网的带宽扩大为 100Mb/s,称为快速以太网。快速以太网系统均使用集线器,支持在两个通道上进行的双工通信,尤其是 100Base-T 在近几年的应用得到非常快速的发展。

1) 100Base-T4

100Base-T4 需要 4 对双绞线,传输介质使用阻抗特性为 100Ω 的 4 对 3 类 UTP,3 对用于传送数据,1 对用于检测冲突信号。采用的信号频率为 25MHz,不使用曼彻斯特编码,而是 3 元信号,每个周期发送 4 比特,可以达到 100Mb/s 的传输速率,使用 RJ-45 连接器。最大网段长度为 100m。

2) 100Base-TX

100Base-TX 是一种使用 5 类无屏蔽双绞线或屏蔽双绞线的快速以太网技术。传输介质使用阻抗特性为 100Ω 的 2 对 5 类无屏蔽双绞线或阻抗特性为 150Ω 的 2 对屏蔽双绞线,其中 1 对用于发送数据,另一对用于接收数据。可以处理速率高达 125MHz 以上的时钟信号,采用了一种运行在 125MHz 下的 4B/5B 编码方案,获得 100Mb/s 的数据传输速率,信号频率为 125MHz。使用 RJ-45 连接器。最大网段长度为 100m。支持全双工的数据传输。

3) 100Base-FX

100Base-FX 是一种使用光纤作为传输介质的快速以太网技术,既可以选用多模光纤 ($62.5/125\mu\text{m}$),也可以选用单模光纤 ($8/125\mu\text{m}$),在传输中使用 4B/5B 编码方式,信号频率为 125MHz。最大网段长度为与所使用的光纤类型和工作模式有关,它支持全双工的数据传输,在全双工情况下,多模光纤传输距离可达 2km,单模光纤传输距离可达 40km。

3. 千兆以太网

千兆位以太网是在以太网技术的改进和提高的基础上,再次将 100Mb/s 的快速以太网的传输速率提高 10 倍,使其达到每秒千兆位比特的网络系统(1000Mb/s)。1996 年 7 月,IEEE 802.3 工作组成立了 IEEE 802.3z 千兆以太网任务组,研究和制订 IEEE 802.3z 千兆以太网标准,该标准要确保和以前的 10Mb/s 和 100Mb/s 的以太网相兼容,即允许在 1000Mb/s 速度下进行全双工和半双工通信;使用 IEEE 802.3 以太网的帧格式;使用 CSMA/CD 媒体访问控制方法;编址方式和 10Base-T、100Base-T 兼容。

1) 1000Base-LX

1000Base-LX 是一种使用长波激光作为信号源的长波光纤网络介质技术,在收发器上配置波长为 1270~1355nm(一般为 1300nm)的激光传输器,既可以驱动多模光纤,也可以驱动单模光纤。其中,使用多模光纤时,通常为 1 对 $62.5\mu\text{m}$ 或 $50\mu\text{m}$ 多模光纤,在全双工模式下,最长传输距离可以达到 550m;使用单模光纤时,通常为 $9\mu\text{m}$ 的单模光纤,全双工模式下的最长有效距离为 5km。系统采用 8B/10B 编码方案,连接光纤所使用的 SC 型光纤连接器与快速以太网 100Base-FX 所使用的连接器的型号相同。