

第3章 物 理 层

本章学习目标

- 了解物理层的功能。
- 掌握 DTE 和 DCE 的概念。
- 掌握物理层的基本特征。
- 了解物理层常见的技术标准。
- 掌握物理层下面的传输媒体。
- 了解常见的宽带接入技术。
- 掌握网线的制作过程。
- 熟悉网络仿真软件 Packet Tracer 的使用。

本章主要讲解计算机网络层次结构的最底层——物理层,详细讲解物理层的功能,介绍 DTE 和 DCE 的基本概念,分析物理层的基本特征,详细探讨物理层常见的技术标准。

本章详细讲解物理层下面的传输媒体,分析常见的宽带接入技术。最后的实验主要是练习网线的制作,以及熟悉网络仿真软件 Packet Tracer 的使用。

3.1 物理层的基本概念

3.1.1 物理层的功能

物理层位于 OSI 参考模型的最底层,它直接面向实际承担数据传输的物理媒体。物理层是指在物理媒体之上为数据链路层提供一个原始比特流的物理连接,涉及信号的编码、解码和同步。现有的计算机网络中的物理设备和传输媒体的种类繁多,而通信手段也有许多不同的方式。物理层的作用正是要尽可能地屏蔽掉这些差异,使物理层上的数据链路层感觉不到这些差异,这样可使数据链路层只考虑如何完成本层的协议和服务即可,而不必考虑网络具体的传输是如何实现的。物理层的协议常称为物理层规程,要解决的是主机、工作站等数据终端设备与通信线路上数据通信设备之间的接口问题。

物理层需要提供与传输介质相连的接口,接口通常用连接器实现,连接器有多根传输线,每根线标识特定的功能,每根线之间需要规定哪根线先动作,哪根线后动作。物理连接分为点对点连接和点对多点连接。

数据在计算机中多采用并行传输方式,在通信线路上的传输方式一般都是串行传输(主要出于经济上的考虑)。物理层还需要完成传输方式的转换。

物理层考虑的是怎样才能连接各种计算机的传输介质上传输数据比特流,而不是指具体的传输介质。信号的传输离不开传输介质,而传输介质两端必然有接口用于发送和接收信号。物理层主要关心如何传输信号,它的主要任务是确定与传输媒体的接口有关的一些特性。由于物理连接的方式很多,传输媒体的种类也很多,因此具体的物理层协议也相当

复杂。

3.1.2 DTE/DCE

物理层涉及通信用的互连设备主要有两大类,分别是 DTE 和 DCE。

DTE(Data Terminal Equipment)——数据终端设备,指的是位于用户网络接口用户端的设备,它能够作为信源、信宿或同时作为二者,它的功能是产生、处理数据。数据终端设备通过数据通信设备(如调制解调器)连接到一个数据网络上,并且通常使用数据通信设备产生的时钟信号。数据终端设备是一个广义的概念,广域网常用的数据终端设备一般有路由器、主机、工作站等。

DCE(Data Circuit-Terminating Equipment)——数据通信设备,指的是具有一定数据处理能力和数据收发能力的设备,由 DTE 提供或接收数据。常见的 DCE 设备有数据通信设备或电路连接设备,如调制解调器(MODEM)、路由器,以及连接 DTE 设备的通信设备。DCE 提供了一个用于与 DTE 设备进行数据传输的时钟信号,其功能是沿传输介质发送和接收数据。

3.1.3 物理层的基本特性

在 OSI 之前,许多物理规程或协议已经制定出来了,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。

DTE 和 DCE 之间的接口标准特性包括机械的、电气的、功能的以及过程的。同样,物理层的主要任务是确定与传输媒体的接口的机械、电气、功能和过程特性。

1) 机械特性

机械特性也称物理特性,指明通信实体间硬件连接接口的机械特点,如接口所用连接器的形状和尺寸、引线数目的排列、固定和锁定装置等。这很像日常生活中的各种规格的电源插头,其尺寸都有严格的规定。

2) 电气特性

电气特性规定了在物理连接上,导线的电气连接及有关电路的特性,一般包括接收器和发送器电路特性的说明、信号的识别、最大传输速率的说明、与互连电缆相关的规则、发送器的输出阻抗、接收器的输入阻抗等电气参数等。

3) 功能特性

功能特性指明物理接口各条信号线的用途(用法),包括接口线功能的规定方法、接口信号线的功能分类,如数据信号线、控制信号线、定时信号线以及接地线等。

4) 过程特性

过程特性指明利用接口传输比特流的全过程及各项用于传输的事件发生的合法顺序,包括事件的执行顺序和数据传输方式,即在物理连接建立、维持和交换信息时,DTE/DCE 双方在各自电路上的动作序列。

3.1.4 物理层标准

1. 物理层标准组织及常用标准

由于物理层的物理连接方式很多,可以是点对点,也可以采用多点连接或广播连接;而

传输媒体的种类也非常多,如架空明线、双绞线、同轴电缆、光缆以及各种波段的无线信道等,因此物理层的协议种类较多,定义物理层协议标准的组织相对也较多。

通常,定义物理层协议标准的组织有:①国际标准化组织(ISO);②电气电子工程师协会(IEEE);③美国国家标准学会(ANSI);④国际电信联盟(ITU);⑤电子工业联盟/电信工业协会(EIA/TIA);⑥国有电信机构,如美国联邦通信委员会(FCC)。

常见的物理层标准有:①EIA RS-232;②EIA RS-449;③EIA/TIA-612/613;④V.24,是ITU-T[前身为国际电报电话咨询委员会(CCITT)]发布的物理层接口标准;⑤V.35,是ITU-T 标准,普遍用在美国和欧洲。

2. EIA RS-232-C/V.24

EIA RS-232-C 标准简称为 RS-232,是由美国电子工业协会(Electronic Industry Association,EIA)在 1969 年制定的串行通信物理接口标准,它的全名是“数据终端设备(DTE)和数据通信设备(DCE)之间串行二进制数据交换接口技术标准”,RS 的意思是“推荐标准”(Recommended Standard),232 是标识号码,后缀 C 表示该推荐标准已被修改过的次数。该标准最初是数据通信时,是为连接 DTE 和 DCE 而制定的。若通信距离较近(<12m),可以用电缆线直接连接标准 RS-232 端口;若通信距离较远,则需附加调制解调器(MODEM)。图 3.1 为两个 DTE 通过 DCE 进行通信的例子。DTE 为插头,DCE 为插座。

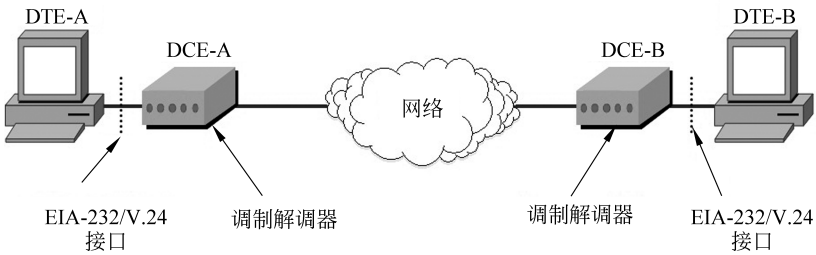


图 3.1 两个 DTE 通过 DCE 进行通信的例子

该标准规定采用一个 25 脚的 DB-25 连接器,对连接器的每个引脚的信号内容加以规定,还对各种信号的电平加以规定。后来,IBM 的 PC 将 RS-232 简化成 DB-9 连接器。因此,RS-232 通常以 9 个引脚(DB-9)或 25 个引脚(DB-25)的形态出现,一般个人台式计算机上会有两组 RS-232 接口,分别称为 COM1 和 COM2。DB-25 与 DB-9 的引脚定义如图 3.2 所示。表 3.1 为 DB-9 与 DB-25 引脚的对应关系。

表 3.1 DB9 与 DB25 引脚的对应关系

DB-9 针号	DB-25 针号	信号,功能	DB-9 针号	DB-25 针号	信号,功能
1	8	DCD,载波检测	6	6	DSR,DCE 就绪
2	3	RxD,接收数据	7	4	RTS,请求发送
3	2	TxD,发送数据	8	5	CTS,允许发送
4	20	DTR,DTE 就绪	9	22	RI,振铃
5	7	GND,信号地			

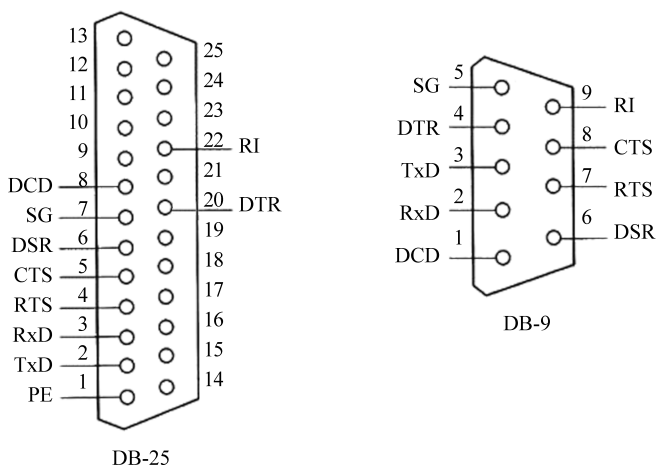


图 3.2 DB-25 与 DB-9 的引脚定义

CCITT 采用了 RS-232 标准,但用自己的命名体系将其命名为 CCITT V.24,并对每条引线也重新命名。CCITT 的 V.24 标准与 RS-232-C 接口标准兼容,是一种非常实用的异步串行通信接口。

RS-232 的特性如下。

1) 机械特性

EIA-232-C 使用 ISO 2110 关于插头座的标准。DB25 的 25 根引脚(公头)分为上、下两排,分别有 13 和 12 根引脚,面对针脚引线,编号从左到右分别规定为 1~13 和 14~25。25 个孔(母头)分为上、下两排,分别有 13 和 12 个孔,面对孔,编号从右到左分别规定为 1~13 和 14~25。

DB-9 的 9 根引脚分为上、下两排,分别有 5 和 4 根引脚,面对针脚引线,编号从左到右分别规定为 1~5 和 6~9。9 个孔分为上、下两排,分别有 5 和 4 个孔,面对孔,编号从右到左分别规定为 1~5 和 6~9。

在微型计算机的 RS-232C 串行端口上,大多使用 9 针连接器 DB-9。

2) 电气性能

与 V.28 建议书一致,采用负逻辑电平,用 $-15 \sim -3\text{V}$ 表示逻辑“1”电平,用 $+3 \sim +15\text{V}$ 表示逻辑“0”电平。当连接电缆线的长度不超过 15m 时,允许数据传输速率不超过 20kb/s。

3) 功能特性

与 CCITT 的 V.24 建议书一致,它规定了什么电路应当连接到 25 根引脚中的哪一根以及该引脚的作用。

4) 过程特性

规定了 DTE 和 DCE 之间信号时序的应答关系。

3. EIA RS-449/V.35

RS-232 具有传输性能低、距离短以及速率低的缺点,1977 年以 RS-232-C 为基础进行改进,提出 RS-449 标准。在 CCITT(现在称为 ITU-T)的建议书中,RS-449 相当于 V.35。

RS-449 是一个一体化的 3 个标准,包含两个电气子标准 RS-423-A 和 RS-422-A,在保

持与 RS-232 兼容的前提下,重新定义了信号电平,改进了电气连接方式,提高了数据的传输速率和最大传输距离。

功能特性: RS-449 采用 37 根和 9 根引脚的插头座。

电气特性: RS-423-A 规定采用半平衡式电气标准,将信号电平定义为 6V(4 为过渡区)的负逻辑,提高了传输速率,加大了传输距离。

RS-422-A 规定采用平衡式电气标准,将信号电平定义为 6V(2V 为过渡区)的负逻辑,并且采用完全独立的双线平衡传输,抗串扰能力大大增强,可将传输速率提高到 2Mb/s,连接电缆长度可超过 60m。

RS-449/V.35 用于宽带电路(一般都是租用电路),其典型传输速率为 48~168kb/s,都用于点到点的同步传输。

3.2 物理层下面的传输媒体

物理层下面的传输媒体分为有线传输媒体和无线传输媒体,常见的有线传输媒体有双绞线、同轴电缆以及光纤;常见的无线传输媒体有无线电波、微波和红外线等。

3.2.1 双绞线

双绞线(Twisted Pair, TP)是一种综合布线工程中最常用的传输介质,由两根具有绝缘保护层的铜导线组成。把两根绝缘的铜导线按一定密度互相绞在一起,目的是将导线在传输中辐射出的电波互相抵消,有效降低信号干扰的程度。实际使用时将多对双绞线包在一个绝缘电缆套管里,形成双绞线电缆,但日常生活中一般把双绞线电缆直接称为双绞线。

与其他传输介质相比,双绞线在传输距离、信道宽度和数据传输速度等方面均受到一定限制,但价格较低廉。

1. 双绞线的分类

双绞线可以根据有无屏蔽层进行分类,也可以从频率和信噪比角度进行分类。

首先根据有无屏蔽层进行分类,将双绞线划分为屏蔽双绞线(Shielded Twisted Pair, STP)与非屏蔽双绞线(Unshielded Twisted Pair, UTP)。

屏蔽双绞线由 4 对不同颜色的传输线组成,在双绞线与外层绝缘层封套之间有一层金属屏蔽层。屏蔽层可减少辐射,防止信息被窃听,也可阻止外部电磁干扰的进入。屏蔽双绞线比同类的非屏蔽双绞线具有更高的传输速率。

非屏蔽双绞线同样由 4 对不同颜色的传输线组成,广泛应用于以太网中。电话线用的是 1 对非屏蔽双绞线。在综合布线系统中,非屏蔽双绞线得到广泛应用,它的主要优点如下:

- (1) 无屏蔽外套,直径小,节省占用的空间,成本低。
- (2) 重量轻,易弯曲,易安装。
- (3) 具有阻燃性。
- (4) 具有独立性和灵活性,适用于结构化综合布线。

按照频率和信噪比分类,双绞线常见的有三类线、四类线、五类线、超五类线以及六类线等。具体如下:

(1) 三类线(CAT3): 指在美国国家标准协会(American National Standards Institute, ANSI)、美国通信工业协会(Telecommunication Industry Association, TIA)以及美国电子工业协会(Electronic Industries Alliance, EIA)制定的 EIA/TIA568 标准中指定的电缆,该电缆的传输频率为 16MHz,最高传输速率为 10Mb/s,主要应用于语音、10Mb/s 以太网(10Base-T)和 4Mb/s 令牌环,最大网段长度为 100m,目前已淡出市场。

(2) 四类线(CAT4): 该类电缆的传输频率为 20MHz,用于语音传输和最高传输速率为 16Mb/s(指的是 16Mb/s 令牌环)的数据传输,主要用于基于令牌的局域网和 10BASE-T/100BASE-T 网络中,最大网段长度为 100m,未被广泛使用。

(3) 五类线(CAT5): 这类电缆增加了绕线密度,外套一种高质量的绝缘材料,线缆最高频率带宽为 100MHz,最高传输率为 1000Mb/s,主要用于 100BASE-T 和 1000BASE-T 网络,最大网段长度为 100m。在双绞线电缆内,不同线对具有不同的绞距长度。

(4) 超五类线(CAT5e): 衰减小,串扰少,具有更高的衰减与串扰的比值以及更高的信噪比、更小的时延误差,性能得到很大提高。超五类线主要用于千兆位以太网(1000Mb/s)。

(5) 六类线(CAT6): 该类电缆的传输频率为(1~250)MHz,它提供 2 倍于超五类的带宽。六类线的传输性能远远高于超五类标准,适用于传输速率高于 1000Mb/s 的应用。

2. 双绞线的制作

国际上最有影响力的 3 家综合布线组织为 ANSI、TIA、EIA。在双绞线制作标准中应用最广泛的是 EIA/TIA-568A 和 EIA/TIA-568B。这两个标准最主要的区别是线的排列顺序不一样。实际工程项目中用得比较多的线序标准为 EIA/TIA-568B。

EIA/TIA-568A 的线序为: 白绿 绿 白橙 蓝 白蓝 橙 白棕 棕

EIA/TIA-568B 的线序为: 白橙 橙 白绿 蓝 白蓝 绿 白棕 棕

根据 EIA/TIA-568A 和 EIA/TIA-568B 标准,RJ-45 水晶头各触点都在网络连接中,对传输信号来说,它们起的作用分别是: 1、2 用于发送,3、6 用于接收,所以 8 根线的双绞线中,实际使用的是 4 根线。也就是说,只保证这 4 根线连通,这根双绞线电缆就可用于实际工程项目中,并不需要 8 根线全部连通。

双绞线的制作步骤如下:

(1) 剪断: 用网线钳剪一段满足长度需要的双绞线。

(2) 剥皮: 把剪齐的一端插入网线钳用于剥线的缺口中,稍微握紧压线钳慢慢旋转一圈,让刀口划开双绞线的保护胶皮,拔下胶皮。当然,也可使用专门的剥线钳剥下保护胶皮。注意剥皮的长度要适中,剥皮过长会导致网线外套胶皮不能被水晶头完全包住,这样实际使用时由于水晶头的晃动会造成网线断裂、不能保护双绞线。剥线过短,导致双绞线不能插到水晶头的底部,造成水晶头插针不能与网线完好接触。

(3) 排序: 剥除外皮后即可见到双绞线电缆的 4 对 8 条芯线,把每对相互缠绕的线缆解开,解开后根据规则排列好顺序并理顺。

(4) 剪齐: 由于线缆之前是互相缠绕的,排列好顺序并理顺弄直之后,双绞线的顶端 8 根线已经不再一样长了,此时用压线钳的剪线刀口把线缆顶部裁剪整齐。

(5) 插入: 把按照一定标准顺序整理好的线缆插入水晶头内。注意,插入时将水晶头有塑料弹簧片的一面向下,有引脚的一面向上,插入时要求将 8 根线一直插到线槽的顶端。

(6) 压线: 将水晶头插入压线钳的 8P 槽内,用力握紧线钳,可以使用双手一起压,使得

水晶头凸出在外面的引脚全部压入水晶头内。

(7) 测试：将做好的网线的两头分别插入网线测试仪中，并启动开关，观察测线仪灯的闪烁情况，判断网线制作是否成功。

两端做好水晶头的双绞线有直通线和交叉线之分。直通线也称为平行线，指的是双绞线两端的线序相同，按照标准的做法是：如果一边做成 EIA/TIA-568A 标准，则另一端同样做成 EIA/TIA-568A 标准；如果一端做成 EIA/TIA-568B 标准，则另一端同样做成 EIA/TIA-568B 标准，总之两端的顺序相同，如图 3.3 和图 3.4 所示。在工程项目中，如果确实忘记了标准 EIA/TIA-568A 或 EIA/TIA-568B 的顺序，我们只需记住直通线的本质是两边的线序相同即可，不按照标准做同样能够解决问题。当然，在实际工程项目中尽量按照标准做网线水晶头，这样的网线抗干扰能力是最强的。

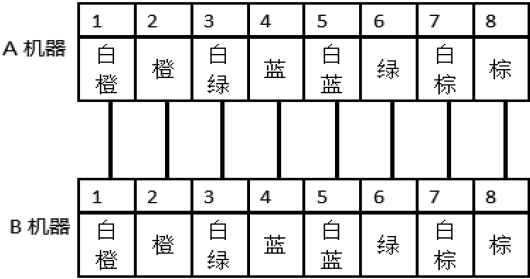


图 3.3 双绞线直通线 EIA/TIA 568B 标准做法

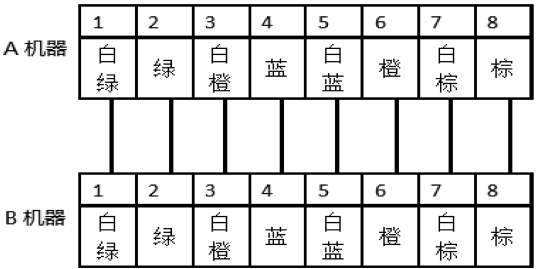


图 3.4 双绞线直通线 EIA/TIA 568A 标准做法

清楚直通线的本质，可以帮助我们解决一些实际问题。在实际工程中，利用标准做法的双绞线主要使用其中的四根线，分别为白橙、橙、白绿和绿。我们发现，有时由于这四根线存在断裂的情况，导致网络不能连通。如果清楚双绞线制作的本质，就可以使用其他颜色的线代替那根断裂的线，从而使这根双绞线仍然能够正常使用。如果一直强调必须使用标准双绞线的做法做这根双绞线，那么这根线永远做不通，而实际这根线是可以再次被使用的。

交叉线是双绞线另一种常见的做法。所谓交叉线，是指双绞线一端的 1、2 号线对应另一端的 3、6 号位置。一端的 3、6 号线对应另一端的 1、2 号位置，如图 3.5 所示。按照标准的做法，如果双绞线的一端做成 EIA/TIA-568A，则另一端做成 EIA/TIA-568B；如果双绞线的一端做成 EIA/TIA -568B，则另一端做成 EIA/TIA -568A。这样的双绞线称为交叉线。

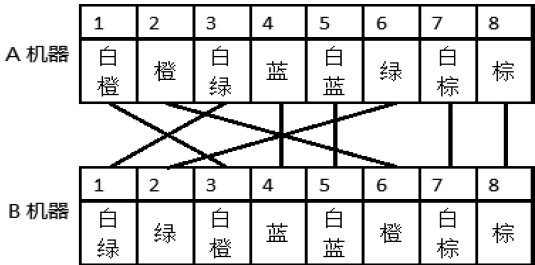


图 3.5 双绞线的交叉线制作

清楚交叉线的本质，同样可以帮助我们解决实际问题。当编号为 1、2、3、6 的四根线中

的某一根或几根出现断裂,可以利用其他线代替断裂的线,从而解决双绞线不通的问题。

3. 双绞线线型的选择

在实际工程项目中,往往需要对双绞线的线型进行选择,选择是使用直通线,还是使用交叉线?关于双绞线的选择,总结出的规则如下。

- (1) 相同性质的设备之间用交叉线,不同性质的设备之间用直通线。
- (2) 将路由器和 PC 看成相同性质的设备;将交换机和集线器看成相同性质的设备。

根据以上规则,可得出常见设备之间的连线情况,见表 3.2。

表 3.2 常见设备间线型选择

设备	计算机	集线器	交换机	路由器
计算机	交叉线	直通线	直通线	交叉线
集线器	直通线	交叉线	交叉线	直通线
交换机	直通线	交叉线	交叉线	直通线
路由器	交叉线	直通线	直通线	交叉线

3.2.2 同轴电缆

同轴电缆是指有两个同心导体,而导体和屏蔽层公用同一轴心的电缆。最常见的同轴电缆由绝缘材料隔离的铜线导体组成,在里层绝缘材料的外部是另一层环形导体及其绝缘层,整个电缆由聚氯乙烯或特氟纶材料的护套包住。

同轴电缆从用途上可分为 50Ω 基带电缆和 75Ω 宽带电缆(即网络同轴电缆和视频同轴电缆)两类。基带电缆又分细缆和粗缆两类。

1. 细缆

细缆的最大传输距离为 185m,使用时两端接 50Ω 终端电阻。另外,它使用 T 型连接器、BNC 接头与网卡相连,不需要另外购置集线器等有源设备。

2. 粗缆

粗缆的最大传输距离可达到 500m,不能与计算机直接连接,需要通过一个转接器转成 AUI 接头,然后再接到计算机上。粗缆的最大传输距离比细缆长,主要用于网络主干。

3.2.3 光纤

光纤是光导纤维的简称,是一种由玻璃或塑料制成的纤维,可作为光传导介质,传输原理是光的全反射。

细微的光纤封装在塑料护套中,使得它能够弯曲,而不至于断裂。光纤一端的发射装置使用发光二极管(Light Emitting Diode, LED)或一束激光将光脉冲传送至光纤,光纤另一端的接收装置使用光敏元件检测脉冲。

在日常生活中,由于光在光导纤维的传导消耗比电在电线传导的消耗低得多,因此光纤被用作长距离的信息传递。

光纤分为单模光纤和多模光纤。单模光纤只能传输一种模式,具有比多模光纤大得多的带宽,适用于大容量、长距离通信。多模光纤容许不同模式的光在一根光纤上传输。

3.2.4 无线电波

无线电波是指在自由空间(包括空气和真空)传播的射频频段的电磁波。无线电技术的原理在于,导体中电流强弱的改变会产生无线电波。利用这一现象,通过调制可将信息加载于无线电波之上。当电波通过空间传播到达接收端,电波引起的电磁场变化又会在导体中产生电流。通过解调信息从电流变化中提取信息,最终达到信息传递的目的。

3.2.5 微波

微波是指频率为 300MHz~300GHz 的电磁波,是无线电波中一个有限频带的简称,即波长在 1mm~1m 的电磁波,微波频率比一般的无线电波频率高,通常也称为“超高频电磁波”。

3.2.6 红外线

红外线是太阳光线中众多不可见光线中的一种,可当作传输媒介。红外线通信有两个最突出的优点:

- (1) 不易被人发现和截获,保密性强。
- (2) 几乎不受电气、天气及人为干扰,抗干扰性强。

3.3 实验一——网线制作

整个网线制作过程大致经过以下几个步骤:①认识工具和材料;②清楚网线制作标准;③具体网线的制作过程;④测试制作好的网线。

3.3.1 认识网线制作工具和材料

制作网线需要涉及以下一些工具及材料:①网线(图 3.6);②RJ-45 水晶头(图 3.7);③压线钳(图 3.8);④网线测试仪(图 3.9)。

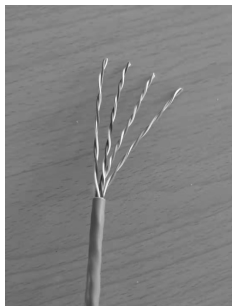


图 3.6 网线

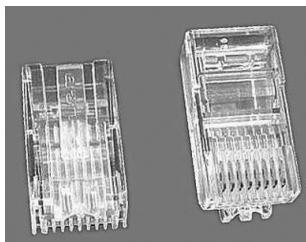


图 3.7 RJ-45 水晶头

3.3.2 网线制作步骤

以制作 EIA/TIA-568B 直通线为例,整个制作过程经过以下几个步骤:①剪断;②剥皮;



图 3.8 压线钳



图 3.9 网线测试仪

③排序；④剪齐；⑤插入；⑥压制。

具体制作过程如下。

- (1) 剪断,如图 3.10 所示。
- (2) 剥皮,如图 3.11 所示。



图 3.10 剪断



图 3.11 剥皮

(3) 排序,如图 3.12 所示。

按照 EIA/TIA-T568B 的顺序排序。具体线序如下：白橙、橙、白绿、蓝、白蓝、绿、白棕、棕。

(4) 剪齐,如图 3.13 所示。

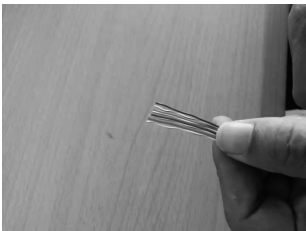


图 3.12 排序



图 3.13 剪齐

把每根线都理直后,再使用压线钳剪齐,使得露在保护层皮外的网线长度约为 1.5cm。

(5) 插入,如图 3.14 所示。

右手手指掐住线,左手拿水晶头,塑料弹簧片朝下,把网线插入水晶头。注意：务必把外层的皮插入水晶头内,否则水晶头容易松动。图 3.15 为不标准的做法。

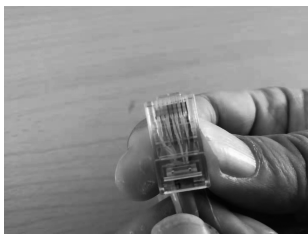


图 3.14 插入

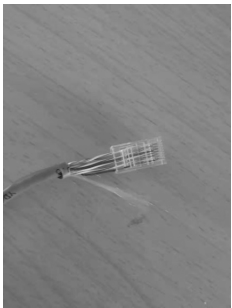


图 3.15 不标准的做法

在水晶头末端检查网线插入的情况(图 3.16),要求每根线都能紧紧地顶在水晶头的末端。

(6) 压制,如图 3.17 所示。

把水晶头完全插入,用力压紧,能听到“咔嚓”声,可重复压制多次。

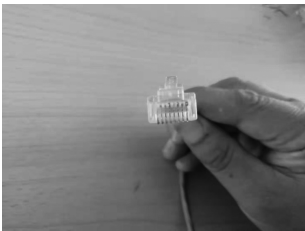


图 3.16 在水晶头的末端检查插入情况



图 3.17 压制

3.3.3 测试



图 3.18 测试

将做好的网线的两头分别插入网线测试仪中,并启动开关,如图 3.18 所示,如果两边的指示灯同步亮,则表示网线制作成功。

网线制作注意事项如下。

- ① 剥线时不可太深、太用力,否则容易把网线剪断。
- ② 一定把每根网线捋直,排列整齐。
- ③ 把网线插入水晶头时,8 根线头中的每一根都要紧紧地顶到水晶头的末端,否则可能不通。
- ④ 捋线时不要太用力,以免把网线捋断。

3.4 宽带接入技术

在互联网发展的初期,用户利用电话线通过调制解调器连接到互联网服务提供商(Internet Service Provider,ISP),从而实现与互联网的连接。采用这种方式连接互联网的最高速率只能达到 56kb/s,并且电话和上网两者不能同时进行。为了提高上网速率,已经有多种宽带接入技术进入用户的家庭。对于“宽带”的理解,目前并没有很严格的定义,不同

时期对它的理解不一样,从一般的角度理解,它是能够满足人们感官的各种媒体在网络上传输所需要的带宽,是一个动态的、发展的概念。当初,由于拨号上网速率的上限是 56kb/s,因此将 56kb/s 及其以下的接入方式称为“窄带”,之上的接入方式称为“宽带”。美国联邦通信委员会(Federal Communications Commission,FCC)2015 年 1 月 7 日做了年度宽带进程报告,在报告中对“宽带”进行了重新定义,原定的下行速度 4Mb/s 调整成 25Mb/s,原定的上行速度 1Mb/s 调整成 3Mb/s。

宽带接入技术主要包括铜线宽带接入技术、HFC 技术、光纤接入技术、以太网接入技术以及无线接入技术。

3.4.1 铜线宽带接入技术

铜线宽带接入技术即 DSL 技术,主要包括高速率数字用户线路(HDSL)、非对称数字用户线路(ADSL)以及超高速率数字用户线路(VDSL)。传统的通过调制解调器拨号实现用户的接入,速率为 56kb/s,但是这种速率远远不能满足用户对宽带业务的需求。虽然铜线的传输带宽非常有限,但是由于电话网的普及,从而可以充分利用电话网的宝贵资源。这里需要先进的调制技术和编码技术。

全铜线接入网在双绞线上采用先进的数字处理技术提高双绞线的传输速率。但是,当传输速率增加到 T1(1544kb/s)和 E1(2048kb/s)时,串扰和符号间干扰迅速增加。为了改善通信质量,可采用非对称数字用户线路(ADSL)和超高速数字用户线路(VDSL)。

1. ADSL 技术

ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line,非对称数字用户线路)是 DSL 技术的一种,也可称为非对称数字用户环路,是一种数据传输方式。1989 年,美国 Bellcore(1984 年以后,按照美国政府分拆 AT&T 的协议,从贝尔实验室中分割成立了 Bellcore)首先提出 ADSL 技术。

ADSL 为高速数字用户环路,它与电话线相连,接入方式是双绞线入户,通过分离器分出两对线,其中一对线连接电话机,另一对线连接 ADSL Modem,ADSL Modem 通过五类线与计算机相连,具有高速传输、上网和打电话互不干扰、独享带宽、安全可靠、安装方便快捷、价格实惠的优点。Modem 俗称“猫”,它的作用是将模拟信号和数字信号互相转换,以便在电话线路上传输信号。

ADSL 技术采用频分复用技术把普通的电话线分成电话、上行和下行三个相对独立的信道,从而避免了相互之间的干扰。用户可以边打电话边上网,不用担心上网速率和通话质量下降的情况。理论上,ADSL 可在 5km 范围内,在一对铜缆双绞线上提供最高 1Mb/s 的上行速率和最高 8Mb/s 的下行速率,能同时提供话音和数据业务。

ADSL 技术能够充分利用公共交换电话网(Public Switched Telephone Network,PSTN),只在线路两端加装 ADSL 设备即可为用户提供高宽带服务,无须重新布线,从而可极大地降低服务成本。同时,ADSL 用户独享带宽,线路专用,不受用户增加的影响。

ADSL 最大的优点是可以利用现有电话网中的用户线(铜线),而不需要重新布线。有许多古老的建筑,电话线早已存在。但若重新铺设光纤,往往会对原有的建筑产生一些损伤。从保护原有建筑考虑,使用 ADSL 进行宽带接入就非常合适。ADSL 的上网连接方式如图 3.19 所示。

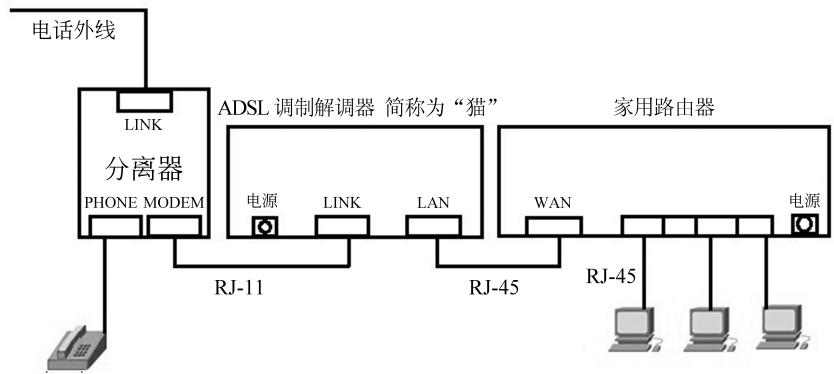


图 3.19 ADSL 的上网连接方式

ADSL 的特点总结如下：

① ADSL 上、下行速率不一致，下行速率往往高于上行速率。

② 双绞线的低频段 0~4kHz 用于电话通信，ADSL 利用电话线的高频部分(26kHz~2MHz)进行数字传输。其原理相当简单：经 ADSL Modem 编码的信号通过电话线传到电话局，经过一个信号识别/分离器，如果是语音信号，就传到电话交换机上，接入 PSTN 网；如果是数字信号，就直接接入 Internet。

③ ADSL 使用频分复用技术将话音与数据分开，话音和数据分别在不同的通路上运行，所以互不干扰。

通过 ADSL 宽带上网，物理上连接好后如图 3.19 所示，需要在上网的计算机上设置宽带拨号连接，具体操作过程如下(以 Windows 10 操作系统为例)：

右击桌面上的“网络”图标，在弹出的快捷菜单中选择“属性”，弹出如图 3.20 所示的窗口。

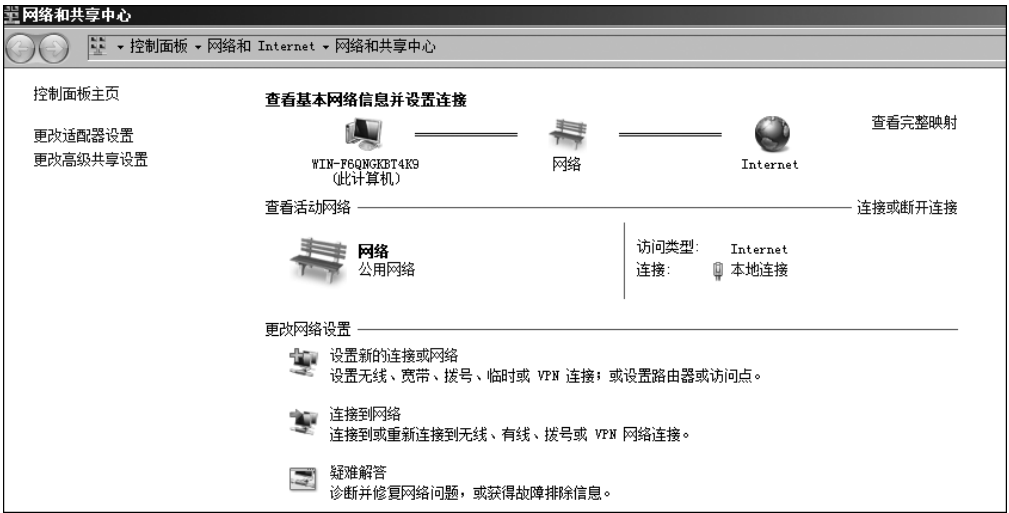


图 3.20 网络和共享中心

在图 3.20 所示的窗口中单击“设置新的连接或网络”按钮，弹出如图 3.21 所示的窗口。



图 3.21 设置连接或网络

选择图 3.21 中的“连接到 Internet”，单击“下一步”按钮，弹出如图 3.22 所示的窗口。

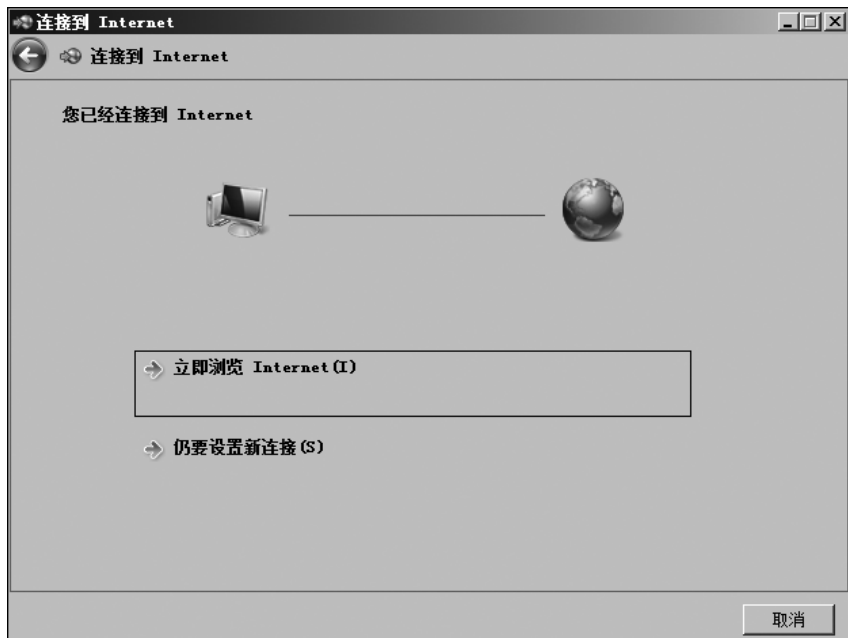


图 3.22 连接到 Internet

在图 3.22 窗口中选择“仍要设置新连接”选项，弹出如图 3.23 所示的窗口。

在图 3.23 所示的窗口中选择“宽带 (PPPoE)”，弹出如图 3.24 所示的窗口。

在图 3.24 中输入宽带上网的用户名和密码后，单击“连接”按钮。如果输入的用户名及密码正确，则 ADSL 宽带上网连接成功。



图 3.23 宽带 PPPoE



图 3.24 输入身份验证窗口

2. VDSL 技术

VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line, 超高速数字用户线路) 是一种非对称 DSL 技术。和 ADSL 技术一样, VDSL 也使用双绞线进行语音和数据的传输。它利用现有的电话线路在用户端安装一台 VDSL Modem。最重要的是, 无须为宽带上网重新布设或变动线路。

VDSL 技术的特点如下:

① 高速传输——短距离内的最大下载速率可达 55Mb/s, 上传速率可达 19.2Mb/s, 甚至更高。

② 互不干扰——VDSL 数据信号和电话音频信号以频分复用原理调制,互不干扰。

③ 独享带宽——利用电话网络构成星形结构的网络拓扑,骨干网采用光纤传输,独享带宽。

3.4.2 光纤同轴混合技术

HFC(Hybrid Fiber Coax, 光纤同轴混合)技术网是在目前覆盖面很广的有线电视网的基础上开发的一种居民宽带接入网,除可传送电视节目外,还能提供电话、数据和其他宽带业务。

传统的有线电视网络采用树形拓扑,传输介质为同轴电缆,采用模拟信道和频分多路复用(FDM)单向传输。20 世纪 90 年代初,随着光传输技术的成熟与发展,人们开始考虑在有线电视系统中采用光传输,形成光传输的有线电视网,也就是 HFC。HFC 具有频带宽、容量大的优点。HFC 主干线路采用光纤,光纤结点以下用同轴电缆组成树形拓扑。

随着 HFC 的推广,人们开始思考如何充分利用其优点。1993 年年初, Bellcore 提出在 HFC 上同时传输广播信息、电信信息,包括模拟信息以及数字信息,实现“全业务”接入。该方案的提出促进了有线电视经营者和电信经营者在经营方面的相互渗透。在 HFC 上利用电缆调制解调器(Cable Modem, CM)技术提供高速上网业务。电缆调制解调器可以做成一个单独的设备(类似 ADSL 的调制解调器),也可以做成内置式的安装在电视机的机顶盒里。用户只要把自己的计算机连接到电缆调制解调器,就可以上网。图 3.25 所示为 HFC 网络拓扑结构图。

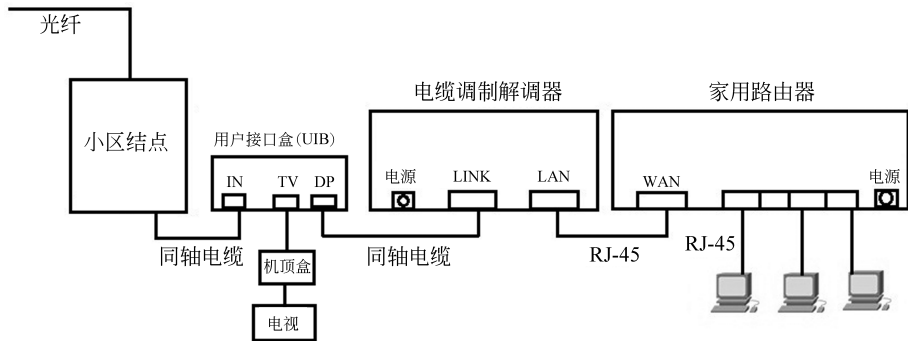


图 3.25 HFC 网络拓扑结构图

HFC 的主要优点是基于现有的有线电视网络,提供窄带、宽带及数字视频业务,缺点是必须对现有有线电视网进行双向改造,以提供双向业务传送。

3.4.3 光纤接入技术

光纤宽带接入是指用光纤作为主要的传输媒介,实现接入网的信息传送功能。光纤通信具有通信容量大、质量高、性能稳定、防电磁干扰、保密性强等特点。

光纤接入网可分为无源光网络(Passive Optical Network, PON)和有源光网络(Active Optical Network, AON)。所谓的“源”,指的是电源、能量源或功率源,没有此类“源”的电子设备就称为无源设备,没有能量源进行放大或转换。PON 由于具有扩展更方便、投资成本

更低以及可靠性和安全性更高等优点而得到广泛应用。同时,无源光网络降低了故障率,而有源部件更容易出现故障。

典型的基于 PON 的光纤宽带接入的网络结构由三部分组成,如图 3.26 所示。

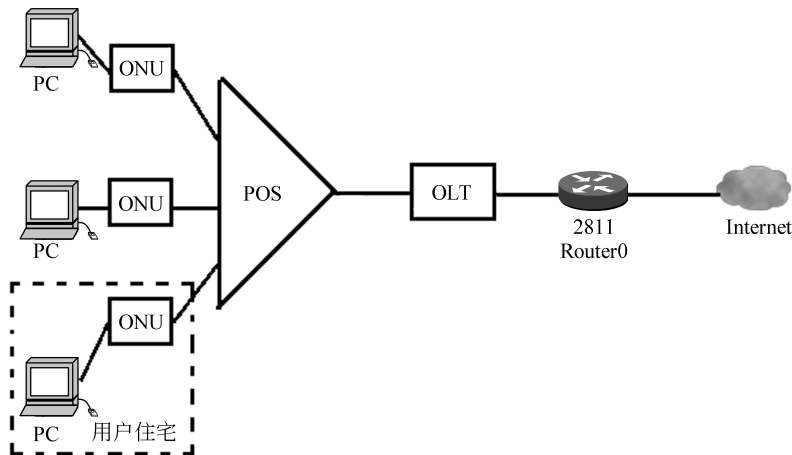


图 3.26 PON 的光纤宽带接入网络的组成

① OLT: OLT(Optical Line Terminal,光线路终端)是连接到 Internet 光纤干线的终端设备,它将来自 Internet 的数据发送到无源的 1 : N 无源光纤分路器(POS),然后用广播方式发送给所有用户端的 ONU(Optical Network Unite,光网络单元)。

② POS: POS(Passive Optical Splitter,无源光纤分路器)是一个连接 OLT 和 ONU 的无源设备,它的功能是分发下行数据并汇聚上行数据。

③ ONU: ONU(Optical Network Unit,光网络单元),平常说的光猫就是一种特殊的 ONU,它的主要作用是实现计算机的数字数据与光纤上的光信号之间的相互转换。它的一端用光纤与 POS 相连,另一端用双绞线与计算机直接相连,或者连接一个小型局域网。

ONU 的位置具有很大的灵活性。根据 ONU 的不同位置,光纤接入又可分为以下几种不同类型,统称为 FTTx(Fiber to the x)。

- ① FTTH: Fiber To The Home(光纤到户,简称为光宽带)。
- ② FTTB: Fiber To The Building(光纤到楼宇)。
- ③ FTTC: Fiber To The Curb(光纤到路边)。
- ④ FTTZ: Fiber To The Zone(光纤到小区)。
- ⑤ FTTF: Fiber To The Floor(光纤到楼层)。
- ⑥ FTTO: Fiber To The Office(光纤到办公室)。
- ⑦ FTTD: Fiber To The Desk(光纤到桌面)。

以 FTTB 为例,从 OLT 出来的光纤,经过光纤配线架和 POS,到了大楼里,就直接进入大楼弱电间的 ONU。

从 ONU 到用户的个人计算机,一般使用以太网连接。从总的趋势看,光网络单元

ONU 越来越靠近用户的家庭,因此有了“光进铜退”的说法。

FTTx+LAN 的宽带接入方式介绍如下。

目前大量采用 FTTx+LAN 的宽带接入方式,该接入方式是一种以光纤加上局域网方式的社区宽带网,这种宽带接入方式适合大的集团用户和新建的小区,是一种成熟的本地宽带接入方式,它传输的信号是纯数字信号,可以直接通过网卡接入计算机,不需要另外添加其他设备。它同样具有高速传输、安装快捷、价格实惠等优点,可实现百兆到小区,两兆到桌面,用户接入后可进行下载文件、VOD 视频点播、远程教学、家庭办公、网上炒股及互动游戏,大大方便了用户使用。特别需要指出的是,它不和电话线相连,此类宽带只要用户计算机上具备网卡设备即可。(注:通常网卡上有两个灯,一个为电源灯,另一个为信号灯,有的网卡只有一个数据灯)

3.4.4 以太网接入技术

利用以太网技术,采用光缆加双绞线的方式对社区进行综合布线,形成局域网,用户计算机通过与以太网相连实现上网。以太网接入技术实现宽带上网可以提供 10M 以上的带宽。

3.4.5 无线接入技术

宽带无线接入是指能够以无线传输方式向用户提供高数据速率接入 Internet 的技术。IEEE 根据覆盖范围将宽带无线接入划分为 WPAN、WLAN、WMAN 以及 WWAN,覆盖范围由 10m 以内到 100m 以内,再到城市范围覆盖,再到极大范围覆盖。

目前 ISP 提供的常见的宽带接入方式见表 3.3。

表 3.3 目前 ISP 提供的常见的宽带接入方式

常见的宽带接入方式	简介	是否需要猫	独/共享带宽
FTTH	光纤直接入户的宽带上网方式,下行最高 1000M	需要光猫	独享带宽
FTTx+LAN	光纤+局域网方式。光纤到楼,从楼内接入用户家	不需要	共享带宽
ADSL	上、下行不对称的数据传输方式,下行最高 8M	需要 ADSL 猫	独享带宽
Cable Modem	有线电视光缆接入方式,简称 CM	需要 CM 猫	共享带宽

3.5 实验二——Packer Tracer 模拟仿真工具简介

3.5.1 Packet Tracer 简介

Packet Tracer 是由 Cisco 公司发布的一款辅助学习软件,为学习网络课程的初学者提供设计、配置、排除网络故障的模拟环境。使用者可以在软件的图形界面上直接通过拖曳的方法建立网络拓扑结构,并且可以提供数据包在网络传输过程中详细的处理过程,观察网络

的实时运行情况。通过该软件,学习者可以部分验证计算机网络的工作原理。下面简单介绍该软件的使用过程。

1. 软件的安装

下面以 Packet Tracer 5 为例介绍其安装过程。Packet Tracer 5 的安装非常方便,通过安装提示单击“Next(下一步)”按钮即可按照默认配置完成安装,具体的安装过程如图 3.27~图 3.34 所示。

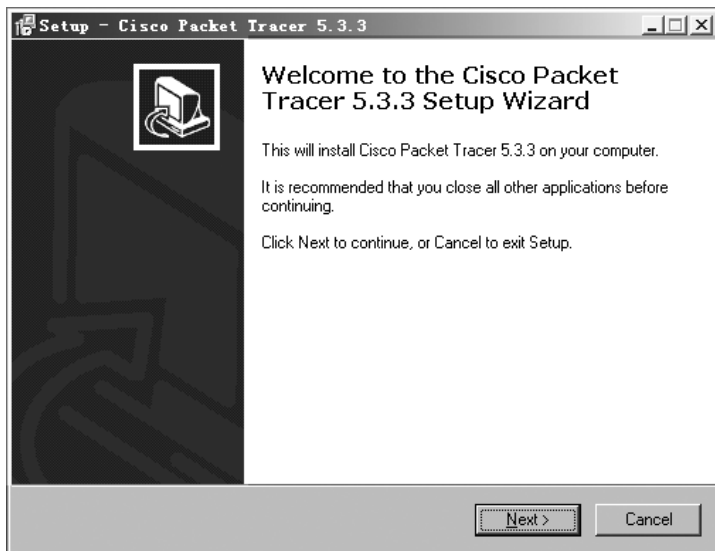


图 3.27 安装欢迎界面

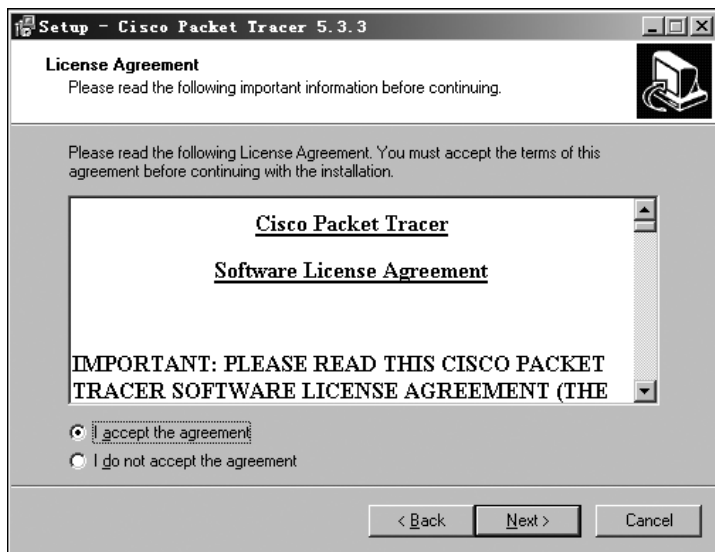


图 3.28 同意许可协议

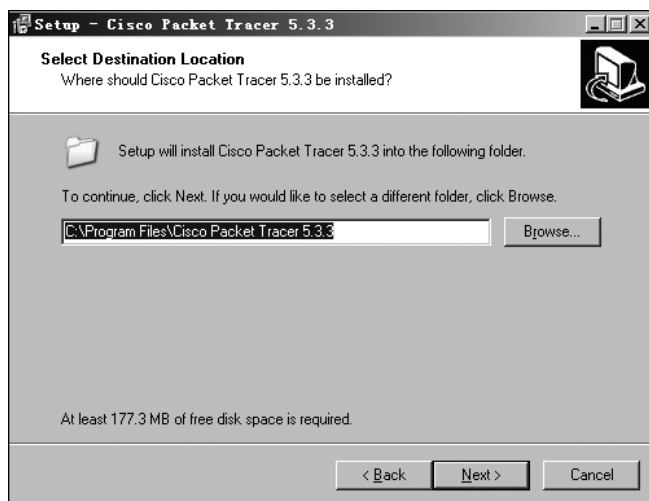


图 3.29 选择安装目录

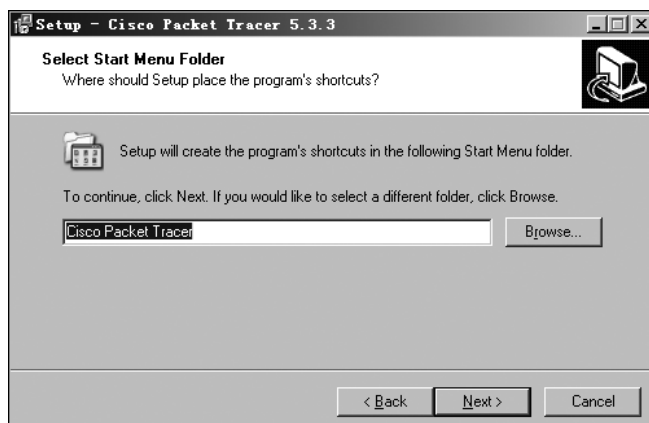


图 3.30 选择开始菜单文件夹

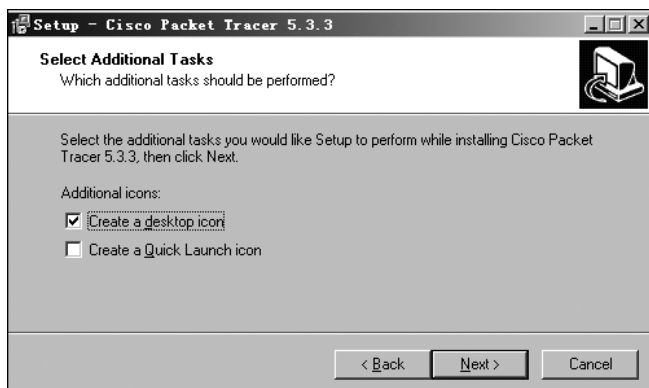


图 3.31 选择附加任务