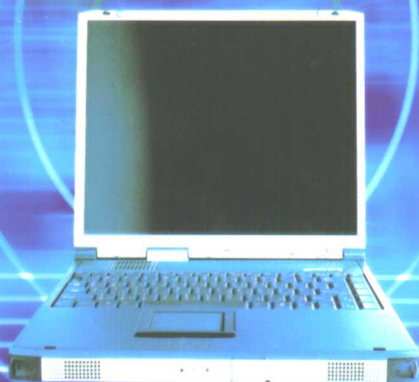


# 无线局域网

## 技术与应用

钱进 编著



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

# 无线局域网技术与应用

钱进 编著

电子工业出版社

**Publishing House of Electronics Industry**

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书系统介绍无线局域网(WLAN)技术、产品和应用的相关内容。全书分为6章,其中第一、二和第三章讲述无线局域网技术的基本概念、发展趋势,以及无线局域网所采用的主要技术和协议标准等,特别是对无线局域网国家标准的介绍和分析,是本书的主要特色之一;第四、五和六章以美国网件(Netgear)公司和捷通通信(IWNCOMM)公司的无线局域网产品为例,介绍采用无线局域网技术的产品组成、网络的构建过程及其应用。

本书适合对无线局域网感兴趣的读者,包括工作在相关行业的工程技术人员、产品人员和市场人员,也可以作为大中专院校的教材使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

无线局域网技术与应用/钱进编著. —北京:电子工业出版社,2004.10  
ISBN 7-121-00369-4

I. 无… II. 钱… III. 无线电通信—局部网络 IV. TN925

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第095392号

责任编辑:张来盛 特约编辑:石灵芝

印 刷:北京四季青印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:17 字数:435千字

印 次:2004年10月第1次印刷

印 数:5000册 定价:25.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。  
联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

# 前 言

无可讳言，宽带化和无线化是网络技术发展的两大趋势。而在无线方面，近几年来，无线局域网（WLAN）技术似乎冲破了蓝牙技术、HomeRF 等其他无线技术标准，异军突起，成为无线技术中事实上的标准。20 世纪 90 年代初进入中国的无线局域网技术，经过多年的推广，无论是技术、产品还是市场都有了突飞猛进的发展。在这种情况下，知识的普及出现了滞后。我相信，一种技术，只有推动技术的中坚力量（广大的工程人员、产品人员和市场人员，甚至我们的用户）能够正确、有效地了解和使用这种技术时，它才有可能由成长走向成熟。正因为如此，本书旨在促进无线局域网及相关知识的普及。

现在，我们所能找到的无线局域网相关书籍主要分为两类：一类是翻译派，主要直接译自国外的一些书籍和资料；另一类是经院派，主要由一些大专院校的通信方面的专家所撰。前者内容相对比较浅显，但是图书结构和语言都比较随意，不适合国人吸收；后者往往过于专业，涉及到较多的公式和理论，对于一般基础的学习者来说读起来比较困难。本书力图结合二者的优点，将有关的知识加以总结和梳理，用通俗的语言系统地向读者介绍无线局域网，不过多地涉及计算公式和深奥的理论。

本书共分为 6 章，包括无线局域网的基础知识、主要技术、安全机制、设备组成、构建过程和应用，详细阐述了无线局域网的相关概念、基本原理、设备的组成与安装使用，以及无线局域网规划、管理和应用等。在每一章的开始都会对这一章的主要内容进行概述，便于读者快速查找到自己需要的内容。虽然本书中包含了大量的技术信息和产品说明，但并不是专门为产品设计人员而编写的，主要适用于具有一定网络基础知识的工程技术人员、产品人员和市场人员等。

本书试图将一般性的模式和规律总结出来，呈现给读者，希望读完此书后能够对无线局域网的技术和应用有一个整体的认识，并且在遇到实际问题时能够轻松地拿出一个实用、合理的解决方案，特别是对于无线局域网设备的认识，不仅局限于概念上的认识，而且能够配置和使用。例如，对于普通的用户来说可能不必了解前面的章节是如何描述无线局域网技术的，只要看后面的章节，把自己需要的无线局域网构建起来就可以了。在无线局域网设备举例时，本书采用了美国网件（Netgear）公司和西电捷通通信（IWNCOMM）公司的产品，很具有代表性，其他公司的产品完全可以与它们一一对应，举一反三。

学习新的东西往往需要旧的知识做基础，所以本书在尽量用相对通俗的语言将技术和应用展现出来的同时，还提供一些相关的知识。本书在部分章节中介绍了有关计算机网络、无线通信及微波的一些基础知识，但只是为了配合无线局域网的介绍而引入的，所以本书不是一本介绍计算机、网络及无线电知识的技术资料。如果需要进一步了解相关知识，请查阅更为专业的书籍。由于采用 2.4 GHz 微波通信的无线局域网技术已经成为主流，所以本书将着重介绍在这个频段使用无线局域网的技术、产品和应用。

在本书的编写过程中曾经因为很多原因反复过很多次，甚至几次放弃。在这期间得到了许多人的支持和帮助。在书稿最终确定之前，曾请许多朋友参与书稿的审阅，他们是：刘琦、牛威、单文英、吴秋新、许元朋和杨子江，谨在此向他们表示衷心的感谢。

同时，向提供素材的美国网件公司总经理陈林先生和西安捷通网络科技有限公司总经理

曹军先生表示特别的感谢。

无线局域网其实并不简单，因为要想真正理解它，单就技术而言，就需要了解网络技术、微波通信技术和信息安全技术，而要真正做起来，对于产品（实施）和市场（应用）的认识也是不可或缺的。由于作者水平有限，书中可能存在错误和不当之处，恳请读者批评指正。同时，希望这是一本“开放的”书，期待着业界同道以及所有对无线局域网感兴趣的人们参与到本书的修订工作中来，提供更多有关技术发展的资料 and 应用的实例，使本书更加充实、完善。联系方式：[babybird@x263.net](mailto:babybird@x263.net)。

编著者

2004年5月于北京

# 目 录

<b>第一章 无线局域网的基础知识</b> .....	(1)
概述 .....	(1)
第一节 无线局域网入门 .....	(1)
无线局域网的概念 .....	(1)
网络传输介质 .....	(5)
网络拓扑结构 .....	(10)
介质访问控制 .....	(16)
第二节 无线局域网的发展 .....	(18)
国外的发展 .....	(19)
国内的发展 .....	(21)
未来的发展 .....	(23)
第三节 无线局域网的组织机构 .....	(26)
频率管理机构 .....	(26)
协议制定组织 .....	(29)
企业合作组织 .....	(32)
第四节 无线局域网的健康问题 .....	(33)
<b>第二章 无线局域网的主要技术</b> .....	(35)
概述 .....	(35)
第一节 无线局域网的标准 .....	(35)
开放系统互连 (OSI) 参考模型 .....	(35)
IEEE 802.11 系列协议标准 .....	(38)
GB15629.11 系列协议标准 .....	(44)
第二节 无线局域网物理层技术 .....	(46)
传输技术概述 .....	(46)
信道编码技术 .....	(54)
载波调制技术 .....	(61)
第三节 无线局域网数据链路层技术 .....	(64)
MAC 子层的功能 .....	(64)
无线局域网的帧 .....	(68)
MAC 子层的管理 .....	(73)
MAC 子层的服务 .....	(79)
<b>第三章 无线局域网的安全机制</b> .....	(84)
概述 .....	(84)
第一节 无线局域网安全的综述 .....	(84)
第二节 无线局域网安全机制 .....	(88)
信息过滤机制 .....	(88)

IEEE 802.11 安全机制	(90)
IEEE 802.1x 与 EAP	(95)
GB 15629.11 安全机制 (WAPI)	(98)
IEEE 802.11i 安全标准	(104)
第三节 网络管理员的职责	(106)
合理的设备位置	(106)
恰当的安全机制	(106)
良好的使用习惯	(107)
<b>第四章 无线局域网设备</b>	(108)
概述	(108)
第一节 设备的划分与定义	(108)
有线局域网设备定义	(109)
无线局域网设备定义	(113)
第二节 无线局域网客户端	(114)
无线客户端的硬件构成	(114)
无线客户端的安装过程	(118)
无线客户端的配置功能	(123)
第三节 无线局域网基站	(130)
无线基站的硬件构成	(132)
无线基站的安装过程	(134)
无线基站的功能配置	(141)
WAPI 产品功能介绍	(165)
第四节 无线局域网附件	(173)
微波天线的概念	(174)
常用测量单位和公式	(183)
射频天线	(186)
连接线缆与连接器	(189)
避雷器	(191)
功率分配器	(192)
功率放大器/衰减器	(193)
以太网供电器	(195)
<b>第五章 无线局域网的构建与优化</b>	(196)
概述	(196)
第一节 无线局域网的选择	(196)
产品类型的选择	(197)
功能界面的选择	(198)
性能价格比的选择	(199)
第二节 无线局域网的构建	(200)
网络的规划与设计	(200)
网络的测试与安装	(218)

网络的验收与维护 .....	(226)
<b>第三节 无线局域网的优化</b> .....	(227)
网络性能的优化 .....	(227)
干扰的存在与避免 .....	(236)
<b>第六章 无线局域网的应用</b> .....	(241)
概述 .....	(241)
<b>第一节 应用的范围与种类</b> .....	(241)
<b>第二节 按照优势划分的应用</b> .....	(243)
免除或减少布线 .....	(244)
局域网络空间化 .....	(247)
<b>第三节 按照规模划分的应用</b> .....	(249)
运营商级应用 .....	(249)
企业级应用 .....	(251)
家庭级应用 .....	(253)
<b>附录 A 无线局域网有关文件</b> .....	(255)
<b>附录 B 功率与 dBm 的对照表</b> .....	(260)
<b>参考文献</b> .....	(261)
<b>编后</b> .....	(263)



# 第一章 无线局域网的基础知识

## 概 述

本章介绍无线局域网（WLAN）最基础的一些知识，包括无线局域网的概念、历史与发展以及相关的政府和企业组织，目的是使大家能够从整体上认识无线局域网技术；同时也为后续章节的内容做铺垫，使读者可以根据自己的需要寻找相关的章节进行阅读。

- 无线局域网入门

本节将主要介绍了无线局域网的概念，使读者了解到底什么是无线局域网。我们将综合多方的观点，给出无线局域网广义和狭义的定义，同时比较它与其他无线上网方式的区别。我们知道，影响网络性能的三个主要要素包括网络的传输介质、拓扑结构和介质访问控制方式。本节从这三个方面对比介绍无线局域网和有线局域网之间的差异。

- 无线局域网的发展

本节将主要介绍无线局域网发展过程，从国外的发展情况、国内的发展情况和未来的发展情况三个方面进行描述，使大家充分了解无线局域网从何而来，又要向什么方向发展。了解有关无线局域网的来龙去脉，对于我们理解和应用无线局域网技术都很有意义。

- 无线局域网的组织机构

有许多政府机构和企业组织都参与到无线局域网的规则制定和管理中来，他们为技术的规范与通用性以及市场的有序发展起到了非常重要的作用。在本节中，我们将全面介绍这些政府结构与企业组织。同时，虽然本书介绍的主体是遵循 IEEE 802.11 标准的无线局域网技术，但我们也不能忽略它的那些各有特色的竞争者们。在本节中，我们将在组织机构中补充介绍我们通常所说的“WLAN”技术以外的其他几种无线局域网技术。

- 无线局域网的健康问题

本节将主要介绍无线局域网使用中大家关心的健康问题。对于无线通信来说，电磁辐射是人们最关心的问题之一，那么无线局域网到底有没有健康的问题呢？在本节中，我们将阐述这个问题，消除大家的疑虑。

## 第一节 无线局域网入门

大多数人对于无线局域网技术都有一种神秘感，一方面是因为它技术的复杂性，另一方面更多的是因为我们对它还不够了解，或者只是有片面的了解。下面我们就从了解无线局域网的概念开始。

### 无线局域网的概念

人们会常常问到，无线局域网（WLAN）到底是一个什么东西。每次遇到这种情况，我们在这里可以给人家举这样一个类比的例子：有线局域网网络是什么，就像我们通常使用的普



图 1-1 无绳电话产品示例

通电话座机一样，话筒与话机之间总是有线连着的，如果这根连接线断了，我们就根本听不到声音（获取不到信息）了；而无线局域网是什么，就像我们使用的无绳电话一样，只要是在信号覆盖范围内，我们可以拿着无绳的话机到处走，比如客厅、门外或者厕所里……还记得那则步步高无绳电话关于“小丽”的广告吗？无线局域网似乎就这么简单，当然它的技术要比无绳电话的技术复杂得多。图 1-1 展示了一个无绳电话的示例。

#### 小知识：无绳电话

无绳电话也叫无线电话，在某些国家，尤其是美国，无绳电话的使用量已经超过了固定电话。现有的无绳电话系统通常分为两大类：第一代模拟系统（即 CT1）和第二代数字系统（即 CT2 和 DECT）。这两代系统之间的共性在于系统设计，即允许手持机与某一固定点之间进行低功率的全向通信，通信距离为数百米，而且要求用户的移动性要小。第一代无绳电话系统只用于话音通信，通常相互不兼容，而且主要是为住宅环境或者专用环境而设计的。另外，CT2 和 DECT 标准的诞生，无绳电话系统通信容量的提高，语音质量的改善，用户信息在无线接口上的加密技术的进步，以及电话基站之间切换功能的实现，有力地推动了无绳电话系统应用范围和使用环境的向外扩展，比如家庭、办公室使用环境等。从用户的观点来看，无绳电话系统之所以能取得如此大的进步，主要是因为它所提供的功能非常接近于蜂窝系统所提供的功能，如全双工通话、手持机以及漫游功能等。从服务商的观点来看，最明显的差别是所提供的移动性能力。

绝大部分无绳电话系统是家庭应用而设计的，它们通常由两大部分组成：基站（在 DECT 中也称为无线固定部件）和无绳终端（在 DECT 中也称为无线手持部件）。这种无绳系统实现手持机与单一电话基站之间的通信，该单一电话基站是直接连接到公用交换电话网（PSTN）上的，实现与 PSTN 的接口，这与固定电话终端是一样的，所不同的是该终端还与一个电源插座相连接。无绳终端通过双工无线链路，采用时分复用（TDD）或频分复用（FDD）方式与基站进行通信，其工作方式与固定电话是完全一样的，摘机/挂机、缩位拨号和正常拨号等操作均可在无绳终端上完成。

## 基本概念

对于无线局域网（WLAN，Wireless Local Area Network）的定义，有很多种说法。我们先从字面上理解“无线局域网”（这也许是最简单的认识问题的方法了），可以看出它包含了“无线”和“局域网”两个方面的含义。“无线”定义了网络连接的方式，这种连接方式省去了有线局域网中的传输线缆，而是利用红外线、微波等无线技术进行信息传输。“局域网”定义了网络应用的范围，它是将小区域内的各种通信设备互连在一起的通信网络，是相对于“广域网”和“个人网”而言的，就其通信范围而言介于个人网和广域网之间，这个区域可以是一个房间、一个建筑物内，也可以是一个校园或者大至几十千米的大区域。

在综合了许多种说法之后，下面给出无线局域网广义的和狭义的定义：

从广义上讲，凡是通过无线介质在一个区域范围内连接信息设备共同构成的网络，都可

以称之为无线局域网，与其相对应的是无线广域网（WWAN，Wireless Wide Area Network），比如 GSM/GPRS 和 CDMA。该定义中涵盖了多种类型的无线局域网，涉及到多种标准，但大致可分为两大发展方向：以高速传输应用发展为主（IEEE 802.11a、IEEE 802.11b 和 IEEE 802.11g 等）。以低速短距离的应用为主（Bluetooth、HomeRF 和 HiperLAN 等）。从发展趋势来看，IEEE 802.11 系列协议大有一统无线局域网协议标准之势。这些协议和制定组织的一些基本情况我们会在本章后面做简要的介绍。

从狭义上讲，无线局域网（WLAN）一般指的是遵循 IEEE 802.11 系列协议的无线局域网技术的网络。现在绝大多数的文章和书籍中都采用这样的定义，所以在本书中，如果没有特殊的说明，我们在介绍无线局域网的时候也采用狭义的定义。IEEE 802.11 协议组包括 IEEE 802.11、IEEE 802.11a、IEEE 802.11b、IEEE 802.11g 等一系列协议。这些协议由国际电气和电子工程师协会（IEEE）制定，经过多年的发展已经逐渐成为事实上的行业标准。第二章将对相关的协议进行详细的说明。

图 1-2 所示是无线局域网产品的示例。无线局域网主要包含两类设备：无线客户端和无线基站。两种类型的设备可以统称为无线工作站，简称工作站。对于无线局域网设备构成，我们会在第四章进行详细的描述。除此之外，在真正构建一个无线局域网的过程中，特别是对于大型的或复杂的无线局域网还会用到许多附件产品。这些附件产品也是无线局域网设备中重要的组成部分。



图 1-2 无线局域网产品示例

### 技术比较

无线局域网是经常见到的一种无线上网方式，但不是惟一的一种，在此我们将其他几种无线上网的方式也进行简单的介绍。图 1-3 展示了无线信息网络的结构体系。虽然都是采用无线通信技术进行数据交换，但是无线局域网与以往的基于蜂窝电话网、专用分组交换网及其他技术的无线计算机通信相比，有许多本质上的区别。无线局域网是为支持高速突发数据业务而设计的。

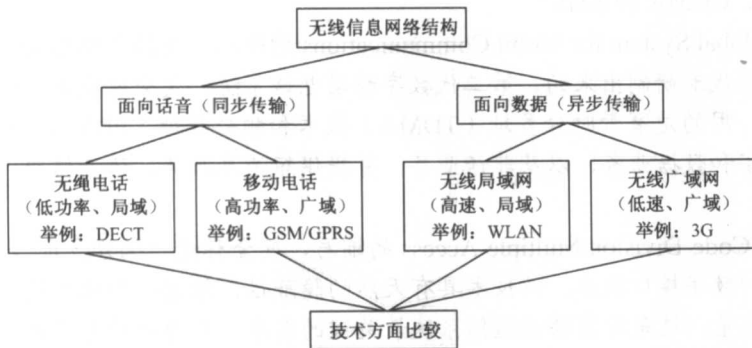


图 1-3 无线信息网络的结构体系

现在介绍一下通用无线分组业务（GPRS，General Packet Radio Service）技术，许多用户常将这种技术与无线局域网技术混淆在一起，因为它们的载体都可以被称为“无线网卡”。

通用无线分组业务（GPRS）是在现有的全球移动通信系统（GSM, Global System for Mobile Communications）上发展起来的一种新的分组数据承载业务。GPRS 与 GSM 系统最根本的区别是：GSM 是一种电路交换系统，而 GPRS 是一种分组交换系统。GPRS 特别适用于间断的、突发性的或频繁的、少量的数据传输，也适用于偶尔的大数据量传输。我们可以将 GPRS 理解为 GSM 的一个更高层次。GPRS 作为第二代移动通信技术 GSM 向第三代移动通信（3G）的过渡技术，是由英国 BT Cellnet 公司在 1993 年提出的。GPRS 是基于现有的 GSM 网络而实现的。目前的 WAP 手机上网是拨号接入方式，即电路交换技术。与 WAP 相比，GPRS 手机具有十分突出的优点。它上网连接时间很快，一般只要 3~6s，还能够提供比现有 GSM 网 9.6 kbps 更高的数据率，最高可达 115 kbps，是家用电脑使用的调制解调器上网速率（56.6 kbps）的两倍。除了具有速度上的优势外，GPRS 还有“永远在线”的特点，即用户随时与网络保持联系。GPRS 手机的计费是根据用户传输的数据量而不是上网时间来计算，即只要不浏览、下载、传输数据，哪怕一直“在线”，也不用另外付钱，因而它的费用比按时计费的 GSM-WAP 手机更划算。另外，由于 GSM-WAP 手机上网浏览网页，只能看专为 WAP 设计的网站，现在这类网站还十分稀少，而 GPRS 手机则可以通过连接计算机浏览普通的 Internet 网页。

#### 小知识：无线应用协议（WAP）

无线应用协议（WAP, Wireless Application Protocol）是一个全球开放的标准，用于通过移动电话或其他无线终端访问和显示无线信息。WAP 规范既利用了现有的技术标准中适用于无线通信环境的部分，又在此基础上进行了新的扩展。可以说，WAP 位于 GSM 网络和 Internet 之间，一端连接现有的 GSM 网络，一端连接互联网，用户支持 WAP 协议的介质电话就可以进入互联网，实现一体化的信息传送。它与 GPRS 属于不同的范畴，它的目的是将互联网的丰富信息及先进的业务引入到移动电话等无线终端之中。打个比喻，GPRS 和 GSM 都是马路，而 WAP 是在马路上的汽车。中国移动通信开通 GPRS 之后，WAP 就行驶在 GSM 和 GPRS 两条马路上，而行驶在 GPRS 的马路上可以提高数据传输速率。因此，现有 WAP 上的内容同样可以通过 GPRS 进行浏览和应用。

#### 小知识：GSM、CDMA 和 SMS

GSM 是 Global System for Mobil Communications 的缩写，意为全球移动通信系统，是欧洲 20 世纪 80 年代末研制出来的、第二代数字移动电话系统，是全球最成熟的数字移动电话网络标准之一，用的是窄带时分多址（TDMA）技术和频分多址（FDMA）技术，能提供全面的语音、文字和数据业务，以及非话业务，并提供短消息服务、语音信箱、呼叫转移等增值业务。

CDMA 是 Code-Division Multiple Access 的缩写，其全称是“码分多址”，是最近才被应用于商业的一种数字接口技术。该技术具有天然的隐蔽性、保密性和抗干扰性，还有一个最大的好处：大容量。这是蜂窝移动通信系统最关键的需求。作为一种先进的扩频通信技术，CDMA 可以满足市场对移动通信的容量和品质越来越高的要求，保证系统运行提供完善的无线通信网络服务。

其实两者最大的区别在于如何提高无线网络的容量。在一个 GSM 中，每个呼叫通过使用不同的频点而区别开来。问题在于每个小区只能有非常有限数量的频点，所以在同一时刻，

某个特定的小区内最多只能有一个确定数量的用户通话。与 GSM 不同，CDMA 给每个呼叫分配一个通用码，电话中的软件从接收到的所有信号中搜寻匹配的通用码。当正确的码片序列找到后，电话即锁定此呼叫，屏蔽掉其他所有呼叫，信号也能覆盖整个频段。实际上，CDMA 可以提供相当于模拟系统 3~10 倍的容量。

短消息服务 (SMS, Short Messaging Service) 是一种不十分昂贵的通信方式。160 字节和大约 1s 的语音呼叫所占用的空间相当。消息可以立即被发送 (当手机是开着的时候)。像 E-Mail 一样，手机可以接收和长时间保存信息。只需要按一下按钮，短消息服务可以将信息同时传给很多人。短消息服务同样允许组合的信息，因此可以有不同的消息格式 (包括声音邮件、E-Mail 和传真) 并且允许用户通过移动设备来访问它们。

除了技术类型的差异以外，不同网络之间的性能也是有差异的。对于局域网络技术来说，决定局域网络性能的主要有 3 种技术：用来传输数据的传输介质、用来连接各种设备的拓扑结构和用以共享资源的介质访问控制方法。也就是说，这 3 种技术在很大程度上决定了传输数据的类型、网络的响应、吞吐量和效率，以及网络的应用等各种网络特性。其中最重要的是用来共享资源的介质访问控制方法，它对网络的响应时间、吞吐量和效率有着十分重要的影响。这在后面会进行详细的描述。

## 网络传输介质

计算机之间的通信需要一种能够传送数据的介质。就像我们一提到网络就会想到局域网络的设备可以通过同轴电缆、双绞线或光纤进行连接一样，它们也同样可以通过微波或红外线进行连接。前者我们形象地称之为硬连接，后者我们称之为软连接。有时也称有界介质和无界介质。所谓的有界 (或无界) 介质，实际上就是说用于交换数据的能量留在介质自身之内还是“暴露”于外的。在网络的世界里，有界介质 (电缆、光纤) 与无界介质 (微波和红外技术) 并不是相互对立的，正是由于它们的相辅相成，才构成了一个无所不在的网络。在本书中有线的传输介质不是我们介绍的重点，但还是需要了解它，因为在学习和使用无线局域网 (比如在规划无线局域网) 的时候，需要考虑有线局域网及其布局，包括设备的接口和距离等。

采用无线的连接方式构建局域网，与传统有线的连接方式有很大的不同，有很多独特的地方。一是所用无线的连接方式没有容易观察的绝对的边界，所以不存在界限分明的覆盖区域，可能导致在某些区域内合法的设备无法正常接入，而非法的设备却可以轻松的获取信号，而且无法完全避免外界信号 (环境) 对于网络的影响。二是在采用无线连接方式时，其网络通信的稳定性和可靠性要低于有线连接方式，因为无线传播特性是动态和不可预测的，位置或方向的细小变化都可能导致信号强度的巨大差异。不管工作站是固定的还是移动的，都有可能出现这样的影响，因为任何移动对象 (物体) 都有可能影响工作站之间的无线信号传播。

## 有线传输介质

对于有线传输介质，我们主要介绍在构建网络中经常见到的同轴电缆、双绞线和光纤。

### 同轴电缆

同轴电缆在 20 世纪 80 年代是以太网 (Ethernet) 网络连接的基础设备。随着时间的推移，

在大部分现代局域网中双绞线电缆逐渐取代了同轴电缆。同轴电缆包括有绝缘体包围的 1 根中央铜线、1 个网状金属屏蔽层以及 1 个塑料封套。图 1-4 描绘了一种典型的同轴电缆的结构。在同轴电缆中，铜线传输电磁信号；网状金属屏蔽层一方面可以屏蔽噪声，另一方面可以作为信号地；绝缘层通常由陶制品或塑料制品组成，如聚乙烯（PVC）或特富龙，它将铜线与金属屏蔽物隔开，若这两者接触，电线将会短路；塑料封壳可使电缆免遭物理性破坏，通常由柔韧性好的防火塑料制品制成。同轴电缆的绝缘体和防护屏蔽层，使得它对噪声干扰有较高的抵抗力。在信号必须放大之前，同轴电缆能比双绞线将信号传输得更远，当然，它不如光缆传输信号的距离远。另一方面，同轴电缆要比双绞线昂贵得多，并且通常只支持较低的吞吐量。同轴电缆还要求网络段的两端通过一个电阻器进行终结。

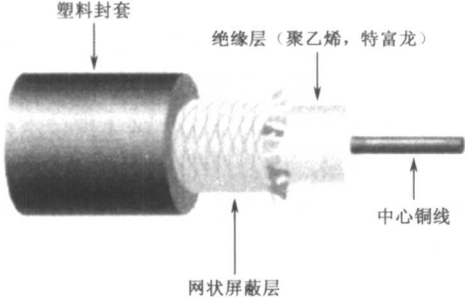


图 1-4 同轴电缆的结构

**双绞线**

双绞线是目前局域网中最通用的电缆形式，它相对便宜，灵活且易于安装，同时在需要一个中继器放大信号前它能跨越更远的距离（虽然不如同轴电缆传得远）。双绞线（TP）电缆是我们最常见的有线局域网连接方式，它由绝缘的彩色铜线对组成，每根铜线的直径为 0.4~0.8 mm，两根铜线互相缠绕在一起。将两根线缠绕在一起有助于减少串扰的影响。当附近电线传输的信号损害了另一对的信号时，即发生了所谓的串扰现象。在一对电缆中，单位长度内的缠绕越多，对所有形式的噪声的抗噪性就越好。双绞线的质量越好、价格越高，在单位长度中包含的缠绕越多，每米的缠绕率也将导致越大的衰减。为最优化性能，电缆生产厂商必须在串扰和衰减减小之间取得平衡。由于双绞线被广泛用于许多不同的领域以及不同的目的，形成了各种不同的设计形式。这些设计的不同之处在于它们的缠绕率、所包含的电线对数目、所使用的铜线级别、屏蔽类型（若有）以及屏蔽使用的材料。所有的双绞线电缆可以分为两类：屏蔽双绞线（STP）和非屏蔽双绞线（UTP）。

顾名思义，屏蔽双绞线（STP）电缆中的缠绕电线对被一种金属如箔制成的屏蔽层包围，而且每个线对中的电线也是相互绝缘的。一些 STP 使用网状金属屏蔽层，如图 1-5 所示。

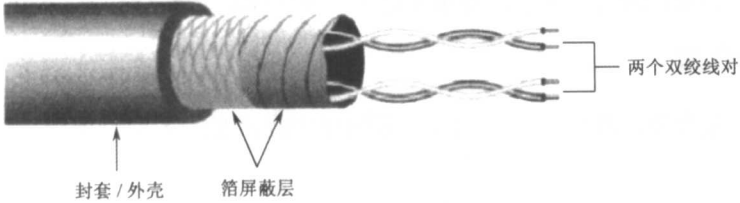


图 1-5 屏蔽双绞线（STP）

非屏蔽双绞线（UTP）电缆包括一对或多对由塑料封套包裹的绝缘电线对。UTP 没有用来屏蔽双绞线的额外的屏蔽层，因此比 STP 便宜，抗噪性能也相对较低。图 1-6 描述了一根典型的 UTP 电缆。IEEE 已将 UTP 电缆命名为“10BaseT”，其中“10”代表最大数据传输速度为 10 Mbps，“Base”代表采用基带传输方法传输信号，“T”代表 UTP。

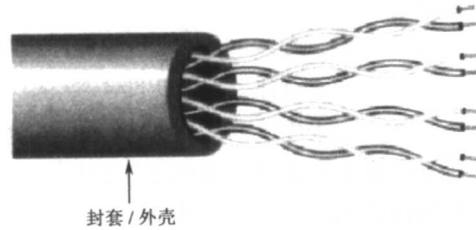


图 1-6 非屏蔽双绞线（UTP）

#### 小知识：双绞线的分类

1991 年，两个标准组织，电信工业协会（TIA）和电子工业协会（EIA），在 TIA/EIA 568 标准中完成了他们对双绞线的规范说明。TIA/EIA 568 标准将双绞线电线分割成若干类，因此我们常常能够听到双绞线被称为 1~6 类线的说法。在局域网的构建中经常使用的是 5 类或超 5 类的双绞线。

- 1 类线（CAT 1）：一种包括两个电线对的非屏蔽双绞线（UTP）形式。1 类适用于语音通信，而不适用于数据通信。它每秒最多只能传输 20 Kbps 的数据。
- 2 类线（CAT 2）：一种包括 4 个电线对的 UTP 形式。数据传输速率可以达到 4 Mbps。但由于大部分系统需要更高的吞吐量，2 类很少用于现代网络中。
- 3 类线（CAT 3）：一种包括 4 个电线对的 UTP 形式。在带宽为 16 MHz 时，数据传输速度最高可达 10 Mbps。3 类一般用于 10 Mbps 的以太网（Ethernet）或 4 Mbps 的令牌环网（Token Ring）。虽然 3 类比 5 类便宜，但为了获得更高的吞吐量，5 类线正逐渐代替 3 类线。
- 4 类线（CAT 4）：一种包括 4 个电线对的 UTP 形式。它能支持高达 10 Mbps 的吞吐量，CAT 4 可用于 16 Mbps 的令牌环网（Token Ring）或 10 Mbps 的以太网（Ethernet）网络中。它可确保信号带宽高达 20 MHz。与 CAT 1、CAT 2 或 CAT 3 相比，它能提供更多的保护，以防止串扰和衰减。
- 5 类线（CAT 5）：用于新网安装及更新到快速以太网（Ethernet）的最流行的 UTP 形式。CAT 5 包括 4 个电线对，支持 100 Mbps 吞吐量和 100 Mbps 信号速率。除 100 Mbps Ethernet 之外，CAT 5 电缆还支持其他的快速连网技术，例如异步传输模式（ATM）。
- 超 5 类：CAT 5 电缆的更高级别的版本。它包括高质量的铜线，能提供一个高的缠绕率，使用先进的方法减少串扰。增强 CAT 5 能支持高达 200 MHz 的信号速率，是常规 CAT 5 容量的 2 倍。
- 6 类线（CAT 6）：包括 4 对电线对的双绞线电缆。每对电线被箔绝缘体包裹，另一层箔绝缘体包裹在所有电线对的外面，同时一层防火塑料封套包裹在第二层箔层外面。箔绝缘体对串扰提供了较好的阻抗，从而使得 CAT 6 能支持的吞吐量是常规 CAT 5 吞吐量的 6 倍。

## 光纤

在局域网传输介质领域中，光纤是一种特殊的传输介质，因为它将有线连接方式和无线连接方式融为一体。由于无线局域网的性能限制，所以在无线局域网的构建过程很少能够用到光纤，在此只进行简单的介绍。

光纤采用光学纤维作为传输的介质。光学纤维是细（2~125 $\mu\text{m}$ ）而软的，能够传导光束的介质。各种玻璃和塑料可用来制造光学纤维。使用超高纯度的熔融石英已能获得最低的损耗，但制造超高纯度的纤维是困难的。采用具有较高损耗的多成分的光学纤维比较经济，而且能提供良好的性能。塑料纤维在成本上更低，可用于短距离链路。对这种链路，适度的高损耗是可以接受的。光缆具有圆柱形的形状，由两个同心部分组成：纤芯、包层和护套。纤芯是最内层部分，它由一根或多根非常细的由玻璃或塑料制成的绞合线或纤维组成。每一根纤维都由各自的玻璃或塑料的涂层包着（叫做包层），它具有与纤芯不同的光学特性。最外层是护套，它包着一根或一束已加包层的纤维。护套是由分层的塑料和其附属材料制成的，用它来防止潮气、擦伤、压伤和其他外界带来的危害。

光纤包括两种类型：多模光纤和单模光纤。来自光源的光进入圆柱形玻璃或塑料纤芯。小角度的入射光线被反射并沿光纤传播，其余光线被周围介质所吸收，这种传播方式叫做多模（系指多个反射角）方式。当纤芯半径降低到波长的量级时，只有单个角度或单个模，即只有轴向光束能通过，这种传播方式叫做单模方式。相对多模方式而言，单模方式具有较优越的性能。

## 无线传输介质

对于无线传输介质，我们主要介绍在构建网络中经常见到的红外线和微波。

### 红外线

红外线辐射的电磁波频谱范围在可见光和微波之间。利用红外线技术进行通信的网络通过空气传输数据，红外线系统使用相当高的频率作为传输数据的机制。我们最常见的红外线数据传输就是电视机的遥控器发送的控制信号。红外线方式最大的优点是传输方式不受微波的干扰，但红外线对于非透明物体的透过性极差，任何不透明的物体都会阻碍红外线信号传播，因而不适合用于移动通信。红外线系统设计相对容易，它只需要探测到一个数据的振幅。由于红外线（IR, Infrared）的无线局域网设计简单，因而价格相对便宜。

网络可以使用两种类型的红外传输：直接和间接。直接红外传输要求发射方和接收方彼此处在视线内，不能在两台没有可视传输路径的计算机之间通过直接红外传输方式传输数据。这种“视线”的限制不利于红外传输在现代网络环境中的广泛使用。另一方面，“视线”要求也使红外传输比其他许多传输方法都要安全。当信号被限制在一条特定的路径上时，信号是难以被中途拦截的。目前直接红外传输主要用于在同一房间中设备间的通信，比如笔记本之间或与 PDA 之间保持特定环境下的网络连接和信息交换。因为在所有的计算机设备上的红外端口几乎都是标准的，所以它们都能够建立通信。在间接红外传输中，信号通过路径中的墙壁、天花板或任何其他物体的反射来传输数据。由于间接红外传输信号不被限定在一条特定的路径上，这种传输方式不是很安全。



## 微波

微波技术最初并不是真正意义上的局域网技术，它更多的被用于广域的无线网络。用于空间传输的电波是一种电磁波，其传播的速度等于光速。无线电波可以按照频率或波长来分类和命名。由于微波绕射能力相对较差，所以主要作为视距或超视距中继通信。表 1-1 展示了微波频段与其他无线电通信频段之间的关系。微波的发射过程是经过铜导体的高频率的交流电信号，然后通过天线发射到空气中。天线转换/传输一个有线信号到一个无线信号。当高频率的交流电信号辐射到空气中时，它就构成了微波。微波从发射源（天线）发射出去后，以直线的方式传播出去。

表 1-1 无线通信使用的电磁波的频率范围和波段

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	100~10Mm ( $10^8\sim 10^7\text{m}$ )	
超低频 (SLF)	30~300Hz	超长波	10~1Mm ( $10^7\sim 10^6\text{m}$ )	
特低频 (ULF)	300~3000Hz	特长波	1000~100km ( $10^6\sim 10^5\text{m}$ )	
甚低频 (VLF)	3~30kHz	甚长波	100~10km ( $10^5\sim 10^4\text{m}$ )	
低频 (LF)	30~300kHz	长波	10~1km ( $10^4\sim 10^3\text{m}$ )	
中频 (MF)	300~3000kHz	中波	1000~100m ( $10^3\sim 10^2\text{m}$ )	
高频 (HF)	3~30MHz	短波	100~10m ( $10^2\sim 10\text{m}$ )	
甚高频 (VHF)	30~300MHz	超短波 (米波)	10~1m	
特高频 (UHF)	300~3000MHz	微波	分米波	1~0.1m ( $1\sim 10^{-1}\text{m}$ )
超高频 (SHF)	3~30GHz		厘米波	10~1cm ( $10^{-1}\sim 10^{-2}\text{m}$ )
极高频 (EHF)	30~300GHz		毫米波	10~1mm ( $10^{-2}\sim 10^{-3}\text{m}$ )
至高频 (THF)	300~3000GHz		亚毫米波	1~0.1mm ( $10^{-3}\sim 10^{-4}\text{m}$ )
		光波	$3\times 10^{-3}\sim 3\times 10^{-5}\text{mm}$ ( $3\times 10^{-6}\sim 3\times 10^{-8}\text{m}$ )	

如果扔一块石头到一个平静的湖里，观察以石头入水点为中心的波纹，就能理解微波从天线端是如何传播的，如图 1-7 所示。理解微波的传播是理解无线局域网的基础。没有这些基础知识，我们就不能正确地确定设备安装的位置和如何解决无线局域网遇到的问题。详细的内容在第四章中进行介绍。

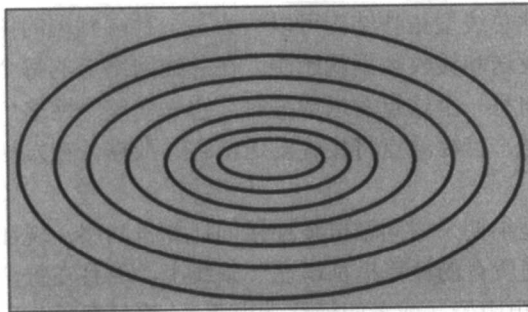


图 1-7 水波纹示意