

本章学习要点

- 局域网概述；
- 局域网的主要技术；
- 以太网；
- 无线局域网；
- 网络连接设备。

局域网(LAN)是计算机网络的一种,它具有一般计算机的特点,又有自己的特征。它的范围比较小,比如一个办公室、一栋楼或一个校园。局域网通过通信线路将众多计算机及外设连接起来,以达到数据通信和资源共享的目的。现在,世界上每天都有成千上万个局域网在运行,其数量远远超过了广域网。

3.1 局域网概述

3.1.1 局域网的特点

局域网的特点主要有以下几个方面。

1. 较小的地域范围

局域网用于办公室、机关、工厂、学校等内部联网,其范围没有严格的定义,但一般认为距离为 0.1~25km。

2. 高传输速率和低误码率

目前局域网传输速率一般为 10~100Mb/s,最高可达 1000Mb/s,其误码率一般在 10^{-8} ~ 10^{-11} 之间。

3. 面向的用户比较集中

局域网一般为一个单位所建,在单位或部门内部控制管理和使用,服务于本单位的用户,其网络易于建立、维护和扩展。

4. 使用多种传输介质

局域网可以根据不同的性能需要选择价格低廉的双绞线、同轴电缆或价格较贵的光纤



以及无线局域网。

3.1.2 局域网层次结构及标准化模型

1. 局域网的层次结构

局域网是一种将小区域内的各种通信设备互联在一起的通信网络,因此它不具备广域网的路由功能,它的参考模型只相当于 OSI 参考模型的最低两层,即物理层和数据链路层;而且,为了使局域网中的数据链路层不至于过于复杂,将数据链路层进一步划分为两个子层:媒体访问控制(Medium Access Control, MAC)子层和逻辑链路控制(Logical Link Control, LLC)子层,如图 3.1 所示。

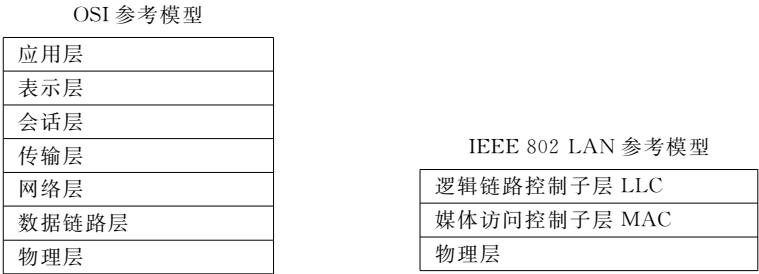


图 3.1 OSI 参考模型与 IEEE 802 LAN 参考模型

1) 物理层

IEEE 802 局域网参考模型中的物理层的功能与 OSI 参考模型中的物理层的功能相同:实现比特流的传输与接收以及数据的同步控制等。IEEE 802 还规定了局域网物理层所使用的信号与编码、传输介质、拓扑结构和传输速率等规范。

(1) 采用基带信号传输。

在数据通信中,由计算机或终端等数字设备直接发出的信号是二进制数字信号,是典型的矩形电脉冲信号,其频谱包括直流、低频和高频等多种成分。在数字信号频谱中,把直流(零频)开始到能量集中的一段频率范围称为基本频带,简称为基带。因此,数字信号被称为数字基带信号,在信道中直接传输这种基带信号的就称为基带传输。

在基带传输中,整个信道只传输一种信号,通信信道利用率低。由于在近距离范围内,基带信号的功率衰减不大,从而信道容量不会发生变化,因此,在局域网中通常使用基带传输技术。在基带传输中,需要对数字信号进行编码来表示数据。

(2) 数据编码采用曼彻斯特编码。

曼彻斯特编码常用于局域网传输。在曼彻斯特编码中,每一位的中间有一跳变,位中间的跳变既作时钟信号,又作数据信号;从高到低跳变表示“1”,从低到高跳变表示“0”。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。

(3) 传输介质可以是双绞线、同轴电缆和光纤等。

- (4) 拓扑结构可以是总线型、树型、星型和环型。
- (5) 传输速率可以是 10Mb/s、100Mb/s、1000Mb/s。

2) 局域网的数据链路层

局域网的数据链路层分为两个功能子层,即媒体访问控制 MAC 子层和逻辑链路控制 LLC 子层。LLC 和 MAC 共同完成类似 OSI 数据链路层的功能。IEEE 802 模型中之所以要将数据链路层分解为两个子层,主要目的是使数据链路层的功能与硬件有关的部分和与硬件无关的部分分开,比如,IEEE 802 标准制定了几种 MAC 子层的介质访问控制方法,对于这些不同的方法都共同使用了 LLC 子层的逻辑链路控制功能。通过分层使 IEEE 802 标准具有很好的可扩充性,有利于将来使用新的媒体访问控制方法。

注意:在媒体访问控制子层形成的数据帧中使用了 MAC 地址,这个地址也称为物理地址。物理地址被固化在网卡中,所以物理地址就是网卡号,网卡号是唯一的。

媒体访问控制子层 MAC 主要解决各种与传输媒体相关的问题,同时还负责在物理层的基础上进行无差错的通信,具体包括如下功能:

- (1) 完成数据帧的封装和拆除。

数据帧是物理网络传输过程中的一种模式,一种固定的模式,所有的数据报都会被封装成这样的数据帧投到网络上,当一台计算机的网卡收到一个数据帧,物理层会解包,然后由物理层的上一层解读 IP 地址,如果不是,会丢弃掉这个帧,不会处理数据,如果是,那么就会处理数据,接收后面的数据帧。

- (2) 实现媒体访问控制协议。
- (3) 完成比特差错检测。
- (4) 实现寻址功能。

逻辑链路控制子层 LLC 实现的功能与传输媒体无关,具体包括:

- (1) 建立和释放数据链路层的逻辑连接。
- (2) 提供与高层的接口。
- (3) 差错控制,给帧加上序号。

2. 局域网的标准化模型

IEEE 在 1980 年 2 月成立了 LAN 标准化委员会(简称 IEEE 802 委员会),专门从事 LAN 的协议制订,形成了一系列的标准,称为 IEEE 802 标准。IEEE 802 标准系列包含以下部分:

- 802.1 基本介绍和接口原语定义;
- 802.2 逻辑链路控制子层(LLC);
- 802.3 采用 CSMA/CD 技术的局域网;
- 802.4 采用令牌总线(Token Bus)技术的局域网;
- 802.5 采用令牌环(Token Ring)技术的局域网;
- 802.11 无线局域网;
- 802.12 优先级高速局域网(100Mb/s)。

各个子标准之间的关系如图 3.2 所示。

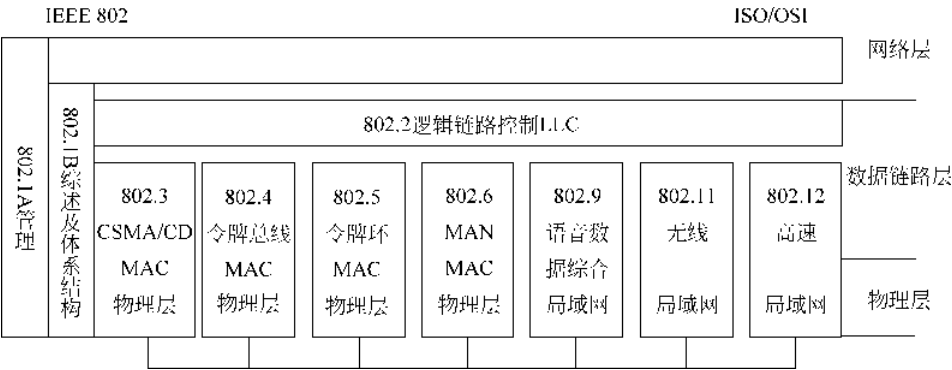


图 3.2 IEEE 802 模型

3.2 局域网的主要技术

决定局域网特征的主要技术有拓扑结构、传输介质及访问控制方法。

3.2.1 拓扑结构

局域网的网络拓扑结构主要分为总线型、环型和星型结构三种。

1. 总线型拓扑结构

总线型拓扑结构是局域网主要的拓扑结构之一。总线型局域网的拓扑结构如图 3.3 所示。总线型局域网的介质访问控制方法采用“共享介质”方式。总线型拓扑结构的优点是结构简单、易于扩展、可靠性较好。

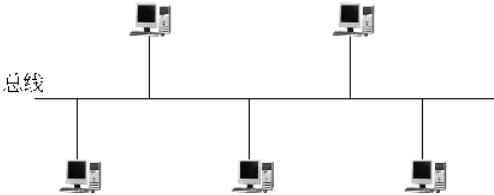


图 3.3 总线型局域网的拓扑结构

总线型拓扑结构局域网的主要特点如下：

- (1) 所有节点都通过网卡直接连接到一条作为公共传输介质的总线上。
- (2) 总线通常采用双绞线或同轴电缆作为传输介质。
- (3) 所有节点都通过总线传输介质发送或接收数据，但一段时间内只允许一个节点通过总线传输介质发送数据，当一个节点通过总线传输介质以“广播”方式发送数据时，其他的节点只能以“收听”方式接收数据。
- (4) 由于总线作为公共传输介质为多个节点共享，就有可能出现同一时刻有两个或两

个以上节点通过总线发送数据的情况,因此会出现“冲突”(collision)造成传输失败。

(5) 在“共享介质”方式的总线型局域网实现技术中,必须解决多个节点访问总线的介质访问控制问题。

2. 环型拓扑结构

环型拓扑结构是共享介质局域网主要的拓扑结构之一,环型局域网的拓扑结构如图 3.4 所示。在环型拓扑结构中,节点通过相应的网卡,使用点对点线路连接,构成闭合的环型。环中数据沿着一个方向绕环逐站传输。

在环型拓扑中,多个节点共享一条环通路,为了确定环中的节点在什么时候可以传送数据帧,同样要进行介质访问控制。因此,环型拓扑结构的实现技术中也要解决介质访问控制方法的问题。与总线型拓扑一样,环型拓扑一般也采用某种分布式控制方法,环中每个节点都要执行发送与接收控制逻辑。

3. 星型拓扑结构

在星型拓扑结构中存在一个中心节点,每个节点通过点到点线路与中心节点连接,任何两个节点之间的通信都要通过中心节点转接。星型拓扑结构如图 3.5 所示。

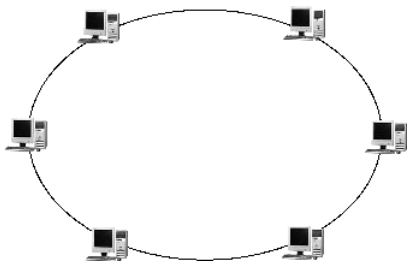


图 3.4 环型局域网的拓扑结构

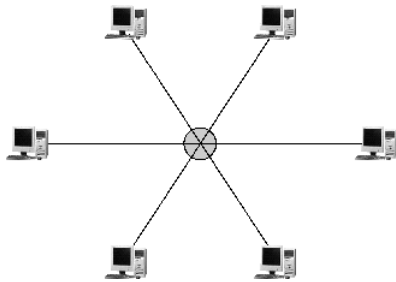


图 3.5 星型拓扑结构

在局域网中,由于使用中央设备的不同,局域网的物理拓扑结构(各设备之间使用传输介质的物理连接关系)和逻辑拓扑结构(设备之间的逻辑链路连接关系)也将不同,比如,使用集线器连接所有的计算机时,其物理连接是星型结构,但其逻辑拓扑结构是总线型拓扑结构。

3.2.2 传输介质

局域网常用的传输介质有同轴电缆、双绞线、光纤和无线通信信道,如图 3.6 所示。早期应用最多的是同轴电缆。随着计算机通信技术的发展,双绞线和光纤的应用十分普遍。尤其是双绞线物美价廉,在局域网中使用得比较多,常用的非屏蔽 5 类双绞线的传输速率可达 100Mb/s,在局域网中被广泛使用。

在局部范围内的中、高速局域网中使用双绞线,在远距离传输中使用光纤,在有移动节点的局域网中采用无线技术已基本成为业界首选。



图 3.6 有线传输介质

3.2.3 介质访问控制方法

所谓介质访问控制方法,是指多个节点利用公共传输介质发送和接收数据的方法,介质访问控制方法是所有“共享介质”类局域网都必须解决的问题。

介质访问控制方法需要解决以下几个问题:

- (1) 应该哪个节点发送数据?
- (2) 在发送时会不会出现冲突?
- (3) 出现冲突时怎么办?

IEEE 802 规定了局域网中最常用的介质访问控制方法:带有冲突检测的载波侦听多路访问(CSMA/CD)、令牌环(Token Ring)和令牌总线(Token Bus)。

1) CSMA/CD 介质访问控制

由 IEEE 802.3 标准确定的 CSMA/CD 检测冲突的方法如下:

(1) 当一个站点想要发送数据的时候,它检测网络查看是否有其他站点正在传输,即监听信道是否空闲。

(2) 如果信道忙,则等待,直到信道空闲;如果信道闲,站点就传输数据。

(3) 在发送数据的同时,站点继续监听网络确信没有其他站点在同时传输数据。因为有可能两个或多个站点都同时检测到网络空闲然后几乎在同一时刻开始传输数据。如果两个或多个站点同时发送数据,就会产生冲突。

(4) 当一个传输节点识别出一个冲突,它就发送一个拥塞信号,这个信号使冲突的时间足够长,让其他的节点都能发现。

(5) 其他节点收到拥塞信号后,都停止传输,等待一个随机产生的时间间隙(回退时间)后重发。

上述对 CSMA/CD 协议的工作过程通常可以概括为“先听后发,边听边发,冲突停发,随机重发”。

2) 令牌环(Token Ring)

令牌环的操作过程如下:

(1) 网络空闲时,只有一个令牌在环路上绕行。

(3) 当一个站点要发送数据时,必须等待并获得一个令牌,将令牌的标志位置为 1,随后便可发送数据。

(3) 环路中的每个站点边发送数据,边检查数据帧中的目的地址,若为本站点地址,便

读取其中所携带的数据。

(4) 数据帧绕环一周返回时,发送站将其从环路上撤销。

(5) 发送站完成数据发送后,重新产生一个令牌传至下一个站点,以使其他站点获得发送数据帧的许可权。

对于令牌环,由于每个节点不是随机地争用信道,不会产生冲突,因此它是一种确定型的介质访问控制方法,而且每个节点发送数据的延迟时间可以确定。在轻负载时,由于存在等待令牌的时间,效率较低;而在重负载时,对各节点公平,且效率高。这一点正好和 CSMA/CD 相反。

3) 令牌总线(Token Bus)

令牌总线访问控制是在物理总线上建立一个逻辑环,如图 3.7 所示。

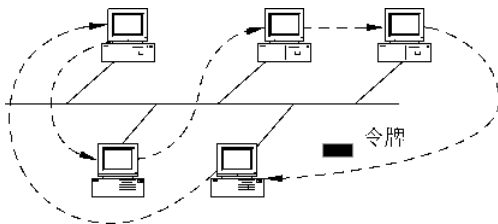


图 3.7 令牌总线局域网逻辑环示意图

从物理连接上看,它是总线结构的局域网,但从逻辑上看,它是环型拓扑结构,连接到总线上的所有节点组成了一个逻辑环,每个节点被赋予一个顺序的逻辑位置。和令牌环一样,节点只有取得令牌才能发送数据,令牌在逻辑环上依次传递。在正常运行时,当某个节点发完数据后,就要将令牌传送给下一个节点。

令牌总线的主要操作如下:

(1) 环初始化,即生成一个顺序访问的次序。

(2) 令牌传递。

(3) 站插入环算法。必须周期性地给未加入环的站点以机会,将它们插入到逻辑环的适当位置中。如果同时有几个站要插入时,可采用带有响应窗口的争用处理算法。

(4) 站退出环算法。可以通过将其前趋站和后继站连接到一起的办法,使不活动的站退出逻辑环,并修正逻辑环递减的站地址次序。

(5) 故障处理。网络可能出现错误,这包括令牌丢失引起断环、重复地址、产生多个令牌等。网络需要对这些故障做出相应的处理。

令牌环总线的特点如下:

(1) 由于只有收到令牌帧的站点才能将信息帧送到总线上,所以令牌总线不可能产生冲突,因此也就没有最短帧长度的要求。

(2) 由于站点接收到令牌的过程是依次进行的,因此对所有站点都有公平的访问权。

(3) 由于每个站点发送帧的最大长度可以加以限制,所以每个站点传输之前必须使等待的时间总量是“确定”的。

3.3 以太网

3.3.1 以太网的产生和发展

以太网是目前使用最为广泛的局域网,从 20 世纪 70 年代末期就有了正式的网络产品。在 20 世纪 80 年代中期,以太网与 PC 同步发展,其传输速率自初期的 10Mb/s 发展到 20 世纪 90 年代的 100Mb/s,而目前 1Gb/s 的以太网产品已很成熟。以太网支持的传输介质从最初的同轴电缆发展到双绞线和光缆,星型拓扑的出现使以太网技术上了一个新台阶,获得更迅速的发展。从共享型以太网发展到交换型以太网,并出现了全双工以太网技术,致使整个以太网系统的带宽呈十倍、百倍地增长,并保持足够的系统覆盖范围。

以太网技术由 Xerox 公司于 1973 年提出并实现,最初以太网的速率只有 2.94Mb/s,之后在 Xerox、Digital、Intel 的共同努力下于 1980 年推出了 10Mb/s DIX 以太网标准。1983 年,以太网技术(802.3)与令牌总线(802.4)和令牌环(802.5)共同成为局域网领域的三大标准。1995 年,IEEE 正式通过了 802.3u 快速以太网标准,以太网技术实现了第一次飞跃,1998 年 802.3z 千兆以太网标准正式发布,2002 年 7 月 18 日 IEEE 通过了 802.3ae: 10Gb/s 以太网又称万兆以太网。分析以太网的发展历程和技术特点,可以发现以太网的发展主要得益于以下原因:

- (1) 开放标准,获得众多厂商的支持。
- (2) 结构简单,管理方便,价格低。
- (3) 持续技术改进,满足用户不断增长的需求。
- (4) 网络可平滑升级,保护用户投资。

3.3.2 传统以太网

传统以太网的速率一般为 10Mb/s,其使用的传输介质有 4 种,分别为铜缆(又分为粗缆和细缆)双绞线和光纤。相应地,以太网也有 4 种不同的物理层,如图 3.8 所示。

1. 粗缆以太网

10Base5 型局域网通常称为粗缆以太网,它是最早出现的以太网。10Base5 的含义为:10 表示信号在电缆上传输速率为 10Mb/s,Base 表示电缆上的信号为基带信号,5 表示网络中每一段电缆最大长度为 500m。

2. 细缆以太网

10Base2 型局域网通常称为细缆以太网,它的传输介质采用细同轴电缆,它易于安装和使用。10Base2 的含义为:10 表示信号在电缆上传输速率为 10Mb/s,Base 表示电缆上的信

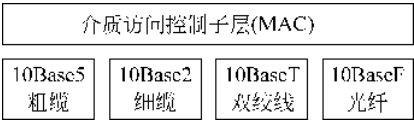


图 3.8 以太网的 4 种不同物理层

号为基带信号,2表示网络中每一段电缆最大长度为200m。

注意:同轴电缆的长度受限制是因为信号沿总线传输时会有衰减,若总线太长,则信号将会衰减得很弱,当电缆长度超过一定的极限后,就会影响载波监听和冲突检测的正常工作,因此,以太网所用的同轴电缆的长度10Base5不超过500m,10Base2不超过200m。

3. 10BaseT 双绞线以太网

10BaseT以太网,采用Hub和众多双绞线,线的最大长度为100m。由于这种局域网的配线十分方便,故障检测也十分容易,价格低廉,所以被广泛采用,并进一步发展为速率为100Mb/s的100BaseT。

3.3.3 快速以太网

随着局域网应用的深入,用户对局域网的带宽提出了更高的要求。对于目前已经存在的Ethernet来说,既要保护用户已有的投资,又要增加网络带宽,这样,新一代高速局域网Fast Ethernet(快速以太网)应运而生。

快速以太网的传输速率为100Mb/s。它保留了传统的10Mb/s速率以太网的所有特征,即相同的数据格式、相同的介质访问控制方法CSMA/CD和相同的组网方法,只是将有关的时间参量提高10倍。

快速以太网和10BaseT一样,采用Hub的拓扑结构,使用同样的线缆配置,同样的软件,并有大量厂商支持,因此,它为用户提供了10BaseT平滑过渡到100Mb/s性能的方案。

3.3.4 千兆位以太网

在传统的10Mb/s或100Mb/s以太网基础上,只要减少其传输距离,就能获得更高的速率。能否在不减少传输距离的前提下,使以太网达到1000Mb/s的水平呢?答案是肯定的,千兆位以太网就是这样一种网络技术。

千兆位以太网遵守同样的以太网通信规程,即CSMA/CD介质访问控制方法,因此它仍然是一种共享介质的局域网。发送到网上的信号是广播式的,接收站根据地址接收信号。网络接口硬件能侦听线路上是否已存在信号,以避免冲突。

千兆位以太网有铜线和光纤两种标准。

千兆位以太网的问世,反映了当前局域网技术的发展趋势。它不仅满足了应用对网络速率和带宽的要求,而且较好地解决了和传统的10Mb/s以太网及100Mb/s以太网的兼容与升级,因此它在今后局域网的市场上特别是局域网的骨干网上将作为主流技术不断发展。

3.3.5 交换式以太网

1. 交换机概述

20世纪90年代初,随着计算机性能的提高及通信量的骤增,传统局域网已经愈来愈超



出了自身的负荷,交换式以太网技术应运而生,大大提高了局域网的性能。与现在基于网桥和路由器的共享媒体的局域网拓扑结构相比,网络交换机能显著地增加带宽。交换技术的加入,就可以建立地理位置相对分散的网络,使局域网交换机的每个端口可平行、安全、同时的互相传输信息,而且使局域网可以高度扩充。

对于使用共享式集线器的用户,在某一时刻只能有一对用户通信,而交换机提供了多个通道,它允许多个用户之间同时进行数据传输。如图 3.9 所示,因此,它比传统的共享式集线器提供了更多的带宽。

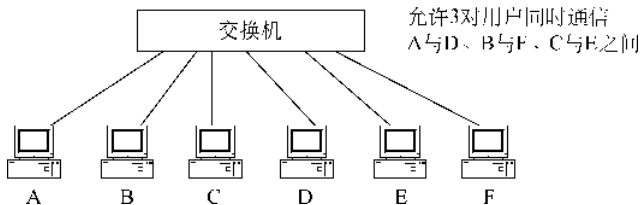


图 3.9 各用户在交换机之间通信示意图

2. 交换机的工作原理

以太网交换机的原理很简单,它检测从以太网端口来的数据包的源和目的地的 MAC (介质访问层)地址,然后与系统内部的动态查找表进行比较,若数据包的 MAC 层地址不在查找表中,则将该地址加入查找表中,并将数据包发送给相应的目的端口。

3. 交换式以太网技术的优点

交换式以太网不需要改变网络其他硬件,包括电缆和用户的网卡,仅需要用交换式交换机改变共享式 Hub,节省用户网络升级的费用。

可在高速与低速网络间转换,实现不同网络的协同。目前大多数交换式以太网都具有 100MB/s 的端口,通过与之相对应的 100MB/s 的网卡接入到服务器上,暂时解决了 10MB/s 的瓶颈,成为网络局域网升级时首选的方案。

它同时提供多个通道,比传统的共享式集线器提供更多的带宽,传统的 10MB/s/100MB/s 以太网采用广播式通信方式,每次只能在一对用户间进行通信,如果发生碰撞还得重试,而交换式以太网允许不同用户间进行传送,比如,一个 16 端口的以太网交换机允许 16 个站点在 8 条链路间通信。

特别是在时间响应方面的优点,使局域网交换机备受青睐。它以比路由器低的成本却提供了比路由器宽的带宽、高的速度,除非有上广域网(WAN)的要求,否则,交换机有替代路由器的趋势。

3.4 无线局域网

随着网络的飞速发展,笔记本电脑的普及,人们对移动办公的要求越来越高。传统的有线局域网要受到布线的限制,如果建筑物中没有预留的线路,布线以及调试的工程量将非常

大,而且线路容易损坏,给维护和扩容等带来不便,网络中的各节点的搬迁和移动也非常麻烦。因此高效快捷、组网灵活的无线局域网应运而生。

无线局域网 WLAN(Wireless Local Area Network)是计算机网络与无线通信技术相结合的产物。它以无线多址信道作为传输媒介,利用电磁波完成数据交互,实现传统有线局域网的功能。

1. 无线局域网的特点

1) 安装便捷

无线局域网免去了大量的布线工作,只需要安装一个或多个无线访问点(Access Point, AP)就可覆盖整个建筑的局域网络,而且便于管理、维护。

2) 高移动性

在无线局域网中,各节点可随意移动,不受地理位置的限制。目前,AP 可覆盖 10~100m。在无线信号覆盖的范围内,均可以接入网络,而且 WLAN 能够在不同运营商、不同国家的网络间漫游。

3) 易扩展性

无线局域网有多种配置方式,每个 AP 可支持 100 多个用户的接入,只需在现有无线局域网基础上增加 AP,就可以将几个用户的小型网络扩展为几千用户的大型网络。

2. 无线局域网技术

蓝牙(Bluetooth)技术是一种短距的无线通信技术,工作在 2.4GHz ISM 频段,其面向移动设备间的小范围连接,通过统一的短距离无线链路,在各种数字设备间实现灵活、安全、低成本、低功耗的语音以及数据通信。

3. 无线局域网的安全性

由于无线局域网采用公共的电磁波作为载体,更容易受到非法用户入侵和数据窃听。无线局域网必须考虑的安全因素有三个:信息保密、身份验证和访问控制。为了保障无线局域网的安全,主要有以下几种技术:

(1) 物理地址(MAC)过滤。

每个无线工作站的无线网卡都有唯一的物理地址,类似以太网物理地址。可以在 AP 中建立允许访问的 MAC 地址列表,这种方法要求 MAC 地址列表必须随时更新,可扩展性差。

(2) 服务集标识符(SSID)匹配。

对 AP 设置不同的 SSID,无线工作站必须出示正确的 SSID 才能访问 AP,这样就可以允许不同的用户群组接入,并区别限制对资源的访问。

(3) 有线等效保密(WEP)。

(4) 虚拟专用网络(VPN)。

VPN(Virtual Private Networking)是指在一个公共的 IP 网络平台上通过隧道以及加密技术保证专用数据的网络安全性,它主要采用 DES、3DES 以及 AES 等技术来保障数据传输的安全。