

第 4 章 计算机局域网



问题原由

局域网技术是当前计算机网络技术领域中非常重要的一个分支。局域网的研究始于 20 世纪 70 年代,随着微型计算机的发展、计算机网络的广泛应用,以及人们对信息交流、资源共享和宽带网的需求,推动着局域网的高速发展。其中,以太网是其典型代表,以太网技术发展最为迅速,应用最为广泛。因此,也是我们学习的重点。



教学重点

本章重点讨论局域网的参考模型与标准、局域网介质访问控制方法、局域网的连接设备及其工作原理、局域网组网方法、高速局域网、无线局域网等。



能力要求

熟悉各种局域网技术,了解最新局域网技术的发展,掌握局域网的组网技术,基本具备独立设计和组建局域网的能力。

§ 4.1 局域网概述

计算机局域网(Local Area Network, LAN)是一种小范围内(一般为几公里),以实现资源共享、数据传递和彼此通信为基本目的,由计算机、网络连接设备和通信线路,按照某种网络结构连接而成的,配有相应软件的计算机网络。局域网涉及到许多重要概念和关键技术,例如决定局域网性能的主要因素、局域网的性能特点、局域网的基本类型、局域网参考模型和协议标准,以及局域网介质访问控制方法等。

4.1.1 局域网的产生与发展

1. 局域网的产生

局域网技术是在远程分组交换通信网络基础上发展起来的。局域网的结构和协议最初来源于分组交换通信,而硬件技术来自计算机和远程网络。从 1969 年第一个计算机网络——远程通信交换网 ARPANet 诞生到 20 世纪 70 年代后期,分组交换通信网络得到很大发展,并积累了很多经验。与此同时,计算机硬件技术的飞速发展,硬件价格急剧下降,硬件功能却不断增强,微型计算机和小型计算机被广泛应用。在一个单位,甚至一栋楼内,除了拥有少量的大、中型

计算机外,还拥有为数众多的微型机、工作站和小型机。为了共享软、硬件资源和相互之间传递数据和文件,于是产生了近距离高速通信的要求,这就是局域网产生的背景。

1972 年 Bell 公司提出了两种环型局域网技术,1973 年以太网(Ethernet)问世。以太网的核心技术是以太网协议,即数据链路层协议,它是今天运行的大多数局域网所使用的协议。以太网的核心思想是使用共享的公共传输信道,这一思想来源于夏威夷大学。20 世纪 60 年代末,该校的 Norman Abramson 及其同事为了在夏威夷的各个岛屿之间能够进行网络通信,研制了一个名为“AltoAloha”的无线网络系统。20 世纪 70 年代初,美国施乐(Xerox)公司的工程师 Bob Metcalfe 和 David Boggs 开发出了一个实验性网络系统,称为“AltoAloha 网络”,以便与 Xerox 公司的一种具有图形用户界面的个人计算机 Alto 互连起来。1973 年, Bob Metcalfe 和 David Boggs 将“AltoAloha”改名为“以太网”,由此,以太网便诞生了。

2. 局域网的发展

20 世纪 70 年代末,局域网技术已多达数十种,但由于没有统一的标准,各种网络技术互不兼容,极大地限制了局域网的推广与应用。1979 年, Bob Metcalfe 开始了以太网标准化的研制工作。1980 年, DEC、Intel 和 Xerox 公布了以 3 家公司名字的首字母命名的 10M “以太网”标准规范,即 Ethernet V1.0。后经进一步修改,产生了第二版以太网标准规范 Ethernet V2.0。在 DIX 开展 Ethernet 标准化工作的同时,国际电气和电子工程师协会(IEEE)组成了一个定义与促进工业 LAN 标准的委员会,该委员会名为 IEEE 802。

1981 年 6 月, IEEE 802 决定组成 802.3 分委员会,以办公室环境为主要目标产生基于 DIX 工作成果的国际公认标准。1983 年 IEEE 802.3 委员会以 Ethernet V2.0 为基础,正式制定并颁布了以太网 802.3 标准,这个标准被称为标准以太网(IEEE 10Base-5),从此,局域网开始进入标准化进程,它极大地促进了局域网的应用与发展。

随着高性能快速处理器计算机的出现和计算机网络应用的不断扩大与深入,对网络传输速率的要求越来越高,而且对网络带宽也提出了更高的要求,这些要求已远远超出了当时局域网所提供的技术。为了满足应用对网络高带宽的要求,人们开始研究高速局域网技术。1983 年,美国国家标准化委员会 ANSI X3T9.5 委员会提出了光纤分布式数据接口(Fiber Distributed Data Interface, FDDI)标准,使局域网的传输速率提高到 100Mb/s。1985 年在 IBM 公司推出的著名令牌环网的基础上, IEEE802 委员会又制定了令牌环标准 IEEE802.5。

进入 90 年代以后,愈来愈多的个人计算机加入到网络之中,导致了网络流量快速增加以及市场上个人计算机的销量愈来愈大,速度和性能也在迅速提高,这使人们对网络的需求以及对网络的容量、传输数据速度的要求大大提高。1990 年,为了提高以太网的传输速率,在 10M 以太网的基础上,开发了快速以太网技术,并在 1995 年 6 月通过了 100 Base-T 快速以太网标准 IEEE802.3u,其带宽比标准以太网提高了 10 倍。这一阶段的网络技术是共享传输通道和共享传输带宽的共享式局域网技术。

然而,随着网络规模的不断扩大,共享式局域网无法提供足够的带宽来满足网络应用对带宽日益增长的需求。于是从 1993 年开始,在开发快速以太网的同时,开始研究交换式网络技术,并先后推出了交换以太网、交换令牌环和交换 FDDI 技术。随着交换式网络技术的研究与发展,又相继推出了异步传输模式(ATM)、千兆位以太网和万兆位以太网。目前局域网的带宽已达到 10Gb/s。随着全球信息化进程的迅速发展,局域网的发展将会更加迅猛,在不久的将来,会有 1Tb/s 的传输技术面世。

4.1.2 局域网的性能特点

1. 局域网的性能

决定局域网性能的主要因素有 3 个：连接各种设备的传输介质、设备构成的网络拓扑结构和控制数据传输的介质访问控制方法。这 3 个因素在很大程度上决定了传输数据的类型、网络的响应时间、吞吐量、利用率以及网络应用等各种网络特性。

(1) 拓扑结构：局域网以及城域网的典型拓扑结构为星（Star）型、环（Ring）型、总线（Bus）型和树（Tree）型结构等。在局域网中，由于使用中央设备不同，局域网的物理拓扑结构和逻辑拓扑结构也将不同，比如，使用集线器连接所有的计算机时，其结构只能是一种具有星型物理连接的总线型拓扑结构，而只有使用交换机时，才是真正的星型拓扑结构。

(2) 传输介质：局域网的传输介质有同轴电缆、双绞线、光纤、电磁波。同轴电缆是一种较好的传输介质，它既可用于基带系统又可用于宽带系统，并具有吞吐量大、可连接设备多、性能价格比较高、安装和维护较方便等优点，所以在传统局域网中应用比较广泛，但随着双绞线的广泛应用，同轴电缆正在逐步退出市场。双绞线是局域网中最廉价的传输介质，重量轻、安装简便，最高传输速率已达 1000Mb/s，在局域网中被广泛使用。光纤是局域网中最有前途的一种传输介质，它的传输速率可达 1000Mb/s 以上，抗干扰性强，误码率极低（小于 10^{-9} ），传输延迟可忽略不计，并且不受任何强电磁场的影响，也不会泄漏信息，所以不仅广泛用于广域网，而且也适用于局域网。对于不便使用有线介质的场合，可以采用微波、卫星、红外线等作为局域网的传输介质，已获得广泛应用的无线局域网就是其典型例子。

(3) 介质访问控制方法：也称为网络的访问控制方式，是指网络中各结点之间的信息通过介质传输时如何控制、如何合理完成对传输信道的分配、如何避免冲突，同时，又使网络有最高的工作效率及高可靠性等。

2. 局域网的特点

局域网是应用最广泛的一类网络，它既具有一般计算机网络的特点，也具有自己的特征。局域网的主要特点有以下几个方面。

(1) 地域范围小：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。由于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，不受公用网络当局的约束，因而其网络易于建立、维护和扩展。

(2) 误码率低：局域网具有较高的数据传输速率，目前局域网传输速率一般为 10~100Mb/s，最高可以达到 1000Mb/s，其误码率一般在 10^{-8} ~ 10^{-11} 之间。

(3) 传输延时小：局域网中的传输延时很小，一般在几毫秒到几十毫秒之间。

(4) 传输速率高：局域网通信传输速率从 5Mb/s、10Mb/s 到 100Mb/s。随着局域网技术的不断进步，目前正朝着更高的速度发展，如 155Mb/s、655Mb/s、1Gb/s、10Gb/s 等。

(5) 支持多种传输介质：局域网可以根据不同的性能需要选用价格低廉的双绞线、同轴电缆或价格较贵的光纤，以及无线传输介质。在局域网中，通常将多个计算机和网络设备连接到一条共享的传输介质上，因此，其传输信道由连入的多个计算机结点和网络设备共享。

4.1.3 局域网的基本类型

局域网有多种类型，其分类的方式也有多种，如果按照网络转接方式不同，可分为共享式局域网（Shared LAN）和交换式局域网（Switched LAN）两种，如图 4-1 所示。

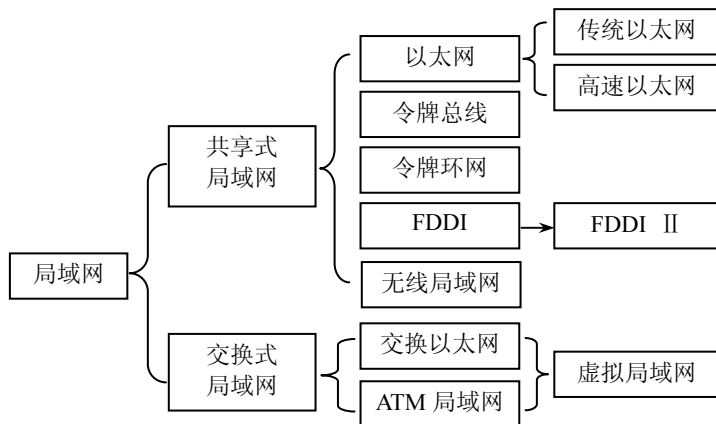


图 4-1 局域网分类

1. 共享式局域网

共享式局域网是指所有结点共享一条公共通信传输介质的局域网技术。共享介质局域网可分为以太网、令牌总线、令牌环、FDDI，以及在此基础上发展起来的高速以太网和 FDDI II 等。无线局域网是计算机网络与无线通信技术相结合的产物，同有线局域网一样，可采用共享方式。

2. 交换式局域网

交换式局域网是指以数据链路层的帧或更小的数据单元（信元）为数据交换单位，以以太网交换机（Ethernet Switch）为核心的交换式局域网技术。交换式局域网可分为交换以太网、ATM 网以及在此基础上发展起来的虚拟局域网，但近年来已很少用 ATM 技术组建局域网。

4.1.4 局域网的参考模型与标准

1. 局域网参考模型

在第 3 章中，曾经介绍了计算机网络的体系结构和国际标准化组织（ISO）提出的开放系统互连参考模型（OSI/RM）。由于该模型已得到广泛认同，并提供了一个便于理解、易于开发和加强标准化的计算机体系结构，因此局域网参考模型也参照了 OSI 参考模型。由于局域网是通信子网，只涉及到有关的通信功能，所以局域网体系结构仅包含 OSI 参考模型中的最低两层，即物理层和数据链路层。

在局域网中，为了实现多个设备共享单一信道资源，数据链路层首先需要解决多个用户争用信道的问题。也就是在某一时刻控制信道应该由谁占用，哪一个结点可以使用传输信道进行通信，我们称其为介质访问控制。由于不同的局域网技术、不同的传输介质和不同的网络拓扑结构其介质访问控制方法不尽相同，所以在数据链路层不可能定义一种与介质无关的、统一的介质访问方法。为了简化协议设计的复杂性，局域网参考模型将数据链路层分为两个功能子层，即逻辑链路控制（Logical Link Control, LLC）子层和介质访问控制（Media Access

Control, MAC) 子层。LLC 子层完成与介质无关的功能, 而 MAC 子层完成依赖于介质的数据链路层功能, 这两个子层共同完成类似 OSI 数据链路层的全部功能。局域网参考模型与 ISO/OSI 参考模型的对应关系如图 4-2 所示。

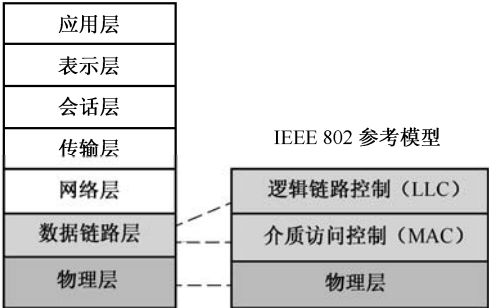


图 4-2 OSI 与 IEEE 802 的对应关系

(1) 物理层: 其功能与 OSI 参考模型中物理层的功能相同, 即实现比特流的传送、接收以及数据的同步控制, 确保二进制位信号的正确传输, 包括比特流的正确传送与正确接收。

物理层制定的标准规范的主要内容如下:

- 拓扑结构有总线型、星型、树型和环型。
- 局域网所支持的传输介质与传输距离。传输介质可以是双绞线、同轴电缆、光纤等。
- 错误校验码及同步信号的产生与删除。
- 传输速率有 10Mb/s、16Mb/s、100Mb/s、1000Mb/s。
- 物理接口的机械特性、电气特性、性能特性和规程特性。
- 编码方案有曼彻斯特、差分曼彻斯特等。
- 物理层向介质访问控制子层提供的服务原语, 包括请求、证实、指示原语。

(2) 介质访问控制子层: 集中了与传输介质有关的部分, 它的主要功能是:

- 负责在发送方把 LLC 数据帧组装成 MAC 数据帧。MAC 数据帧随介质访问控制方法不同而稍有差异, 但都包含源 MAC 地址和目的 MAC 地址以及差错校验字段。
- 负责在接收方对 MAC 数据帧进行拆卸、地址识别和差错校验。
- 实现物理层的数据编码和比特流传输。
- 在计算机网络通信中, 所有的计算机必须使用各自的物理地址。在 MAC 子层形成的地址被称为物理地址。MAC 地址被固化在网卡中, 所有生产网卡的计算机网络厂商都会根据某种规则使网卡中的 MAC 地址各不相同。

(3) 逻辑链路控制子层: 集中了与传输无关的部分, 它的主要功能是:

- 负责向高层提供一个或多个进程的逻辑接口, 具有发送和接收数据帧的功能。
- 对数据帧进行顺序控制、差错控制和流量控制, 使不可靠的物理链路变为可靠的链路。
- 对于面向连接的服务, 负责建立、维持和释放数据链路层的逻辑连接, 提供流量控制。

由局域网参考模型可知, 数据链路层的功能是由 MAC 和 LLC 共同完成的。IEEE 802 模型中之所以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。通过分层使得 IEEE 802 标准具有很好的可扩充性, 有利于将来使用新的介质访问控制方法。

MAC 数据帧是由 LLC 数据帧作为数据字段, 加上相关的控制信息 (如目的地址、源地址、控制信息、帧校验序列 FCS) 而构成的。而 LLC 数据帧则又是由 LLC 子层把高层数据加上 LLC 控制信息封装而成的。MAC 数据帧继续向下传送给物理层, 即进行位流传输。

2. IEEE 802 标准

1980 年 2 月, 电器和电子工程师协会 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) 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, 并制订了 IEEE 802 标准, 并被国际标准化组织 (ISO) 采纳, 作为局域网的国际标准。1985 年公布了 IEEE 802 标准的 5 项标准文本, 同年 ANSI 作为美国国家标准, ISO 也将其作为局域网的国际标准即 ISO 802 标准。后来又扩充了多项标准文本, 其中使用最广泛的标准是以太网、令牌环、令牌总线、无线局域网、虚拟网等。IEEE 802 系列标准之间的内部关系如图 4-3 所示。

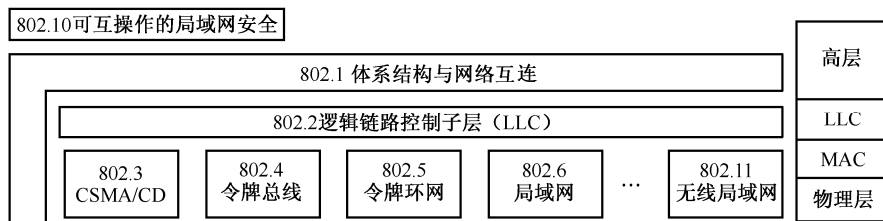


图 4-3 IEEE 802 标准系列的内部关系

IEEE 802 为局域网制定了一系列标准, 目前常用的有以下 11 种标准。

(1) IEEE 802.1: A 定义了局域网体系结构; B 定义了网络互连、网络管理与性能测试等。

(2) IEEE 802.2: 定义了局域网逻辑链路控制 (LLC) 子层的功能与服务。

(3) IEEE 802.3: 定义了局域网 CSMA/CD 总线介质访问控制子层及物理层规范。

(4) IEEE 802.4: 定义了局域网令牌总线 (Token Bus) 介质访问控制子层及物理层规范。

(5) IEEE 802.5: 定义了局域网令牌环 (Token Ring) 介质访问控制子层及物理层规范。

(6) IEEE 802.6: 定义了城域网 (MAN) 介质访问控制子层及物理层规范。

(7) IEEE 802.7: 定义了局域网宽带技术 (咨询和物理层课题与建议实施)。

(8) IEEE 802.8: 定义了局域网光纤传输技术 (咨询和物理层课题)。

(9) IEEE 802.9: 定义了局域网综合语音/数据服务的访问方法和物理规范。

(10) IEEE 802.10: 定义了局域网安全与加密访问方法和物理层规范。

(11) IEEE 802.11: 定义了无线局域网访问方法和物理层规范。

4.1.5 局域网介质访问控制方法

1. 介质访问控制方法概念

将传输介质的频带有效地分配给网络上各结点的方法称为介质访问控制方法。介质访问控制方法是分配介质使用权限的机理、策略和算法, 也是一项关键技术, 它对局域网的体系结构、工作过程和网络性能产生决定性的影响。例如, 对于总线型网络, 连接在总线上的各结点彼此之间如何共享总线介质、通路如何分配、各结点之间如何传递信息 (如 A 结点与 C 结点通信时, B 结点能否与 C 结点通信) 等, 都必须制定一个控制策略, 以决定在某一段时

间内允许哪个结点占用总线发送信息，确保各结点之间能正常发送和接收信息，这就是介质访问控制方法要解决的问题，它主要有以下两个方面：

一是要确定网络上每一个结点能够将信息发送到介质上去的特定时刻；二是要解决如何对共享介质访问和控制。IEEE 802.11 考虑了两种介质访问控制方式，即集中式控制和分布式控制。其中：集中式控制是指网络中有一个单独的集中控制器或有一个具有控制整个网络能力的结点，由它控制各点的通信；分布式控制是指网络中既没有专门的集中控制器，也没有控制整个网络能力的结点，网络中所有结点都处于均等地位，结点之间的通信是由各结点自身控制的。在这两种控制方式中，后者应用更为广泛。目前，在总线型和环型局域网中大都采用分布式控制方法。基于分布式的介质访问控制方法有 3 种：

- 适合总线结构的带冲突检测的载波监听多路访问（CSMA/CD）方法。
- 适合环型结构的令牌总线（Token Bus）方法。
- 适合环型结构的令牌环（Token Ring）方法。

评价一个介质访问控制方法的好坏有 3 个基本要素：协议是否简单；信道利用率（Utilization）是否高效；对网络上各结点是否公平（Fairness）。

2. 带冲突检测的载波监听多路访问

目前，应用最为广泛的一类局域网是基带总线型局域网（Ethernet）。在以太网中，如果一个结点要发送数据，它将以“广播”方式把数据送到总线上去，连在总线上的所有结点都能“收听”到数据信息。由于网络上的所有结点都可以向总线发送数据信息，而网络中没有控制中心，必然会发生冲突。因此，局域网的核心技术就是随机争用的介质访问控制机制。带冲突检测的载波监听多路访问（Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection, CSMA/CD）就是一种随机争用的介质访问控制方法，它的控制过程包括 4 个步骤。

（1）载波侦听：在通信系统中，为了便于音频信号的发送、监测和接收，用一较高频率的信号携带音频信号在线路上传输，我们称该高频信号为“载波”。载波侦听是指用电子技术检测总线上有没有其他计算机发送的数据信号，以免发生碰撞。

（2）冲突检测：在每个站发送帧期间，同时具有检测首先冲突的能力。一旦遇到冲突，则立即停止发送，并向总线上发一串阻塞信号，通报总线上各站点已发生冲突。

（3）多路访问：当检测到冲突并在发完阻塞信号后，为了降低再次冲突的概率，需要等待一个随机时间（冲突的各站可不相等），然后再用 CSMA 的算法重新发送。

（4）争用方式：连在总线上的每个结点都能随时发送信息，但在同一时刻只允许一对结点可以通信，若两个或多个结点同时发送，就会导致信号相互叠加，造成数据错误，这就是线路争用带来的问题。

CSMA/CD 对总线拓扑结构各结点间的数据传送过程可概括为“先听后发、边听边发、冲突停发、随机重发”，其工作流程如图 4-4 所示。

1) 先听后发。各结点在发送数据前都要先侦听线路是否空闲，若空闲则立即发送数据，否则，等待直到线路空闲时再发送。

2) 边听边发。在结点开始发送以后，仍需继续监听至少一个往返传输数据的时间，以便判断是否发生冲突。

3) 冲突停发。若发送过程中检测到冲突发生，则告知各结点立即停止发送，并且发出阻塞信号来强化冲突。

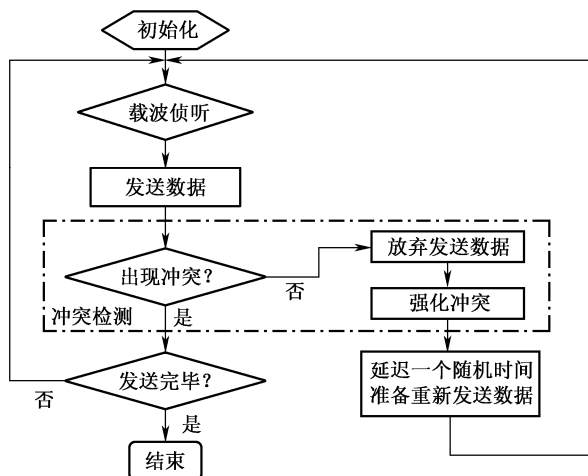


图 4-4 CSMA/CD 的工作流程

4) 随机重发。发送一串阻塞信号后, 等待一段随机时间再重新尝试发送。

注意: 为了避免无限次的冲突检测下去, 通常对各站点设置冲突检测次数, Ethernet 设备的冲突次数为 16。若达到设定次数, 则被视为线路故障, 结束发送。

CSMA/CD 的主要优点是算法简单, 应用广泛, 提供了公平的访问机制, 具有相当好的延时和吞吐能力, 长帧传递和负载轻时效率较高。主要缺点是: 需要冲突检测, 存在错误判断和最小帧长度限制, 在重载情况下性能较差。因此, CSMA/CD 在现在的网络中并不采用, 但 CSMA/CD 作为多点接入的共享介质传输的解决方案, 对于以太网技术却是非常重要的。

【例 4-1】 设计一个 CSMA/CD (非 IEEE 802.3 标准) 网络, 数据传输速率为 100Mb/s, 网络最大长度为 10km, 电缆中信号传播速度为 1km/5 μ s, 网络设备的处理时延为 10 μ s, 要保证网络正常进行冲突检测, 最小帧长度应该为多少?

解: 信号在总线上往返的最大时间 $2\tau = 2 \times (10\text{km} \div 1\text{km}/5\mu\text{s} + 10\mu\text{s}) = 120\mu\text{s}$

$$100\text{Mb/s} \times 120\mu\text{s} = 12000\text{b} = 1500\text{B}$$

因此, 当数据速率为 100Mb/s 时, 最小帧长度应该为 1500B。

(5) 退让重发算法: 发送结点检测到冲突后, 必须退让一段时间再重新发送信息, 退让时间的长度往往与冲突发生的次数有关, 发送一个信息时冲突的次数越多, 说明当前网络的负载越重, 因而应相应地退后较长时间重发。退让算法就是合理地选择退让时间, 以保证退让后能避免冲突或减少冲突的可能性。二进制指数退让算法是比较典型的一种, 算法过程如下:

1) 对每个结点, 当第一次发生冲突时, 设置参数 $L=2$ 。

2) 退让时间间隔取 1 到 L 个时间片中的一个随机数, 一个时间片等于网络中端到端往返的传播延迟。

3) 当该结点重复发生一次冲突, 则将参数 L 加倍。

4) 设置一个最大重发次数, 超过这个次数, 则不再重发, 并报告出错。

由上可知, 未发生冲突或很少冲突的帧成功发送的概率大; 反之, 发生多次冲突的帧成功发送的概率小。

【例 4-2】 以太网的退让算法中, 假设总线上有 2 个站 (包括冲突后退让时的和新加入

的)要发送数据。试问第2次冲突后,发生冲突和发送成功的概率是多少?第3次和第*i*次冲突之后呢?

解:第2次冲突后,每个站的重试时机有 $2^i=2^2=4$ 个,因此,每个站在某个重试时刻发送的概率是 $1/4$,2个站在同一重试时刻发送的概率是 $1/4 \times 1/4=1/16$ 。那么,4个重试时刻发生冲突的总概率为 $4 \times 1/16=1/4$ 。

第3次冲突后,发生冲突的总概率为 $8 \times (1/8 \times 1/8)=1/8$ 。

第*i*次冲突后,发生冲突的总概率为 $2^i \times (1/2^i \times 1/2^i)=1/2^i$ 。

3. 令牌总线访问控制

令牌总线(Token Bus)访问控制也属于共享介质的局域网,所有计算机都连接在总线上,在物理总线上建立一个逻辑环,令牌在逻辑环路中依次传递,其工作原理与令牌环相同。它同时具有上述两种方法的优点,既具有总线网的接入方便和可靠性较高的优点,也具有令牌环网的无冲突和发送时延有确定的上限值的优点。因此,它是一种简单、公平、性能良好的介质访问控制方法,令牌总线的工作流程如图4-5所示。其中,图4-5(a)是各结点的物理连接,图4-5(b)是各结点形成的逻辑环,在图中结点G没有加入到逻辑环中。

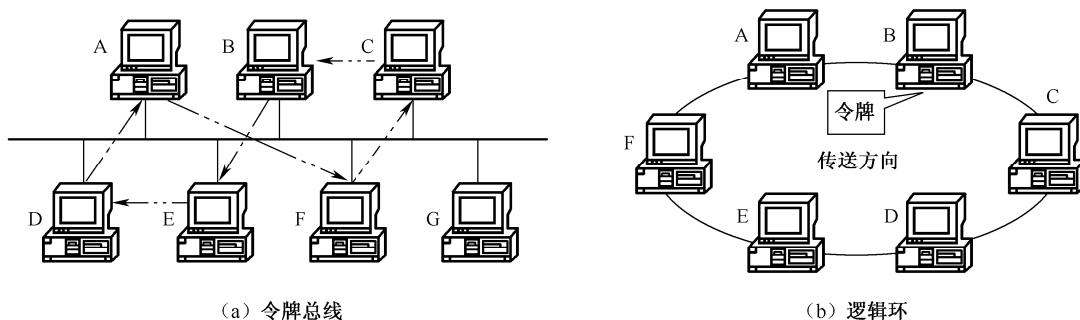


图4-5 令牌总线的工作原理

由此可见,令牌总线的物理结构是总线结构,总线上的各个结点按一定顺序形成一个逻辑环,逻辑环中结点的顺序与结点在总线上连接的位置无关,每个结点上都要保存它的上一个结点和下一个结点的逻辑地址或序号,并且可以动态地设置。为了保证总线上不会出现多个结点同时试图发送信息而产生冲突的情况,令牌总线访问控制的工作流程可概括为3个步骤:

(1) 截获令牌。当逻辑环中的一个结点要发送数据时,必须等待令牌的到来。

(2) 地址转载。当环中的上一个结点(例如D)在传出令牌时,把下一个结点A的地址加到令牌中。令牌在总线上广播,只有地址相符的结点A才接受令牌,其他结点不予理睬。

(3) 令牌转发。如果A结点没有数据需要发送,就发出一个含有下一结点F地址的令牌。如果A结点有数据要发送,这时就可使用总线发送一个或多个数据帧,数据发送完毕或到达规定的时间,就发出含有下一结点地址的令牌。

此外,允许令牌总线上的结点不一定都在逻辑环中,如图4-5(a)中的结点G不在逻辑环中也可以接收数据,但无法获得令牌,不能主动发送数据。一个结点可以动态地插入逻辑环,也可以动态地退出逻辑环。

令牌总线与令牌环有很多相似的优点,例如,适用于重负载的网络环境、数据发送延迟时间确定,以及适合实时性的数据传输等。其缺点是网络管理较复杂,网络必须具有初始化

的功能，方能生成一个顺序访问次序。此外，若网络中的令牌丢失，则会导致控制混乱。

4. 令牌环访问控制

令牌环 (Token Ring) 网的拓扑结构是环型，网络中的计算机通过传输线路连成一个闭环，所有结点共享一条环路，属于共享介质的局域网。令牌环网是通过在环型网上传递令牌的方式来实现对介质访问控制的。令牌环网的工作流程如图 4-6 所示。

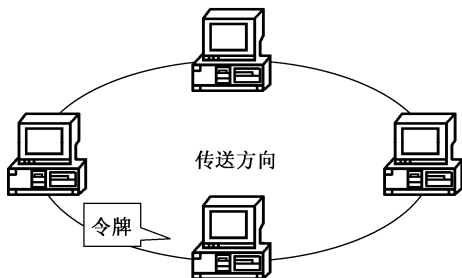


图 4-6 令牌环工作示意图

在令牌环网中，在某一时刻也只允许一个结点发送数据。为了不产生冲突，在环中有一个特殊格式的帧沿固定方向不停地流动，这个帧称为令牌，是用来控制各个结点介质访问权限的控制帧。如果某个结点需要发送数据，需先截获令牌，然后方可发送一个数据帧。数据帧中含有目的地址和源地址，数据帧沿与令牌相同的方向传送，只有地址与帧中的目的地址相同的结点才接收这个数据帧，其他结点则转发这个数据帧。当数据帧发送完毕，令牌继续流动。具体工作流程可概括为 3 个步骤：

(1) 截获令牌并且发送数据帧：网络空闲时，各结点都没有帧发送，只有一个令牌在环路上绕行，此时令牌标记为 00000000，称为空标记。如果某个结点需要发送数据，需要等待令牌的到来。当空闲令牌传到这个结点时，将空标记换为 11111111，称为忙标记，然后去掉令牌的尾部，加上数据，成为数据帧，发送到下一个结点。

(2) 接收与转发数据：数据帧每经过一个结点，该结点就比较数据帧中的目的地址，如果不属于本结点，则转发出去；如果属于本结点，则复制到本结点的计算机中，同时在帧中设置已经复制的标志，然后向下一结点转发。

(3) 取消数据帧并且重发令牌：由于环网在物理上是个闭环，一个帧可能在环中不停地流动，所以必须清除。当数据帧通过闭环重新传到发送结点时，发送结点不再转发，而是检查发送是否成功。如果发现数据帧没有被复制（传输失败），则重发该数据帧；如果发现传输成功，则清除该数据帧，并且产生一个新的空闲令牌发送到环上。

由此可以看出，使用令牌环介质访问控制方法的网络需要有维护帧和令牌的功能。例如，可能会出现因帧未被正确移去而始终在环上循环传输的情况；也可能出现令牌丢失、或只允许一个令牌的网络中出现了多个令牌等异常情况。解决这类问题的常用办法是在环中设置监控器，对异常情况进行检测并消除。

使用令牌环的主要优点是：令牌环网上的各个结点可以设置成不同的优先级，允许具有较高优先权的结点申请获得下个令牌权。当系统负载较重时，各结点可公平共享介质，效率较高。主要缺点是：当系统负载较轻时，由于结点需等待令牌到达才能发送或接收数据，因此效率不高。

【例 4-3】一个长 1km 的重负载 10Mb/s 令牌环网，令牌是 8 位。传播速率为 200m/μs，50 个站点均匀绕环分布，数据帧 256 位，其中包括 32 位开销，确认应答捎带在数据帧上，包括在数据帧内备用的位中，而不占用额外的时间。请问：这个环的有效数据速率是多少？

解：把一个数据帧从发送站传到下一站需要经过 3 个步骤：

- 1) 发送 8 位的令牌帧，发送时延 $T_1=8b \div 10Mb/s=0.8\mu s$ 。
- 2) 发送 256 位的数据帧，发送时延 $T_2=256b \div 10Mb/s=25.6\mu s$ 。
- 3) 从发送站传到下一站，站间的距离 $L=1km \div 50=20m$ ，因此站间的传播时延 $T_3=20m \div 200m/\mu s=0.1\mu s$ 。

所以，把一个数据帧从发送站传到下一站总共占用的时间 T：

$$T=T_1+T_2+T_3=0.8\mu s+25.6\mu s+0.1\mu s=26.5\mu s$$

256 位中的有效数据位 $N=256-32=224$ ，因此令牌网的有效数据速率 $c=N/T=224/26.5=8.45$ (Mb/s)。

4.1.6 局域网的网络模式

网络模式 (Network Model) 也称计算模式或应用模式，它是计算机网络处理信息的方式。不同的网络模式具有不同的工作特点和服务方式。目前局域网最常用的计算模式主要有客户机/服务器模式、浏览器/服务器模式和对等服务器模式。

1. 客户机/服务器模式

客户机/服务器 (Client/Server, C/S) 模式是一种开放式结构、集中式管理、协作式处理的主从式网络应用模式。在 C/S 模式中，客户机是一台能独立工作的计算机，服务器是高档微机或专用服务器。C/S 模式把计算任务分成服务器部分和客户机部分，分别由服务器和客户机完成，数据库在服务器上。客户机接收用户请求，进行适当处理后，把请求发送给服务器，服务器完成相应的数据处理功能后，把结果返回给客户机，客户机以方便用户的方式把结果提供给用户。

C/S 模式的优点是：能充分发挥服务器和客户机各自的计算能力，具有比较高的效率，系统可扩充性好，安全性也比较高。不足之处是需要为每个客户机安装应用程序，程序维护比较困难。C/S 模式如图 4-7 所示。

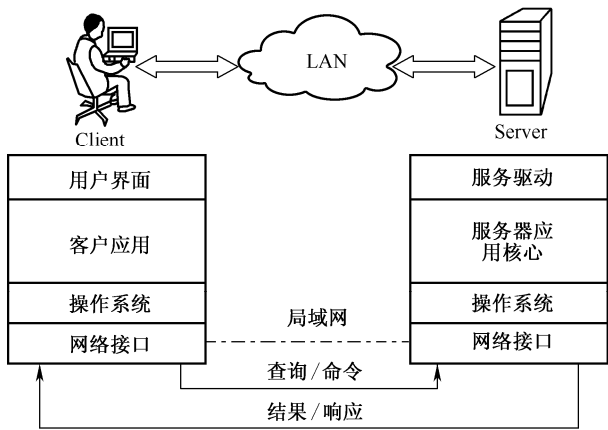


图 4-7 C/S 模式逻辑结构示意图

2. 浏览器/服务器模式

随着 Internet 的广泛应用，基于局域网的企业网开始采用 Web 技术构筑和改建自己的企业网（Intranet）。于是，浏览器/服务器（Browser/Server, B/S）这种新型结构模式应运而生。B/S 模式是 1996 年开始形成与发展并迅速流行的新型结构模式，它是一个简单、低廉、以 Web 技术为基础的模式。

B/S 是一种三层结构的分布式计算模式，B/S 模式的客户机上采用了人们普遍使用的浏览器，服务器端除原有的服务器外，通常增添了高效的 WWW 服务器，与 C/S 相比，只是多一个 WWW（Web）服务器。在 B/S 模式中，一般可分为表示层、功能层、数据层等 3 个相对独立的单元。B/S 三层模式的体系结构如图 4-8 所示。

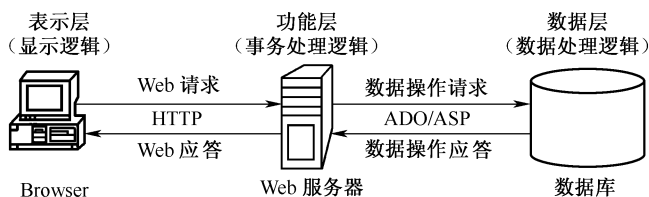


图 4-8 B/S 模式逻辑结构示意图

在 B/S 模式中，客户机上只需要安装一个 Web 浏览器软件，用户通过 Web 页面实现与应用系统的交互；Web 服务器充当应用服务器的角色，专门处理业务逻辑，它接收来自 Web 浏览器的访问请求，访问数据库服务器进行相应的逻辑处理，并将结果返回给浏览器；数据库服务器则负责数据的存储、访问和优化。由于所有的业务处理逻辑都集中到应用服务器实现和执行，从而大大降低了客户机的负担，因此，B/S 模式又称为瘦客户机（thin client）模式。

B/S 模式的优点是：应用程序只安装在服务器上，无需在客户机上安装应用程序，程序维护和升级比较简单；简化了用户操作，用户只需会熟练使用简单易学的浏览器软件即可；系统的扩展性好，增加客户比较容易。不足之处是效率不如 C/S 模式高。

3. 对等服务器网络模式

几乎在出现 C/S 模式的同时，又发展了另一种新的网络应用模式，即“对等服务器网络模式”，也称为“对等网络（Peer to Peer, P2P）”应用模式或“点对点”应用模式。

对等服务器网络模式中没有专用服务器，每一台计算机的地位平等，在网上的每一台计算机既可以充当服务器，又可以充当客户机，彼此之间进行互相访问，平等地进行通信。计算机之间都有各自的自主权。在对等服务器网络模式中，每一台计算机都负责提供自己的资源，供网络上的其他计算机使用。可共享的资源可以是文件、目录、应用程序等，也可以是打印机、调制解调器或传真卡等硬件设备。另外，每一台计算机还负责维护自己资源的安全性。图 4-9 是典型对等结构局域网的结构。

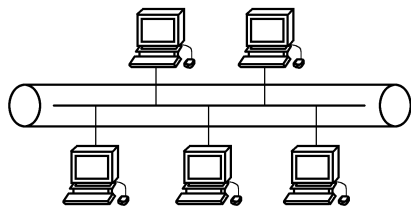


图 4-9 对等结构局域网

4. 三种模式的比较

对等服务器网络模式所使用的拓扑结构、通信连接等方面与 C/S 和 B/S 结构基本相同，但在硬件、软件、组织和管理方面有以下区别。

（1）硬件结构的区别：与基于服务器网络的主要硬件差别是，对等服务器网络模式不需

要功能强大的专用服务器，对网络硬件的要求较低，因此，极大地降低了网络成本。

(2) 软件的区别：对等服务器网络模式无须购置专门的网络操作系统，仅使用各台计算机桌面操作系统中内置的联网功能即可组建成对等服务器网络模式。

(3) 组织和管理的区别：与 C/S 或 B/S 等基于服务器的网络结构之间的最主要的差别在于网络账户的管理、资源的管理以及管理的难易程度的不同。在对等服务器网络模式中，由于每一台计算机都有绝对的自主权（每台计算机的管理员自行管理自己的资源和账产），因此其管理模式是分散的，每一个计算机既可以起客户机作用也可以起服务器作用。

从技术发展趋势上看，可以认为 B/S 模式最终将取代 C/S 模式，但在目前一段时间内，将是一种 B/S 模式和 C/S 模式同时存在、混合使用的情况。C/S 模式比较适合数据处理，B/S 模式比较适合数据发布。由于 B/S 模式具有系统维护更容易、更高的开发效率、分布计算的基础结构、信息共享度高、扩展性好、广域网支持等优点，目前已成为企业网中首选的应用模式。

§ 4.2 局域网的连接设备及其工作原理

局域网是通过传输介质将一个或多个建筑物内的计算机和通信结点设备连接在一起，并具有相应的软件支持的局部网络系统。局域网中的常用通信结点设备有网络接口卡、集线器和交换机，这三种设备是数据链路层的主要设备，并且具有物理层和数据链路层的功能。

4.2.1 网络接口卡

网络接口卡（Network Interface Card, NIC）也称网络接口适配器（Network Interface Adapter, NIA），简称为网卡。网卡是插在计算机总线插槽内或某个外部接口上的扩展卡，在局域网中是计算机连网必不可少的基本器件（设备）。

1. 网卡的主要功能

网卡的主要功能是充当计算机和网络缆线之间的物理接口，将计算机连接到网络中，完成网络互连的物理层连接，并负责将计算机的数字信号转换成电信号或光信号在媒体中传输。同时，还负责与网络操作系统配合工作，将要发送的数据转换为网络上其他设备能够识别的格式，通过介质传输，或从网络介质接收信息，并经过一系列的信息处理，转换成网络程序能够识别的格式，提交给网络操作系统。网卡的基本功能如图 4-10 所示。

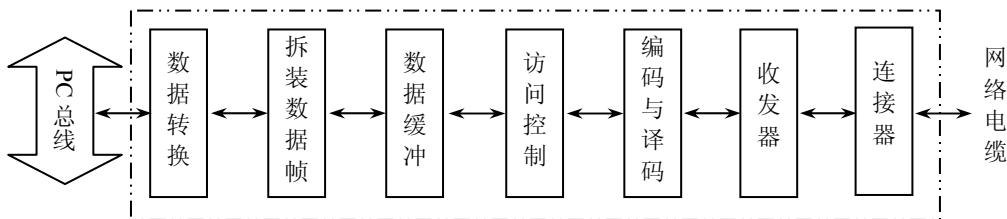


图 4-10 网卡的基本功能示意图

2. 网卡的工作原理

网卡是针对具体的局域网类型设计的，目前使用最广泛的网卡是以太网网卡。以太网网

卡采用可以实现介质访问控制、CRC 校验、曼彻斯特编码与解码、收发器与冲突检测功能的专用 VLSI 芯片组成，这就使以太网网卡的结构简捷、造价低廉。例如，利用 Intel 的以太网控制器 82588，配合以太网收发器 82502 芯片，就可以很方便地构成以太网网卡。以太网网卡的结构如图 4-11 所示。

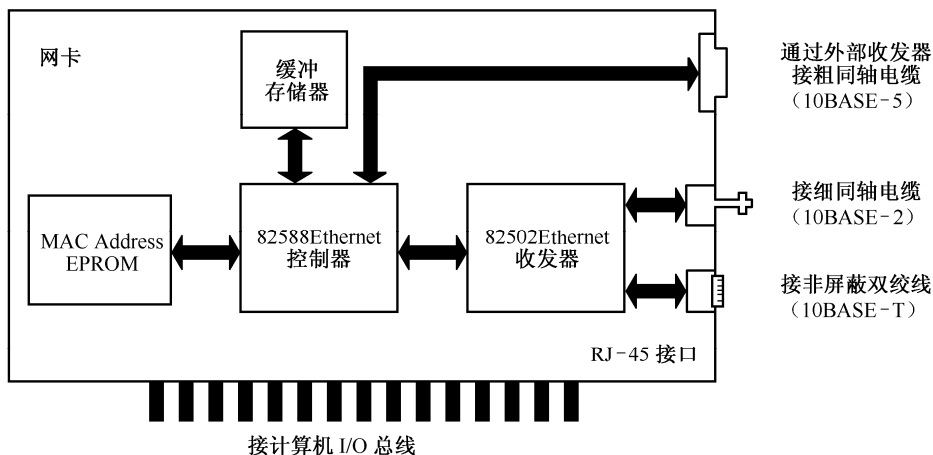


图 4-11 以太网网卡的结构

网卡接口端插入主机的 I/O 总线通道，主机与网卡通过控制总线来传输控制命令与响应，通过数据总线来发送与接收数据。主机通过地址总线和控制总线，根据地址与中断号 INT 识别网卡和其中的寄存器写入或读出命令或响应。网卡的工作过程如下：

(1) 发送数据时，网卡首先侦听介质上是否有载波信息，如果有，则认为其他站点正在传送信息，继续侦听介质。一旦通信介质在一定时间段内（称为帧间缝隙 IFG=9.6μs）是安静的，即没有被其他站点占用，则开始进行数据帧发送（即先听后发），同时继续侦听通信介质，以检测冲突（即边听边发）。

(2) 在发送数据期间，如果检测到冲突，则立即停止该次发送，并向介质发送一个“阻塞”信号，告知其他站点已经发生冲突，从而丢弃那些可能一直在接收的受到损坏的数据帧，在等待一段随机时间后，再进行新的发送（即冲突后随机等待一个时间后再发）。如果重传多次后（大于 16 次）仍发生冲突，就放弃发送。

(3) 接收时，网卡浏览介质上传输的每个帧，如果其长度小于 64 字节，则认为是冲突碎片；如果接收到的帧不是冲突碎片，且目的地址是本地地址，则对帧进行完整性校验；如果帧长度大于 1518 字节（称为超长帧，可能由错误的局域网驱动程序或干扰造成）或未能通过 CRC 校验，则认为该帧发生了畸变。而最后通过校验确认的帧才被认为是有效的，网卡将它接收下来交给上一层去处理。

3. 网卡的基本类型

如果按以太网网卡所支持的总线类型，可以分为 3 种类型：

- (1) 16 位：适用于符合工业总线标准 ISA 的网卡。
- (2) 32 位：适用于符合扩展的工业总线标准 EISA、MAC、VL-BUS、PCI 的网卡。
- (3) 特殊总线：适用于符合 PCMCIA、并行口、USB 标准的网卡。

4.2.2 集线器

集线器（Hub）是局域网中重要的部件之一，其实质是一个多端口的中继器。中继器通常带有两个端口，用于连接一对同轴电缆，而随着双绞线以太网的出现，中继器被做成具有多个端口的装置，用在星型布线系统中，并称其为集线器。因此，集线器有时也被称为中继集线器或多端口集线器，有些文献上也将中继器和集线器统称为中继器。因此，与中继器一样，集线器也是工作在 OSI 模型中的物理层设备。

1. 集线器的主要功能

随着 10Base-T 的以太网协议的出现，使用廉价的非屏蔽双绞线与 RJ-45 接口就可以实现 10Mb/s 的传输速率，该技术大大推动了以太网的广泛应用。在使用 10Base-T 的以太网协议组网时，集线器的作用就显得十分重要，它主要有以下 5 个方面的功能。

（1）放大和整形功能：集线器把双绞线上传输过来已经衰减和失真的信号放大和整形，然后重新转发到另一个传输介质上去。

（2）检测冲突功能：由集线器连接的各个站点在物理上组成了星型结构的以太网系统，但从逻辑上看，仍似一条公共总线，因此，任何一站发送，能使所有其他站点接收；当任意两个站点同时发送，即出现冲突时，集线器具有检测冲突功能。

（3）端口扩展功能：集线器实际上就是一个多端口的中继器，一般有 4、8、16、24 等数量的 RJ-45 接口，每个接口可以通过双绞线连接一台计算机。因此，可以通过集线器将多台计算机连接成一个星型网络，集线器处在“中心”位置，而英文 Hub 有“中心”的含义，所以把集线器称为 Hub。

（4）数据转发功能：在集线器中，数据帧从一个结点被发送到集线器的某个端口上，然后又被转发到集线器的其他所有端口上。虽然每一个结点都使用一条双绞线连接到集线器上，但基于集线器的网络仍属于共享介质的局域网。

（5）介质互连功能：使用集线器可以实现不同传输介质网络互连，即混合连接多个 LAN。

以集线器为中心的网络结构是一种比较常用的选择，也是一种流行的实用组网技术。

2. 集线器的工作原理

集线器（Hub）是以太网的中心连接设备，它是对“共享介质”总线型局域网结构的改进。集线器作为以太网的中心连接设备时，所有结点通过非屏蔽双绞线与集线器连接。这样的以太网在物理结构看是星型结构，但在逻辑上仍然是总线型结构，并且在 MAC 层仍然使用 CSMA/CD 介质访问控制方法。当集线器接收到某个结点发送的帧时，它立即将数据帧通过广播方式转发到其他的连接端口。集线器的基本结构如图 4-12 所示。

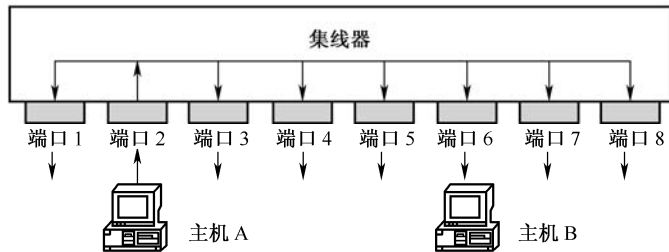


图 4-12 集线器的基本结构

集线器的每个端口通过 RJ-45 插头与网卡连接。在 10Mb/s 的传输速率下,集线器与结点之间使用非屏蔽双绞线连接。标准的非屏蔽双绞线内有 4 对线,在网络连接中实际使用了两对,其中一对用于发送,另一对用于接收。当一个结点需要发送数据时,集线器将执行 CSMA/CD 介质访问控制方法,在获得发送数据的权利后,利用一对发送线将数据通过集线器内部的总线广播出去,连接在集线器的所有结点都能接收,因此集线器工作在物理层。

普通的集线器都会提供两类端口:一类是用于连接结点的 RJ-45 端口;另一类端口用来扩展集线器的连接距离,可以是 RJ-45、AUI、BNC 或光纤连接端口,这类端口称为向上连接端口。从结点到集线器的非屏蔽双绞线最大长度为 100m,利用集线器向上连接端口可以扩大局域网覆盖范围。单一集线器结构适宜于小型工作组规模的局域网。如果需要联网的结点数超过单一集线器的端口数时,通常采用多个集线器的级联结构,或者是采用可堆叠式集线器。目前,使用非屏蔽双绞线组网是很普遍的情况,以太网交换机多是在提供 RJ-45 接口的基础上,再提供少量的其他网络接口(如 AUI 与 BNC)。

3. 集线器的基本类型

集线器有多种类型,如果按集线器支持的传输速率不同,可将其分为 3 类。

- (1) 10Mb/s 集线器:支持 10Base-T 以太网。
- (2) 100Mb/s 集线器:支持 100Base-T 以太网。
- (3) 10/100Mb/s 集线器:自适应,能自动侦测出网络的传输速率。

4.2.3 交换机

交换机(Switch)也称为交换器或交换式集线器(Switching Hub),是专门为计算机之间能够相互通信且独享带宽而设计的一种包交换设备。交换机具有维护 MAC 地址表的能力(Hub 没有),MAC 表中保存着交换机端口与所连主机 MAC 的对应关系,是交换机实现高速转发的核心,目前交换机已取代传统集线器在网络连接中的霸主地位,成为组建和升级以太网局域网的首选设备。

1. 交换机的主要功能

交换机大多工作在 OSI 七层模型的第二层,即数据链路层,其功能是对封装数据进行转发,在端口之间建立并行连接,以缩小冲突域,并隔离广播风暴(Broadcast Storm)。

交换机的最大特点是可以将一个局域网划分成多个端口,每个端口可以构成一个网段,扮演着一个网桥的角色,而且每一个连接到交换机上的设备都可以享用自己的专用带宽。交换机与各网段的连接如图 4-13 所示。

2. 交换机的工作原理

交换机之所以比集线器的性能优越,其关键是交换机中的 MAC 地址表,并有先进的转发方式。集线器虽然也能组网,但仅起到物理层的电信号放大作用,需要通过网络上层的帮助才能完成将数据帧转发到目的计算机,这样会降低数据传输的效率。交换机通过专用集成电路(ASIC)能够完成一定智能的功能,通过查看每个端口接收的帧的源地址,迅速建立一个端口和 MAC 地址的映射关系,并存储在内容关联存储器(CAM)里,形成一个端口和 MAC 地址的对应表,即 MAC 地址表,然后根据这个表转发数据帧。

(1)MAC 地址表:交换机是依靠自学习 MAC 地址来进行数据转发的。交换机中的 MAC 地址表用于存放 MAC 地址与其端口地址。当交换机开机后,它的 MAC 地址是空的,交换机

学到一个地址后，它便将 MAC 地址存放到 MAC 表。下面，我们以如图 4-14 所示实例说明交换机 MAC 地址表的建立过程。

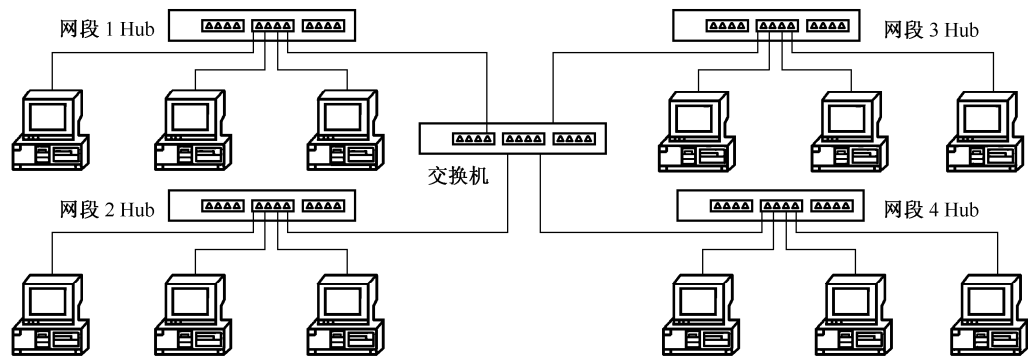


图 4-13 用交换机连接各网段示意图

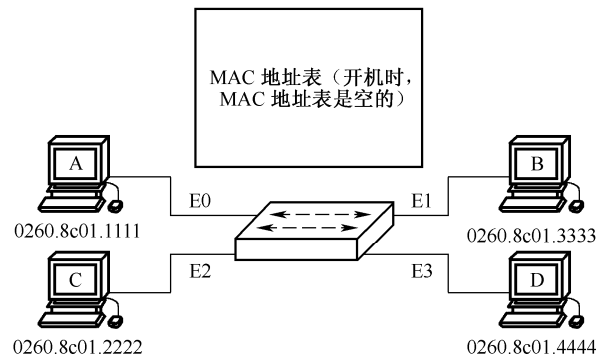


图 4-14 交换机的 MAC 地址表为空表

- 1) 假设有一台交换机的 4 个端口分别连到 4 台用户终端，它们有不同的 MAC 地址，开始交换机的 MAC 地址表是空的。
- 2) 当终端 A 第一次向终端 C 发送数据帧时，交换机读取这个帧，并将连接终端 A 的交换机 E0 端口和帧的源地址（即终端 A 的 MAC 地址）写入 MAC 表中。由于首次发送时不知道终端 C 在何处，所以向其他各端口复制转发这个数据帧，这个过程被称为泛洪，如图 4-15 所示。
此时其他各端口都收到了这个数据帧，检查其目的 MAC 地址，终端 C 发现与自己的 MAC 地址相同，收下这个帧，而其他终端检查后，将这个帧丢掉。
- 3) 当终端 D 第一次向终端 C 发送数据帧时，交换机将 E3 端口和帧的源地址（即终端 D 的 MAC 地址）写入表中。由于不知道终端 C 在何处，所以向其他各端口复制转发。在交换机的其他端口也重复这样的过程之后，交换机获得到了所有终端的 MAC 地址，并建立了对应关系表，如图 4-16 所示。
- 4) 当下一次终端 A 向终端 C 发送数据帧时，交换机查看帧的目的地址，并查找 MAC 地址表，找到对应 E2 端口，直接将这个数据帧转发到 E2 端口，即终端 C，不再向其他端口复制转发数据帧，如图 4-17 所示。

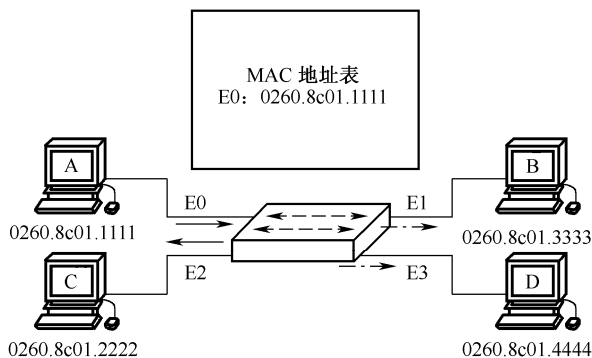


图 4-15 A 的 MAC 地址写入地址表中

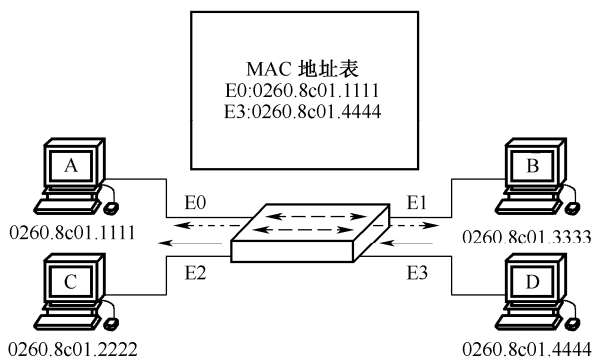


图 4-16 B 的 MAC 地址写入地址表中

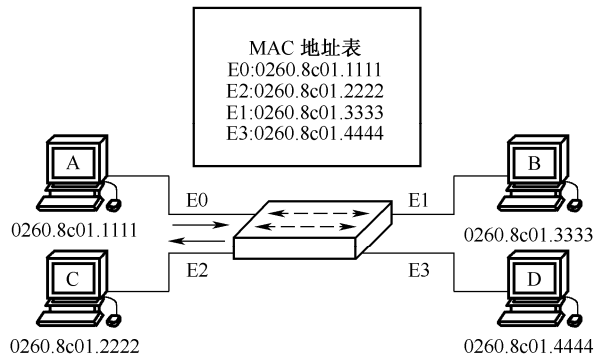


图 4-17 通过 MAC 地址表转发数据

这样，交换机通过已建立的 MAC 地址表转发数据，不必每次都向所有的端口发送数据帧，从而大大提高了传送数据帧的效率。

事实上，终端的位置不是完全固定的，一旦变化，数据传送就会发生错误。因此，交换机对将每一个获得的 MAC 地址赋予 300 秒的失效期，如果交换机在这个时间内没有再收到这个 MAC 地址的帧，将刷新 MAC 表，下次再重新补入。

(2) 交换机的帧转发方式：早期的交换机采用静态交换方式，即端口连接通道是不变的，

它由人工预先进行配置。现在各厂家的以太网交换机产品几乎全部采用动态交换方式，目前常用的动态交换方式可分为3类：直接交换方式、存储转发方式、改进的直接交换方式。

1) 直接交换方式 (Cut Through)。交换机内保存着一个 MAC 地址和交换机端口对照表。当交换机接收到数据帧时，不对数据帧进行差错校验，而直接从数据帧中取出目的地址，查询地址—端口对照表，找出相应的输出端口，数据帧的差错检测任务由各结点计算机完成。直接交换方式的优点是速度快（交换过程的等待时间短）、交换延迟时间小；缺点是不具备差错检测能力，且不支持具有不同速率端口之间的数据帧转发。

2) 存储转发方式 (Store and Forward)。在这种方式中，交换机每个端口具有一定的缓存空间，当它接收到数据帧后，先将数据存储在缓冲区中，然后进行差错检测。若接收到的数据帧是正确的，则根据数据帧中目的地址确定相应的输出端口，并将数据帧转发出去，否则，丢弃该帧。存储转发方式的优点是具有数据帧的差错检测能力，并支持不同速率的端口之间的数据帧转发；缺点是交换延迟时间将会增加。

3) 改进的直接交换方式 (Modified Cut Through)。将直接交换方式和存储转发方式两者结合起来，交换机在接收到数据帧的前 64B 之后开始判断帧头的数据（地址与控制信息）是否正确，如果正确则转发，否则不转发。改进的直接交换方式对于短的以太网帧来说其交换延迟时间与直接交换方式比较接近，而对于长的以太网帧来说，由于它只对帧头进行了差错检测，因此交换延迟时间将会减少。

3. 交换机的基本类型

自 1993 年局域网交换机出现后，随着交换机技术的发展，其产品的类型也越来越多，通常分类方法有 3 种。

(1) 按应用领域划分：可分为广域网交换机和局域网交换机。广域网交换机主要应用于电信领域，提供通信基础平台；局域网交换机则应用于局域网络，用于连接终端设备。

(2) 按传输速率划分：可分为以太网交换机、100M 交换机和 1000M 交换机、FDDI 交换机、ATM 交换机和令牌环交换机。

(3) 按结构形式划分：可分为独立式交换机、堆叠式交换机和模块式交换机。

总之，各种类型的交换机都支持不同速率的以太网、令牌环网、FDDI 等不同局域网。

4. 交换机与集线器的比较

交换机与集线器的外形和连接方式是相似的，它们之间的区别主要体现在以下 3 个方面。

(1) OSI 体系结构：集线器属于 OSI 的第 1 层物理层设备，而交换机属于 OSI 的第 2 层数据链路层设备。这就意味着集线器只是对数据的传输起到同步、放大和整形的作用，对数据传输中的短帧、碎片等无法进行有效处理，不能保证数据传输的完整性和正确性；而交换机不但可以对数据的传输做到同步、放大和整形，而且可以过滤短帧、碎片等。

(2) 工作方式：集线器是一种广播模式，即集线器的某个端口在工作的时候，其他所有端口都能够收到信息，人们称之为“广播风暴”。交换机工作的时候，只有发出请求的端口和目的端口之间相互响应，而不会影响其他端口。因此，交换机能够隔离冲突域和有效地抑制“广播风暴”的产生。

(3) 工作带宽：集线器不论有多少个端口，所有端口都是共享一条带宽，在同一时刻只能有 2 个端口传送数据，其他端口只能等待，同时集线器只能工作在半双工模式下；而对于交换机而言，每个端口都有 1 条独占的带宽，当 2 个端口工作时并不影响其他端口的工作，

同时交换机不但可以工作在半双工模式下，而且可以工作在全双工模式下。它的任意两个端口之间都可以进行通信而不影响其他端口，每对端口都可以并发地进行通信而独占带宽，从而突破了共享式集线器同时只能有一对端口工作的限制，提高了整个网络的带宽。

§ 4.3 局域网组网方法

4.3.1 传统以太网

以太网（Ethernet）是基于总线型的广播式网络，在现有的局域网标准中，它是最早标准化的局域网，也是目前最成熟、最成功、应用最广泛的一种局域网技术。目前世界上正在运行的局域网中，90%以上都是以太网。我们把使用 CSMA/CD 访问控制方法、采用 IEEE 802.3 协议标准、运行在 10Mb/s 速率的以太网称为传统以太网，也称为标准以太网。

IEEE 802.3 对其定义了 4 种规范，即粗缆以太网（10Base-5）、细缆以太网（10Base-2）、双绞线以太网（10Base-T）和光纤以太网（10Base-F）。4 种不同的物理层结构如图 4-18 所示。

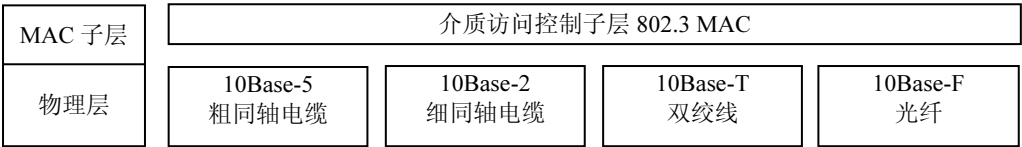


图 4-18 IEEE 802.3 物理层的 4 种标准类型

4 种不同规范的以太网的指标和参数如表 4-1 所示。

表 4-1 4 种不同规范的以太网的指标和参数

参 数	不同规范的以太网			
	10Base-2	10Base-5	10Base-T	10Base-F
网段最大长度	185m	500m	100m	200m
网络最大长度	925m	2500m	可接 4 个集线器	可接 2 个光集线器
网站间最小距离	0.5m	2.5m	没有具体规定	没有具体规定
网段的最多结点数	30	100	没有具体规定	没有具体规定
拓扑结构	总线型	总线型	星型	星型
传输介质	细同轴电缆	粗同轴电缆	3 类 UTP	多模光纤
连接器	BNC-T	AUI	RJ-45	ST 或 SC
最多网段数	5	5	5	3

虽然现在使用的已是高速率的网络，但其基本原理都是从传统以太网演化而来。因此，了解并熟悉传统以太网是学习其他新型网络技术的基础。

1. 粗缆以太网（10Base-5）

10Base-5 是总线型粗同轴电缆以太网的简略标示符，它是最早出现的以太网。10Base-5

的具体含义是：“10”表示信号在电缆上的传输速率为 10Mb/s；“Base”表示电缆上的信号是基带信号；“5”表示网络中最大电缆段的长度为“ $5 \times 100\text{m}$ ”。粗缆以太网（10Base-5）由 5 部分组成，其结构如图 4-19 所示。

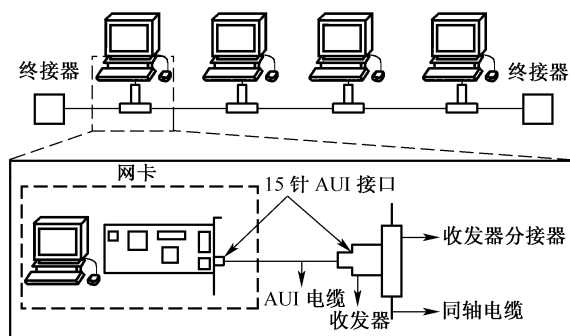


图 4-19 粗缆以太网的结构组成

（1）粗同轴电缆（Coaxial Thick Cable）：是阻抗特性为 50Ω 、直径为 100mm 的同轴电缆。

（2）收发器（Transceiver）：是粗缆以太网上的一个连接器件，它一端连接计算机网卡，另一端连接收发器分接器（Transceiver Tap）。收发器的作用一方面是通过收发器分接器从传输介质上接收数据，并将数据传送到网卡上，反之亦然。另一方面，收发器要执行 CSMA/CD 的冲突检测和强化冲突的功能。收发器分接器的作用就是要建立收发器与同轴电缆的物理连接和电气连接。

（3）收发器电缆（Transceiver Cable）：是连接网卡和收发器的多芯电缆，即连接单元接口（Attachment Unit Interface, AUI），它是一个 DB-15 针的接口，用于与网卡连接。

（4）网络适配卡（Network Interface Card, NIC）：也称网络适配器或网卡。支持粗缆以太网的网卡上都带有一个 AUI 接口，以便和收发器电缆连接。

（5）终接器（Terminal Connector）：每条电缆必须在两端接上 50Ω 的终接器（也称终端匹配器或终端电阻）。当信号到达电缆两端时，把信号全部吸收，以避免信号反射造成干扰。

2. 细缆以太网（10Base-2）

10Base-2 是总线型细同轴电缆以太网的简略标示符。10Base-2 的具体含义是：“2”表示网络中最大电缆段的长度为“ $2 \times 100\text{m}$ ”。由于组建粗缆以太网的价格昂贵且安装不便，因此 IEEE 802 委员会于 1985 年发布了细同轴电缆组建以太网的标准。相对粗缆以太网而言，细缆以太网有 3 个优点：一是比较轻便、灵活，安装简单；二是将 MAU 和 MDI 都做到了网卡上，因此不再需要使用额外的 AUI 电缆，而是直接将同轴电缆连接到网卡上；三是细缆比较便宜，建网成本较低。10Base-2 的网络结构如图 4-20 所示，它主要由以下 3 个组成部分。

（1）细同轴电缆（Coaxial Thin Cable）：它是阻抗特性为 50Ω 、直径为 5mm 的同轴电缆。

（2）网络适配卡（Network Interface Card）：支持细缆以太网的网卡已经与收发器集成在一起，因此，细缆以太网无须使用外部收发器。

（3）BNC 电缆连接器：一条很长的同轴电缆通常要被截取成若干段后才能使用，因而需要使用 BNC 连接器来固定。

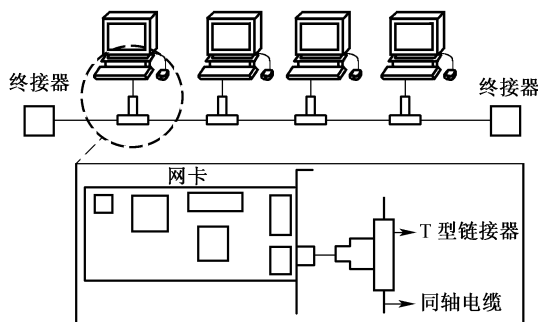


图 4-20 细缆以太网的结构组成

3. 双绞线以太网（10Base-T）

10Base-T 是 IEEE 802 委员会于 1990 年 9 月正式建立的非屏蔽双绞线（Unshielded Twist Pair, UTP）传输 10Mb/s 的基带以太网标准，每个网络站点都需要使用 UTP 接到中心集线器（Central Hub）上。10Base-T 逻辑上为总线型拓扑的网络，称为共享式集线器。但实际上，双绞线以太网是一个物理上的星型拓扑结构，所以当一条电缆出现故障时只影响它所连接的那台计算机，这也是 10Base-T 网络的又一个优点。与粗/细同轴电缆以太网相比，10Base-T 的优点是轻巧，安装密度高，特别适用于建筑物内的网络布线系统，其连接如图 4-21 所示。

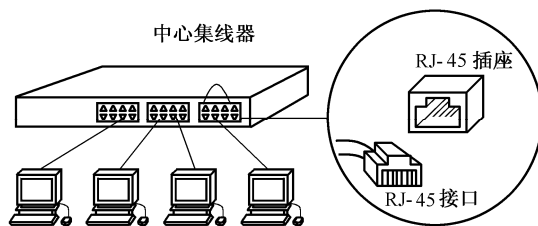


图 4-21 双绞线以太网的基本组成

（1）双绞线连接器（Twisted Pair Connector, TPC）：采用标准的 RJ-45 连接器，是一个 8 针的接口，俗称为“RJ-45 头”。

（2）双绞线（Twisted Pair）：10Base-T 通常使用非屏蔽双绞线，在双绞线两端各使用一个 RJ-45 连接器。

（3）网络适配卡（Network Interface Card）：在 10Base-T 网卡上集成了收发器，而且网卡上带有一个 RJ-45 的接口。

（4）集线器：是 10Base-T 以太网的核心，具有多个端口，且每个端口通常为 RJ-45 接口。

4. 光纤以太网（10Base-F）

10Base-F 是 10Mb/s 光纤以太网，它使用多模光纤传输介质，在介质上传输的是光信号而不是电信号。因此，10Base-F 具有传输距离长、安全可靠、可避免电击等优点。由于光纤介质适宜连接相距较远的站点，所以 10Base-F 常用于建筑物之间的连接，构建园区主干网。

光纤的一端与光收发器（光 Hub）连接，另一端与网卡连接。由于光信号传输的特点是单方向，适合于端一端式通信，因此 10Base-F 以太网呈星型结构，如图 4-22 所示。

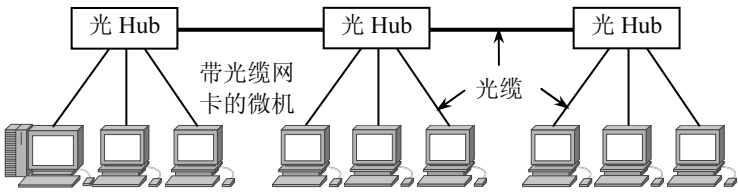


图 4-22 10Base-F 光纤以太网

4.3.2 局域网的扩展

构建网络的目的之一是为了实现资源共享，当资源需要在更大规模范围内共享时，就需要把多个网络互联起来。网络互联可在四个层次上实现：物理层、链路层、网络层和更高层。就局域网而言，其扩展主要在物理层和数据链路层，并且通常利用集线器和交换机来实现。

1. 利用集线器进行扩展

在物理层利用集线器对小型局域网的连接，其连接方法有多集线器级联结构和堆叠式级联结构。常用的多集线器级联结构如图 4-23 所示。

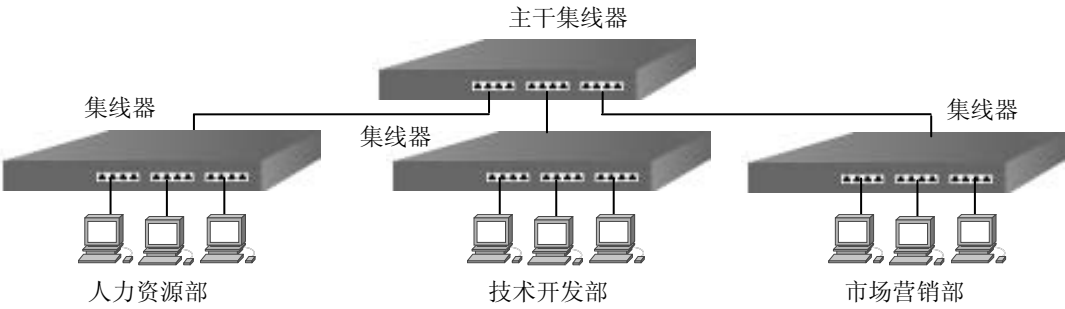


图 4-23 用集线器扩展局域网

在物理层上扩展局域网非常简单，基本上可以做到即插即用，但也存在严重的缺点：

- 随着网络规模的扩展，网络中的站点增多，冲突变得更加严重，响应速度变慢。
- 不能互联不同类型（例如速度不同或介质访问控制方法不同）的局域网。
- 受到争用时隙限制，扩展范围极为有限，因而无法实现远距离的互联。
- 不具备交换能力，传到集线器的数据均被广播到与之相连的端口，容易造成网络堵塞。

2. 利用交换机进行扩展

在链路层上扩展局域网通常使用交换机或网桥，使用交换机的基本结构如图 4-24 所示。

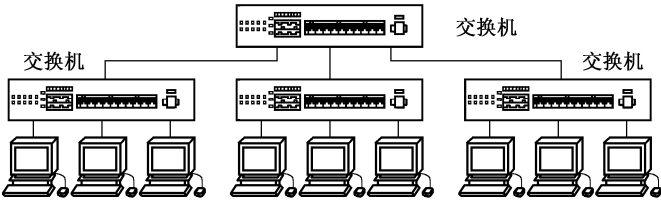


图 4-24 用交换机扩展局域网

利用交换机扩展局域网时，同集线器一样，交换机可以与交换机互联（实现网段互联），也可以直接与终端机相连。同时，还可以通过交换机连接集线器的方式来扩展局域网。

3. 关于生成树协议

利用交换机可以扩展局域网，但是也带来了“广播风暴问题”。当网络中存在环路时，交换机可能会再次接收到同一数据帧，由于交换机中没有该数据帧的转发记录，因此继续转发该数据帧，下面以图 4-25 所示结构中数据的转发为例进行说明。

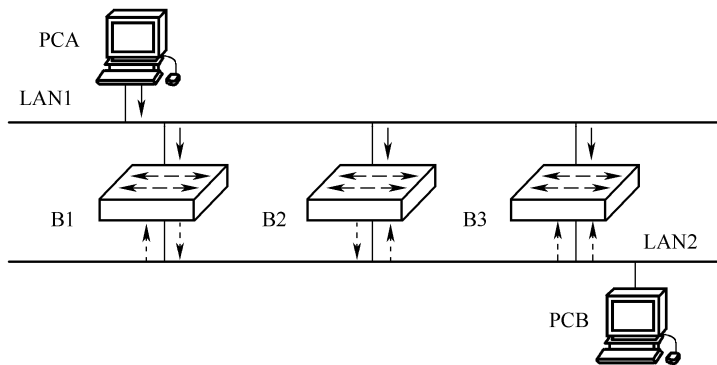


图 4-25 环路网络广播风暴产生示意图

该拓扑结构表示一个存在环路的局域网，当 PCA 还没有发送过任何数据时，则 B1、B2 和 B3 都不会有学习到 PCA 的 MAC 地址；当 PCA 发送了一个到 LAN2 的数据帧时，此时三个网桥都接收这个数据帧，并将 PCA 的地址记录在 LAN1 上，排队等待将这个数据帧转发到 LAN2 上。假设网桥 B1 首先成功地发送数据帧到 LAN2 上，那么 B2 和 B3 将再次收到这个数据帧。因为 B1 对 B2 和 B3 来说是透明的，这个数据帧就好像是 PCA 在 LAN2 上发送的一样。于是，B2 和 B3 记录 PCA 在 LAN2 上，排队等待将这个新接收到的数据帧转发到 LAN1。假设这时网桥 B2 成功将最初的数据帧转发到 LAN1，那么 B1 和 B3 都接收到这个数据帧，排队等待转发这个数据帧到 LAN2。

这种重复转发，使数据帧在环路中不断循环。更为糟糕的是每次成功的转发都会导致网络中出现两个新的数据帧，从而形成严重的“广播风暴”，导致网络流量增大，网络性能下降。为了解决由于网络环路导致的广播风暴问题，IEEE 802.1D 协议标准中规定了生成树协议（Spanning Tree Protocol, STP）。它在逻辑上通过阻断网络中的冗余链路来消除网络中的路径环路，当活动路径发生故障时，则激活被阻断的冗余链路，从而有效解决交换机之间的环路现象，保障了网络的不间断运行。关于生成树协议的具体使用在实训教材中进行介绍。

4. 传统局域网技术的不足

传统局域网技术是建立在“共享介质”的基础上，网络中的所有结点共享一条公共通信传输介质，随着局域网的迅速普及，上网用户越来越多，因而必然存在以下问题：

- 大量用于办公自动化与信息处理的 PC 机都需要连网，会造成局域网规模的不断增大，网络通信量大大增加，因此，局域网网络带宽与性能已不能适应要求。
- 当网络结点数增大时，网络通信负载加重，冲突和重发现象大量发生，网络效率急剧下降，网络传输延迟增大，网络服务质量下降。

- 基于 Web 的 Internet/Intranet 应用也要求更高的通信带宽, 如果以太网仍保持数据传输率为 10Mb/s, 显然是不能适应的, 必须寻求新的技术途经。

这些因素促使人们研究高速局域网技术, 希望通过提高局域网带宽改善局域网性能, 以适应各种新的应用环境的要求。

§ 4.4 高速局域网

我们把数据传输速率在 100Mb/s 以上的局域网称为高速局域网。为了提高局域网的带宽, 克服网络规模与网络性能之间的矛盾, 改善局域网的性能以适应新的应用环境的要求, 人们开展了对高速网络技术的研究, 提出了以下几种解决方案。

第一种方案: 提高以太网数据传输速率, 增加绝对带宽。例如, 从传统的 10Mb/s 以太网升级为 100Mb/s 快速以太网、千兆以太网和万兆以太网。这一方案推动了高速局域网的研究与产品的开发。需要说明的是, 这些高速以太网的数据传输速率虽然提高了, 但介质访问控制采用的仍然是 CSMA/CD 方法。

第二种方案: 采用网络分段、缆段细化的方法, 将一个大型局域网络划分成多个子网。这一方案推动了局域网互联技术的发展。使用网桥、交换机或路由器等进行互联和隔离子网之间的通信量, 减少各个子网内部的结点数, 从而使网络性能得到改善。其中, 各个子网的介质访问控制还是采用 CSMA/CD 方法。

第三种方案: 使用交换机替代集线器, 将“共享介质方式”改为“交换方式”。例如, 使用 100Mb/s 交换机替代 100Mb/s 的集线器, 从而将快速共享式以太网变换为快速交换式以太网。这一方案推动了“交换式局域网”技术的发展, 它以组网灵活、方便、流通量大、传输冲突少、造价低, 以及能充分利用原有投资等优点而成为目前高速局域网的主流技术。

第四种方案: 采用先进的网络技术。随着信息技术的发展, 新的网络技术层出不穷。例如采用 ATM 交换技术, 网络响应时间能够降低到 20~30ms, 因此更适合于交互式多媒体信息的处理。

在上述 4 种方案中, 由于 ATM 技术复杂等原因, 近年来新建的局域网已经很少使用, 目前使用最多的是前 3 项技术方案。今天的以太网已发展到快速以太网、千兆以太网、万兆以太网、乃至 10 万兆以太网。高速局域网的发展历程如图 4-26 所示。

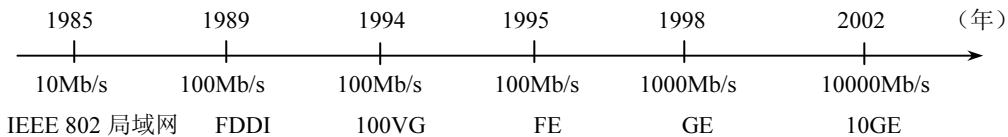


图 4-26 高速局域网的发展历程

4.4.1 光纤分布式数据接口 (FDDI) 主干网

1. 光纤分布式数据接口的概念

光纤分布式数据接口 (Fiber Distributed Data Interface, FDDI) 是计算机网络技术发展调整通信阶段的第一个高速局域网技术, 是一种以光纤作为传输介质、传输速率为 100Mb/s 的高速主干网。用以连接不同的局域网, 如以太网、令牌环网等。FDDI 网络覆盖的最大距离

可达 200km, 最多可连接 1000 个结点。

2. 协议标准

FDDI 基于 IEEE 802.5 单令牌的令牌环网 MAC 协议, 为了获得高度的可靠性和容错能力, 采用了两个信息流向相反的双环结构, 分别称为主环和副环。正常情况下, 数据在主环上传送, 副环用于备份。当某个结点或某段线路出现故障时, 主环与副环形成一个新环, 使网络流量绕过主环中的故障点从备份环中通过, 把产生故障的结点或线路排除在外, 保证网络继续正常工作。

FDDI 的标准是 20 世纪 80 年代由美国国家标准协会 (ANSI) 制定的 ANSI X3T9.5, 并且获得 ISO 的批准, 成为国际标准。FDDI 最初是为传输数据而设计的, 但是为了适应传输语音、图像与视频等高带宽、实时性业务, 因而提出了 FDDI-II 标准, 它使用了不同的 MAC 层协议, 提供定时服务以支持对时间敏感的视频和多媒体信息的传输。1991 年, ANSI 制定 FDDI-H 标准, 解决了多媒体数据在 FDDI 上的传输问题。为了能够使用人们习惯使用的铜质电缆, 1993 年 ANSI 又推出 CDDI 标准。CDDI 是 FDDI 在铜质电缆上的应用, 与 FDDI 保持高度兼容。FFOL (FDDI FOLLOW-ON LAN) 是 FDDI 的最新标准, 主要提供高速主干网的连接, 速率为 150Mb/s~2.4Gb/s。

3. 技术特点

FDDI 的主要优点是: 双环结构利用令牌传递协议消除了数据冲突, 提供了质量服务 (Quality of Service, QoS) 和确定的性能; 提供了优秀的容错能力和内建的网络管理能力。在现有的 100Mb/s 网络技术中, 其网络直径覆盖范围最大, 适用于大型 LAN 和 MAN。

FDDI 的主要缺点是: 网络协议比较复杂、安装和管理相对困难、价格昂贵, 与迅速崛起的快速以太网和千兆位以太网相比, 性能价格比低、与广泛使用的以太网之间进行互联比较困难。并且, 只支持光缆和 5 类电缆, 使用环境受到限制。

4. FDDI 的主要应用

1993 年以前, 对于 10Mb/s 以上的数据流量的局域网应用, 只有 FDDI 可供选择。FDDI 作为一种主干网技术, 曾经在较大地理范围的园区主干网络领域获得了广泛的应用, 主要用于以下 4 种应用环境。

(1) 机房主干网: 也称后端网络, 用于计算机机房中大、中型计算机与高速外设之间的连接, 以及对可靠性、传输速度与系统容错要求较高的环境。

(2) 机群主干网: 也称前端网络, 用于连接办公室或建筑物群中大量的小型机、工作站、服务器、个人计算机与各种外设。

(3) 校园主干网: 用于连接分布在校园各个建筑物中的小型机、服务器、工作站、个人计算机, 以及多个局域网。

(4) 区域主干网: 用于连接地理位置相距几公里的多个校园网或企业网, 成为一个区域性的主干网。

使用 FDDI 作为主干网连接不同的局域网, 其目的是为了保证高速可靠的数据传输。典型的 FDDI 作为主干网互联多个局域网的结构如图 4-27 所示。

由于 FDDI 具有高速、技术成熟、安全可靠等特点, 它曾是主干网的主流技术之一。但在网络技术日新月异的今天, 一些较为简单的高性能网络技术已替代了协议复杂且升级困难的 FDDI, 它已不再是一种主流技术, 目前在市场上也很难再见到 FDDI 设备。当然, 随着网

络技术的发展,如 FDDI-II 和交换式 FDDI 技术已投入使用,它们能更好地支持实时性业务。

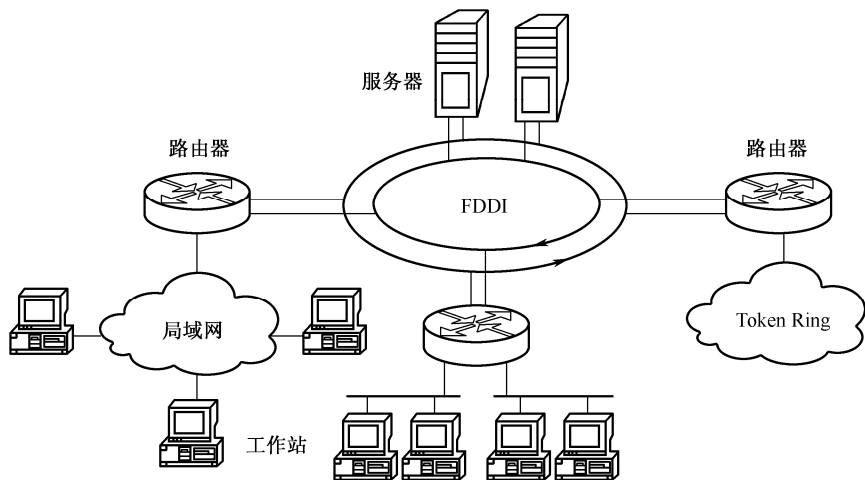


图 4-27 典型 FDDI 网络的逻辑结构示意图

【例 4-4】信息传输速率 100Mb/s 的 FDDI, 1000 字节的帧在 50km 的环上传输, 它占用多少公里的网络长度? 忽略中间结点延时, 帧从发出到完全收回需要多长时间?

解: 1 帧发送时间 $T_1: (8b \times 1000) \div 100Mb/s = 80\mu s$ 。

帧占的网络长度 = T_1 时间的传播距离 = $200m/\mu s \times 80\mu s = 16km$ 。

帧在 50km 环上的传播时间 $T_2 = 50km \div 200m/\mu s = 250\mu s$ 。

帧从发出到完全回收需要的时间 $T = T_1 + T_2 = 80\mu s + 250\mu s = 330\mu s$ 。

4.4.2 快速以太网 (Fast Ethernet)

1. 快速以太网的概念

传统的共享介质局域网主要有以太网 (Ethernet)、Koken Bus 和 Token Ring 这 3 种类型, 而目前应用最广泛的是以太网。20 世纪 90 年代局域网技术的一大突破是使用非屏蔽双绞线 UTP 的 10Base-T 标准的出现。10Base-T 标准的广泛应用导致了结构化布线技术的出现, 从而使得使用非屏蔽双绞线 UTP、速率为 10Mb/s 的以太网遍布世界各地。随着局域网应用的深入, 用户对局域网的带宽提出了要求, 并且只有两种选择: 一是重新设计新的局域网体系结构与介质访问控制方法, 以取代传统的局域网; 二是保持传统的局域网体系结构与介质控制方法不变, 设法提高局域网的传输速率。对于目前已大量存在的以太网来说, 既要保护用户的已有投资, 又要增加网络带宽, 而快速以太网就是符合后一种要求的新一代高速局域网。

快速以太网 100Base-T 数据传输速率为 100Mb/s, 主要解决网络带宽在局域网应用中的问题。100Base-T 是 10Base-T 的扩展, 它保留着传统的 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, 只是把以太网每个比特的发送时间由 100ns 降低到 10ns, 而将传输速率从 10Mb/s 提高到 100Mb/s。

2. 协议标准

1995 年 9 月, IEEE 802 委员会正式批准了 Fast 以太网标准 802.3u。802.3u 标准在 LLC 子层仍然使用 IEEE 802.2 标准, 仍采用 CSMA/CD 介质访问控制方法, 只是在物理层作了一

些调整, 定义了新的物理层标准 100Base-T, 这也说明了为什么局域网的数据链路层要分为与硬件无关的 LLC 子层和与硬件相关的 MAC 子层。快速以太网的 MAC 层可以支持多种传输介质, 目前制定了 4 种传输介质的标准, Fast 以太网的协议结构如图 4-28 所示。

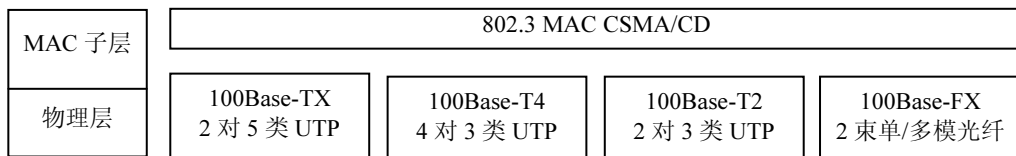


图 4-28 Fast 以太网的协议结构

(1) 100Base-TX: 采用 2 对 5 类非屏蔽双绞线 (UTP) 或 2 对 1 类屏蔽双绞线 (STP)。其中一对用于发送, 另一对用于接收。对于 5 类 UTP, 使用 RJ-45 连接器, 站点与集线器之间的最大距离为 100m; 对于 1 类 STP, 使用 DB-9 连接器。因此, 100Base-TX 可以全双工方式工作, 每个结点可以同时以 100Mb/s 的速率发送与接收数据。

(2) 100Base-T4: 采用 4 对 3 类非屏蔽双绞线 UTP, 其中, 有 3 对用于数据传输, 1 对用于冲突检测。使用 RJ-45 连接器, 站点与集线器之间的最大距离为 100m。

(3) 100Base-T2: 采用 2 对 3 类非屏蔽双绞线 UTP。

(4) 100Base-FX: 采用 2 束多模光纤作为传输介质, 每束都可用于两个方向, 因此它是全双工的, 并且在每个方向上速率均为 100Mb/s。适用于高速主干网、有电磁干扰环境、要求通信保密性好和传输距离远等应用场合, 使用标准 FDDI MIC 连接器、ST 连接器和 SC 连接器, 站点与集线器之间的最大距离高达 2km。

【例 4-5】快速以太网的应用。在网络设计中, 快速以太网通常采用快速以太网集线器作为中央设备 (100Base-TX), 使用非屏蔽 5 类双绞线以星型连接的方式连接网结点 (工作站或服务器) 以及另一个快速以太网集线器和 10Base-T 的共享集线器, 其连接如图 4-29 所示。

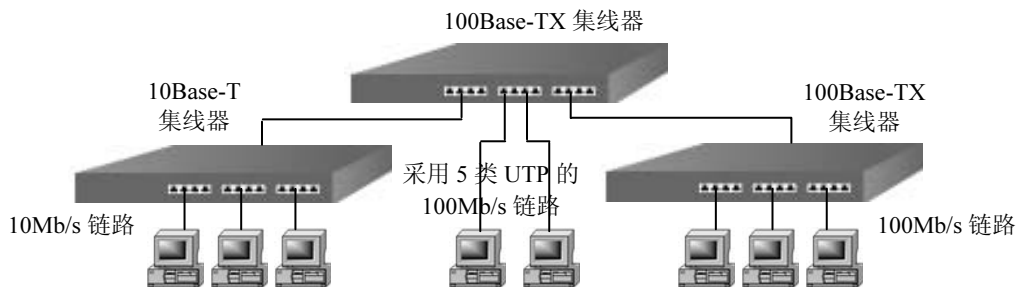


图 4-29 快速以太网的典型应用

4.4.3 千兆以太网 (Gigabit Ethernet)

1. 千兆以太网的概念

尽管快速以太网具有高可靠性、易扩展性、低成本等优点, 并且成为高速局域网方案中的首选技术, 但由于网络数据库、多媒体通信和视频技术的广泛应用, 人们不得不寻求更高带宽的局域网, 千兆以太网就是在这种背景下产生的。与快速以太网的相同之处是: 千兆以

以太网同样保留着传统的 100Base-T 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，而只是把以太网每个比特的发送时间由 100ns 降低到 1ns。千兆以太网发展很快，目前已被广泛地应用于大型局域网的主干网中。

2. 协议标准

千兆以太网标准化的工作是从 1995 年开始的，1995 年 11 月，IEEE 802.3 委员会成立了高速网研究组；1996 年 8 月成立了 802.3z 工作组，主要研究使用光纤与短距离屏蔽双绞线的千兆以太网物理层标准；1997 年初成立了 802.3ab 工作组，主要研究使用长距离光纤与非屏蔽双绞线的千兆以太网物理层标准。千兆以太网中的 MAC 子层仍然采用 CSMA/CD 的方法。千兆以太网物理层标准可以支持多种传输介质，目前制定了 4 种传输介质的标准。综合千兆以太网在物理层上的各种功能，可把它们归纳成两种实现技术：1000Base-X 和 1000Base-T。其中 1000Base-X 包括 SX、LX、CX，它们在物理层中的编码/译码方案是相同的，采用 8B/10B 方案。千兆以太网的协议结构如图 4-30 所示。

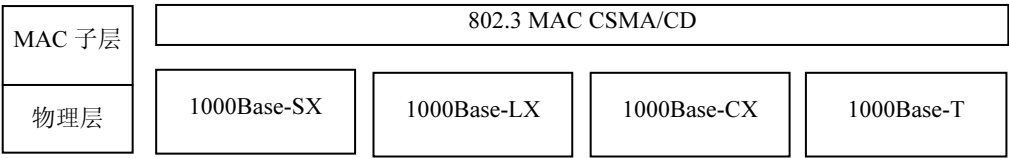


图 4-30 千兆以太网的协议结构

(1) 1000Base-SX: 是一种使用短波长激光作为信号源的网络介质技术，配置波长为 770~860nm（一般为 850nm）的激光传输器，它不支持单模光纤，只能驱动多模光纤。它所使用的的光纤规格有两种：芯径为 62.5μm 多模光纤和 50μm 多模光纤。使用 62.5μm 多模光纤在全双工方式下的最长传输距离为 275m，而使用 50μm 多模光纤时，在全双工方式下的最长传输距离为 550m。适用于同一建筑物中同一层的短距离主干网。

(2) 1000Base-LX: 是一种使用长波长激光作为信号源的网络介质技术，配置波长为 1270~1355nm（一般为 1300nm）的激光传输器，它可以驱动多模光纤，也可以驱动单模光纤。使用 62.5μm 多模光纤和 50μm 多模光纤，工作波长为 850nm，传输距离为 525m 和 550m，适用于作为大楼网络系统的主干。使用 9μm 单模光纤，工作波长为 1300nm 或 1500nm，传输距离为 3000m，适用于校园或城域主干网。

(3) 1000Base-CX: 是使用铜缆作为网络介质的两种千兆以太网技术之一。1000Base-CX 使用了一种特殊规格的高质量平衡 150Ω 屏蔽双绞线（STP），传输速率为 1.25Gb/s，传输距离为 25m。主要用于集群设备的连接，如交换机之间的短距离连接，尤其适合千兆主干交换机和主服务器之间的短距离连接。

(4) 1000Base-T: 是一种使用 4 对 5 类非屏蔽双绞线（UTP）作为网络传输介质的千兆以太网技术，传输距离为 100m。适用于结构布线中同一层建筑的通信，用户可以采用这种技术在原有的快速以太网系统中实现从 100Mb/s 到 1000Mb/s 的平滑升级。

【例 4-6】千兆以太网的应用。在网络设计中，通常用一个或多个千兆以太网交换机构成主干网，以保证主干网的带宽；用快速以太网交换机构成楼内局域网。组网时，一般将几种不同性能的交换机（10M 交换机、100M 交换机、1000M 交换机）结合使用，并采用层次结

构, 1000M 交换机用作主干设备 (最高层); 100M 交换机作为中间层设备; 10M 交换机作为用户端交换机。

图 4-31 是一个千兆交换以太网的应用实例, 一台 1000M 交换机作为网络的主干设备, 连接多台 100M 交换机和服务器。

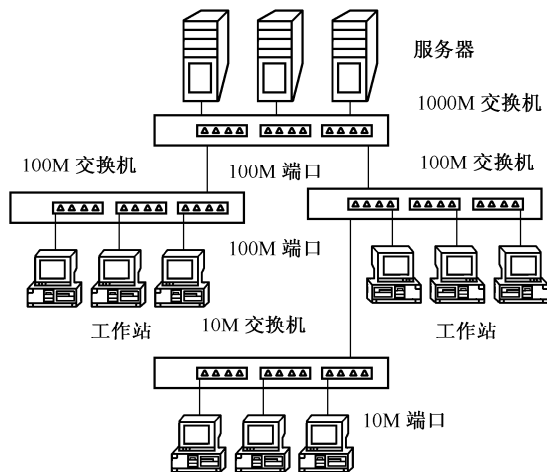


图 4-31 千兆交换以太网应用实例

在实际应用中, 千兆以太网端口与介质的连接需要通过千兆以太网接口转换器 (Gigabit Ethernet Interface Converter, GEIC)。GEIC 是一种可热插拔的接口部件, 它能够灵活地将千兆以太网交换机的端口配置为 1000Base-SX、1000Base-LX、1000Base-CX 和 1000Base-T 几种不同介质的标准, 在许多网络设备厂家的产品中还提供一种超长距离的 GEIC 转换器, 其最大传输距离可以达到 70~100km。

4.4.4 万兆以太网 (10Gigabit Ethernet)

1. 万兆以太网的概念

随着 IP 业务量的迅速增长, 对网络带宽的需求也在日益提高, 加上许多公司的万兆交换机作为局域网的核心交换机使用, 可以提供多达 48 个 100Mb/s 端口, 这些下连端口汇聚起来的流量有时会使千兆以太网交换机过载。因此, 市场迫切需要一种具备简单、可靠和经济等特点的新技术来提供更高带宽, 同时能应用到局域网、城域网和广域网范围, 能满足这些要求的技术就是万兆以太网技术。

万兆以太网 (10Gigabit Ethernet, 10GE) 是以太网系列的最新技术, 传输速率比千兆以太网提高了 10 倍, 通信距离可延伸到 40km, 在应用范围上得到了更多的扩展, 它不仅适合所有传统局域网的应用场合, 更能延伸到传统以太网技术受到限制的城域网和广域网范围。

2. 协议标准

在万兆以太网标准化过程中, IEEE 和万兆以太网联盟是两个最重要的组织。IEEE 是负责制定以太网标准的机构, 并在 2002 年 7 月发布了万兆以太网标准 IEEE 802.3ae。10GEA 则是由业界领先的设备厂商组成的行业技术联盟, 致力于万兆以太网的标准化和互操作性以及推动万兆以太网在全球的应用等方面的工作。2002 年 11 月又成立了两个研究铜线万兆以太网

的组织，一个组织研究在超 5 类或 6 类双绞线上的 10GBase-T；另一个组织正在研究用 4 同轴电缆实现万兆以太网的方法。万兆以太网的层次结构如图 4-32 所示。

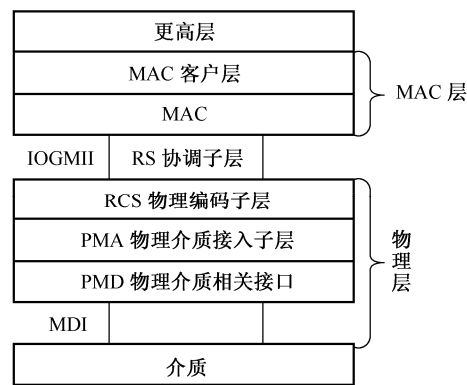


图 4-32 万兆以太网层次结构图

IEEE 802.3ae 万兆以太网标准主要包括：兼容 802.3 标准中定义的最小和最大以太网帧长度；仅支持全双工方式；使用点对点链路和结构化布线组建星型物理结构的局域网；支持 802.3ad 链路汇聚协议；在 MAC/PLS 服务接口上实现 10Gb/s 的传输速率；定义了 LAN PHY 和 WAN PHY 两种物理层规范，定义将 MAC/PLS 的数据传送速率对应到广域网 PHY 数据传输速率的适配机制；定义支持特定物理媒体相关接口（PMD）的物理层规范，包括多模光纤和单模光纤以及相应传输距离；支持 ISO/IEC 11801 第二版定义的光纤媒体类型等。

3. 主要产品

随着万兆以太网标准的制定，市场上出现了许多支持万兆以太网的产品。从其产品体系结构来看，万兆以太网产品可以分为以下两大类：

（1）万兆以太网交换模块：是直接千兆产品上增加万兆以太网模块。但由于千兆以太网交换机在体系结构设计、（模块）带宽、交换能力和 ASIC 处理能力等方面是根据千兆的要求设计的，当接口速度提高 10 倍达到万兆时，通常不能很好地胜任，更没有足够的扩展能力以满足未来网络升级的需求，仅支持万兆以太网模块的千兆以太网交换机还不能称为真正意义上的“万兆以太网交换机”。

（2）万兆以太网交换机/路由器：是在（模块）带宽、交换能力、ASIC 处理能力、数据包转发能力等方面真正为万兆以太网技术而重新设计体系结构的交换机/路由器。

【例 4-7】万兆以太网的应用。万兆以太网采用以光纤为传输介质，以交换机为中心的星型结构，主要用于组建万兆主干网络。万兆以太网技术突破了传统以太网近距离传输的限制，除了可应用在局域网和园区网外，也能够方便地应用在城域网甚至广域网范围。万兆以太网技术不但提供了更丰富的带宽和处理能力，而且保持了以太网一贯的兼容性和简单易用、升级容易的特点。目前万兆以太网的应用主要在校园网和企业网、宽带 IP 城域网、数据信息中心、超级计算中心等方面。

（1）在校园网中的应用：随着高校多媒体网络教学、数字图书馆等应用的展开，高校校园网已成为万兆以太网的重要应用场所。利用 10GE 高速链路构建校园网的骨干链路与各教学区（分校）之间的连接，可以实现端到端的以太网访问，以提高传输效率，有效保证

远程多媒体教学和数字图书馆等业务地开展。10GE 高速链路构建校园网的骨干链路如图 4-33 所示。

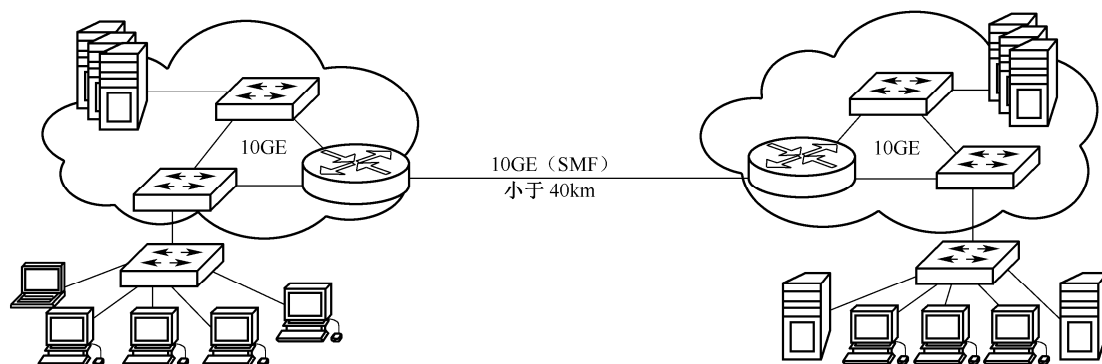


图 4-33 10GE 在校园网中的应用

(2) 在城域网中的应用：随着城域网的建设与应用，各种业务（流媒体视频应用、多媒体互动游戏）纷纷出现，这些业务对城域网的带宽提出了更高的要求。在城域网骨干层部署 10GE，则可大大简化网络结构、降低成本、便于维护。通过端到端以太网打造低成本、高性能和具有丰富业务支持能力的城域网。用 10GE 直接作为城域网骨干的结构如图 4-34 所示。

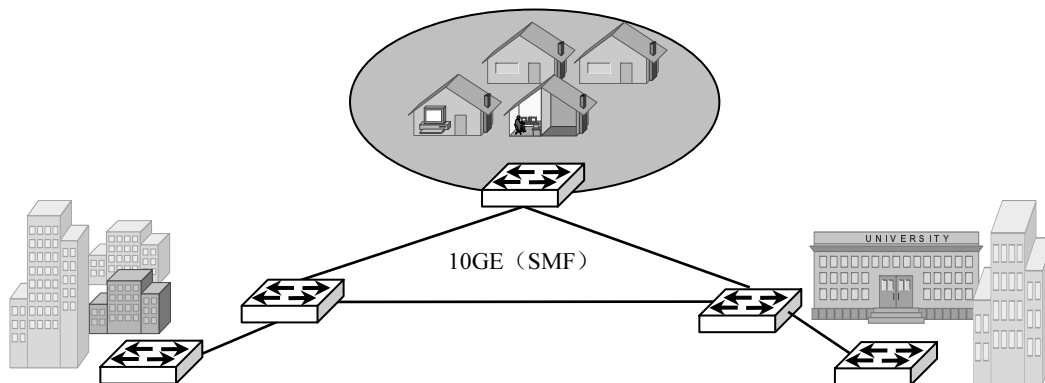


图 4-34 直接作为城域网骨干

(3) 在数据中心出口的应用：随着服务器纷纷采用千兆链路连接网络，汇聚这些服务器的上行带宽将逐渐成为业务瓶颈。因此，使用 10GE 高速链路可以为数据中心出口提供充分的带宽保障。随着计算机网络技术的飞速发展，万兆网络和千兆网络已成为网络交换市场的主流，万兆以太网技术将得到更加广泛的应用，现已出现了 10 万兆以太网，并已投入市场应用。

4.4.5 交换式以太网 (Switching Ethernet)

1. 交换式局域网的概念

局域网从介质访问控制方式的角度可以分为共享式局域网 (Shared LAN) 与交换式局域网 (Switched LAN)。共享式局域网又可分为 Ethernet、Token Bus、Token Ring 与 FDDI，以

及在此基础上发展起来的 Fast Ethernet、Gigabit Ethernet、10Gigabit Ethernet、FDDI II 等。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进行通信，即在某一时刻只有一个结点可以发送数据，所有结点共享网络带宽。例如双绞线以太网中，一个结点发送的数据在集线器所有端口上转发（或称为广播），只有目的地址相符的结点才能接收数据，集线器的带宽被一个结点所独占，其他结点之间不能传输数据。这样，集线器就成为了网络的瓶颈。

为了提高网络的性能和通信效率，交换式局域网采用了以太网交换机（Ethernet Switch）为核心的技术。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，因而解决了由集线器构成的网络的瓶颈。

交换式局域网可分为 Switched Ethernet 与 ATM LAN，以及在此基础上发展起来的虚拟局域网，其中 Switched 以太网应用最为广泛，已成为当前局域网技术的主流。共享介质局域网与交换式局域网的工作原理与两者之间的主要区别如图 4-35 所示。

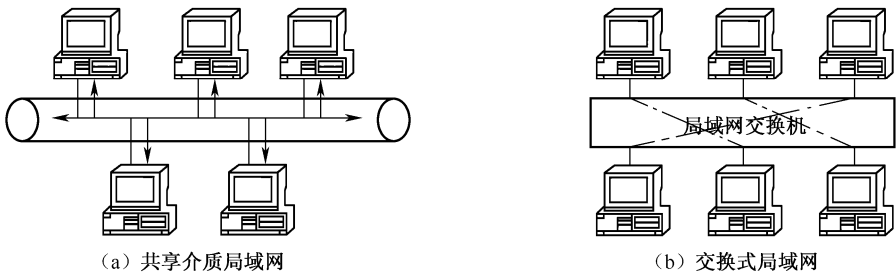


图 4-35 共享介质局域网与交换式局域网的主要区别

2. 基本结构

以太网交换机可以有多个端口，每个端口可以单独与一个结点连接，也可以与一个共享介质式的以太网集线器（Hub）连接，交换机与工作站之间组成星型拓扑结构。典型的交换式以太网的结构如图 4-36 所示。

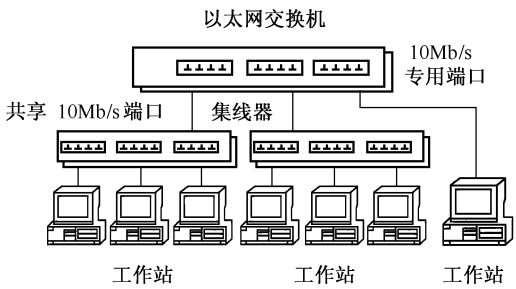


图 4-36 交换式以太网的结构示意图

若交换机每个端口的速率为 100Mb/s（或 1000Mb/s），则称为百兆（或千兆）交换机。如果一个 10Mb/s 交换机的一个端口只连接一个结点，那么这个结点便独占 10Mb/s 带宽，我们把这类端口称为“专用 10Mb/s 端口”，网络的总带宽通常为各个端口带宽之和，所以在交换式网络中随着用户的增多，网络带宽也随之增加。所以，交换式以太网从根本上解决了网络带宽问题，能满足用户对带宽的需求。

3. 主要特点

交换式以太网是以数据链路层的数据帧为交换单位，以 Ethernet Switch 为基础构成的网络，从根本上改变了“共享”式以太网所带来的问题，它具有如下特点。

(1) 兼容性：交换式以太网能保留现有以太网的基础设施，而不必淘汰现有设备，只需要将共享式集线器更换为交换机，而替换下来的集线器也可以连接新的结点。

(2) 兼容性：以太网交换机可以与现有以太网集线器相结合，实现各类广泛的应用。交换机可以用来将超载的网络分段或者通过交换机的高速端口建立服务器群或者网络的主干，所有这些应用都维持现有的设备不变。

(3) 易用性：以太网交换技术是基于以太网的技术，对用户有较好的熟悉度，易学易用。

(4) 灵活性：使用以太网交换机可以支持虚拟局域网应用，使网络的管理更加灵活。

(5) 支持性：交换式以太网可以使用各种传输介质，支持 3 类/5 类 UTP 以及同轴电缆，尤其是使用光缆，可以使交换式以太网作为网络的主干。

【例 4-8】交换以太网的应用。在进行网络设计时，可用快速交换以太网组建中小型园区的主干网或工作组级。在实际应用中，通常将一台或多台快速交换以太网交换机（100Mb/s）连接起来，构成园区的主干网，再下连交换以太网交换机或 10/100M 自适应交换以太网交换机，组成全交换的快速交换式以太网。通常，用以太网交换机构成星型结构，主干交换机可以连接共享式快速以太网设备。交换机的普通端口连接客户端计算机，上行端口连接数据传输量很大的服务器。图 4-37 是端口速率为 100M 的 HUB 组成交换与共享并存的局域网系统。

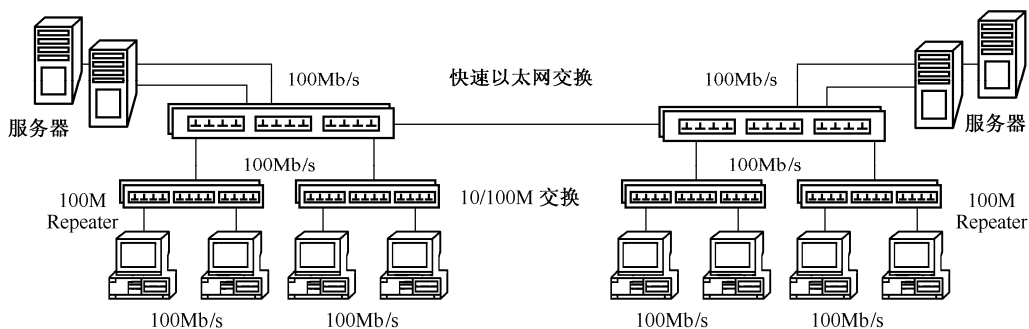


图 4-37 快速交换式以太网应用

4.4.6 虚拟局域网

随着计算机网络硬件性能的不断提高、成本的不断降低，使得新建的大、中型局域网都采用了先进的交换技术，以提高网络性能。虚拟局域网（Virtual Local Area Network, VLAN）是为了解决以太网的广播问题 and 安全性而提出的一种协议，对简化校园网的管理、保证校园网的高速可靠运行起到了非常重要的作用。

1. VLAN 的概念

VLAN 是建立在交换技术之上的网络结构技术。所谓虚拟（Virtual），是指在逻辑上可以通过网络管理来划分逻辑工作组的物理网络，物理用户可以根据自己的需求，而不是根据用户在网络中的物理位置来划分网络。VLAN 技术出现以前，为了在对网络进行分段的同时，

还要达到抑制网络中的广播信息的目的，采用的方法是根据路由器端口将用户分成若干个逻辑组，每个组以本楼层的集线器或交换机为核心构成一个子网，如图 4-38 所示。

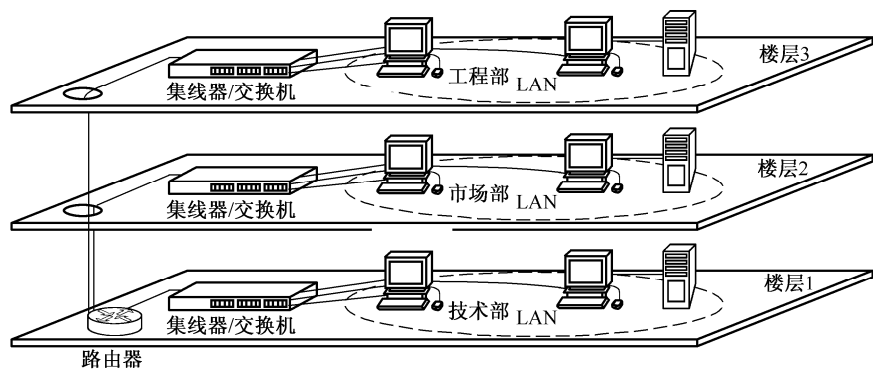


图 4-38 VLAN 把不同地点的用户组织为逻辑工作群组

显然，这种拓扑只能在集线器或交换机之间提供分段功能，而不能根据用户的性质进行逻辑分段。这样，就为网络分段增加了物理上的约束，并且限制了用户的分组方式。

VLAN 把原来由路由器实现的广播抑制功能改由交换机完成。一个 VLAN 就是一个独立的广播域，因此属于同一个 VLAN 的用户工作站可以不受地理位置的限制而像处于同一个局域网中那样相互访问，但是 VLAN 间却不能随意进行访问。假如整个网络按部门被划分为 3 个 VLAN，分别是工程部 VLAN、市场部 VLAN 及技术部 VLAN，而每个部门中的工作站可能位于不同的楼层，则可设计成如图 4-39 所示结构。

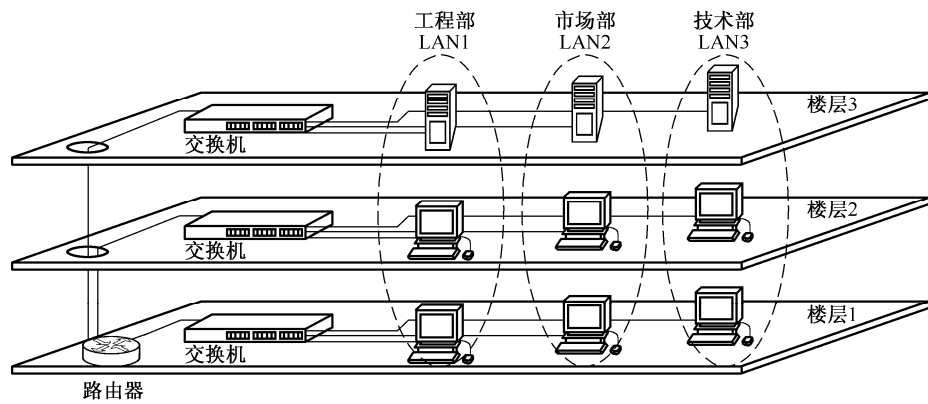


图 4-39 路由器把用户按集线器/交换机组织为逻辑工作群组

2. VLAN 协议标准

VLAN 定义方式以及交换机的通信方式是多种多样的，每个厂家都有自己专用的 VLAN 解决方案。为解决设备不兼容问题，Cisco 公司最初提出了 VLAN 标准，后来被 IEEE 接受，并演化以 IEEE 为代表的国际规范，这是目前各交换机厂家都遵循的技术规范。迄今为止，IEEE 已经通过了两种 VLAN 标准。

(1) 802.10 标准：1995 年，Cisco 公司提倡使用 IEEE 802.10 协议。在此之前，IEEE 802.10

曾经在全球范围内作为 VLAN 安全性的统一规范。Cisco 公司试图采用优化后的 802.10 帧格式在网络上传输 Frame Tagging 模式所必须的 VLAN 标志。然而,大多数 802 委员会的成员都反对推广 802.10。因为该协议是基于 Frame Tagging 方式的,这样将导致不定长的数据帧,使 ASCII 字符的传输变得非常困难。

(2) 802.1Q: 1996 年 3 月, IEEE 802.10 Internet 工作委员会结束了对 VLAN 初期标准的修订工作,新出台的标准进一步完善了 VLAN 的体系结构 802.1Q,统一了 Frame Tagging 方式中不同厂商的标签格式,并制定了 VLAN 标准在未来一段时间内的发展方向。

802.1Q 的出现打破了虚拟网依赖于单一厂商的僵局,从一个侧面推动了 VLAN 的迅速发展,该标准已得到全世界主要网络厂商的支持。3COM、Alanee/FOR、Bay Networks、Cisco 和 IBM 都声称他们的交换机支持 802.1Q。目前, VLAN 技术仍在不断发展之中,有关 VLAN 的标准也在不断完善之中。

3. VLAN 的划分

划分 VLAN 的基本方法取决于 VLAN 的划分策略,而这些策略是需要 VLAN 交换机上管理软件的支持的。VLAN 可定义为两种状态,即静态和动态。静态 VLAN 由交换机本身的特征信息定义,通常包括插槽、端口或端口组等;动态 VLAN 通常由结点的某些特征信息定义,可以是结点的 MAC 地址、正在使用的协议甚至是某些认证信息(如名字与口令等)。下面介绍 3 种常用的虚拟网络划分方法。

(1) 基于交换机端口划分:最初,许多厂商都是利用交换机的端口号来划分 VLAN,即把一个或多个交换机上的几个端口划分在一个逻辑组。例如,交换机端口的 1、2、3、7 和 8 设置为 VLAN1,其余端口设置为 VLAN2,那么连接到端口 1-3, 7-8 的工作站都属于 VLAN1,连接到其余端口的工作站都属于 VLAN2,如图 4-40 (a) 所示。基于端口的 VLAN 划分也可以跨越多台交换机,如图 4-40 (b) 所示。

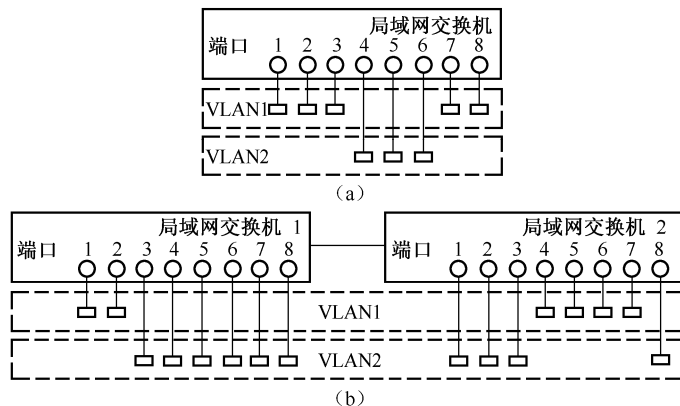


图 4-40 基于交换机端口的 VLAN

按交换机端口定义 VLAN 的特点: 基于交换机端口划分的 VLAN 属于静态配置,即某个端口固定属于某个 VLAN,它具有如下优缺点:

1) 优点。配置过程简单明了、比较安全、容易配置和维护。只需网络管理员对网络设备的交换端口进行分配和设置,而不用考虑该端口所连接的设备。网管人员使用网管软件或直

接在交换机上进行设置端口所属的 VLAN，一旦设置好，这些端口的 VLAN 属性将一直保持不变，除非网管人员重新设置。它是最简单、最有效的划分方法，因此是目前最常用的一种划分方式。

2) 缺点。这种方式不允许多个 VLAN 共享一个物理网段或交换机端口。而且，这种方法灵活性不好，如果某一个用户从一个端口所在的虚拟网移动到另一个端口所在的虚拟网时，网络管理员必须重新进行设置，这对于拥有众多移动用户的网络来说是非常困难的。

(2) 基于 MAC 地址划分：基于 MAC 地址划分 VLAN 是以网卡的 MAC 地址来决定隶属的虚拟网。MAC 地址是指网卡的物理地址，即标识符，每一块网卡的 MAC 地址都是唯一的，并且已经固化在网卡上。MAC 地址由 12 位十六进制数表示，前 8 位为厂商标识，后 4 位为网卡标识。

这种划分方法属于动态 VLAN 配置。交换机根据帧中的信息自动确定接收到该帧的端口属于哪个 VLAN。一旦网管人员配置好动态 VLAN，用户工作站与交换机的哪个端口连接就可以灵活地改变，而不会改变该用户所属的 VLAN。基于 MAC 地址的 VLAN 划分允许：

- 便携式计算机用户无论在什么地点上网都能保持其所属的 VLAN 不变（当然，这也包括台式计算机的地点发生变化的情况）。
- 如果网络中出现未定义的 MAC 地址，交换机能够向网管人员报警。
- 一个端口属于多个 VLAN。这种配置对于多个 VLAN 都需要访问公共资源时是非常必要的。例如，在一个机构中，可将一台网络服务器的 MAC 地址划分到多个 VLAN 中，以便让每个 VLAN 中的用户都可以访问它。

按 MAC 地址定义，基于 MAC 地址划分的 VLAN 属于动态配置，它具有如下优缺点。

1) 优点。VLAN 与站点的物理位置无关，这是由于 MAC 地址是捆绑在网卡上的，所以这种形式的虚拟网允许网络用户从一个物理位置移动到另一个物理位置，并且自动保留其所属虚拟网段的成员身份；这种方式独立于网络的高层协议，如 TCP/IP、IP 或 IPX 等。因此，利用 MAC 地址定义虚拟网可以看成是一种基于用户的网络划分手段。

2) 缺点。所有的用户必须被明确地分配给一个虚拟网，在这种初始化工作完成之后，对用户的自动跟踪才成为可能。然而，在一个拥有成千上万个用户的大型网络中，很难要求管理员将每个用户都划分到一个虚拟网。为此，由相应的网络管理工具来配置 MAC 地址。这些网管工具可以根据当前网络的使用情况，在 MAC 地址的基础上自动划分虚拟网。

(3) 基于网络层协议或地址划分：与基于 MAC 地址的 VLAN 定义类似，可以通过收到的分组中的 IP 地址或协议类型来确定端口所属的 VLAN。使用这种方法时，通常要求交换机能够处理网络层的数据，也就是说，要使用第三层交换机（路由交换机）。

按网络层协议或地址定义 VLAN 的特点：基于网络层协议或地址划分的 VLAN 属于动态配置，它具有如下优缺点：

1) 优点。可以按传输协议划分网段；用户可以在网络内部自由移动而不用重新配置自己的工作站；可以减少由于协议转换而造成的网络延迟。

2) 缺点。它与基于 MAC 地址的 VLAN 相比，检查网络层地址分析各种协议的地址格式并进行相应的转换的延迟更大，从而影响了交换机的交换时间以及整个网络的性能，会影响交换机的速度。同时，维护地址表也增加了管理的负担。

总之，有很多定义 VLAN 的方式，各种方法的侧重点不同，所达到的效果也不尽相同。

现在,许多厂家已经开始着手在各自的网络产品中融入定义虚拟网的方法,使网络管理员能够根据实际情况选择一种最适合的途径。在上述实现 VLAN 的划分方法中,目前主要采取第 1 种和第 3 种方式,并使用第 2 种方式作为辅助性的方案。其中,第 3 种“基于网络层协议或地址”划分的 VLAN 智能化程度最高,实现起来也最复杂。VLAN 充分体现了现代网络技术的特征,即高速、灵活、管理方便、扩展和使用容易,因此是未来网络发展的潮流和趋势。

4. VLAN 的优点

VLAN 技术是一种网络构造和用户的组织方式,是通过路由和交换设备在网络的物理拓扑结构基础上建立的、由位于多个相同或不同地点的网段和站点构成一个逻辑工作组,可以按功能、部门、应用等来划分 VLAN,而不用考虑它们所在的位置和物理网段的连接。VLAN 的主要优点主要体现在以下 4 个方面。

(1) 提高管理效率:用户的增加、删除、移动非常方便,用户可以不受工作地点的限制,通过 VLAN 可以方便地在任何物理网段上增加逻辑工作组的成员。当逻辑工作组成员因工作地点发生变化,从一个办公楼移到另一个办公楼,他(她)的计算机设备从一个物理网段移到另一个物理网段时,只要网络管理者进行设置即可。

(2) 构成虚拟工作组:某一部门或分支机构的成员可以在虚拟工作组模式下共享同一个“局域网”,把绝大多数的网络流量限制在 VLAN 广播域内部。

(3) 提高局域网的安全性:如企业的服务器系统单独作为一个 VLAN,重要部门(财务、人事、销售、生产等)的计算机系统分别作为独立的 VLAN。可利用路由器等设备的安全机制来控制各子网间的访问。

(4) 减少路由器的使用:支持虚拟网的交换机可以在没有路由器的情况下很好地控制广播流量。在 VLAN 中,从服务器到客户端的广播信息只会在连接本虚拟网客户机的交换机端口上被复制,而在其他端口上广播信息将被终止,只有那些需要跨越虚拟网的数据包才会穿过路由器。在这种方式下交换机扮演了路由器的角色,从而可以减少路由器的使用。

5. VLAN 的应用

由于虚拟局域网具有比较明显的优势,在各种企业中都有了很好的应用。下面就根据不同的案例来分析虚拟局域网的应用情况。

(1) 局域网内部的局域网:往往很多企、事业部门已经具有一个相当规模的局域网,但是现在企事业内部因为保密或其他原因,要求各业务部门或者课题组独立成为一个局域网,同时,各业务部门或者课题组的人员不一定是在同一个办公地点,各网络之间不允许互相访问。根据这种情况,可以有几种解决方法,但是虚拟局域网解决方法可能是最好的。为了完成上述任务,我们要做的工作是收集各部门或者课题组的人员组成、所在位置、与交换机连接的端口等信息。根据部门数量对交换机进行配置,创建虚拟局域网,设置中继,最后,在一个公用的局域网内部划分出来若干个虚拟的局域网,同时减少了局域网内的广播,提高了网络传输性能。这样的虚拟局域网可以方便地根据需要增加、改变、删除。

(2) 访问共同的接入点和服务器:在一些大型写字楼或商业建筑(酒店、展览中心),经常存在这样的现象,大楼出租给各个单位,并且大楼内部已经构建好了局域网,提供给入驻企业或客户网络平台,并通过共同的出口访问 Internet 或者大楼内部的综合信息服务器。由于大楼的网络平台是统一的,使用的客户有物业管理人员、有其他不同单位的客户。在这样一个共享的网络环境下,解决不同企业或单位对网络的需求的同时,还要保证各企业间信息

的独立性。这种情况下，虚拟局域网提供了很好的解决方案。大厦的系统管理员可以为入驻企业创建一个独立的虚拟局域网，保证企业内部的互相访问和企业间信息的独立，然后利用中继技术，将提供接入服务的代理服务器或路由器所对应的局域网接口配置成为中继模式，实现共享接入。这种配置方式还有一个好处，可以根据需要设置中继的访问许可，灵活地允许或者拒绝某个虚拟局域网的访问。

(3) 交叠虚拟局域网：是在基于端口划分虚拟局域网的基础上提出来的，最早的交换机每一个端口只能同时属于一个虚拟局域网，交叠虚拟局域网允许一个交换机端口同时属于多个虚拟局域网。这种技术可以解决一些突发性的、临时性的虚拟局域网划分。比如在一个科研机构，已经划分了若干个虚拟局域网，但是因为某个科研任务，从各个虚拟局域网里面抽调出技术人员临时组成课题组，要求课题组内部通信自如，同时各科研人员还要保持和原来的虚拟局域网进行信息交流。如果采用路由和访问列表控制技术，成本会较大，同时会降低网络性能。交叠技术的出现，为这一问题提供了廉价的解决方法，只需要将要加入课题组的人员所对应的交换机端口设置成为支持多个虚拟局域网，然后创建一个新虚拟局域网，将所有人员划分到新虚拟局域网，保持各人员原来所属虚拟局域网不变即可。

【应用案例 4-1】虚拟局域网配置方案。某单位财务报表统计员王芳在财务办公室办公，而劳资管理员刘莉在人事办公室办公，这两个部门都各有一台 Cisco Catalyst 2950 交换机。考虑到有些财务报表不能让其他人知道，但又能在她们之间共享，要求网络管理员通过配置以太网交换机来解决这一问题。

案例分析：采用 VLAN 技术，刘莉的电脑 PCB 和王芳的电脑 PCC 同属于 VLAN3 且能相互通信；其他财务用户 PCA 和 PCD 同属于 VLAN2 且能相互通信。用两台交换机互连实现资源共享，其拓扑结构如图 4-41 所示。在确定拓扑结构图之后，确定主机的 IP 地址和子网掩码。由于 PCA 与 PCD 同处于一个 VLAN，IP 应设为同一个网段；PCB 与 PCC 在同一个 VLAN，IP 应设为同一个网段。因此，各主机的 IP 地址与子网掩码如表 4-2 所示。

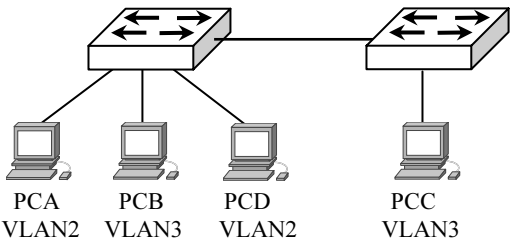


图 4-41 网络拓扑结构

表 4-2 主机、IP 地址和子网掩码对应表

主机	IP 地址	子网掩码
PCA	192.168.1.1	255.255.255.0
PCB	192.168.2.1	255.255.255.0
PCC	192.168.2.2	255.255.255.0
PCD	192.168.1.2	255.255.255.0

§ 4.5 无线局域网

20 世纪 80 年代末以来, 由于人们工作和生活节奏的加快以及移动通信技术的飞速发展, 无线局域网也开始进入市场。无线局域网技术流行使用的时间虽然不长, 但对人们的生活已产生了巨大的影响, 它不仅改变了世界沟通的方式和企业运营方式, 而且也改变了人们的生活和工作方式。当今, 无线局域网已经成为讲求效率的人们追求的目标。

无线局域网可提供移动接入的功能, 不仅给许多需要发送数据但又时常不能坐在办公室的人员带来了方便, 而且对一些受自然条件影响而无法实施布线的环境开辟了通道。这种方式不仅可以节省铺设线缆的投资, 而且建网灵活、快捷、节省空间。

4.5.1 WLAN 的特点与适用范围

无线局域网 (Wireless Local-Area Network, WLAN) 也称 Radio LAN, 就像其名字所描述的一样: 它挣脱了传统线缆束缚, 提供了以太网或者令牌网络的功能。WLAN 是计算机网络与无线通信技术相结合的产物, 它提供了使用无线多址通道的一种有效方法, 用来支持计算机之间的通信, 并为通信的移动化、个性化和多媒体应用提供了潜在的手段。它与有线网络的最大区别是 WLAN 不是使用双绞线或光纤, 而是使用红外线和无线电等。

1. WLAN 的主要特点

WLAN 可看作是有线 LAN 的重要补充和延伸, 并逐渐成为计算机网络中一个至关重要的组成部分。与有线 LAN 相比, WLAN 具有以下显著特点。

- (1) 移动性好: 在 WLAN 服务区域, 用户可随时随地访问信息。
- (2) 扩展能力强: WLAN 可以组成多种拓扑结构, 容易从少数用户的对等网络模式扩展到上千个用户的结构化网络。
- (3) 投资费用少: WLAN 不需要布线费用, 只要按当前需要进行建设, 日后扩建简易方便。
- (4) 建设速度快: WLAN 没有复杂的施工, 只需安装用户终端即可上网, 工作量很小。
- (5) 安装灵活、方便: WLAN 可以按当时需要的容量来安装设备, 甚至可以“现用现装”。
- (6) 维护费用低: WLAN 的主要开支仅在于设备、天线和铁塔的维护, 因而费用较低。
- (7) 安全性好: WLAN 抗灾能力强, 并且容易设置备用系统, 因而可提高系统的安全性。

2. WLAN 的适用范围

由于 WLAN 具有接入灵活、保密性强、抗干扰性好、组网快捷等优点, 因而发展很快, 并且很适合一些特殊的环境。从技术上讲, WLAN 所能覆盖的范围应视环境的开放与否而定, 若不加外接天线, 在视野所及之处约 300m; 若是半开放的空间, 或有间隔的区域, 传输距离大约 35~55m; 如果借助于外接天线, 传输距离则可达 35~50km 甚至更远。所以, WLAN 特别适合以下范围:

- (1) 布线困难的场所: 环境太空旷、建筑物内不允许布线、建筑物之间必须逾越公用设施。
- (2) 变化频繁的环境: 野外勘测、施工、实验、交通、航空、军事、公安、新闻部门等。
- (3) 临时构建的场所: 建筑工地、大型活动、大型会议、商业展览等。

无线局域网与传统的局域网一样,可接入 Internet,可用于教学、科研、医院、学校、金融服务、制造业、服务业,以及生活等各个方面。

4.5.2 WLAN 的主要类型

WLAN 使用无线传输介质,IEEE 802.11 标准定义了 3 种物理层介质:跳频扩展频谱、直接系列扩展频谱和红外线。按照所采用的传输技术可分为 3 类:红外局域网、扩频无线局域网和窄带微波无线局域网。

1. 红外局域网

红外线是太阳光的一个组成部分,它是一种电磁波,具有一定的波长和频率,并以极高的速度在空间中传播,其传播速度约为 30 万 km/s。通常人们用肉眼看得到的光波有 7 色:红、橙、黄、绿、青、蓝、紫,称为可视光,其波长为 $0.4\sim 0.75\mu\text{m}$,超过此波长范围的光波人类用肉眼无法看,称为不可视光波,红外线是红光以外的不可视光波。

红外局域网也称为 IrDA 技术,是一种利用红外线进行点对点通信的技术,其工作原理与电视遥控装置类似。红外连接可以被用于连接几座大楼的网络,但是每幢大楼的路由器或网桥都必须在视线范围内。由于红外线不能穿越障碍物,连接必须在视线内或者是点对点,传输距离通常被限制到大约 15 米。红外局域网的数据传输有 3 种方式。

(1) 定向光束红外传输:是一种点对点的链路。在这种方式中,传输范围取决于发射强度与接收装置的性能。

(2) 全方位红外传输:一个全方位 (Omimmi Direction) 配置一个基站,该基站能看到红外局域网中的所有结点。全方位配置是将基站安装在天花板上,基站的发射器向所有方向发送信号,所有结点的收发器都用定位光束瞄准天花板上的基站,以接收红外信号。

(3) 漫反射红外传输:这种方式不需要在天花板上安装基站,而是将所有结点的发射器都瞄准天花板,然后被漫反射到房间内的所有接收器。

红外线连接是专用连接,每个用户接收到的是专用带宽,而不像电缆连接要共享带宽。红外技术的主要优点是体积小、功耗低、传输速率高(可达 16Mb/s)、成本低、适合移动通信的需要,目前有 95% 的笔记本电脑上都安装了 IrDA 接口。

红外 WLAN 在室内的应用正引起极大的关注,由于它采用低于可见光的部分频谱作为传输介质,其使用不受无线电管理部门的限制。由于红外信号要求视距传输,检测和窃听困难,对邻近区域的类似系统不会干扰。但红外局域网也存在一些缺点,如室内环境因阳光或室内照明光线强,它们将成为红外线接收器的噪声部分,这样就限制了红外局域网的应用范围。

2. 扩频无线局域网

扩频是扩频通信 (Spread Spectrum Communication, SSC) 的简称,是一种信息传输方式。无线局域网使用非专用频段 (Industrial Scientific Medical, ISM),又称为工业、科研、医学频段,位于调频无线电和蜂窝电话使用的 UHF 频段高端。该频段在美国不受美国联邦通信委员会的限制,并且不会对人体健康造成伤害。但由于此频段频谱资源拥挤,可用的带宽较少,所以必须采用扩频技术,即通过注入一个更高频率的信号将原始信号扩展到一个更宽的频带内信号,其发射信号的能量被扩展到一个更宽的频带内,使其看起来如同噪音一样。扩展后的信号与初始信号之比称为处理增益 (dB),典型的扩频处理增益可以从 20~60dB。

由于扩频技术具有优越的抗干扰性和保密性,因而已被广泛应用于军事通信。FCC 在 1985

年开放了 3 个频段：902~928MHz、2.4~2.4835GHz 和 5.725~5.85GHz，允许输出功率小于 1W 的扩频电台免许可证使用，这极大地促进了无线局域网的发展。扩频技术的实现方法有两种，跳频和直接序列扩频。

(1) 跳频 (Frequency Hopping, HF): 是用一定码系列进行选择的多频率移频键控技术，用扩频码系列进行移频键控调制，使载波频率不断改变。使用跳频方案时，发送信号频率按固定间隔从一个频谱跳到另一个频谱，发送器以固定间隔一次变换一个发送频率，接收器与发送器同步跳动以正确接收信息，而入侵者只能听到一些无法理解的标记。802.11 标准规定以每 300ms 的间隔变换一次频率，发送频率变换的顺序由一个伪随机码决定，发送器与接收器使用相同变换的顺序系列。数据传输可以选用移频键控 (FSK) 或二进制相位 (PSK) 技术。

(2) 直接序列扩频 (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS, 常简称为 DS): 是直接具有高码率的扩频码序列扩展发送信号的频谱，在接收端用相同的扩频序列进行解扩，把展开的扩频信号恢复成原始信号。具体说，输入数据信号进入一个通道编码器 (Channel Encoded) 产生一个接近中央频谱的窄带宽的模拟信号，这个信号将用一系列看似随机的数字 (伪随机序列) 来进行调制，以拓展传输信号的带宽。接收端使用同样的数字序列来恢复信号，信号再进入通道解码器来还原数据。DS 技术常用于较高速率的数据通信。

HF 技术从本质而言还是窄带传输过程，由于限制了调制带宽，通常速率较低，所以 ISM 频段的无线局域网大多采用 DS 扩频。但是，扩频技术并不能从根本上解决可用带宽问题。在无线传输中，数据编码的可用带宽越多，可达到的总数据率就越高。尽管 FCC 开放了多个频段，但其总的可用带宽有限。

3. 窄带微波无线局域网

窄带微波 (Narrowband Microwave) 是指使用微波无线电频带进行数据传输，其带宽刚好能够容纳信号。窄带微波可分为免申请执照的窄带 RF 和申请执照的窄带 RF 两种。

(1) 免申请执照的窄带 RF: 1995 年，Radio LAN 成为第一个免申请执照 ISM 的窄带无线局域网产品。Radio LAN 的数据传输速率为 10Mb/s，使用 5.8GHz 的频率，在半开放的办公室有效范围是 50m，在开放的办公室是 100m。

(2) 申请执照的窄带 RF: 用于声音、数据和视频传输的微波无线电频率需要申请执照和进行协调，以确保在一个地理环境中的各个系统之间不会相互干扰。在美国，由 FCC 控制执照。每个地理区域的半径为 28km，同时可以容纳 5 个执照，每个执照覆盖两个频率。在整个频带中，每个相邻的单元都避免使用互相重叠的频率。为了提供传输的安全性，所有的传输都经过加密。申请执照的窄带无线网的优点是保证通信无干扰。与免申请执照的 ISM 频带相比，申请执照的频带执照拥有者，其无干扰通信的权利在法律上得到保护。

这里特别值得一提的是：传统局域网 (如 Ethernet) 组网需要使用集线器，而 Radio LAN 采用了对等网络结构，组网不需要集线设备，因此，无线局域网组网要方便、经济得多。

4.5.3 WLAN 的协议标准

无线局域网与有线局域网的主要区别除了传输介质不同之外，另一个重要区别是无线局域网的标准不统一，不同的标准有不同的应用。无线局域网中目前比较流行的有 IEEE 802.11 标准、Blue tooth 标准和 HomeRF 标准。

1. IEEE 802.11 标准

最早的无线局域网标准是 1997 年 6 月 IEEE 发布的 802.11 标准,这是用于 WLAN 的第一个标准。1999 年 9 月 IEEE 公布了作为 802.11 标准补充的 IEEE 802.11a 和 IEEE 802.11b,最新的 IEEE 802.11g 补充标准于 2003 年 6 月由 IEEE 正式公布。

IEEE 802.11 标准为无线局域网协议定义了物理层和 MAC 子层的技术规范,且使用了 IEEE 802.2 中定义的标准 LLC 子层。在网络层及以上各层,系统可以使用任何标准的协议组,例如 TCP/IP 或 IPX/SPX。IEEE 802.11 标准定义了 3 种物理层介质:跳频扩展频谱(Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS)、直接序列扩展频谱(Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS)和红外线。IEEE 802.11 和它的 3 个补充标准的工作频带和速率分别为:

- IEEE 802.11 工作在 2.4GHz 频带,通信速率为 1Mb/s 和 2Mb/s。
- IEEE 802.11a 工作在 5.0GHz 频带,通信速率为 5Mb/s、11Mb/s 和 54Mb/s。
- IEEE 802.11b 工作在 2.4GHz 频带,通信速率为 1Mb/s、2Mb/s、5.5Mb/s 和 11Mb/s。
- IEEE 802.11g 工作在 2.4GHz 频带,通信速率为 1Mb/s、2Mb/s、5.5Mb/s、11Mb/s 和 54Mb/s。

2. Blue tooth 标准

Blue tooth (蓝牙)是一种极其先进的大容量近距离无线数字通信的技术标准,其目标是实现最高数据传输速率 1Mb/s (有效传输速率为 721kb/s)、最大传输距离为 10cm~10m,通过增加发射功率可达到 100m。蓝牙 IEEE 802.15 是一项最新标准,比 IEEE 802.11 更具有移动性。802.11 仅限制在办公室和校园内,而蓝牙却能把一个设备连接到局域网或城域网,甚至支持全球漫游。蓝牙技术的最大优势还在于成本低、体积小,可用于更多的设备。

3. HomeRF 标准

HomeRF 是家庭网络标准,是 IEEE 802.11 与数字无绳电话标准(DECT)的结合,旨在降低语音数据成本。HomeRF 采用了扩频技术,工作在 2.4GHz 频带,能同步支持 4 条高质量语音信道。但是,目前 HomeRF 的传输速率只有 1~2Mb/s, FCC 建议增加到 10Mb/s。

4.5.4 WLAN 的组建方式

WLAN 由无线网卡、无线接入点 (Access Point, AP)、计算机及相关设备组成。采用单元结构,整个系统被分割成许多单元,每个单元称为基本服务集 (Basic Service Set, BSS)。其组建方式既可以与有线网络互连,也可以单独组建成自主无线局域网、多区无线局域网。

1. WLAN 的设备

目前市场上已有一些无线局域网设备可供选择。这些设备使用的接口可能并不相同,可能是串行口、并行口或者像一般的网卡一样。常见的无线网络器件有以下几种。

(1) 无线网络网卡:多数与普通有线网卡不兼容,但也有一些公司生产的无线以太网卡与普通有线网卡兼容。无线网络网卡上通常集成了通信处理器和高速扩频无线电单元,它采用 ISA 总线、800kb/s~1Mb/s 左右的传送速率,发射功率为 1VA,在有障碍的室内通信,距离为 60m 左右,而在无障碍的室内通信距离为 150m 左右。

(2) 无线网络 Hub:用作无线网络路由器或收发器(中继器),其通常具有 1.2Mb/s 左右的传送速率,发射功率约为 1VA,天线长度为 203mm,在有障碍的室内通信距离为 100m 左右,而在无障碍的室内通信距离为 180m 左右。

(3) 无线网络网桥：通常用于两个有线网络的连接，特别适用于两座建筑物之间的网络连接。

2. WLAN 的组建形式

无线局域网的组建形式有全无线网、无线结点接入有线网和两个有线网通过无线方式相连 3 种形式。

(1) 全无线网：比较适用于还没有建网的用户，在建网时只需要将购置的无线网卡插入到网络结点中即可。由于无线网卡的作用范围有限，所以在网上合适的位置通常还应增设无线中继站，以扩大辐射范围。全无线网可组成自主无线局域网和多区无线局域网两种形式。

1) 自主无线局域网 (Ad-hoc Network)。由一个 BSS 构成，不与其他有线或无线网络发生联系，如图 4-42 所示。

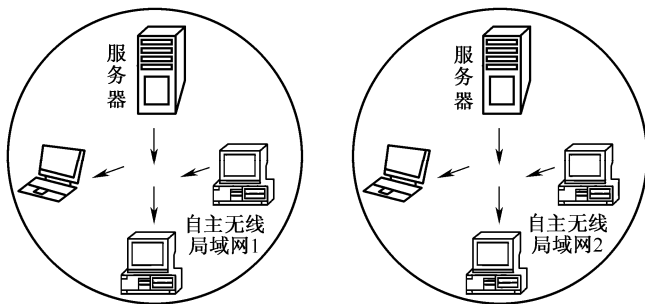


图 4-42 自主无线局域网

2) 多区无线局域网 (Infrastructure Network)。通过无线接入点 AP 和骨干网把多个 BSS 互连起来，如图 4-43 所示。

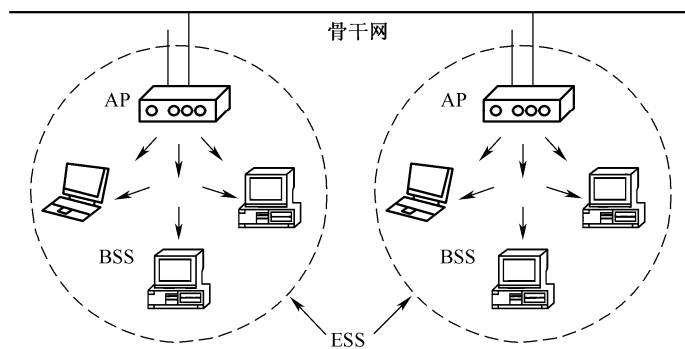


图 4-43 多区无线局域网互连

这个骨干网可以有有线网，也可以是无无线网。这时所有的 BSS 组合称为扩展服务集 (Extended Service Set, ESS)。

(2) 无线结点接入有线网：对于一个已存在有线网的用户若要再扩展结点时，可考虑扩展无线结点的方式。通常是在有线网中接入无线网中继器，无线网结点可以通过无线网中继器与有线网相连。

(3) 两个有线网通过无线方式相连：这种组网形式适用于将两个或多个已建好的有线局

域网通过无线的方式互连,比如两个相邻建筑物中的有线网无法用物理线路连接时,就可以采用这种方式,通常需要在各有线网中接入无线路由器,如图4-44所示。

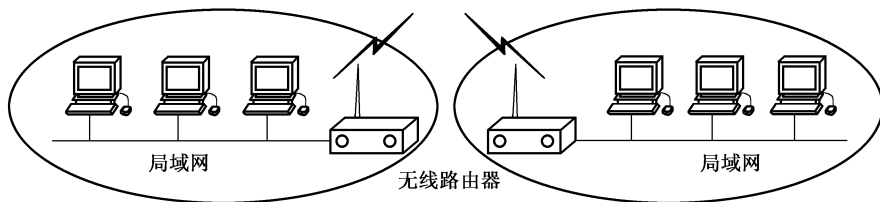


图 4-44 有线局域网通过无线的方式互连

目前,WLAN 已经得到了实际应用,随着无线网络技术的不断发展,组建无线网的费用会不断下降,人们会选择这种简单、易行的组网方式,WLAN 的应用将会越来越广泛。



本章小结

局域网通常是指小范围内各种数据通信设备互相连接在一起而构成的通信网络,它允许在有限范围内的许多独立设备间的资源共享或直接通信。

决定局域网特征的主要技术有 3 方面:连接各种设备的拓扑结构、数据传输介质、介质访问控制方法和布线技术。介质访问控制方法是控制传输介质使用权的方法(规则)。

局域网在网络拓扑结构上主要分为总线型、环型与星型结构 3 种;在网络传输介质上主要采用双绞线、同轴电缆与光纤,但是目前无线局域网技术发展也十分迅速。

目前应用最为广泛的一类局域网是以太网(Ethernet),它的核心技术是随机争用共享介质的访问控制方法,即带有冲突检测的载波侦听多路访问(CSMA/CD)方法。

高速局域网发展极为迅速,交换机的使用,为千兆和万兆以太网提供了技术支撑。

无线局域网作为传统局域网的补充,已经成为局域网应用的一个热点问题。无线局域网使用的是无线传输介质,按采用的传输技术可以分为红外线局域网、扩频无线局域网和窄带微波无线局域网 3 类。目前较成熟的无线局域网标准是 IEEE 802.11。

习题 4

一、名词解释

用所给的定义解释以下对应的术语。

- | | | |
|----------------|---------------|--------------|
| 1. CSMA/CD () | 2. 以太网 () | 3. 令牌总线网 () |
| 4. 令牌环网 () | 5. 快速以太网 () | 6. 千兆以太网 () |
| 7. 交换式 LAN () | 8. 高速 LAN () | 9. 虚拟局域网 () |
| 10. 交换机 () | | |

答案选项:

- A. 符合 802.5 标准,MAC 层采用令牌控制方法的环型局域网

- B. 符合 802.3 标准, MAC 层采用 CSMA/CD 方法的局域网
- C. MAC 层采用 CSMA/CD 方法, 物理层采用 100Base 标准的局域网
- D. 通过交换机多端口之间的并发连接实现多结点间数据并发传输的同域网
- E. MAC 层采用 CSMA/CD 方法, 物理层采用 1000Base 标准的局域网
- F. 符合 802.4 标准, MAC 层采用令牌控制方法的总线型局域网
- G. 是一种随机争用的介质访问控制方法
- H. 是指数据传输速率在 100Mb/s 以上的局域网
- I. 是为解决以太网的广播问题 and 安全性而提出的一种协议, 是建立在交换技术之上的网络结构技术
- J. 是专门为计算机之间能够相互通信且独享带宽而设计的一种包交换设备

二、单项选择

1. 在共享介质以太网中, 采用的介质访问控制方法是 ()。
 - A. 并发连接方法 B. 令牌方法 C. 时间片方法 D. CSMA/CD 方法
2. 以太网中连网结点数增加一倍时, 每个结点能分配到的平均带宽约为原来的 ()。
 - A. 2 倍 B. 1/10 C. 10 倍 D. 1/2
3. 在快速以太网中, 支持 5 类非屏蔽双绞线的标准是 ()。
 - A. 100Base-T4 B. 100Base-FX C. 100Base-TX D. 100Base-CX
4. 交换式局域网的核心设备是 ()。
 - A. 中继器 B. 局域网交换机
 - C. 集线器 D. 路由器
5. 虚拟局域网的技术基础是 ()。
 - A. 局域网交换 B. 双绞线 C. 冲突检测 D. 光纤
6. () 在逻辑结构上属于总线型局域网, 在物理结构上可以看成是星型局域网。
 - A. 令牌环网 B. 广域网 C. 因特网 D. 以太网
7. IEEE 802 标准中的 () 协议定义了逻辑链路控制子层功能与服务。
 - A. IEEE 802.4 B. IEEE 802.3 C. IEEE 802.2 D. IEEE 802.1
8. FDDI 技术使用具有很好容错能力的结构是 ()。
 - A. 单环结构 B. 双环结构 C. 复合结构 D. 双总线结构
9. 在千兆位以太网标准中, 单模光纤的长度可以达到 ()。
 - A. 100m B. 3000m C. 550m D. 5000m
10. 如果使用粗缆连接两个集线器, 使用双绞线连接集线器与结点, 粗缆单根缆段最大距离为 500m, 则网中两个结点最大距离可达 ()。
 - A. 870m B. 1000m C. 700m D. 650m

三、判断对错

请判断下列描述是否正确 (正确的在括号中写 Y, 错误的写 N)。

1. 逻辑结构属于总线型的局域网, 在物理结构上也可以被看成是星型的, 最典型的是以太网。 ()

2. 在共享介质的总线型局域网中, 无论采用什么样的介质访问控制方法, 结点“冲突”现象是不可避免的。 ()
3. IEEE 802.4 标准的 Token Bus 802.5 网中只允许使用单令牌。 ()
4. 交换式局域网的基本拓扑构型可以是星型的, 也可以是总线型的。 ()
5. 交换式局域网的主要特性之一是它的低交换传输延迟。局域网交换机的传输延迟时间仅高于网桥, 而低于路由器。 ()
6. 虚拟局域网建立在局域网交换机之上, 它以软件方式来实现逻辑工作组的划分与管理, 逻辑工作组的结点组成不受物理位置的限制。 ()
7. IEEE 802.10 标准定义了无线局域网的基本结构模型。 ()
8. 如果局域网交换机的一个端口只连接一个结点, 并且该结点可以占用该端口的全部带宽, 则通常将这个端口称为专用端口。 ()
9. 由于千兆以太网标准不支持双绞线组网, 因此在组建千兆位以太网时只能使用光缆这种传输介质。 ()
10. 中继器可用来扩展组网用的粗同轴电缆长度, 但不能用来扩展细同轴电缆与非屏蔽双绞线的长度。 ()

四、问题思考

1. 决定局域网特性的三要素是什么?
2. 局域网中常用的拓扑结构有哪几种? 它们各有何优点?
3. 局域网从介质访问控制方法的角度可以分为哪两类? 它们的主要特点是什么?
4. 试说明 IEEE 802.2 标准与 802.3、802.4、802.5 标准之间的关系。
5. 试说明 IEEE 802.3 标准与 10Base-T、100Base-T、1000Base-T 标准之间的关系。
6. 为什么 CSMA/CD 是一种随机访问类型的介质访问控制方法?
7. 为了解决网络规模与网络性能之间的矛盾, 针对传统的共享介质局域网的缺陷而提出了哪 3 种改善局域网性能的方案?
8. 试说明局域网交换机的基本工作原理。
9. 虚拟局域网在组网方式上可以分为几种类型? 它们的特点是什么?
10. 无线局域网主要的应用领域有哪些? 无线局域网从传输技术上可分为哪几种类型?

本章实训

通过本章教学, 从感性上认识决定局域网性能的主要因素, 熟悉局域网的连接设备及其工作原理, 掌握局域网的组网和扩建方法。为了提高动手能力, 要求完成以下实训内容。

1. 认识局域网常用设备的外形、系列型号、性能参数等。
2. 能组建局域网和构建虚拟局域网, 能利用集线器或交换机扩充局域网。
3. 实现对 Cisco 交换机的基本配置、用 Cisco catalyst 配置虚拟局域网、生成树协议配置和中小企业组网。