

第3章 广域网、局域网与城域网技术

按覆盖的地理范围分类,计算机网络可分为广域网、局域网与城域网,它们都形成了自己独特的技术特点。本章将系统地讨论广域网、城域网与局域网的设计目标以及各自的核心技术、体系结构与协议标准。

3.1 广域网技术

3.1.1 广域网主要特征

广域网具有以下两个最基本的特征。

1. 广域网是一种公共数据网络

广域网的建设投资很大,管理困难,一般由电信运营商负责组建、运营与维护。有特殊需要的国家部门与大型企业可组建自己使用和管理专用广域网。由于电信运营商组建的广域网可为广大用户提供高质量的数据传输服务,因此这类广域网属于公共数据网络(public data network,PDN)的性质,用户可以在公共数据网络上开发各种网络服务系统。用户要使用广域网服务,必须向广域网的运营商租用通信线路或其他资源。电信运营商必须按照合同要求为用户提供电信级 7×24 的服务。

2. 广域网技术研究重点是宽带核心交换技术

早期的广域网主要用于大型计算机系统互联。用户终端先要接入大型计算机系统,然后通过它接入广域网。用户通过终端登录到本地计算机系统之后,才能访问异地联网的计算机中的资源。针对这样的结构,人们提出了资源子网与通信子网的两级结构。随着 Internet 的快速发展,大量广域网互联形成了 Internet 的宽带、核心交换平台,然后通过城域网接入大量的局域网,构成新的层次型网络结构。因此,广域网技术研究的重点是保证服务质量(quality of service,QoS)的宽带核心交换技术。

3.1.2 广域网技术的发展

1. 用于构建广域网的主要通信技术与网络类型

在广域网的发展过程中,可用于构建广域网的网络类型主要有:

- 公共电话交换网-综合业务数字网-ATM 网。
- X.25 网-帧中继网。
- 光以太网。

2. 广域网研究的技术思路

纵观广域网的发展历史,人们会发现广域网技术与标准的研究人员主要有两类:一类研究电信网技术,另一类研究计算机网络技术。这两类技术人员的研究思路以及对协议的表述方法存在着明显的差异,同时两者在技术上表现出竞争与互补的关系。

3. 广域网技术的发展与变迁

从事电话交换、电信网与通信技术的研究人员考虑问题的方法是:如何在技术成熟并广泛使用的电信网络的基础上,将传统的语音传输业务和数据传输业务相结合,这就出现了 X.25 网、帧中继网、综合业务数字网与 ATM 技术的研究与应用。

(1) X.25 网与帧中继网

早期,人们利用公共电话交换网(public switching telephone network,PSTN)的模拟信道,使用调制解调器(modem),构成通过拨号建立通信结点之间线路连接的广域网,实现计算机之间的低速数据通信。

随着计算机网络与 ARPANET 的应用,欧洲开始准备组建自己的计算机网络。欧洲大部分国家都有一个隶属于政府的电信局,由它来主管各国的各种通信系统,也包括计算机网络的建设。PTT 希望未来各国之间的网络能互相兼容,建议国际电信联盟 ITU 成立一个专门的委员会研究和制定计算机网络标准。协议标准就是在这样的背景下产生的。1974 年,X.25 网问世。X.25 网是一个典型的分组交换网。由于初期研究 X.25 网时,使用的通信线路的通信质量都不好,传输速率低,误码率高,X.25 协议要采用很多措施去解决通信质量问题,因此 X.25 协议结构复杂,协议运行效率不高。随着光纤的大规模应用,X.25 网的缺点越来越明显。

1991 年,帧中继网(frame relay,FR)出现。帧中继网使用光纤来替代传统电缆。由于光纤的传输速率高、误码率低,因此帧中继网可简化 X.25 网络协议。在传统的 X.25 网中,每个帧通过一个 X.25 交换机时大约要进行 30 次差错检测以及其他各种处理操作。在帧中继网络中,每个帧通过一个帧中继交换机转发只需要执行 6 个步骤,这将明显减少帧通过转发结点的转发延时。实验结果表明,帧中继网的转发延时比 X.25 网低一个数量级,而其吞吐量比 X.25 网提高一个数量级以上。因此,人们通常将帧中继的帧转发过程称为 X.25 的流水线方式。

帧中继的设计目标主要是针对局域网之间的互连。它采用面向连接的方式,以合理的数据传输速率与低廉的价格提供数据通信服务。由于帧中继网可以为用户提供一条“虚拟租用线路”,并且只有该用户可使用这条“专线”,这就引出了虚拟专用网络(virtual private network,VPN)的概念。在公共帧中继网中提供 VPN 服务,能提供较高的安全性和 QoS。帧中继网在早期的第二层(即数据链路层)VPN 技术领域一直占主导地位。

(2) B-ISDN 与 ATM 网

现代通信的一个重要特点是信息的数字化及通信业务的多样化。在一些发达国家中,电话业务已经趋于饱和,但一些非电话业务(例如传真、电子邮件、可视图文),以及数据通信的发展速度非常快。现有的电话网、电报网、数据通信网等,只能分别为用户提供

电话、电报和数据通信等业务。用户通过一条线路只能得到一种服务。当用户需要使用多种服务时,必须按服务类型分别申请多条线路。这种按业务组网方式的缺点是成本高、线路利用率低。这些缺点严重阻碍着数据通信与网络的发展。在这种背景下,CCITT 提出将语音、数据、图像等业务综合在一个网中的设想,即建立综合业务数字网(integrated service digital network,ISDN)。ISDN 致力于实现以下目标:

① 提供一个在世界范围内协调一致的数字通信网络,支持各种通信服务,并在不同国家采用相同标准。

② 为通信网络之间进行数字传输提供完整的标准。

③ 提供一个标准的用户接口,使通信网络内部的变化对终端用户透明。

与单一业务的电信网不同,ISDN 线路可供多种业务共用,在线路上可同时传输电话、电报、数据等多种信息。用户可同时与多个用户通信,并且这些通信类型可以不同。例如,用户在与一个用户打电话的同时,还可以向另一个用户发传真。由于 ISDN 完全采用数字信道,因此能获得较高的通信质量与可靠性。ISDN 从 20 世纪 70 年代开始构思,20 世纪 80 年代开始研究和试验。1988 年,各国迅速推动 ISDN 向商用化发展。

随着光纤、多媒体、高分辨率动态图像与文件传输技术的发展,人们对数据传输速率的要求越来越高。在 ISDN 标准还没有制定完成时,人们又提出了一种新型的宽带综合业务数据网(broadband-ISDN,B-ISDN)。设计 B-ISDN 的目标是将语音、数据、静态与动态图像的传输综合于一个通信网中,覆盖从低速到高速的各种非实时、实时与突发性的传输要求。1990 年,CCITT 通过 B-ISDN 的第一套建议。1992 年,CCITT 白皮书对这些建议进行了全面修改和补充,并发布了一些新建议。由于传统的线路交换与分组交换网都难以胜任这种综合数据业务的需求,而异步传输模式(asynchronous transfer mode,ATM)技术能符合 B-ISDN 的需求,因此 B-ISDN 的传输网选择使用 ATM 技术。

(3) ATM 网的基本概念

人们在刚开始接触 ATM 技术时,总会为为什么将这种技术命名为“异步传输”感到疑惑。要解释这个问题,需要研究 ATM 与传统 SONET/SDH 技术的区别。

在讨论电话交换网与同步光纤网(SONET)、同步数字体系(SDH)的基本设计思想时,我们一直在强调:数据在链路中传输要严格“同步”,全网需要使用统一的时钟。SONET 与 SDH 的同步指的是物理层。ATM 是一种面向连接的分组交换技术,它传输的数据单元是固定长度与格式的信元。信元是数据链路层的协议数据单元,信元需要插入 SDH 帧中进行传输。如果采用“同步时分复用”方法,则用户发送的信元插入 SDH 帧中的位置固定不变。同步时分复用要求在每个 SDH 帧中为每个用户分配固定的时间片,即使该用户没有数据发送,也不能让其他用户使用。ATM 信元交换采用“统计时分复用”方法,每个用户发送的信元插入每个 SDH 帧中的位置并不固定。由于信元插入哪个 SDH 帧中取决于链路的忙闲程度,所以一个用户一次发送的信元到达目的结点的时间也是变化的。因此,相对于“同步时分复用”方法,ATM 的数据传输是异步的。

20 世纪 90 年代早期,电话公司技术人员研究并提出了 ATM 技术。他们希望 ATM 网能够承载语音、数据、电视、电报等所有形式的通信,将 ATM 网作为广域网、局域网、城域网都可以使用网络解决方案,同时解决 IP 网中存在的 QoS 问题。但是,经过多年的发展,

ATM 技术并没有达到设计人员期望的目标,目前它只用于电话交换网的内部主干网,作为广域网的核心交换网来使用,并被用于 IP 数据的传输,普通用户并不知道它的存在。

ATM 技术的主要特点表现在以下几个方面:

- 采用面向连接的技术。
- 采用信元(cell)作为数据传输单元。
- 以统计时分多路复用方式动态分配带宽,能够适应实时通信的要求。
- 没有链路对链路的纠错与流量控制,协议简单,数据交换效率高。
- 数据传输速率为 155~2.4Gbps。

ATM 是一种高速分组交换技术。在 ATM 交换方式中,文本、语音、视频等数据被分解为信元。信元的长度固定为 53B。信元由两部分组成:5B 的信元头与 48B 的数据。ATM 信元长度确定为 53B 是一种折中方案,主要出于延时和效率两方面的考虑。通过 ATM 网传输语音的研究人员坚持使用短信元。对于 64kbps 的话音业务,发送方通过采样量化填充 48B 的数据需要 6 毫秒。如果传输压缩的话音,由打包引起的延时会更长。在网络传输过程中,延时将不断积累。在长途电话通信中,如果延时长(例如大于几十毫秒),那么它产生的回声将影响通话质量。因此,如果主要业务是语音传输,则短信元较为理想。从传输效率的角度看,信元头长度固定后,用户数据越长,额外开销所占比例越小,效率也越高,因此研究人员希望使用长信元传输数据文件。他们曾提出过两种尺度方案,一种是 32B,另一种是 64B,最终采用折中的长度是 48B,信元长度最终被确定为 53B。显然 ATM 信元长度是针对语音通信提出的,数据长度 48B 对于计算机通信还是太短。

ATM 技术在保证传输的实时性与 QoS 方面的优势是 20 世纪 90 年代传输网络技术的一个重要突破。但是,它并没有像设计者预期的那样,取代广域网、城域网和局域网,甚至取代电信网,成为“一统天下”的网络技术。其原因也很简单:一是造价和使用价格昂贵,二是它的协议与已广泛流行的 IP 协议、Ethernet 协议不一致。用异构、造价昂贵的 ATM 技术去取代已大量存在的计算机网络和电信网是不现实的,而与 IP 网络紧密结合发挥自己的特长是一条可行之路。因此,20 世纪 90 年代中期 ATM 网络开始广泛应用于广域网,成为 Internet 主干网的重要组成部分。今天看来,ATM 技术并没有达到预期的目标,但它在 Internet 的发展过程中具有重要的作用。

3.1.3 光网络与光以太网技术的发展

1. 光网络的研究

现在 Internet 业务正在呈指数规律逐年增长,与人们视觉有关的图像信息服务(例如电视点播、可视电话、数字图像、高清晰度电视等)迅速扩大,远程教育、远程医疗、家庭购物、家庭办公等正在蓬勃发展,这些都必须依靠高性能网络环境的支持。但是,如果完全依靠现有的网络结构,必然会造成业务拥挤和带宽“枯竭”,人们希望看到新一代网络(即全光网)的诞生。

如果将传输介质发展作为传输网划代的一个参考标准,则可将以铜缆与无线射频作为主要传输介质的传输网作为第一代,以使用光纤作为传输介质的传输网作为第二代,在

传输网络中引入光交换机、光路由器等直接在光层配置光通道的传输网就是第三代。图 3-1 给出了传输网演变的趋势。

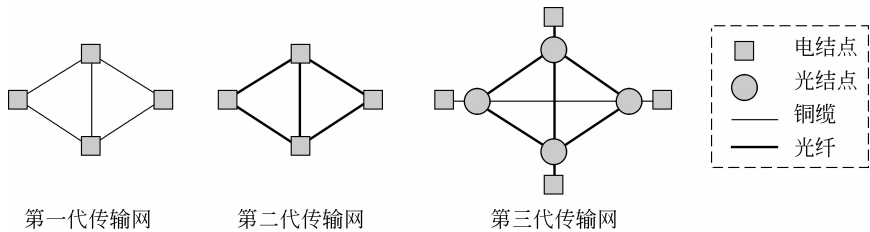


图 3-1 传输网的演变趋势

第一代传输网以铜缆与无线射频为主，在发展过程中必然无法逾越带宽的瓶颈问题；第二代传输网在主干线路使用了光纤，发挥了光纤的高带宽、低误码率、抗干扰能力强等优点，但交换结点（例如路由器）的电信号与光信号转换仍是带宽的瓶颈；第三代全光网将以光结点取代现有网络的电结点，并使用光纤将光结点互联成网，利用光波完成信号的传输、交换等功能来克服现有网络在传输和交换时的瓶颈，减少信息传输的拥塞和提高网络的吞吐量。全光网是以光结点取代现有网络的电结点，并用光纤将光结点互联成网。信号在经过光结点时不需要经过光电与电光转换，仅在光域完成信号的传输、交换功能。随着信息技术的发展，全光网已经引起了人们的极大兴趣，一些发达国家都在对全光网的关键技术（例如设备、部件、器件和材料）开展研究，加速推进产业化和应用的进程。美国的光网络计划包括 ARPA I 计划中的一部分、欧洲与美国一起进行的光网络计划、欧洲先进通信研究与技术发展、先进通信技术与业务等以及 ARPA II 全球网计划。ITU-T 也在抓紧研究有关全光网的建议。全光网已被认为是未来通信网向宽带、大容量发展的首选方案。

1998 年，ITU-T 提出用光传输网的概念取代全光网的概念，这是由于在整个网络环境中实现全光处理是困难的。2000 年后，自动交换光网（automatic switched optical network, ASON）出现，引入了智能控制的很多方法，解决了光网络的自动路由发现、分布式呼叫连接管理的问题，以实现光网络的动态配置连接管理。ASON 的优点主要表现在以下几个方面：

- 可为路由动态分配网络带宽，提高带宽利用率，改善系统性能。
- 降低支持新业务配置管理要求，减少运营和管理成本。
- 可引入按需带宽配置服务、分级带宽服务、动态波长分配租用业务、动态路由分配与光层虚拟专网服务。

2. 以太网技术

(1) 以太网技术的研究背景

计算机网络研究人员早期是在电信网的基础上，考虑如何在物理层利用已有的通信设备和线路，将分布在不同区域的计算机连接起来。在此基础上，他们将研究重点放在物理层接口标准、数据链路层协议与网络层协议上。当以太网技术日趋成熟和广泛应用

时,他们调整了高速局域网的设计思路,在 Gigabit Ethernet(简称为 GE)与 10 Gigabit Ethernet(10GE)物理层设计中,考虑利用光纤作为远距离传输介质,将 Ethernet 技术从局域网扩大到城域网和广域网。在 100 Gigabit Ethernet(100GE)中将遵循这种设计思路。目前,利用光以太技术促成广域网、城域网与局域网在技术上融合的路线有很好的发展前景。

(2) 以太网的主要特征

从构造电信级运营网络的角度来看,传统的 Ethernet 技术还存在很多不足。例如, Ethernet 不提供端-端延时和分组丢失率控制,不支持优先级服务,不保证 QoS,不能分离网管信息和用户信息,不具备对用户的认证能力,按时间和流量计费困难。这其实很容易理解,在最初设计 Ethernet 时,只考虑如何在局域网环境中工作。2000 年以来,一些电信设备公司提出了光以太网的概念。光以太网的出现能很好地解决上述问题。这种解决方案的核心是:利用光纤的巨大带宽资源,以及成熟和广泛应用的 Ethernet 技术,为运营商建造新一代网络提供技术支持。

基于这样的设计思想,产生了一种可运营的光以太网的概念,并从根本上改变了电信运营商的规划、建设、管理思想。可运营的光以太网设备和线路必须符合电信网络 99.999% 的高可靠性。以太网要克服传统 Ethernet 的不足,并具备以下几个主要技术特征:

- ① 能根据终端用户的实际需求分配带宽,保证带宽资源充分、合理应用。
- ② 具有认证与授权功能,用户访问网络资源必须经过认证和授权,确保用户和网络资源的安全及合法使用。
- ③ 提供计费功能,能及时获得用户的上网时间和流量记录,支持按上网时间、用户流量或包月计费方式,支持实时计费。
- ④ 支持 VPN 和防火墙,可以有效地保证网络安全。
- ⑤ 支持 MPLS,具有一定的 QoS 保证,提供分等级的 QoS 服务。
- ⑥ 能方便、快速、灵活地适应用户和业务的扩展。

(3) 以太网的技术优势

以太网的技术优势主要表现在以下几个方面:

- ① 组建同样规模的广域网或城域网。以太网的造价是 SONET 的 1/5,是 ATM 的 1/10。
- ② IEEE 已对速率从 10Mbps 至 1Gbps 甚至 10Gbps 的 Ethernet 进行标准化,未来将发展到 100Gbps,能覆盖从广域网、城域网到局域网的各种需求。

3.2 局域网技术

3.2.1 局域网技术的发展

1. 以太网在局域网中的位置

在局域网研究领域中,Ethernet 技术并不是最早的,但它是最成功的。20 世纪 70 年

代初,欧美一些大学和研究所已开始研究局域网技术。1972 年,美国加州大学提出 Newhall 环网;1974 年,英国剑桥大学提出 Cambridge Ring 环网。这些研究成果对局域网技术发展起到了十分重要的作用。20 世纪 80 年代,局域网领域出现了 Ethernet 与令牌总线、令牌环三足鼎立的局面,并且各自形成了相应的国际标准。20 世纪 90 年代, Ethernet 开始受到业界认可和广泛应用。进入 21 世纪, Ethernet 技术已成为局域网领域的主流技术。因此,在讨论局域网技术的研究与发展时,首先要重点研究 Ethernet 技术的发展历程。

尽管 Ethernet 技术已获得重大的成功,但它的发展道路也是很艰难的。1980 年左右, Ethernet 技术是有争议的。当时还有 IBM 公司研究的令牌环网(Token Ring)和通用汽车公司为实时控制系统设计的令牌总线网(Token Bus),三者之间的竞争非常激烈。与采用随机型介质访问控制方法的 Ethernet 相比,确定型的介质访问控制方法的令牌总线网、令牌环网有以下几个主要特点:适用于对数据传输实时性要求高的应用环境(例如生产过程控制),适用于通信负荷较重的应用环境,但是环维护复杂,实现比较困难。

早期的 Ethernet 使用的传输介质(同轴电缆)造价较高。1990 年, IEEE 802.3 标准中的物理层标准 10Base-T 推出,使普通双绞线可作为 10Mbps 的 Ethernet 传输介质。在使用普通双绞线之后, Ethernet 组网的造价降低了,性能价格比大大提高。

同时,相对于其他几种网络协议, Ethernet 协议的开放性使它很快得到了很多集成电路制造商、软件厂商的支持,出现了多种实现 Ethernet 算法的超大规模集成电路芯片,以及很多支持 Ethernet 的操作系统与应用软件,这就使 Ethernet 在与其他局域网的竞争中占据了明显的优势。 Ethernet 交换机产品面世,标志着交换式 Ethernet 的出现,进一步加强 Ethernet 在市场竞争中的优势地位。

NetWare、Windows NT Server、IBM LAN Server 与 UNIX 操作系统的应用,使 Ethernet 技术进入了成熟阶段。基于传统 Ethernet 的高速 Ethernet、交换式 Ethernet、虚拟局域网与局域网互联技术的研究与发展,使 Ethernet 得到了更为广泛的应用。图 3-2 给出了局域网技术的演变过程。

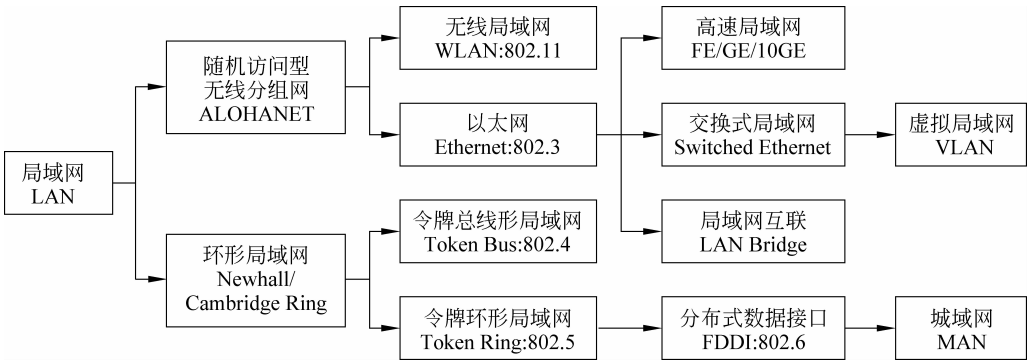


图 3-2 局域网技术的演变过程

2. IEEE 802 参考模型的演变

为了解决局域网协议标准化的问题,IEEE 在 1980 年成立局域网标准委员会(简称 IEEE 802 委员会),专门从事局域网标准化工作,并制定了 IEEE 802 标准。IEEE 802 标准的研究重点是解决在局部地区范围内的计算机联网问题,研究者只需面对 OSI 参考模型中的数据链路层与物理层、网络层及以上高层不属于局域网协议研究范围。这就是最终的 IEEE 802 标准只制定对应 OSI 参考模型的数据链路层与物理层协议的原因。

在 1980 年成立 IEEE 802 委员会时,局域网领域已有三类典型技术:Ethernet、Token Bus 与 Token Ring。同时,市场上有很多种不同厂家的局域网产品,它们的数据链路层与物理层协议各不相同。面对这样一个复杂的局面,要想为多种局域网技术和产品制定一个共用的协议模型,IEEE 802 标准设计者提出将数据链路层划分为两个子层:逻辑链路控制(logical link control, LLC)子层与介质访问控制(media access control, MAC)子层。不同局域网在 MAC 子层和物理层可采用不同协议,但在 LLC 子层必须采用相同协议。这点与网络层 IP 协议的设计思路相类似。不管局域网的介质访问控制方法与帧结构,以及采用的物理传输介质有什么不同,LLC 子层统一将它们封装到固定格式的 LLC 帧中。LLC 子层与低层具体采用的传输介质、介质访问控制方法无关,网络层可以不考虑局域网采用哪种传输介质、介质访问控制方法和拓扑构型。这种方法在解决异构的局域网互联问题上是有有效的。

经过多年激烈的市场竞争,局域网从开始的“混战”局面转化到 Ethernet、Token Bus 与 Token Ring“三足鼎立”的竞争局面,并且 Ethernet 最终突破重围形成“一枝独秀”的格局。从目前局域网的实际应用情况来看,几乎所有办公自动化中应用的局域网环境(例如企业网、办公网、校园网)都采用 Ethernet,因此局域网中是否使用 LLC 子层已变得不重要,很多硬件和软件厂商已经不使用 LLC 协议,而是直接将数据封装在 Ethernet 的 MAC 帧结构中。IP 协议直接将分组封装到 Ethernet 帧中,整个协议的处理过程也变得更简洁,因此人们已经很少去讨论 LLC 协议。目前,多数教科书与文献已不再讨论 LLC 协议,软件编写也不需要考虑 LLC 协议的实现问题。

IEEE 802 委员会为制定局域网标准成立了一系列组织,例如制定某类协议的工作组(WG)或技术行动组(TAG),它们制定的标准统称为 IEEE 802 标准。随着局域网技术的发展,IEEE 802.4、IEEE 802.6、IEEE 802.7、IEEE 802.12 等工作组已停止工作。目前,最活跃的工作组是 IEEE 802.3、IEEE 802.10、IEEE 802.11 等。

IEEE 802 委员会公布了很多标准,这些协议可以分为以下 3 类:

- (1) 定义了局域网体系结构、网络互联、网络管理与性能测试的 IEEE 802.1 标准。
- (2) 定义了逻辑链路控制(LLC)子层功能与服务的 IEEE 802.2 标准。
- (3) 定义了不同介质访问控制技术的相关标准。

第三类标准曾经多达 16 个。随着局域网技术发展,目前应用最多和仍在发展的标准主要有 4 个,其中 3 个是无线局域网标准,而其他标准已很少使用。图 3-3 给出了简化的 IEEE 802 协议结构。4 个主要的 IEEE 802 标准是:

- ① IEEE 802.3 标准:定义 Ethernet 的访问控制子层与物理层的标准。

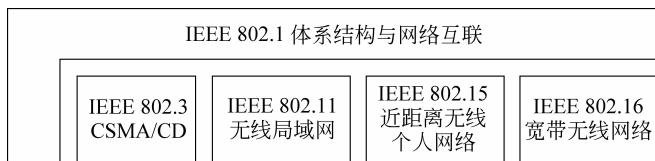


图 3-3 简化的 IEEE 802 协议结构

- ② IEEE 802.11 标准：定义无线局域网的访问控制子层与物理层的标准。
- ③ IEEE 802.15 标准：定义近距离无线个人网络的访问控制子层与物理层的标准。
- ④ IEEE 802.16 标准：定义宽带无线网络的访问控制子层与物理层的标准。

3.2.2 以太网基本工作原理

1. 以太网的形成背景

Ethernet 核心技术是共享总线的介质访问控制方法，它的设计思想来源于 ALOHA 网(ALOHANET)。ALOHANET 出现在 20 世纪 60 年代末期。夏威夷大学的 Norman Abramson 和同事们为了在位于夏威夷各个岛屿上的不同校区之间进行计算机通信，研究了一种以无线广播方式工作的分组交换网。ALOHANET 使用一个共用的无线电信道，支持多个结点对一个共享的无线信道的“多路访问”。ALOHANET 中心结点是一台位于瓦胡岛校园的 IBM 360 主机，它通过学校的无线通信网与分布在各个岛屿的计算机终端通信。最初设计时的数据传输速率为 4800bps，后来提高到 9600bps。ALOHANET 的信道方向的规定以 IBM 360 主机为基准，从 IBM 360 主机到终端的无线信道为下行信道，而从终端到 IBM 360 主机的无线信道为上行信道。下行信道是 IBM 360 主机通过广播方式向多个终端发送数据，它不会出现冲突。但是，当多个终端利用上行信道向 IBM 360 主机传输数据时，就可能出现两个或两个以上终端同时争用一个无线信道而产生“冲突”的情况。解决“冲突”的办法有两种：一种是集中控制方法，另一种是分布控制方法。集中控制是一种传统的方法，需要在系统中设置一个中心控制结点，由中心控制结点决定哪个终端中可使用公用的上行信道发送数据，从而避免出现多个终端争用一个上行信道的“冲突”现象。但是，由于系统中存在一个控制中心，因此控制中心会成为系统性能与可靠性瓶颈。ALOHANET 采用分布式控制方法。

1972 年，Bob Metcalfe 和同事 David Boggs 开发第一个实验性的局域网系统，实验系统的数据传输率达到 2.94Mbps。1973 年 5 月，Bob Metcalfe 和 David Boggs 在“Alto Ethernet”文章中提出 Ethernet 工作原理设计方案。他们受到 19 世纪物理学家解释光在空间中传播的介质“以太”(ether)影响，将这种局域网命名为 Ethernet。1976 年 7 月，Bob Metcalfe 和 David Boggs 发表了具有里程碑意义的论文“Ethernet：局部计算机网络的分布式包交换”。在 Ethernet 中，任何结点都没有可预约的发送时间，它们的发送都是随机的，并且网络中不存在集中控制的结点，网中结点都必须平等地争用发送时间，这种介质访问控制属于随机争用型方法。1977 年，Bob Metcalfe 和同事们申请了 Ethernet 专利。1978 年，Ethernet 中继器也获得了专利。

1980 年,Xerox、DEC 与 Intel 等公司合作,第一次公布 Ethernet 的物理层、数据链路层规范。1981 年,Ethernet V2.0 规范发布。IEEE 802.3 标准是在 Ethernet V2.0 的基础上制定,它推动了 Ethernet 技术的发展。1982 年,第一片支持 IEEE 802.3 标准的超大规模集成电路芯片(即 Ethernet 控制器)问世。很多软件公司开发支持 802.3 标准的操作系统与应用软件。1990 年,IEEE 802.3 标准中的物理层标准 10Base-T 出现,使普通双绞线可作为 10Mbps 的 Ethernet 传输介质。1993 年,Kalpana 研究全双工 Ethernet,它改变传统 Ethernet 采用的半双工模式,使 Ethernet 的带宽增加一倍。在此基础上,利用光纤作为传输介质的物理层标准 10Base-F 出现,Ethernet 技术最终从三足鼎立中脱颖而出。

2. CSMA/CD 介质访问控制方法

Ethernet 是一种典型的总线型局域网。图 3-4 给出了总线型局域网的拓扑结构。总线型局域网采用“共享介质”方式。所有结点都通过网卡连接到作为公共传输介质的总线上。总线通常采用双绞线或同轴电缆作为传输介质。所有结点都可通过总线发送或接收数据,但一段时间内只允许一个结点通过总线发送数据。当一个结点通过总线以“广播”方式发送数据时,其他结点只能以“收听”方式接收数据。

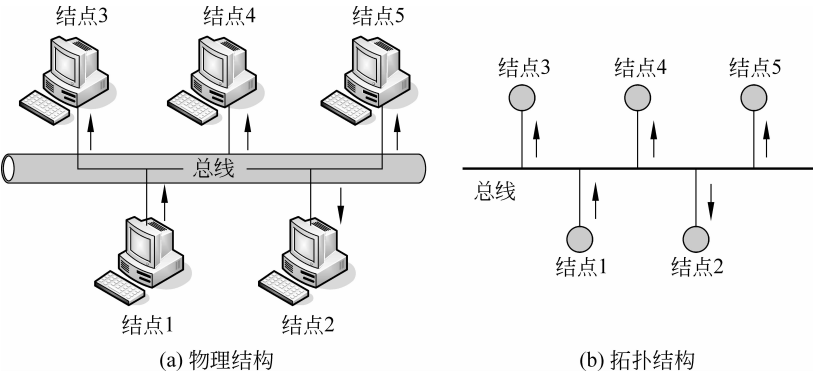


图 3-4 总线形局域网的拓扑结构

总线作为公共的传输介质被多个结点共享,可能出现同时有两个以上结点通过总线发送数据的情况,有可能出现冲突(collision)而造成传输失败。图 3-5 给出了总线型局域网的冲突情况。因此,在总线型 Ethernet 实现技术中,必须解决多个结点访问总线的介质访问控制(MAC)问题。

介质访问控制方法是指控制多个结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”型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 3 个问题:哪个结点可以发送数据?

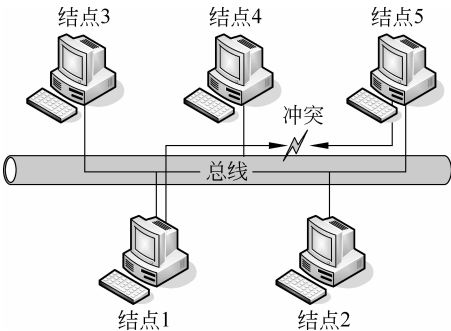


图 3-5 总线形局域网的冲突情况

发送时是否出现冲突？出现冲突怎么办？Ethernet 核心技术是带冲突检测的载波侦听多路访问(carrier sense multiple access with collision detection, CSMA/CD)控制方法。CSMA/CD 方法用于解决多结点如何共享共用总线的问题。

下面通过一个在教室中举行班会的例子说明局域网访问控制方法的设计思想。在班会上,每次只能由一位学生或老师发言。如果有两个人或者多个人同时抢着发言,那么其他人就会听不清任何一个发言者的话。解决“该谁发言”问题有 3 种基本方法。一是由主持会议的老师或班长决定从举手请求发言的同学中指定一个人发言;二是按照座位的位置,按一定的顺序发言;三是打算发言的同学举手,谁先举手,谁就发言。

第一种方法最简单,也最有效,但需要一个会议主持人,即在局域网中专门设置一台计算机,用来决定哪台计算机可发送数据。如果这台计算机出现故障,整个局域网就会“瘫痪”。按照这种思想设计的局域网属于集中控制的局域网。

第二种方法属于分布式控制方法,并且也很有效,但是如果有人临时退出会场或临时有人加入,人们之间又需要重新调整发言次序。这种访问控制方法的好处是每位发言人都会有机会发言,并且需等待多长时间可以发言是能确定的,因此属于“确定型”访问控制方法。这种方法的缺点是:结点退出与新结点加入,控制访问“令牌”机制复杂,实现成本高。

第三种方法属于分布式、“随机访问”控制类型。由局域网中的每台计算机自己确定是否可发言。更恰当的比喻是很多人在一间黑屋子中举行班会,参加会议的人都只能听到其他人的声音。每个人在说话前必须先倾听,只有等会场安静下来后,他才能发言。人们将发言前需要监听以确定是否已有人发言的动作称为“载波侦听”;在会场安静的情况下,每人都有平等的机会讲话称为“多路访问”;如果有两人或两人以上同时说话,大家就无法听清其中任何一人的发言,这种情况称为发生“冲突”。发言人在发言过程中需要及时发现是否发生冲突,这个动作称为“冲突检测”。如果发言人发现冲突已发生,这时他就需要停止讲话,然后随机后退延迟,再次重复上述过程,直至讲话成功。如果失败的次数太多,他也许就会放弃这次发言的想法。

CSMA/CD 方法与上面描述的过程相似。在 Ethernet 中,如果一个结点要发送数据,它就以“广播”方式将数据通过作为公共传输介质的总线发送出去,连接在总线上的所有结点都能“收听”到这个信号。由于所有结点都可以利用总线发送数据,并且网络中没有控制中心,因此冲突的发生将不可避免。为了有效实现多个结点访问公共传输介质的控制策略,CSMA/CD 的发送流程可简单概括为“先听后发,边听边发,冲突停止,延迟重发”。

如果一个 Ethernet 结点成功取得利用总线发送数据帧的权力,那么其他结点都应该处于接收状态。由于 IEEE 802.3 协议规定了帧的最小与最大长度,因此当一个结点接收到一个帧之后,它首先要判断接收的帧长度。如果接收帧长度小于规定的帧最小长度,则表明冲突发生,应该丢弃该帧,结点重新进入等待接收状态。

如果没有发生冲突,则结点在完成一帧数据接收后,首先需要检查帧的目的地址。如果目的地址为单一结点的物理地址,并且是本结点地址,则接收该帧。如果目的地址是组地址,而接收结点属于该组,则接收该帧。如果目的地址是广播地址,则接收该帧。如果

目的地址不符,则丢弃该帧。

接收结点进行地址匹配后,如果确认是应该接收的帧,下一步则进行 CRC 校验。如果 CRC 校验正确,则进一步检测 LLC 数据长度是否正确。如果 CRC 校验与 LLC 数据长度都正确,则将帧中的 LLC 数据送 LLC 子层,报告“成功接收”,并进入结束状态。

3. 以太网帧结构

Ethernet V2.0 是在 DEC、Intel 与 Xerox 公司的 Ethernet 规范基础上的改进,而 IEEE 802.3 是由 IEEE 定义的 Ethernet 标准。Ethernet V2.0 和 IEEE 802.3 定义的帧结构有些差别,这是由于 IEEE 802.3 标准需要考虑 IEEE 802.4、IEEE 802.5 等标准的兼容问题。目前,IEEE 802.4、IEEE 802.5 标准已很少使用,基本都采用 Ethernet V2.0 规定的帧结构。

图 3-6 给出了 Ethernet 帧结构。这里使用 Ethernet V2.0 规范的帧结构。在 IEEE 802.3 标准定义的帧结构中,“类型”字段位置使用“类型/长度”字段。在处理 IEEE 802.3 标准的 Ethernet 帧时,需要字段值确定是“类型”还是“长度”。

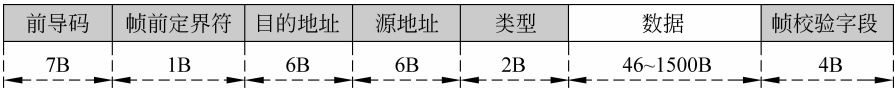


图 3-6 Ethernet 帧结构

Ethernet 帧结构由以下 6 个部分组成。

(1) 前导码与帧前定界符字段

前导码由 56 位(7B)的 10101010...101010 比特序列组成。帧前定界符是 8 位(1B)的 10101011。前导码与帧前定界符用于接收同步阶段。由于 Manchester 解码需要采用锁相电路实现同步,锁相电路达到稳定状态需要 10~20 μ s 的时间,因此设计前导码与帧前定界符是为了满足接收电路的要求,保证接收电路在目的地址字段到达之前进入稳定状态。前导码与帧前定界符在接收后不保留,也不计入帧头长度中。

(2) 目的地址和源地址字段

目的地址与源地址分别表示帧的接收结点地址与发送结点的硬件地址。硬件地址一般称为 MAC 地址、物理地址或 Ethernet 地址。图 3-7 给出了一个 Ethernet 地址的例子。地址长度为 48 位。目的地址可以分为 3 类:单播地址(unicast address)、多播地址(multicast address)与广播地址(broadcast address)。目的地址第 1 位为 0 表示单播地址,该帧只被目的地址所在的结点接收。目的地址第 1 位为 1 表示多播地址,该帧将被一组结点接收。目的地址为全 1 表示是广播地址,该帧将被所有结点接收。

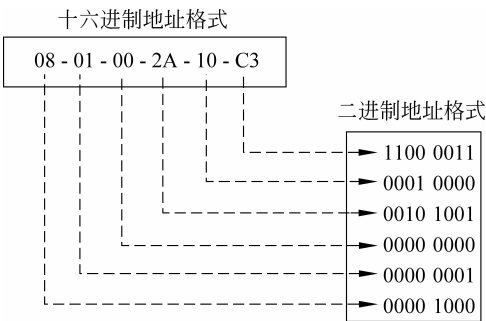


图 3-7 Ethernet 地址的例子

为了统一管理 Ethernet 地址,需要保证每块 Ethernet 网卡的地址唯一。IEEE 注册管理委员会(registration authority committee,RAC)为每个生产商分配物理地址的前三字节,即机构唯一标识符(organizationally unique identifier,OUI)。后面的三字节由网卡的厂商自行分配。当一个生产商获得前三字节地址,它可以生产的网卡数量是 2^{24} 。例如,IEEE 分配给某个公司的前三字节地址是 000100,Ethernet 地址表示为 08-01-00;该公司可为生产的网卡分配后三字节地址(例如 2A-10-C3),则这个网卡的物理地址为 08-01-00-2A-10-C3。

(3) 类型字段

类型字段表示网络层使用的协议类型。例如,类型字段值等于 0x0800,表示网络层使用 IP 协议;类型字段值等于 0x8137,表示网络层使用 NetWare 的 IPX 协议。

(4) 数据字段

数据字段是高层待发送的数据部分。数据字段的最小长度为 46B。如果帧的数据字段值小于 46B,应该将它填充至 46B。填充字符是任意的,不计入长度字段值中。数据字段的最大长度为 1500B。由于帧头部分包括 6B 的目的地址、6B 的源地址字段、2B 的长度字段与 4B 的帧校验字段,因此帧头部分的长度为 18B。Ethernet 帧的最小长度为 64B,最大长度为 1518B。

(5) 帧校验字段

帧校验字段采用 32 位的 CRC 校验。CRC 校验的范围包括目的地址、源地址、长度、数据等字段。CRC 校验的生成多项式为:

$$G(X) = X_{32} + X_{26} + X_{23} + X_{22} + X_{16} + X_{12} + X_{11} + X_{10} + X_8 + X_7 \\ + X_5 + X_4 + X_2 + X + 1$$

4. 以太网实现方法

从 Ethernet 发送、接收流程与帧结构的讨论中可以看出,CSMA/CD 方法可以有效实现多结点对共享传输介质的访问控制。在 CSMA/CD 方法的基础上形成 IEEE 802.3 标准。很多计算机与 VLSI 生产商支持 IEEE 802.3 标准,使 Ethernet 更有生命力与竞争力。

从实现的角度来看,Ethernet 连接设备包括:网络接口卡(简称网卡)、收发器和收发器电缆;从功能的角度来看,Ethernet 连接设备包括:发送与接收信号的收发器、曼彻斯特编码与解码器、Ethernet 数据链路控制、帧装配及与主机接口;从层次的角度来看,这些功能覆盖 IEEE 802.3 协议的 MAC 子层与物理层。

网卡可以连接计算机与传输介质。网卡实现发送数据编码、接收数据解码、CRC 产生与校验、帧装配与拆封,以及 CSMA/CD 介质访问控制等功能。实际的网卡均采用可实现介质访问控制、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。很多厂家能提供支持 Ethernet 原理的 VLSI,例如 Intel、Motorola 和 AMD 公司等。例如,利用 Intel 公司的 82588 Ethernet 链路控制处理器与 82501 Ethernet 串行接口、82502 收发器就能构成 Ethernet 网卡(如图 3-8 所示)。

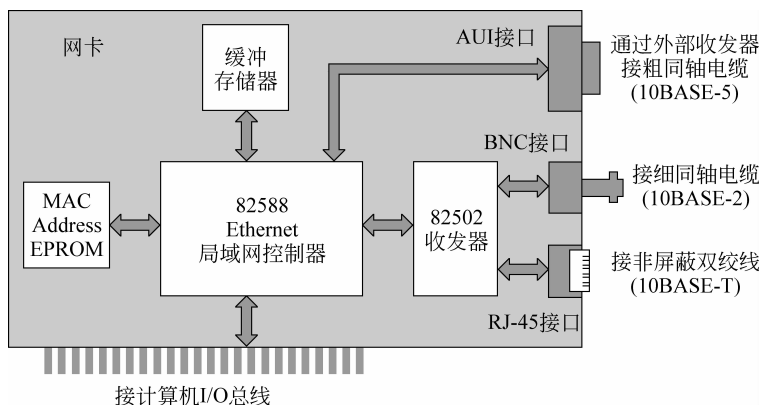


图 3-8 Ethernet 网卡结构

5. 以太网技术进一步发展的思路

促进局域网发展的直接因素是个人计算机(PC)的广泛应用。在过去 20 年中,计算机的处理速度已提高了百万倍,但是网络传输速率仅提高了上千倍。从理论上来说,一台 PCI 或 ISA 总线的计算机能产生大约 250Mbps 流量,如果 Ethernet 仍保持 10Mbps 的传输速率,这显然是不能适应的。

计算机的处理速度迅速上升,而价格却在很快下降,这进一步促进了计算机的广泛应用。大量用于办公自动化与信息处理的计算机必然要联网,这就造成局域网规模不断增大和网络通信量的进一步增加。局域网的带宽与性能已不能适应要求。各种新的应用不断提出,计算机已从初期简单的文字处理、信息管理等应用发展到分布式计算、多媒体应用,用户对局域网带宽与性能有更高的要求。同时,新的基于 Web 的 Internet 应用也要求更高带宽。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来改善性能,以适应各种新的应用环境的要求。

传统局域网技术建立在“共享介质”的基础上,所有结点共享一条共用的通信传输介质。介质访问控制方法用来保证每个结点都能“公平”,使用传输介质。在网络技术的讨论中,人们经常将数据传输速率称为信道带宽。例如,Ethernet 的传输速率为 10Mbps,则它的带宽为 10Mbps。我们粗略做一个估算,如果局域网中有 N 个结点,则每个结点平均能分配到的带宽为 $10/N$ (Mbps)。显然,随着局域网规模的不断扩大,结点数 N 的不断增加,如果局域网的带宽不变,则每个结点平均能分配到的带宽将越来越少。也就是说,当网络结点数增大时,网络通信负荷加重,冲突和重发次数将大幅增长,网络利用率急剧下降,网络传输延迟明显增加,网络服务质量将显著下降。

为了克服网络规模与网络性能之间的矛盾,人们提出了以下 3 种可能的解决方案:

(1) 提高 Ethernet 的传输速率,从 10Mbps 提高到 100Mbps 与 1Gbps,甚至提高到 10Gbps,这就推动了高速局域网技术的研究。在这个方案中,无论 Ethernet 传输速率提高到 100Mbps 还是 1Gbps 或 10Gbps,Ethernet 帧结构都应基本保持不变。

(2) 将一个大型局域网划分成多个用网桥或路由器互联的子网,这就导致了局域网

互联技术的发展。网桥与路由器可以隔离子网之间的交通量,使每个子网作为一个独立的小型局域网。通过减少每个子网内部结点数 N 的方法,使每个子网的网络性能得到改善,而每个子网的介质访问控制仍采用 CSMA/CD 方法。

(3) 将共享介质方式改为交换方式,这就导致了交换式局域网技术的发展。交换局域网的核心设备是局域网交换机,它可在多个端口之间同时建立多个并发连接。这种方案导致局域网被分为两类:共享式局域网(shared LAN)和交换式局域网(switched LAN)。

3.2.3 高速以太网技术

高速 Ethernet 技术研究的原则是:在保持与传统 Ethernet 兼容性的前提下,提高局域网传输速率,扩大覆盖范围。

1. 快速以太网(fast Ethernet,FE)

1995 年,IEEE 802 委员会正式批准 IEEE 802.3u 作为快速以太网标准。IEEE 802.3u 标准在 LLC 子层使用 IEEE 802.2 标准,在 MAC 子层使用 CSMA/CD 方法,只是在物理层做了必要的调整,并定义了新的物理层标准 100 BASE 系列。该标准定义了介质专用接口(media independent interface,MII),用于分隔 MAC 子层与物理层。在物理层实现 100Mbps 传输速率的同时,传输介质和信号编码方式的变化不会影响 MAC 子层。100 BASE 系列标准可以支持多种传输介质,包括非屏蔽双绞线、屏蔽双绞线、单模光纤与多模光纤。

2. 千兆以太网(gigabit Ethernet,GE)

1998 年 2 月,IEEE 802 委员会正式批准 IEEE 802.3z 作为千兆以太网标准。IEEE 802.3z 标准在 LLC 子层使用 IEEE 802.2 标准,在 MAC 子层使用 CSMA/CD 方法,只是在物理层做一些必要的调整,它定义了新的物理层标准 1000 BASE 系列。该标准定义了千兆介质专用接口(gigabit media independent interface,GMII),用于分隔 MAC 子层与物理层。在物理层实现 1Gbps 传输速率的同时,传输介质和信号编码方式的变化不会影响 MAC 子层。为适应数据传输速率的提高带来的变化,对 CSMA/CD 介质存取控制方法加以修改,包括冲突窗口时间改变、载波扩展与短帧发送、帧突发处理。它延续了自动协商的概念,并将其扩展到光纤连接。1000 BASE 系列标准可以支持多种传输介质,包括非屏蔽双绞线、屏蔽双绞线、单模光纤与多模光纤。

3. 万兆以太网(10Gigabit Ethernet,10GE)

2002 年,IEEE 802 委员会正式批准 IEEE 8023ae 作为万兆以太网标准。万兆以太网并非简单地将千兆以太网的速率提高 10 倍。万兆以太网的物理层使用光纤通道技术,它的物理层协议需要进行修改。万兆以太网定义了两种不同的物理层标准:万兆以太网局域网标准(Ethernet LAN,ELAN)与万兆以太网广域网标准(Ethernet WAN,EWAN)。万兆以太网标准的制定遵循了技术可行性、经济可行性与标准兼容性的原则,

目标是将 Ethernet 从局域网扩展到城域网与广域网,成为城域网与广域网主干网的主流技术。

万兆以太网具有以下几个特点:

(1) 保留 IEEE 802.3 标准对 Ethernet 的最小和最大帧长度的规定。这就使用户在将其已有的 Ethernet 升级时,仍可与较低速率的 Ethernet 通信。

(2) 由于数据传输速率高达 10Gbps,因此传输介质不再使用铜质的双绞线,而只使用光纤,以便能在城域网和广域网范围内工作。

(3) 万兆以太网只工作在全双工方式,因此不存在介质争用的问题。由于不需要使用 CSMA/CD 工作机制,因此传输距离不再受冲突检测的限制。

4. 更高速率的以太网

随着用户对有线和无线接入带宽要求的不断提升,移动互联网应用、三网融合的高清视频业务的增长,以及云计算、物联网应用的兴起,城域网与广域网的核心交换网的传输带宽面临着巨大的挑战,现有 10 Gigabit Ethernet 已难以应对日益增长的需求,更高速率的 40Gbps 与 100Gbps 的 Ethernet 研究自然提上了议事日程,并呈现从 10 Gigabit Ethernet 向 40/100 Gigabit Ethernet 平滑过渡的趋势。

1996 年,40Gbps 的波分复用 WDM 技术出现;2004—2006 年,开始在局部范围内商用,路由器开始提供 40Gbps 的接口;2007—2008 年,多个厂商能够提供 40Gbps 的波分复用设备。同时,电信业对 40Gbps 波分复用系统的业务需求日益增多。40 Gigabit Ethernet 技术将大量应用于 IDC、高性能计算机、高性能服务器集群与云计算平台。2004 年,100 Gigabit Ethernet 技术出现。它不是一个单项技术的研究,而是一系列技术的综合,包括相关的技术标准、Ethernet 技术、DWDM 传输技术等方面。

为了适应数据中心、运营商网络和其他流量密集高性能计算环境的宽带需求,满足云计算、高性能计算的数据中心内部虚拟化以及虚拟机数量快速增长的需求,满足三网融合业务、视频点播和社交网络的需求,IEEE 于 2007 年成立 IEEE802.3ba 标准研究组,开始研究 40/100 Gigabit Ethernet 标准。2010 年,IEEE 802 委员会正式批准 IEEE 802.3ba 作为 100 Gigabit Ethernet 标准。100 Gigabit Ethernet 仍保留传统的 Ethernet 帧格式与最小、最大帧长度的规定。

100 Gigabit Ethernet 物理接口主要有以下三种类型。

(1) 10×10Gbps 短距离互联的 LAN 接口技术

该方案是采用并行的 10 根光纤,每根光纤速率为 10Gbps,以实现 100Gbps 的传输速率。这种方案的优点是可沿用现有的 10 Gigabit Ethernet 设备,技术比较成熟。

(2) 4×25Gbps 中短距离互联的 LAN 接口技术

该方案采用波分复用的方法,在一根光纤上复用 4 路 25Gbps 的信号,以达到 100Gbps 的传输速率。这种方案主要考虑了性价比,进一步的工作是选择合适的编码调制与 WDM 技术,技术相对不成熟。

(3) 10m 的铜缆接口和 1m 的系统背板互联技术

该方案主要针对电接口的短距离和内部互联,采用 10 对、每对速率为 10Gbps 的并

行互联方式。

当局域网从 10Mbps 升级到 100Mbps、1Gbps 或 10Gbps 时,网络技术人员不需要重新培训,所有网络硬件、软件都可以使用。相比之下,如果将现有 Ethernet 互联到作为主干网的 ATM 网,由于 Ethernet 与 ATM 工作机制存在较大差异,这时就会出现异型网互联的复杂问题。Ethernet 帧必须经过转换才能被 ATM 网接受,这种 Ethernet over ATM 协议转换必然造成系统性能下降。另外,熟悉 Ethernet 的人员可能不熟悉 ATM 技术,这些网络技术人员需要重新培训。因此,如果在局域网到城域网、广域网都采用 Ethernet 技术,无论对已有网络设备投资的保护、已开发软件的继续使用,还是对网络管理维护人员、网络软件开发人员的培训等方面,Ethernet 技术的一体化解决方案都有明显优势。

3.2.4 交换式局域网与虚拟局域网

1. 交换式局域网技术

(1) 交换机的工作原理

局域网交换技术在高性能局域网实现技术中占据了重要的地位。在传统的共享介质局域网中,所有结点共享一条共用传输介质,因此不可避免会发生冲突。随着局域网规模的扩大,网中结点数量不断增加,网络通信负荷加重时,网络效率就会急剧下降。为了克服网络规模与网络性能之间的矛盾,人们提出将共享介质方式改为交换方式,从而促进了交换式局域网的研究与发展。

交换式局域网的核心设备是局域网交换机(简称交换机)。交换机可以在它的多个端口之间建立多个并发连接。局域网交换机结构与工作原理如图 3-9 所示。图中的交换机有六个端口,其中端口 1、4、5、6 分别连接了结点 A、结点 B、结点 C 与结点 D。交换机的“端口号/MAC 地址映射表”可根据以上端口号与结点 MAC 地址的对应关系建立起来。如果结点 A 与结点 D 同时发送数据,则它们可以分别在以太网帧的目的地址字段(DA)

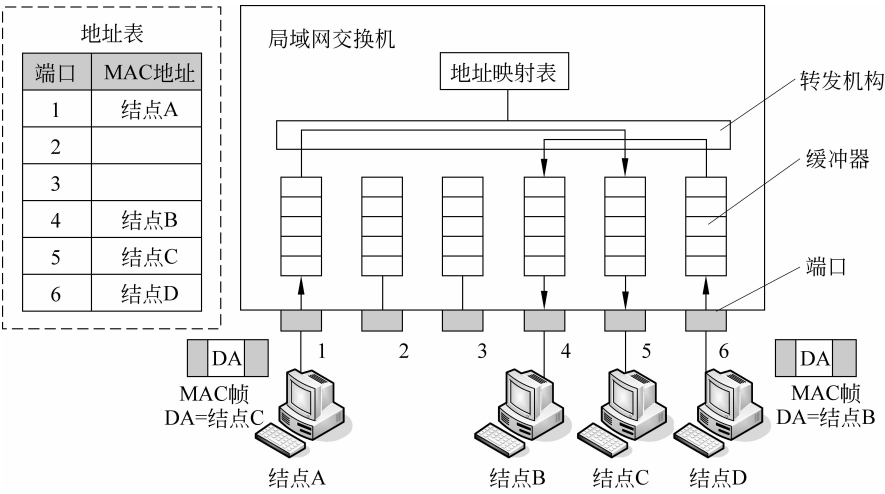


图 3-9 局域网交换机结构与工作原理示意图

中填写目的地址。例如,结点 A 要向结点 C 发送帧,则目的地址为结点 C;结点 D 要向结点 B 发送,则目的地址为结点 B。当结点 A、D 通过交换机同时发送以太网帧时,交换机的控制中心根据“端口/MAC 地址映射表”的对应关系找出对应目的地址的输出端口,则它可以为结点 A 到 C 建立端口 1 到 5 的连接,同时为结点 D 到 B 建立端口 6 到 4 的连接。这种端口之间的连接可根据需要同时建立多条,即可在多个端口之间建立多个并发连接。

(2) 交换机的交换方式

交换机的交换方式有多种类型,例如直接交换方式、存储转发交换方式与改进的直接交换方式。

① 直接交换方式

在直接交换(cut through)方式中,交换机只要接收并检测到目的地址字段,就立即将该帧转发,而不管这一帧数据是否出错。帧出错检测任务由结点主机完成。这种交换方式的交换延迟时间短,但是缺乏差错检测能力。

② 存储转发交换方式

在存储转发(store and forward)交换方式中,交换机首先需要接收整个帧,并进行差错检测。如果判断该帧是正确的,则根据目的地址确定输出端口并转发。这种交换方式的优点是具有帧差错检测能力,并支持不同输入速率与输出速率端口之间的帧转发,缺点是交换延迟时间将会增大。

③ 改进直接交换方式

改进直接交换方式将二者相结合,交换机在接收以太网帧的前 64 字节后,就需要判断该帧的帧头字段是否正确,如果正确则转发。这种方法对于短的以太网帧,其交换延迟时间与直接交换方式接近;对于长的以太网帧,由于只对地址字段与控制字段进行差错检测,因此交换延迟时间将会减小。

(3) 交换机的性能参数

衡量交换机性能的参数主要包括最大转发速率、汇集转发速率与转发等待时间。

① 最大转发速率是指两个端口之间每秒最多能转发的帧数量。汇集转发速率是指所有端口每秒可转发的最多帧数量。

② 由于交换机通常采用多个 CPU 并行工作,可在多个端口之间建立起并发连接,并以最快速度转发数据帧,因此汇集转发速率远大于最大转发速率。

③ 转发等待时间是交换机做出转发决策所需的时间,它与交换机采用的交换技术相关。

由于 Ethernet 交换机完成帧一级的交换,它是工作在数据链路层,因此也叫做第二层交换机,或 2 层交换。局域网交换机具有交换延迟低,支持不同传输速率和工作模式,支持虚拟局域网服务等优点。

2. 虚拟局域网技术

虚拟局域网并不是一种新型局域网,而是局域网向用户提供的一种新型服务。虚拟局域网是用户与局域网资源的一种逻辑组合,而交换式局域网技术是虚拟局域网的实现

基础。1999 年,IEEE 公布了关于 VLAN 的 802.1Q 标准。虚拟局域网(virtual LAN, VLAN)建立在交换技术的基础上。

传统局域网中的工作组必须在同一个网段上。多个逻辑工作组之间通过实现互联的网桥或路由器交换数据。当一个逻辑工作组中的结点要转移到另一个逻辑工作组时,则要将该结点从一个网段撤出,并将它连接到另一个网段上,有时甚至需要重新布线。因此,逻辑工作组受结点所处网段物理位置的限制。

虚拟局域网的基本工作原理如图 3-10 所示。如果将局域网中的结点按工作性质与需要划分成多个“逻辑工作组”,则每个逻辑工作组就是一个虚拟网络。例如,结点 N1-1 至 N1-4、N2-1 至 N2-4、N3-1 至 N3-4 分别连接在交换机 1、2、3 的网段里,它们分布于 3 个楼层。如果希望划分出 4 个逻辑工作组(N1-1、N2-1、N3-1 与 N4-1)、(N1-2、N2-2、N3-2 与 N4-2)、(N1-3、N2-3、N3-3 与 N4-3)和(N1-4、N2-4、N3-4 与 N4-4),成立 4 个分别用于产品设计、财务管理、市场营销与售后服务的内部网络,最简单的办法就是通过软件在交换机上设置 4 个 VLAN。

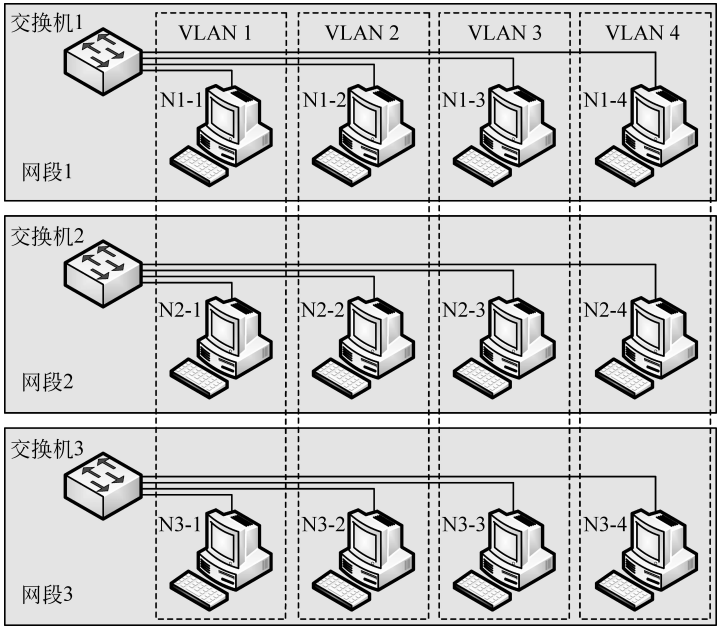


图 3-10 虚拟局域网的基本工作原理

虚拟局域网是建立在局域网交换机之上,以软件方式实现逻辑工作组的划分与管理,工作组中的结点构成不受物理位置限制。逻辑工作组的成员不一定连接在同一物理网段,它们可连接在同一台交换机上,也可连接在不同的交换机上,只要这些交换机之间互联即可。当某个结点从一个逻辑工作组移到另一个工作组时,只需简单通过软件设定来改变逻辑工作组,而不需要改变它在网络中的物理位置。虚拟局域网的主要优点表现在:方便网络用户管理,减少网络管理开销;提供更好的安全性;改善网络服务质量。

3.2.5 无线局域网技术的发展

1. 无线局域网的研究背景

无线局域网(wireless LAN,WLAN)是实现移动计算的关键技术之一。无线局域网以微波、激光与红外线等无线电波作为传输介质,部分或全部代替传统局域网中的同轴电缆、双绞线与光纤,实现移动结点的物理层与数据链路层功能。

1987 年,IEEE 802.4 组开始无线局域网的研究。最初的目标是希望研究一种基于无线令牌总线网的 MAC 协议。经过一段时间的研究之后,人们发现令牌总线方式不适合无线信道控制。1990 年,IEEE 802 委员会成立 IEEE 802.11 工作组,专门从事无线局域网的介质访问控制子层协议和物理介质标准的研究。

2. 无线局域网的应用领域

无线局域网不仅能满足移动和特殊应用领域的需求,还能覆盖有线网络难以涉及的范围。无线局域网的应用领域主要有以下 3 个方面。

(1) 作为传统局域网的扩充

传统局域网使用非屏蔽双绞线实现 10Mbps、100Mbps 与 1Gbps 甚至更高速率的数据传输,导致结构化布线技术得到了广泛的应用。很多建筑物在建设过程中预先布好双绞线。在某些特殊的环境中,无线局域网能发挥传统局域网起不到的作用。这类环境主要是建筑物群之间、工厂建筑物之间的连接,不能布线的历史古建筑,以及临时性的小型办公室、大型展览会等。无线局域网提供一种更有效的联网方式。在大多数情况下,传统局域网用于连接服务器和一些固定结点,移动结点和不易布线的固定结点可通过接入点接入无线局域网。典型的无线局域网结构如图 3-11 所示。

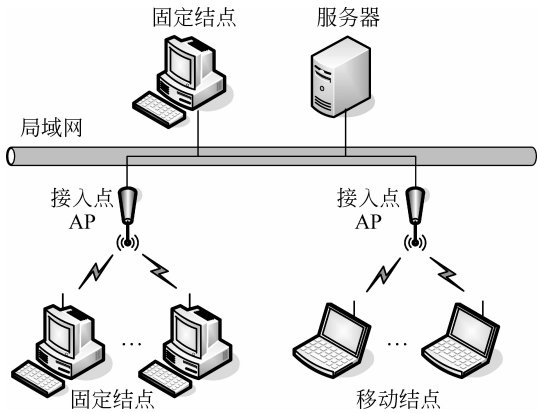


图 3-11 典型的无线局域网结构

(2) 用于移动结点的漫游访问

带有天线的移动数据设备(例如笔记本)与 AP 之间可以实现漫游访问。这种应用的一个典型例子是,展览会场的工作人员在向听众做报告时,通过自己的笔记本访问位于办