

第3章 广域网、局域网与城域网 技术发展趋势

从网络技术发展的角度,最先出现的是广域网,然后是局域网,城域网的研究是在局域网研究的基础上发展起来的。在 Internet 大规模接入需求的推动下,接入网技术的发展导致宽带城域网概念的演变与技术的发展。本章将系统地讨论广域网、城域网与局域网设计目标、核心技术、结构与标准。

3.1 广域网技术

3.1.1 广域网的主要特征

广域网具有以下两个的最基本的特征。

1) 广域网是一种公共数据网络

广域网建设投资很大,管理困难,一般是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也需要组建自己使用和管理的专用广域网。电信运营商组建的广域网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的要求,为用户提供电信级 7×24 的服务。

2) 广域网技术研究的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的互联。用户终端接入到本地计算机系统,本地计算机系统再接入到广域网中。用户通过终端登录到本地计算机系统之后,才能实现异地联网计算机资源的访问。针对这样一种结构,人们提出了资源子网与通信子网的两级结构的概念。随着 Internet 技术的发展,大量的广域网互联形成了 Internet 的宽带、核心交换平台,然后再通过城域网接入大量的局域网,构成新的层次型的网络结构。随着 Internet 技术的发展,大量的广域网互联形成了 Internet 的宽带、核心交换平台。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 广域网技术发展的轨迹

1. 用于构成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,可以用于构成广域网的网络类型主要有:

(1) 公共电话交换网-综合业务数字网-ATM 网;

(2) X. 25 分组交换网-帧中继网;

(3) 光以太技术。

2. 广域网研究的技术思路

研究广域网的发展历史,人们会发现开发广域网技术与标准的研究人员有两类:一类是从事电信网技术的,另一类是研究计算机网络技术的。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,同时两者在技术是表现出竞争与互补的关系。

3. X. 25 分组交换网、帧中继网与 ATM 网络技术

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:如何在成熟技术和广泛使用的电信网络基础上,将传统的语音传输业务和数据传输业务结合,这就出现了综合业务数字网、X. 25 分组交换网、帧中继网与 ATM 网络技术的研究与应用。

1) X. 25 分组交换网、帧中继网

早期,人们利用电话交换网(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节点之间线路连接的早期计算机网络,完成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(post telegraph and telephone,PTT),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,因此它们建议国际电信联盟 ITU 成立一个专门的委员会研究和制定计算机网络的标准。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是很好,传输速率低、误码率高,X. 25 协议要采用很多的措施去解决通信质量问题,因此 X. 25 协议结构复杂,协议运行的效率不高。随着光纤的大规模应用,X. 25 网的缺点暴露得越来越明显。

1991 年,帧中继网(frame relay,FR)出现。帧中继网是一种用光纤替代传统电缆。由于光纤的传输速率高、误码率低,因此帧中继网可以简化 X. 25 网络的协议。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。在一个帧中继网络中,一个帧通过每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节点的转发延时。实验结果表明,帧中继网转发延时要比 X. 25 网降低一个数量级;帧中继网的吞吐量要比 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联。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为用户提供数据通信服务。由于帧中继网可以为用户提供一个“虚拟租用线路”,并且只有该用户可以使用这条“专线”,这就引出了虚拟专用网络(virtual private network,VPN)的概念。在公共帧中继网提供 VPN 服务能够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,但是一些非电话业务,例如传真、用户电报、电子邮件、可视图文,以及数据通信的发展极其迅速。现有的电话网、用户电报网、数据通信网等,只能分别为用户提供电话、用户电报和数据通信等业务。用户通过一条用户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用户线路。这种按业务组网的方式的缺点是用户成本高、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内的设想,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,并在不同的国家采用相同的标准。

(2) 为在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,综合业务数字网的用户线路也可以供多种业务共用,在线路上可以同时传输电话、电报、数据等多种信息。ISDN 用户可以同时与多个用户通信,而且这些通信可以是不同业务类型。例如,用户与一个用户打电话的同时,还可以向另一个用户发传真。在 ISDN 中,用户只需提出一次申请,使用一对用户线、一个电话号码,就可以将多种业务终端接入网内,并且按统一的规程进行通信。由于 ISDN 可以实现语音、数据与图像的综合化,因此可以通过一条用户线路实现电话、传真、可视图文与数据通信的综合服务。由于综合业务数字网完全采用数字信道,因此能获得较高的通信质量与可靠性。ISDN 从 70 年代开始构思,80 年代开始研究和试验。1988 年各国迅速推动 ISDN 向商用化方向发展。

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,覆盖从低传输速率到高传输速率的各种非实时、实时与突发性的传输要求。CCITT 在 1990 年通过了 B-ISDN 的第一套建议,在 1992 年的白皮书中对这些建议进行了全面的修改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很难胜任这种综合数据业务的需要,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 的传输网选择了 ATM 技术。

3) ATM 网络基本概念

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 与传统的 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)基本设计思想时一直在强调:系统数据在链路的传输是要严格地“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服务单元,信元也是插入 SDH 的帧中进行传输。如果采用“同步时分复用”的方法,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”方法分配带宽,每个用户发送的信元插到每个 SDH 帧中的位置并不固定不变。信元插到哪个 SDH 帧中,取决于链路的忙闲程度,则一个用户一次发送的信元到达目的节点的时间也是变化的。相对于“同步时分复用”的方法来说,ATM 的数据传输是“异步”的。

20 世纪 90 年代早期,电话公司的技术人员研究并提出 ATM 技术。他们希望 ATM 网能够承载语音通信、数据通信、有线电视、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,同时能够解决 IP 网中存在的服务质量 QoS 问题。但是,经过这些年的发展,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中,作为广域网的核心交换网使用,并用于 IP 数据的传输,普通用户并不会知道它的存在。

ATM 技术的主要特点表现在以下几个方面:

- (1) ATM 采用的是一种面向连接的技术;
- (2) ATM 采用信元(cell)作为数据传输单元;
- (3) ATM 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;
- (4) ATM 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;
- (5) ATM 的数据传输速率为 155Mbps~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。信元由两个部分组成:5B 的信元头与 48B 的用户数据。ATM 信元长度确定为 53B 是一种折衷方案,它主要出于延时和效率两方面的考虑。使用 ATM 网络进行语音传输的研究人员坚持用短信元。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 6ms。若传输压缩的话音,则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,如果延时过长,例如大于几十毫秒,它产生的回声将影响通话质量。因此若主要业务是语音传输,则短信元较为理想。而从传输效率角度讲,当信元头长度固定后,用户数据越长,额外开销所占的比例越小,效率也越高,因此研究人员希望使用长信元传输数据文件。他们曾经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,对于计算机通信来说数据长度 48B 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,将取代广域网、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,二是它的协议与已经广泛流行的 IP 协议、803.3 Ethernet 协议不一致。用异构、造价昂贵的 ATM 技术去取代已经存在、大量的计算机网络和电信网是不现实的,而与 IP 网络紧密结合,各自发挥自己的特长是一条可行之路。因此,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,但是它在 Internet 的发展过程中起到重要的作用。

3.1.3 光网络与光以太网技术的发展

1. 光网络的研究

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,如电视点播、可视电话、数字图像、高清晰度电视等宽带业务迅速扩大,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的网络环境的支持。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-全光网络的诞生。

如果把网络传输介质的发展作为传输网划代的一个参考标准的话,那么可以将以铜缆与无线射频作为主要传输介质的传输网络作为第一代,以使用光纤作为传输介质的传输网络作为第二代,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络就是第三代。图 3-1 给出了传输网演变的趋势。

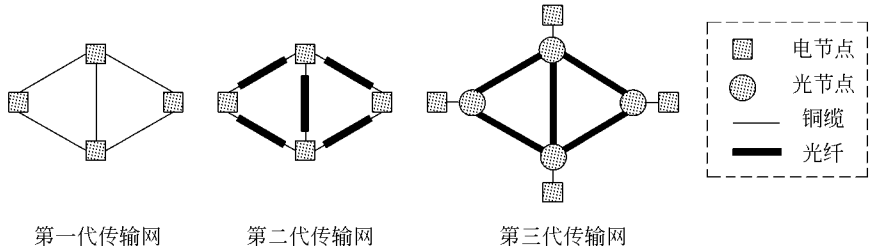


图 3-1 传输网的演变趋势

第一代传输网络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;第二代传输网络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,但是交换节点(如路由器)的电信号与光信号转换仍然是带宽的瓶颈;第三代全光网将以光节点取代现有网络的电节点,并使用光纤将光节点互联成网,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。全光网是以光节点取代现有网络的电节点,并用光纤将光节点互联成网。信号在经过光节点时不需要经过光电与电光转换,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极大的兴趣,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络的建议,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 提出用光传输网络的概念取代全光网的概念,因为要在整个计算机网络环境中实现全光处理是困难的。2000 年以后,自动交换光网络(automatic switched optical network,ASON)的出现,引入了智能控制的很多方法,去解决光网络的自动路由发现、分布式呼叫连接管理,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:

- (1) 允许将网络带宽资源动态分配给路由,提高了带宽利用率,改善了系统性能。
- (2) 降低了支持新业务配置管理软件的要求,减少了运营和管理的成本。
- (3) 可以引入按需带宽配置的服务、分级的带宽服务、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(optical Ethernet)技术

1) 以太网技术研究的背景

从事计算机网络的研究人员早期是在电信传输网的基础上,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,他们把研究的重点放在物理层接口标准、数据链路层协议与网络层 IP 协议上。当局域网的光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,在传输速率为 1Gbps 的 Gigabit Ethernet(GE)与 10Gbps 的 10Gigabit 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。预测 2010 年推出的传输速率为 100Gbps 的 Gigabit Ethernet(100GE)也将遵循这种设计思路。目前看来,利用光以太技术促成广域网、城域网与局域网在技术上的融合的技术路线是有很好的发展前景的。

2) 以太网的主要特征

从构造电信级的运营网络角度来看,传统的 Ethernet 技术还存在很多的不足。例如,Ethernet 不能提供端一端的包延时而包丢失率控制,不支持优先级服务,不能保证 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,按时间和流量计费造成困难。其实这是非常容易理解的,因为初期设计 Ethernet 时,只是考虑它如何在局域网环境中工作。从 2000 年下半年以来,一些电信设备公司提出了光以太的概念。光以太网的出现能够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的网络提供技术支持。基于这样一个设计思想,一种可运营的光以太的概念应运而生,从根本上改变了电信运营商规划、建设、管理思想。

可运营光以太网的设备和线路必须符合电信网络 99.999%的高运行可靠性。它要克服传统 Ethernet 的不足,具备以下特征:

- (1) 能够根据终端用户的实际应用需求分配带宽,保证带宽资源充分、合理地应用。
- (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,能够及时获得用户的上网时间记录和流量记录,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,具有一定的服务质量保证,提供分等级的 QoS 网络服务。
- (6) 能够方便、快速、灵活地适应用户和业务的扩展。

3) 光以太的技术优势

光以太网的技术优势主要表现在以下两个方面。

- (1) 组建同样规模的广域网或城域网,光以太网的造价是 SONET 的 1/5,是 ATM

的 1/10。

(2) IEEE 已经对速率从 10Mbps、100Mbps、1Gbps 到 10Gbps 的 Ethernet 技术标准化了,未来将发展到 100Gbps,它能够覆盖从广域网、城域网到局域网的各种需求。

3.2 局域网技术

3.2.1 局域网技术发展的轨迹

在讨论局域网发展问题时,需要注意以下几个问题。

1. Ethernet 技术在局域网中的位置

在局域网的研究领域中,Ethernet 技术并不是最早的,但是它是最成功的。20 世纪 70 年代初期,欧美的一些大学和研究所已开始研究局域网技术。1972 年,美国加州大学研究了 Newhall 环网;1974 年,英国剑桥大学研制了 Cambridge Ring 环网。这些研究成果对局域网技术的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、令牌环的三足鼎立局面,并且各自都形成了相应的国际标准。到 20 世纪 90 年代,Ethernet 开始受到业界认可和广泛应用。21 世纪 Ethernet 技术已经成为局域网领域的主流技术。因此,在讨论局域网技术研究与发展时,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,但是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(Token Ring)网,以及通用汽车公司为实时控制系统设计的令牌总线(token bus)网,三者之间竞争非常激烈。与采用随机型介质访问控制方法的 Ethernet 比较,确定型的介质访问控制方法令牌总线网、令牌环网有以下几个主要的特点:适用于对数据传输实时性要求较高的应用环境(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,实现起来比较困难。

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

同时,相对于其他几种网络协议来说,Ethernet 的协议的开放性使得它很快就得到了很多集成电路制造商、软件厂商的支持,出现了多种那个实现 Ethernet 算法的超大规模集成电路芯片,以及很多支持 Ethernet 的网络操作系统与应用软件,这就使 Ethernet 在与其他局域网竞争中占据了明显优势。Ethernet 交换机产品的面世,标志着交换式 Ethernet 的出现,更进一步加强了 Ethernet 在市场竞争中的优势地位。

网络操作系统 NetWare、Windows NT Server、IBM LAN Server 及 UNIX 操作系统的应用,使 Ethernet 技术进入成熟阶段。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 得到更为广泛的应用。

图 3-2 给出了局域网技术演变过程的示意图。

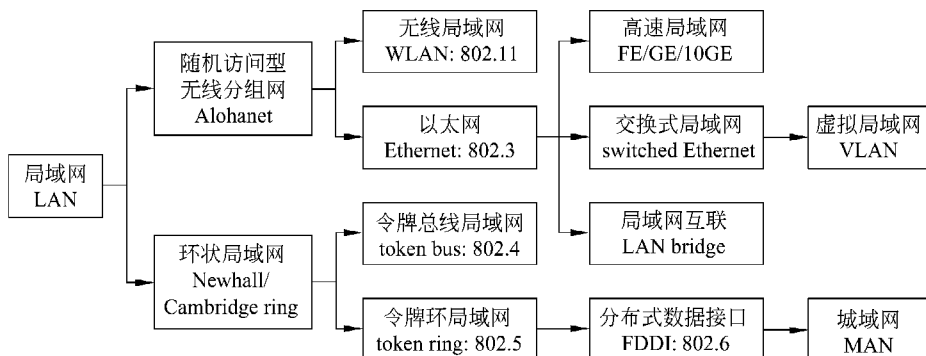


图 3-2 局域网技术演变过程示意图

2. IEEE 802 参考模型的演变

为了解决局域网协议标准化问题,IEEE 在 1980 年 2 月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,因此研究者只需面对 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的范围。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,局域网领域已经有 3 类典型技术与产品: Ethernet、token bus、token ring 网。同时,市场上还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都各不相同。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 标准的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 子层和物理层可以采用不同协议,但是在 LLC 子层必须采用相同的协议。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。

经过多年的激烈市场竞争,局域网从开始的“混战”局面转化到 Ethernet、令牌总线网与令牌环网“三足鼎立”的竞争局面,最终 Ethernet 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大量应用的局域网环境(例如企业网、办公网、校园网)都采用 Ethernet 协议,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。网络层 IP 协议直接将分组封装到以太帧中,整个协议处理的过程也变得更加简洁,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而成立一系列组织,例如制定某类协议的工作

组(WG)或技术行动组(TAG),它们研究和制定的标准统称为 IEEE 802 标准。随着局域网技术的发展,IEEE 802.4WG、IEEE 802.6WG、IEEE 802.7WG、IEEE 802.12WG 等工作组已停止工作。目前,最活跃的工作组是 IEEE 802.3WG、IEEE 802.10WG、IEEE 802.11WG 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、网络互连,以及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。随着局域网技术的发展,应用最多和正在发展的标准主要有 4 个,其中 3 个是无线局域网的标准,而其他标准目前已经很少使用。图 3-3 给出了简化的 IEEE 802 协议结构。4 个主要的 IEEE 802 标准如下所示。

- ① IEEE 802.3 标准:定义 Ethernet 的 CSMA/CD 总线介质访问控制子层与物理层标准。
- ② IEEE 802.11 标准:定义无线局域网访问控制子层与物理层的标准。
- ③ IEEE 802.15 标准:定义近距离个人无线网络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。

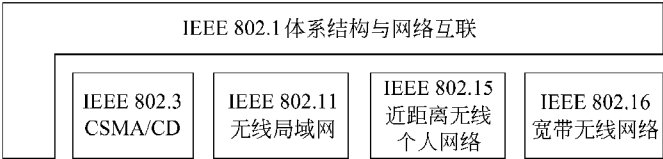


图 3-3 简化的 IEEE 802 协议结构

3.2.2 Ethernet 的基本工作原理

1. Ethernet 技术形成的背景

Ethernet 的核心技术是共享总线的介质访问控制的介质采取、多路访问/冲突检测(CSMA/CD)方法,而它的设计思想是来源于 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 使用的是一个共用的无线电信道,支持多个节点对一个共享的无线信道的“多路访问”。Alohanet 中心节点是一台位于瓦胡岛校园的 IBM 360 主机,它要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,以后提高到 9600bps。Alohanet 的信道方向的规定是以 IBM 360 主机为基准,从 IBM 360 主机到终端的无线通信信道为下行信道,而从终端到 IBM 360 主机的无线通信信道为上行信道。下行信道是一台 IBM 360 主机向多个终端通过广播方式发送数据,

因此不会出现冲突。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的终端同时争用一个通信信道而产生“冲突”的情况。解决“冲突”的办法只有两种:一种是集中控制的方法,另一种是分布控制的方法。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节点,由中心控制节点决定哪个终端中可以使用共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,由于系统中存在着一个控制中心,因此控制中心会成为系统性能与可靠性瓶颈。Alohanet 采用的是分布式控制方法。

1972 年, Bob Metcalfe 和同事 David Boggs 开发出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 22 日, Bob Metcalfe 和 David Boggs 在“Alto Ethernet”文章中提出了 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)”的影响,把这种局域网命名为 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,任何节点都没有可预约的发送时间,它们的发送都是随机的,并且网中不存在集中控制的节点,网中节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 和同事们共同申请了 Ethernet 专利。

1978 年, Ethernet 中继器也获得了专利。

1980 年, Xerox、DEC 与 Intel 等 3 个公司合作,第一次公布了 Ethernet 的物理层、数据链路层规范。

1981 年, Ethernet V2.0 规范公布。IEEE 802.3 标准是在 Ethernet V2.0 的基础上制定的,它的制定推动了 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——Ethernet 控制器问世。很多软件公司开发出支持 802.3 标准的网络操作系统及各种应用软件。

1990 年, IEEE 802.3 标准中的物理层标准 10Base-T 的推出,使普通双绞线可以作为 10Mbps 的 Ethernet 传输介质。

1993 年, Kalpana 研究了全双工 Ethernet,它改变传统 Ethernet 依靠单根传输介质的半双工的工作模式,使得 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 和产品的推出,使 Ethernet 技术最终从三足鼎立中脱颖而出。

2. Ethernet 的核心技术—CSMA/CD 介质访问控制方法

Ethernet 是一种典型的总线结构。图 3-4 给出了总线局域网的拓扑结构。总线局域网的介质访问控制方法采用“共享介质”方式。

总线 Ethernet 的主要特点是:

(1) 所有节点都通过网卡连接到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) 所有节点都可以通过总线发送或接收数据,但是一段时间内只允许一个节点通过总线发送数据。当一个节点通过总线以“广播”方式发送数据时,其他节点只能以“收