

877733

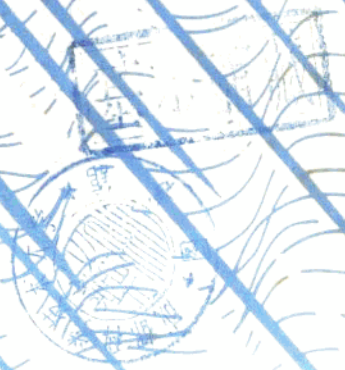
《光纤通信》特辑

500214

4422

光纤局部区域网技术

韩馥儿 编



14

上海交通大学科技交流室
上海市光纤通信情报网

1988年5月

内 容 简 介

本书主要介绍了光纤 LAN 的发展潜力,探讨了光纤 LAN 的拓扑结构、介质访问控制方式,以及传输器件(包括连接器、定向、星型、WDM 等耦合器、光开关、光波分复用器和分离器、数据传输链路等)。具体介绍了“OPALNET-Ⅰ”、“SOLRNET”、“FIBERNET-Ⅰ”,集中式冲突检测的光纤“以太网”、局部区域综合光纤网-LION 等六个典型的光纤局部区域网,还介绍了光纤 LAN 的典型应用实例。本书适于从事光纤通信、局部区域网和计算机网络技术的科技、工程技术人员阅读。

本书编辑人员: 徐建明、罗宗信
蔡锡泉、杨福兴

目 录

第一章 概论	(1)
一、局部区域网概述	(1)
二、LAN的发展过程	(1)
三、LAN的技术概况	(2)
四、光纤作为LAN传输介质的特点	(4)
五、光纤LAN的发展潜力	(5)
六、光纤LAN的发展动向	(7)
第二章 LAN的标准化及其管理	(9)
一、开放式系统互连的基准模型—OSI	(9)
二、LAN的标准化动向	(13)
三、FDDI标准简介	(13)
四、网络管理	(16)
第三章 光纤LAN的拓扑结构	(22)
一、光纤LAN拓扑结构概述	(22)
二、光纤LAN拓扑结构探讨	(26)
三、光纤LAN的介质访问控制方式	(30)
第四章 光纤LAN的传输器件	(31)
一、连接器	(32)
二、耦合器：相关式、不变式	(32)
三、星形耦合器	(33)
四、T形耦合器	(34)
五、WDM耦合器	(35)
六、光通路器	(36)
七、光开关	(37)
八、光波分复用器和分离器	(37)
九、数据传输链路	(38)
第五章 光纤LAN的典型网络介绍	(39)
一、大规模局部区域光传输方式—OPALnet-I	(39)
二、中规模局部区域光传输方式—SOLARnet	(51)
三、光纤“以太”网—Fibernet—I	(59)
四、集中式碰撞检测的光纤“以太”网	(63)
五、局部区域综合光纤网—LION	(39)
六、时分多路传输环路结构	(71)
第六章 光纤LAN的应用实例	(75)
一、筑波城国际科学技术博览会会场内的光纤环形网	(75)

二、宽带光纤网——米兰城的“光岛”(79)

三、空间应用的光纤 LAN.....(81)

四、应用于大楼自动化管理的光纤环形网(84)

第一章 概 论

一、局部区域网概述

局部区域网(Local Area Network——LAN)的定义,目前国际上还没有取得完全一致的意见。美国电气电子工程师学会(IEEE)802委员会(LAN标准化委员会)制定了一个比较笼统的定义:LAN是用来在较小区域里连接各种数据通信设备的一种通信网络。它包括四个方面的含义,即:1)LAN是一个通信网络;2)要广义地理解“数据通信设备”这个词,它包括计算机、数据终端、打印机、文字处理机、传真机、传感器(温度、湿度、安全报警传感器等)、电话机、等等。当然,并不要求所有在LAN都能连接这些设备;3)LAN的服务范围比较小,最普遍的情况是一个网络分布在一幢建筑物内。同时也有连接相邻的几幢建筑物;4)LAN通常为某一家企业、公司、学校、机关、团体所拥有,而不是公共的或者商用的公共服务设施。

LAN与多处理机系统的主要区别在于耦合程度不同,多处理机系统是紧耦合的,通常具有某个中央控制器,并且完全综合了通信功能,而LAN的特性则反之;其各数据终端是独立的,但又相互联系。LAN与远程网的区别详见表1。

表 1 LAN与远程网的区别

	LAN	远程网
数据传输速率	>1Mb/s	≥64Kb/s
传输介质	双绞线,同轴电缆,光缆	电话电缆、微波、卫星信道、光缆
传输网络	自成网络,用基带或宽带传输	介入邮电系统的模拟网或数字网
通讯距离	一般在几十公里之内	经交换转接距离不限

LAN的一些典型特性是:(1)由于网络的范围不大(0.1~25km),通信费用所占的比重也就不大,因此实现网络的费用不多;(2)具有高度相互连接的扩充可能性和灵活性;(3)数据的传输速率较高,典型的在数Mb/s,有些可运行在50Mb/s,最高可达几个Gb/s;(4)误码率低(10^{-8} ~ 10^{-11});(5)在网络中不一定需要中央主机节点或中央控制器,可向用户提供分散而有效的数据处理及计算功能;(6)可靠性高,网络中某一站出了故障,一般不会影响整个网络的运行。

二、LAN的发展过程

LAN的技术起源于几十年前,但其发展高潮可从1976年算起。当时,美国施乐

(xerox)公司的 Ethernet (以太网)问世, 该公司廉价转让专利的做法对于全面推广“以太网”所采用的载波侦听多路访问/碰撞检测(CSMA/CD)技术起了非常大的促进作用。继后, 由于又开发了高度集成化的 CSMA/CD 芯片, 致使 LAN 的市销产品中许多是“以太网”技术的翻版。特别是在 Ethernet— I 型的 LAN 产品问世后, 美国数据设备公司 (DEC)、英特尔 (Intel) 公司和施乐三家公司一起, 于 1980 年达成了联合开发“以太网”作为标准 LAN 的协议。自此以后, LAN 领域中很有“以太网”“热”的气氛。

当前, 国际上的 LAN 市场规模发展很快, 年增长率约为 156%, 其中美国的 LAN 市场规模最大, 1985 年, 美国 LAN 市场(包括硬、软件和各种配套设备)的销售额为 4 亿美元, 1987 年约达 6 亿美元。从 1987 到 1991 年底, 美国采用各种传输介质的整个 LAN 市场, 将以每年 15~20% 的速度递增, 其分布在六个主要领域(见表 2)^[1]。西欧的 LAN 市场中, 英国居首位, 它拥有的设备占西欧 LAN 市场的 58%。第二位和第三位分别是法国和联邦德国。截止 1986 年底的统计: 美国已投入使用的 LAN 约 10 万多个; 日本约 1.1 万个。

表 2 美国拥有各种传输介质的 LAN 增长趋势(以百万美元为单位)

年 份 领 域	1987	1988	1989	1990	1991
办公室	300(50%)	355(49%)	411(47%)	466(44%)	527(41%)
办公室/工厂	66(11%)	94(8%)	123(14%)	159(15%)	193(15%)
工 厂、	42(7%)	65(9%)	96(11%)	138(13%)	206(16%)
政府部门	78(13%)	87(12%)	96(11%)	106(10%)	116(9%)
教育部门	72(12%)	73(10%)	79(9%)	85(8%)	103(8%)
医疗部门	72(12%)	73(10%)	79(9%)	85(8%)	103(8%)
总 计	600	725	875	1060	1285

三、LAN 的技术概况^{[2][3]}

目前, 从 LAN 的通信链路来看, 有基带和宽带两种方式。基带技术使用同轴电缆, 双绞线作为传输介质, 其特点是成本低, 容易建网。目前大多数 LAN 都采用基带技术。宽带技术使用宽带同轴电缆、光纤等作为传输介质。其中光纤, 除了传输质量高外, 还为数据、声音、图象、有线电视等通过统一的介质进行传输提供了技术基础, 是过渡到数字化综合通信网的桥梁, 因而也是一种面向未来的很有前途的技术。

LAN 的拓扑结构主要为总线、环形、星形及树形, 现都有产品问世。但因为总线和环形的结构简单, 增加或撤除节点非常容易, 不用每次作大量连接, 且启动和修改系统的代价也相对较低, 所以目前在市场上占绝对优势, 大部分 LAN 的研究工作也都集中在这

两种结构上。其中欧洲对环形网研究较早,美、日则对总线网贡献较大。另外,IBM公司近年来也加强了对宽带环形网的开发工作。总线网为多点无源连接,其主要弱点是总线本身的故障而引起的网络易损性;环形网为点到点的有源连接,若网中某节点或链路出现故障,便可能导致整个系统的瘫痪。针对它们的缺点,目前已研究出了许多有效的改进方案。

网络性能的好坏不但与其传输介质和拓扑结构有关,而且还取决于传输控制方式,即信道访问技术。信道访问技术是指分配信道使用权的策略,它直接影响到网络的两大性能指标(吞吐率与时延),因而是LAN设计的关键问题,也是当前LAN理论研究的核心。目前的信道访问技术主要是受下述二方面因素影响而发展起来的:其一是六十年代末远程网尤其是ARPA网的多路复用存储转发技术;其二是1971年夏威夷大学无线电信道网络ALOHA的信道争用原理。随着人们对LAN的系统研究,到八十年代初已逐渐形成了固定型、随机型、选择型等三种信道访问方式。

所谓固定型访问方式就是把信道带宽固定分配给用户,也就是按时域或频域将信道固定地分配给多个用户,从而形成时分多路访问(TDMA)和频分多路访问(FDMA)。这种访问方式比较简单,但信道利用率低。常用于实时性要求较高、数据传输率比较稳定的宽带LAN中。随着光纤技术的发展,其中TDMA访问技术正发挥着越来越重要的作用。

随机型访问方式信道利用率较高,在目前的LAN中应用最广泛,尤其在总线LAN中占显著地位。最早出现的随机争用方式中,信道全部带宽由多个用户随机争用,各站可随时发报文,完全不顾当时信道的忙闲与否。但由于信道每次只允许一个站使用,因而自然会出现碰撞,降低信道性能。为减少碰撞,便产生了分时间片随机访问,使各站总在时间分片的开始发送报文,即利用时间片边界进行同步,以降低访问的“随机性”,进而减少碰撞。为进一步降低碰撞概率,又提出了先听后发的方式。如果某站听到信道正忙,就暂不发报文,待听到空闲时才发报文。这就是所谓的CSMA。在此基础上还发展了有碰撞检测功能的CSMA/CD、避免碰撞的CSMA/CA等技术。其中CSMA/CD除了先听后发外,还采取了边发边听技术。因为信号的传播具有一定时延,发送前的监听不一定可靠,因报文在发送中仍可能发生碰撞。如果对此不加以控制,已发报的站就会把已碰撞的报文继续发完,从而造成对信道资源的浪费。采用了边发边听技术后一旦听到碰撞就立即停止发报,并送出一个使所有站均可听到碰撞的特定脉冲,然后按二进制指数后退算法或线性插补算法推后一段时间再作重发,直至发送成功。有名的Ethernet网就采用了此法。CSMA/CA的原理是先听后发与临发再听。由于采用了两次监听方式,使得碰撞机会大为减少。我国常用的Omninet网便用了此策略。

选择型是指集中控制请求选择访问技术,它是按照用户的请求,采用集中或分布控制选择算法来“按需分配”信道。对于预约方式,用户首先在预约时间片进行申请登记,然后系统按照一定的优先权或轻重缓急分配以一定的数量的时间片进行发报。令牌传递也是当前主要访问技术之一。令牌传递的信道访问权主要由令牌(Token)决定。令牌沿环逐点传递,谁得到令牌,谁就拥有发报权。如果该节点无报文可发就立即交出令牌,否则便发完报文再交出令牌。无令牌的节点一般处于转发或接收状态。令牌方式没有碰撞问题,在报文量大时信道效率很高,且传播距离远,允许节点多,容易采用光导纤维,故常用在高档LAN中,但它存在令牌的丢失与恢复问题,环路可靠性较差,但采用双环或星状环后,

可靠性能大大提高。

四、光纤作为LAN传输介质的特点

在光纤上进行光信号传输的特点和在铜缆上进行电信号传输的特点大相径庭，因此简单地用光纤来代替铜线是不行的。光纤在许多方面优于铜线，如带宽宽、损耗低、抗干扰性好、保密性好、体积小、重量轻、潜在成本低等等。

1. 光纤的带宽优势

在传统的有限状态的时序机中，根据存储于连接处理器的存储单元中的指令对输入信号进行处理。随着处理器处理能力的提高，要存储在存储器中的指令也相应增加，于是要求增加存储单元。这将导致存储框和处理器之间线路拥挤。这个问题可通过采用公共总线加以解决，但也会带来一个新问题，即总线不允许同时对多个存储单元进行存取，这种存取时间限制称为 Van neumann 瓶颈。

由于网络复杂程度提高和信息交换量的增加，介质的带宽终究会被超越。总之，物理介质的带宽越大，LAN 的规模就越大，交换的信息量也就越大。此外，带宽宽允许采用简单的协议。这种协议尽管效率不高，但却可以在成本效应高的软件上实现。因此光纤技术非常适用于要求带宽宽的复杂的或繁忙的 LAN 中。

2. 光纤传输介质的低损耗特性

要确定一个系统的传输容量应对有效功率分配和传输损耗这两者加以权衡。前者取决于发送器(T)发送功率和接收器(R)灵敏度之间的差，后者则包括介质损耗，连接器损耗和功率分散损耗等等。现仅探讨介质损耗与发送/接收器对的功率分配之间的关系，对其它损耗忽略不计。

就灵敏度来说，电接收器和光接收器的差异更是大得惊人。假设放大器和负载电阻器无噪声，这两种接收器的灵敏度将受到随机传输来的光电子的噪声的影响。在这种情况下，当误码率为 10^{-9} 时，要求每比特传输约 21 个光子。光子的能量可用下式计算

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (1)$$

式中 h 是普郎克常数 (6.6×10^{-34} 焦秒)， C 是光速 (3×10^{10} cm/s)， λ 是光子波长。每比特包含 n 个光子的数字数据流中的功率 (P) 为：

$$P = VnE = \frac{Vnhc}{\lambda} \quad (2)$$

式中 V 是数据速率 (Mb/s)。当光子处于 $V = 30$ Mb/s， $n = 21$ ， $\lambda = 1 \mu\text{m}$ 时，我们得到光接收器的灵敏度为 -70 dBm。

当电子的频率为 30 MHz (同光子的数据速率相同)， $\lambda = 10$ m 时，电接收器所获得的灵敏度为 -140 dBm。

要使接收器输出的信号强度相同，理想的电接收器的灵敏度应比光接收器的高 70 dB。当然，在具体设计接收器时应将热噪声和放大器散粒噪声考虑进去。热噪声源的值大致可表示为 KT 。K 是玻耳兹曼 (Boltzmann) 常数 (1.38×10^{-23} 焦/K)，T 是绝对温度。在室温下， $RT = 4 \times 10^{-21}$ 焦。一个 30 MHz 电子的能量为 2×10^{-20} 焦 (由式 (1) 求得)，比电路中的

热电子能量(4×10^{-21} 焦)低几个数量级。这意味着热噪声是影响电接收器的重要因素,而对光接收器却几乎没有影响。因此,在 30MHz,电接收器的灵敏度接近 -75dBm,而 PIN 光电二极管接收器的灵敏度可望达到约 -45dBm。如接收器采用雪崩光电探测器(APD),由于 APD 的雪崩增益,可将上述灵敏度再提高 10dB。

电传输系统的有效功率分配至少为 $+13\text{dBm} - (-75\text{dBm}) = 88\text{dBm}$,这相当于激光管/PIN 功率分配为 $0\text{dBm} - (-45\text{dBm}) = 45\text{dBm}$ 。铜传输线路在 30MHz 时的衰减一般为 30dB/km(“以太网”的 50 欧姆同轴电缆),并且大致与毕特率的平方根成比例发生变化。波长为 $1.3\mu\text{m}$ 时,光纤的衰减为 1dB/km,几乎同毕特率无关(色散忽略不计)。图 1 表示了电和光传输系统的典型特性制约关系。有效功率分配同传输损耗相等,而传输损耗是权衡毕特率和传输链路距离来确定的。接收器灵敏度是根据不同的带宽来具体确定的,这里假设带宽同灵敏度在 1 比 1 的基础上取得折衷。

光纤损耗极低足以对有限的功率分配进行补偿。这也解释了为什么光纤最初多用于长距离通信链路。由于某些总线型 LAN 的规模受到所允许的最大网络传输延迟的限制。这种延迟限制是访问协议确定的。因此,这类 LAN 通常不超过 1~2km。

图 1 是采用同轴电缆和光纤的传输系统的毕特率和点到点链路距离之间的关系曲线,它是根据以下假设计算的:电发送功率 = 30dBm,电接收机在 30MHz 的灵敏度 = -75dBm,“以太网”同轴电缆在 30MHz 的衰减 = 30dB/km, $1.3\mu\text{m}$ 激光管发送器功率 = 0dB, PIN 接收器灵敏度(在 30MHz) = -45dBm,光纤衰减(色散不计) = 1dB/km。

五、光纤局部区域网的发展潜力

目前,基于光纤技术的通信系统已拥有各种性能和广泛等级的产品,这些系统已被应用在声音、数据和图象等的传输,在这些方面,它们几乎占领了以往铜导线、微波所占据的每个市场,并与卫星通信展开了竞争。

但光纤技术用于 LAN 还是一门新兴的技术,光纤技术为什么没有象渗入公用通信网那样渗入到 LAN 市场?这是由于光纤用于 LAN 的一个重大障碍是终端成本高,在长途通信干线和市话中继线路上,成缆的光纤线路距离较长,足以有效地弥补终端成本高这一不足,但在 LAN 中情况则显然不同,因为 LAN 范围较小,通信距离较短,所以使用的光缆距离也就不大,使得每单位长度光缆所需要的终端数,与长途通信干线和市话中继线路相比就要多得多。故而目前光纤局部区域网(以下简称光纤 LAN)只有在下列少数特殊应用场合才认为是合理的:

- (1) 距离长
- (2) 数据速率高

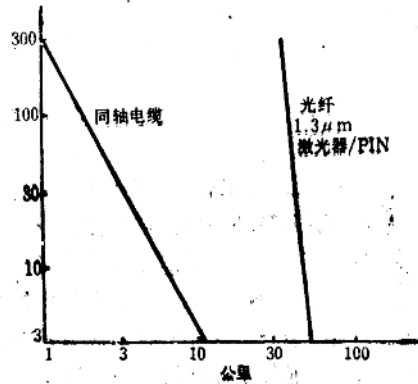


图 1

- (3) 电磁干扰强的环境
- (4) 保密要求高的场合
- (5) 危险地区(如高压、核试验地区等)
- (6) 环境恶劣(高温、高湿度)

但是,目前LAN和光纤技术的迅速发展,正在改变光纤技术用于LAN的局限性,并已显示出了巨大的发展潜力。

首先从LAN的发展来看,近年来,随着小型计算机和微型计算机的日益普及,以及微处理价格的猛跌,为用户提供了分散而有效的数据处理及计算功能,而不必象过去那样需要利用单台中央主机的分时能力。由微处理机组成的智能设备之间的日益增长的通信需要又与通信需要的费用和设备本身的价格相适应,因此LAN在经济技术上越来越受到人们的重视。但是,从当前对LAN需要的增长来看,显然还没有那项LAN技术能单独解决所有用户的要求。至今,有些LAN是用于低速数据传输的,有的是为了给多种多样的设备提供互连的,还有的是专为主机到主机相连而设计的。

随着通信设备的剧增,在很多机构中的电缆线路极其混乱;各种类型的局域网(如Ethernet, Broadband, RS₂₃₂, Voice, IBM3270 IBM Token Ring等)和主机采用的电缆各不相同。IBM公司的研究表明,当雇员工作调动时,重新为一工作站敷缆和布线的成本平均为1500美元,这主要是由于当今布缆线路的复杂性和由此引起的劳动成本高所致。

此外,现今大多数电缆LAN给出的最高速率仅有10Mb/s,在不少高密度数据传送场合,应用起来受到很大限制,同时由于铜线容易抽头,对于有保密要求的研究所及政府机构就存在一个保密问题。另外由于电磁干扰和射频干扰,限制了LAN的应用场合和覆盖区域。

再有,综合业务LAN所要求的业务除线路交换业务外,还有分组交换业务。线路交换业务是在历来透明传输用的终端(电话机、传真机、数据终端等)之间传输的,而分组交换适用于智能终端设备(工作站、CAD(计算机辅助设计)终端)等。智能设备现在正趋向于低成本化,已引入微处理器。这些交换业务也有从一个一个网分开进行交换的,但通过在一个网综合进行交换,用户能得到多种服务。这种LAN需要能在多个终端之间进行多种通信,而且由于LAN的故障所造成的影响加大,故要求高可靠性的高速传输线路。

综上所述,最合适的连网技术应该是对用户选择现有的通信设备带来最大的灵活性,同时又为未来的通信手段敞开大门。这就必需采用光纤技术,因为,光纤是LAN的最理想传输介质,详见表3^[9]。

其次,从光纤技术的发展来看,近年来,随着世界范围内新技术革命的兴起,光纤技术已得到了突飞猛进的长足发展。在技术上,目前,实用单模光纤的带宽已达1000MHz·km,要比同轴电缆的带宽大几个数量级,而光纤的传输损耗更要比铜导线低得多,如,0.3mm的双绞线电缆,在100MHz时,传输损耗为100dB/km,标准同轴电缆在1000MHz时,损耗也接近100dB/km,但实用单模光纤的损耗已达0.4dB/km。与此同时,日本电气公司试验成功边发光二极管的单模光纤系统,其传输速率已高达600Mb/s,传输距离为25km,这就为廉价地实现宽带的综合业务局部网(ISIN)提供了技术基础。

在经济上,目前光纤价格为0.25美元/米,激光管为300~3000美元/只,发光二极管为100~200美元/只,连接器为20~100美元/对,探测器为20美元/只(PIN管)和100美

表 3

应用在LAN中的各种传输介质比较

传输介质	特 征	业务性能	适用距离	经济性	质量	施工	可靠性
双绞线	<ul style="list-style-type: none"> • 传送速率到1Mb/s为止 • 适用距离为1公里范围 • 有串话、传输损耗大 • 价格最便宜 • 敷设容易 • 多对线连接容易 	差	差	好	差	好	尚好
同轴电缆	<ul style="list-style-type: none"> • 传输速率数+Mb/s(低频段)到数百Mb/s(高频段) • 适用距离2-3公里(低频段)数百米(高频段) • 传输质量比双绞线好 • 价格比双绞线高 • 敷设困难(重和体积大) • 多对线的对应性好 	尚好	尚好	尚好	尚好	差	好
光 纤	<ul style="list-style-type: none"> • 光传送速率可达数百Mb/s以上 • 适用距离数十公里 • 高质量(无电磁感应、低损耗) • 价格现时比较高、将来可望大幅度下降 • 光缆敷设容易 • 多根光纤连接困难 • 能波分复用扩大通信容量 • 保密性好 	好	好	差趋向于好	好	尚好	好

元/只(APD管)。今后还将大幅度地下降(见图2)。预计到本世纪末,光纤成本将下降到目前的1/10~1/5。光子器件成本下降到目前的1/100~1/500,光纤系统的终端下降到目前的1/20~1/300。

显然,随着光纤和光纤系统终端的性能/价格比的逐年提高,在LAN中采用光纤技术势在必行。

虽然,当前光纤的数百Mb/s的高速率对于LAN可能会出现较大的过剩,但这样高的速率一旦用于LAN,将对LAN提出新的要求。反过来促进LAN的发展。更高的速率将激励人们在寻求新的途径来实现局部数据库和设备的存取及共享,因此,光纤技术的引入将使LAN成为多用途的网络。

六、光纤LAN的发展动向

光纤LAN即是指一个局部区域范围内具有许多输入/输出终端设备互相连接的光纤传输系统。光纤LAN的特点主要来自光纤的宽频带和低损耗。光纤LAN与电缆LAN一样,可以与各类

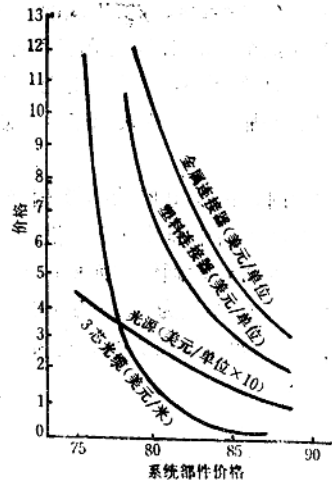


图2 光纤系统部件价格下降趋势

终端设备连接。光纤 LAN 除了在节点间传输各种数据和信息外，还可以访问远距离的主机和其它一些网络，其传输速率和无中继距离远大于电缆 LAN，如传输速率为数 Mb/s~数 Gb/s，无中继距离可达 20km 以上。

光纤 LAN 是紧跟着计算机网络技术和光纤技术的飞速发展而发展起来的。目前，大部分还处于实验研究阶段，也有部分系统已开始投入实用，但是总的来讲，眼下正在向实用化、商品化过渡。

从国外对光纤 LAN 的研制和应用情况来看，日本和美国发展得较快。

日本发展光纤 LAN 最初是由制造业、研究所、大学等引入的。如 1982 年，通产省工业技术院（在茨城县的筑波科学城）就用光纤局部网把其下属的十个研究所内的主计算机、微型计算机和数据终端机等连接成为一个计算机网络(RIPS)，使用的光缆总长度约 360km。又如琉球大学为有效利用计算中心作为校内共享信息资源的设施。在同年也建立了一个光纤 LAN。该网络通过光纤数据传输系统以及光遥控转换器，使计算中心的主系统和图书馆计算机室的子系统分别与各教育大楼以及行政办公室内设置的各种终端设备连接，成为一个综合信息的传输网络，从而满足了研究、教学、图书馆以及办公室等大楼互传数据、声音(音响设备)和传真等信息的需要。

嗣后，日立有限公司、三井通信工业公司、东京芝浦电气和三菱电气等几家公司就开始生产光纤 LAN 的系列产品。其中日立有限公司组装的“令牌传递”光纤环形网络，即管理信息网络(MIN)，就是在两个方向传输信息的冗余系统。它能在多达 64 个链路控制器之间以 32Mb/s 的速率传输音频、数据、传真和停帧视频信号(SSTV)。而每个控制器都是由一个 3800 型 16 位的微处理器控制。每个链路控制器最多能连接 64 个终端，从其所在地到与其最近的控制器之间距离能远达 2km，这样 MIM 的总长度可达 128km，可在独立的电话公司和大型企业内使用。

在 1984 年，NTT 与以上四家公司签订了合同，要求它们按规格生产用于安装大型和中型光纤 LAN 的标准系列产品，从此光纤 LAN 就开始向一般企业渗透。

目前，在日本已投入实用或准备实用的光纤 LAN 已达 500 个，其中，最有代表水平的是在筑波城举办的 1985 年国际科学博览会会场内，由 NTT 与光产业技术振兴协会共同协作完成的光纤 LAN。该网络把占地一百公顷、共有八个展区和五十多个展示馆内的各种终端设备都用光缆连接起来，有效地适应了整个展览会会场内的自动化管理的需要。

至于美国，由于 1986 年是美国光纤技术应用转折的一年，因此从这一年开始，在长途通信干线和市话中继线路上，推广光纤通信应用的步子开始放慢，而大力在用户网、CATV、LAN 等短途通信方面推广光纤技术的应用。据报导，在 LAN 上采用光纤技术的市场，美国 1985 年仅为 7000 万美元，而 1986 年猛增到 1.35 亿美元，预计 1987 年将要达到 2.27 亿美元，增长 70%。这充分展示了光纤 LAN 在美国发展的广阔前景^[10]。

第二章 LAN 的标准化及其管理

一、开放式系统互连基准模型—OSI (Open System Interconnection)

随着计算机通信和计算机网络应用的迅速增长，每次开发一个通信软件的专用方法，其费用太昂贵，不切实际，唯一替代的方法就是计算机厂商采用并实行一套共同的标准，其作用有两个方面：其一是由于这些标准的广泛使用，厂商感到如果不采用这些标准，他们的产品将会没有市场，从而去努力实现这些标准；其二是用户则要求任何希望给他们提供设备的厂商实行这些标准。为此目的，国际标准化组织(ISO)在1977年建立了一个SC16分委员会专门来研究计算机网络标准，并于1980年提出了一个开放式系统互连基准模型(OSI)，它用于定义异种计算机连接的标准。“开放”这个术语是指任何两个系统只要遵循该基准模型和有关标准就能进行互连。

1. OSI的分层法^{[11][12][13]}

一种广泛使用的并由ISO选用的网络结构技术就是分层法，即把每个系统的通信功能划分成一系列层次，而每一层执行与其系统进行通信所需的一部分，每层依赖执行较简单功能的下一层并把这些功能的细节隐去，并为高一层服务。在理想的情况下定义层时，要使每层的改变不会引起其它层的改变，这样就好似把一个复杂问题分解成许多较易处理的简单问题。

OSI的SC16分委员会的主要任务就是要定义一个层次集合和由每层所担当的功能。这种划分应当是在逻辑上对各层功能进行编组，因而必需有足够的层次，以使得每个层次容易处理，但也不应把层次分得过多，免得由这些层次所造成的处理开销成为一种负担。

SC16分委员颁布的OSI基准模型具有七个层次，表5为OSI基准模型的分层概念，图3为OSI七层基准模式，图4为LAN基准模式^[13]。

表 5 OSI 基准模型的分层

7. 应用层
6. 表示层
5. 会话层
4. 传送层
3. 网络层
2. 数据链路层
1. 物理层
介质层

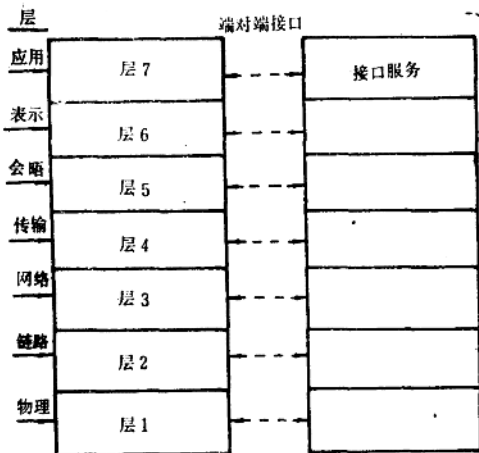


图 3 七层基准模式

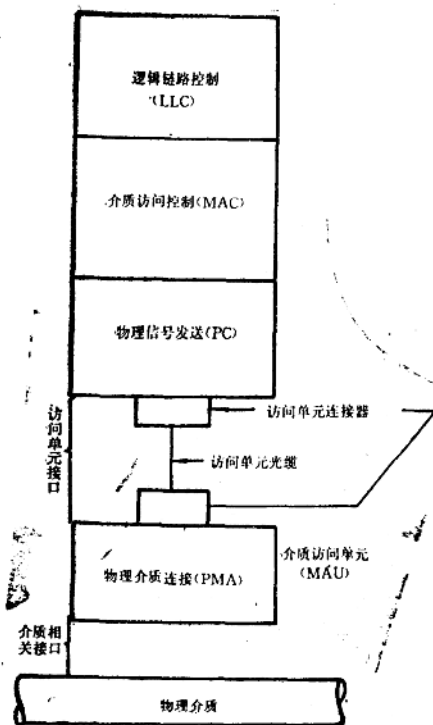


图 4 LAN基准模式

现将各层的主要功能分述如下

7-应用层(Application Layer)

根据用户的需要,由用户为主来编制一个应用层软件,厂家只给出一个初步的应用层软件。

6-表示层(Presentation Layer)

负责数据格式编制、代码转换、加密、解密等功能。

5-会话层(Session Layer)

负责通信两端之间的一次会话的建立和终止,包括在出现中断情况下的接通过程。

4-传输层(Transport Layer)

负责两通信端之间的信息流量的控制,差错恢复以及报文的分组和装配等。

3-网络层(Network Layer)

负责路由选择、阻塞控制、提供虚电路或数据包服务等。

2-数据链路层(Data Link Layer)

负责将数据包构成一个完整的帧,负责差错检测等。

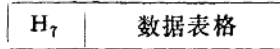
1-物理层(Physical Layer)

负责将数据帧送往传输线路,处理电气性能、电平配合、机械结构(如插头座)的规定等,但不包括传输媒质。

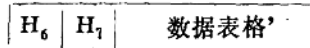
信息传输是在介质层中进行。

现以一个完整的信息帧的构成和传输为例来说明上述各层的功能和相互关系。

第七层：应用层，编制待传输的数据表格并加上第七层的标识符 H_7 ，存入随机存取存储器(RAM)。其初步构成的数据帧如下图：



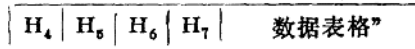
第六层：表示层，如系不同机种时，先进行代码转换；如系同种机而需加密时，则直接进行加密。后再加上第六层的标识符 H_6 ，所构成的数据帧如下图：



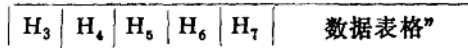
第五层：会话层，建立通信两端的一次会晤，并给传输数据帧加上会晤地址 H_5 ，所构成的数据帧如下图：



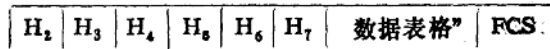
第四层：传输层，按照数据交换方式对数据进行封装(若是分组交换则应将原数据进行分组封装)，再对数据帧加上传输层地址 H_4 ，构成如下帧图：



第三层：网络层，为已构成之数据帧选择传输路由，并加上路由标识符 H_3 ，帧图



第二层：数据链路层，对数据包进行检错后加上标识符 H_2 ，并加上帧校验序列 FCS，最终构成一个完整的数据帧，如下所示：



第一层：物理层，将完整的数据帧送往传输线路，并进行电平配合及机械结构(如插头)的规定。

2. 各层功能的对称性

图5是正在通信的两个系统，表示具有同一层次的功能。这也是OSI基本特点中的一个重要特点。根据国际标准草案(DSI)，正在通信的终端、文字处理器、工作站、FAI等具备与大型计算机相同的功能构造。

为要实现这种对称性，廉价设备也要求装有通信功能。为能实现这一点，不仅要对各层功能进行标准化，而且对各层之间的通信协议也要标准化，并要在可能的最大限度里对此进行硬件化。标准化有助于硬件的零部件增大批量，降低成本。只有这一连串的设计都同时实现后，才能保证对称通信。所谓通信协议，它包括三个要素：(a)句法：包括象数据格式和信号电平这些内容；(b)包括进行协调器差错处理的控制信息；(c)包括速度匹配和定序。

过去数据通信中使用了一些表明功能非对称性的术语，如终端—计算机通信等。以通信功能对称性为前提的OSI中，这种术语不仅没有意义，而且对终端、计算机等专用名称

也作了不适当的判断。因此,根据OSI,要进行通信的装置全称为系统。缩写词OSI中的S(系统)就是体现了这一含义的系统。

3. 层次的通信协议

在OSI基准模型中,实行各层功能的实体(如传输实体)存在于各层中。为区别同时存在的各层的名称,在正在通信的各系统之间,存在着对同一层实体之间的通信各自作了规定的通信协议,把它称为层次通信协议。

另一方面,实体使用其紧接着的下一层功能把数据从线路传输到低层。因此,各层被规定为对其高层提供功能(业务)的定义及高层之间的接口。例如,这里的传输层就确定了传输业务的定义。这样,就要对各层通信协议和业务定义进行标准化。表6列出目前层次通信协议的标准化研究状况。^[11]

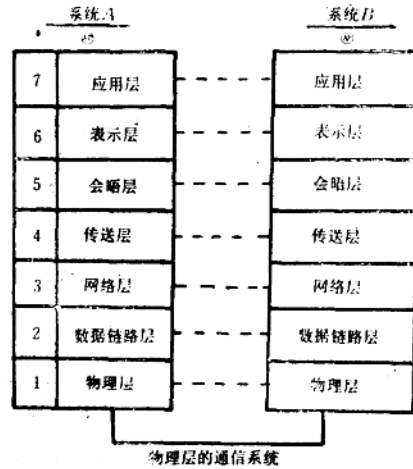


图5 OSI各层功能的对称性
AP: 应用过程表示各层的对称性

表6 在ISO的标准化状况

分类	模型标准	分层通信协议标准	有关应用通信协议标准
模型	基本参照模型 (84年IS) 无连接方式补遗 (86年IS) 保密结构 (86年DIS) 名称和地址 (87年DIS)		
应用层		管理信息业务(86年DIS) 管理业务(87年IS)	文件传送存取管理假
表示层		业务/通信协议(86年DIS) 抽象语法记法(87年IS)	设终端(86年DIS)
会话层		业务/通信协议(85年IS)	作业传送操作(87年IS)
传送层		业务/通信协议(84年IS)	共同应用业务主要内容
网络层		X.25(85年IS)	
数据链路层		LAN局部链路控制(CSMA/CD,令牌总线) (86年IS) LAN(令牌传输环)(87年IS) HDLC(84年IS)	
物理层		ISDN用基本存取接口(87年IS)	

注: ()内表示年和标准状况。IS: 国际标准; DIS: 国际标准草案

二、LAN 的标准化动向

随着 LAN 的不断增长,国际标准化问题显得日益重要。因为只有各个网络都遵循统一标准、协议才能解决 LAN 之间、LAN 与其它网络之间的互通,以及与各种数据通信设备、信息处理系统、办公室自动化终端的兼容问题。

LAN 作为通信网“家族”的一个成员,当然应当遵循(ISO)SC₁₆分委员会研究的 OSI。

当前,国际上关于 LAN 标准化的竞争十分激烈,不少国家和有关国际标准化组织都在积极制订 LAN 的标准,并设法使自己的标准国际化,如日本以六家 LAN 的制造商为中心,组织了一个 OSI 促进会——POSI,它与日本通产省大型项目的功能标准制订工作相互合作,完成功能标准,并根据这个标准开始开发产品。在欧洲,由欧洲十二家制造商组成标准推广应用集团(SPAG),依次完成功能标准。而在美国,开放系统协会(COS)现已发展成为具有 90 家制造厂商参加的组织,并开始了向世界扩展的活动。但目前对 LAN 标准化工作开展得最有成效的组织是 IEEE 802 委员会,它已经提出了著名的 802 LAN 标准草案。该草案以 1980 年 ISO 提出的开放式系统互连七层基准模型为基础,同时也考虑了 LAN 在通道介质访问方式的特点,目前已在物理层和链路层提出了相应的标准建议。

在物理层,IEEE 802 提出了五个标准。第一是 IEEE 802.3 或 ISO 8802/3。此标准以 Xerox 公司为主提出的,后来又由 Xerox、Intel 和 DEC 三家公司共同研制的“以太”网技术标准为基础。其要点是采用了 CSMA/CD 访问技术,拓扑结构为总线式,分为基带和宽带两种信道。基带采用曼彻斯特编码,使用 50Ω 同轴电缆,速率为 1、5、10Mb/s;宽带采用 NRZI 制、调频/残留边带方式,速率为 10Mb/s;二是 IEEE 802.4 或 ISO 8802/4。其介质访问技术是令牌传递,拓扑结构为总线方式。基带使用 75Ω 同轴电缆,速率为 1、5、10Mb/s。宽带使用 75Ω 同轴电缆,速率为 5、10、20Mb/s;第三是 IEEE 802.5,其介质访问技术也是令牌传递,但拓扑结构为环形,目前只有基带信道。使用 150Ω 屏蔽双绞线时速率为 1、4Mb/s,使用 75Ω 同轴电缆时速率为 4.20、40Mb/s。由于占有世界 65% 计算机市场的 IBM 公司已宣布支持此令牌环协议标准并试图搞出一个宽带环形网标准,因此尽管此标准还不具体,但还是应当引起特别重视;第四是 IEEE 802.6,它是关于城市区域网(MAN)的标准(未完成);第五是 IEEE 802 委员会的纤维光学技术咨询组(FOTAG)正在制订光纤“以太”网(包括有源星形、无源星形、环形)和 FDDI(Fiber Distributed Data Interface—光纤分布数据接口)标准。

三、FDDI 标准简介^[14]

FDDI 是在 IEEE 802.5 的基础上进行修改而成的,修改的目的是为了适应高速率的要求。

FDDI 是一个使用光缆的令牌传送(token passing)物理环,网络的标准速率为 100Mb/s,为了限制环路延时(信号在环上绕行一周的时间),FDDI 规定了最大站间距、环上节点数和环周长的上限(间距 2km,节点数 1000,周长 200km),最大环路延时对于实时网络是一个非常重要的参数,FDDI 把它限制在几毫秒内。为了获得高可靠性,FDDI 采用