

计算机局部网络

上海交通大学计算机网络研究室编

郭宗桂 主编

上海交通大学出版社

内 容 简 介

本书比较系统地介绍计算机局部网络的原理、技术、实例和应用。全书共十一章。第一至六章介绍计算机局部网络的基本原理与技术,内容包括:计算机局部网络的一般概念、拓扑结构、传输介质及信号传输方法、介质访问控制方法、通信规程及性能分析;第七至九章介绍三个典型的计算机局部网络,即以太网、剑桥环及一个令牌环形实验网;第十章介绍综合服务局部网的原理、技术与实例;第十一章介绍局部网的应用例子。

本书可作为计算机科学与工程、计算机通信网络和自动控制等专业高年级学生的选修课教材,也可供各有关专业技术人员参考。

上海交通大学出版社出版

(淮海中路1984弄19号)

新华书店上海发行所发行

崇明永南印刷厂 印装

开本 787×1092 毫米 1/16 印张12 字数 295000(千字)

1988年4月第1版 1988年5月第1次印刷

印数: 1—5000

ISBN1—313—00105—3/TP3 科技书目: 167—285

定价: 2.00

目 录

第1章 概述	1
1.1 计算机网络的概念	1
1.2 局部网与广域网	2
1.3 局部网的一般结构	3
1.4 局部网的分类	4
1.5 局部网的功能与应用	5
参考文献	7
第2章 拓扑结构	8
2.1 星形网	8
2.2 环形网	9
2.3 总线网	11
2.4 各种拓扑结构的特点比较	13
参考文献	14
第3章 传输介质和传输方法	15
3.1 传输介质	15
3.2 传输编码及纠错编码	20
3.3 网的同步	25
3.4 传输驱动和接收	34
参考文献	36
第4章 介质访问控制方法	37
4.1 介质访问控制方法的分类	37
4.2 带有碰撞检测的载波侦听多点访问法(CSMA/CD)	38
4.3 令牌访问控制法(Token Passing)	41
4.4 时隙环控制法(Time Slot)	44
4.5 寄存器插入法(Register Insertion)	45
4.6 查询访问的控制法(Polling)	46
4.7 小结	47
参考文献	48
第5章 通信规程	49
5.1 引言	49
5.2 逻辑链路控制规程的基本功能	50
5.3 信息传输过程	51
5.4 最简单的通信规程	51
5.5 简单的停止-等待规程	52
5.6 有噪信道上的控制规程	53
5.7 滑窗规程	54

5.8 规程例子.....	58
5.9 网络级和传输级规程.....	60
参考文献.....	60
第6章 局部网络的性能分析.....	61
6.1 总线型局部网的分析.....	61
6.2 环形网的分析.....	71
6.3 环形网络中几个规程性能的比较.....	76
参考文献.....	84
第7章 Ethernet 局部网络.....	85
7.1 概述.....	85
7.2 Ethernet 的基本组成及工作原理.....	87
7.3 Ethernet 规范介绍.....	90
7.4 Ethernet 网络的设计实现.....	96
7.5 一个典型的 Ethernet 产品: EtherSeries.....	109
参考文献.....	111
第8章 剑桥环.....	113
8.1 剑桥环的基本结构与工作原理.....	113
8.2 剑桥环的高层通信规程.....	117
8.3 剑桥分布式计算系统.....	124
参考文献.....	126
第9章 一个令牌环形局部网的实例.....	127
9.1 概述.....	127
9.2 环形系统.....	128
9.3 中枢网络.....	135
9.4 小结.....	137
参考文献.....	138
第10章 综合服务局部网.....	139
10.1 常用信息性能的分析.....	140
10.2 PABX.....	141
10.3 宽带网.....	153
10.4 信包话音技术.....	157
参考文献.....	166
第11章 局部网的应用.....	167
11.1 概述.....	167
11.2 工作站.....	167
11.3 分布式数据库管理.....	172
11.4 办公自动化及 OBE 办公自动化系统.....	176
11.5 电子邮件.....	182
参考文献.....	185

第1章 概述

1.1 计算机网络的概念

计算机网络是现代计算机技术与通信技术相结合的产物，它是由若干地理上分散的或处于不同位置的，具有独立功能的计算机或基于计算机控制的设备（如磁盘存储器、打印机、绘图仪、智能终端、终端集中器等）以某种形式互相连接起来而形成的一种网络系统。这样的系统使得在一个地点的计算机用户能够享用另一个地点的计算机或计算设备所提供的数据处理功能与服务，从而达到共享资源及相互通信等目的。图 1.1 是一个计算机网络的示意图。

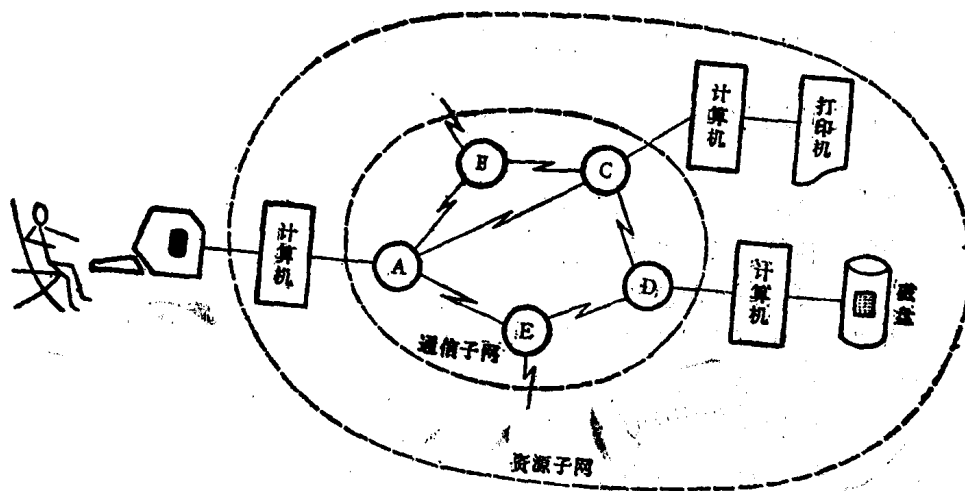


图 1.1 一般计算机网络示意图

从功能的角度出发，一个计算机网络可以看作是由资源子网和通信子网两个部分构成的。联网的各计算机系统及设备（包括硬件、系统软件及应用软件）构成了提供用户使用的，网络的基本资源，这些资源原则上可以由网中的所有用户共享。换句话说，在网中任何一台计算机的终端用户都能够访问网中任何共享的磁盘文件、使用网中的任何打印及绘图设备，要求网中任何一台计算机为他进行处理计算等。但是，对于一个具体的网络来说，并不一定所有的网中资源都能为网中的所有用户共享，这取决于设计 and 应用要求。通信子网则提供了各资源之间相互通信的手段，通信子网由（通信）硬件与（通信）软件组成。

从用户的角度来看，计算机网络通常提供一个透明的传输机构，使网络的用户可不必考虑网络的存在而访问网中的任何资源。例如在图 1.1 中，处于节点 A 的计算机的一个终端用户可以访问处于节点 D 的磁盘文件，对他来说，整个网络是透明的，即他可以用像访问本地磁盘文件一样的方式去访问那个文件，使他觉得好像他正在访问本地（节点 A）的磁盘一样。当然，并不是所有的计算机网络对用户都是透明的。有许多网络要求用户在访问他所要求的设

施之前, 必须提供这一设施的地址等信息, 通过网络建立与该设施之间的连接, 在此以后, 网络对他才是透明的。在访问结束后, 还要断掉这一连接。于是, 我们可以把这一类网络看作是半透明的。

1.2 局部网与广域网

计算机网络就其各节点分布的地理范围来说, 可以分成局部地区网络 (简称局部网络或局部网) LAN(Local Area Network)和广域网 (简称广域网) WAN(Wide Area Network)两大类。不过, 它们一直没有统一的定义。尽管这两类网络具有许多相似的地方, 但由于它们距离上的差别, 因而在实现技术以及所具有的特点、性能和应用领域等方面都有很大的不同。下面我们将简要地分别介绍它们的特点。

对于局部网, 美国电机及电子工程师协会 IEEE 的局部地区网络标准委员会曾提出如下定义: “局部地区网络在下列方面与其他类型的数据网络不同: 通信一般被限制在中等规模的地理区域内, 例如, 一座办公楼、一个仓库或一所学校; 能够依靠具有从中等到较高数据率的物理通信信道, 而且这种信道具有始终一致的低误码率; 局部地区网是专用的, 由单一组织机构所使用。

IEEE 的上述定义虽然还没有成为普遍公认的定义, 但它确实反映了局部网的一些根本特点。

局部网络的一个最重要的特点是短距离工作, 整个网络被限定在一个较小的地理范围内。局部网络的其他特点都是由这一特点带来的。例如, 由于局部网是被限定在一个较小的区域内, 所以, 它就可能应用许多不同于普通广域网所使用的传输信息的方法; 可以使用比较便宜的线路驱动装置代替广域网所需要的比较复杂的调制解调器; 能够利用其传输距离短的特点, 使用最新的电路技术而获得很高的传输速率; 同时, 也由于其传输线路短且为网络所专有 (而不是像广域网那样借助传统的公共电报、电话交换网), 因而错误率很低, 等等。

局部网的主要特点可以归纳如下:

1. 地理范围有限。参加组网的计算机通常处在 $1\sim 20\text{km}$ 的范围内 (典型为几 km)。
2. 具有较高的通频带宽, 数据传输率高, 一般为 $1\sim 20\text{Mbps}$ (兆比特/秒)。更高数据传输率 (例如 100Mbps) 的局部网也在研制中。
3. 数据传输可靠, 误码率低。位错率通常为 $10^{-7}\sim 10^{-12}$ (即每传送 $10^7\sim 10^{12}\text{bit}$ 可能错 1 bit)。
4. 布局规划, 目前大多数局部网采用总线及环形拓扑结构, 结构简单, 实现容易。
5. 节点间高度的互联能力使每个联网的设备都能与网上的任何其他设备通信, 从而保证了网络中资源的共享。
6. 网络的控制一般趋向于分布式, 即一般不需要中心节点或中央控制器。这样就减少了对某个节点的依赖性, 从而避免或减小了一个节点故障对整个网络工作的影响。
7. 通常是由一个单一组织所拥有和使用, 也不受任何公共网络当局的规定约束, 容易进行设备的更新及使用最新技术, 不断增强网络的功能。

广域网亦称远程网 (Remote Network)。当人们提到计算机网络时, 他们通常指的是广域网。广域网最根本的特点就是其分布范围要比局部网大得多, 通常从数公里到数千公里。

因此网络所涉及的范围可为市、地区、州(省), 国家, 乃至世界范围。广域网的这一特点引出了它一系列其他特点。由于广域网的分布范围大, 故每建一个网要专为它建造一个通信网是极其昂贵和不现实的。所以, 常常是借用传统的公共传输(电报、电话)网来实现。由于这些传输网原本是用来传送声音级信号的, 这就使广域网的数据传输率较低, 一般在几百 bps (比特/秒) 到若干 kbps (千比特/秒) 之间, 通常的最大传输率低于 64kbps。由于传输距离远, 又依靠传统的公共传输网, 所以错误率较高, 其位错率一般在 $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 左右。由于租用通信线路的费用很贵, 所以考虑网络的拓扑结构时, 往往按业务量的分布来安排交换节点, 因而广域网的布局是不规则的, 大多趋向于网状结构。这也使得网络的通信控制要比局部网复杂。此外, 不管网络是使用公共电话网还是专用数据传输网, 网络的控制当局几乎总是公共当局。因此, 要求联到网上的任何用户都必须遵守它们所制定的标准和规程。在多数国家, 还对数据传输的特性有严格的要求。广域网的传输环境要受到外界天气条件的影响, 有的甚至还可能要穿过沙漠及海洋, 不像局部网那样处在受控环境下工作。

表 1.1 列出了目前的局部网与广域网主要性能和特点的对比。

表 1.1 目前的局部网与广域网的对比

特 点 与 性 能	局 部 网	广 域 网
分布范围	1~20km	1~数千km
传输率	1~20Mbps	<64kbps
带宽价格	低	高
传输环境	受控良好	恶劣
位错率	$10^{-7} \sim 10^{-12}$	$10^{-3} \sim 10^{-5}$
政府的网络规定	不遵守	遵守
网络布局	规则	不规则
新技术利用	快	慢

1.3 局部网的一般结构

一个局部网络系统是由硬件和软件两部分组成的。这两部分相互配合以支持网络的全部功能。

从物理的角度看, 局部网和广域网一样, 都由若干节点组成, 每一个节点都由三个基本成分构成(见图 1.2):

1. 将本节点连接到其他节点的、进行高速数据传输的介质, 如双绞线、同轴电缆、光纤等。

2. 联网的计算机系统或基于计算机控制的设备, 包括各种计算机、个人计算机、智能终端、终端集中器、办公室工作站、打印机、图形设备、磁盘存贮器、工业控制监

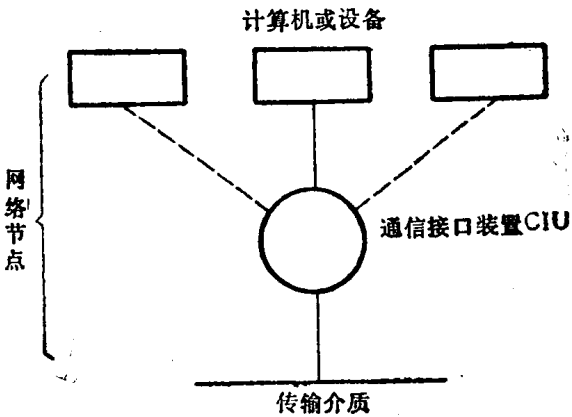


图 1.2 局部网络节点的结构

控设备, 以及把本网络与其他网络连接的网络连接器(Gateway)等。

3. 将计算机或设备与传输介质连接的网络接口设备。这种设备有许多名称, 如通信接口装置 CIU(Communication Interface Unit)、局部网适配器 LNA(Local Network Adapter)及通信控制器(Communication Controller)等。网络接口是局部网的关键设备。它的功能与所联设备的性质、通信信道技术与速率、所采用的网络拓扑以及所使用的通信规程(即通信各方应共同遵守的一套规则, 有关其详细内容, 请参阅本书第5章)等因素有关。

图 1.3 是局部网的一般结构示意图, 它由上面叙述的若干节点构成, 各个节点通过主要由传输介质形成的高速传输网而实现互联。作为一个例子, 图中的虚线示出了以一条单一的线路将各节点连接起来的特殊情形, 如此构成的局部网就是在以后的章节中将要介绍的总线型局部网。

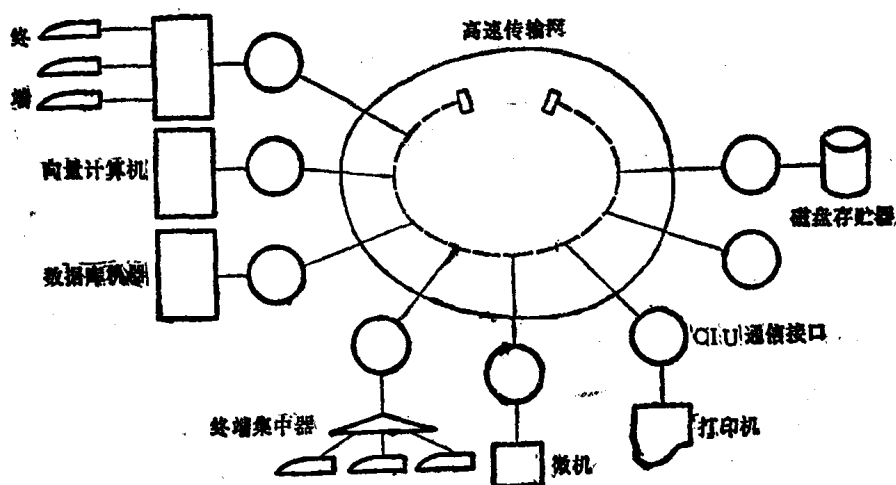


图 1.3 局部网的一般结构示意图

局部网络的硬件和软件结构通常应支持如下的基本功能:

1. 应能直接在任何两个节点之间传输数据, 而不需要像在广域网那样在传输途径的中间节点进行存贮-转发过程, 能保证最小的网络传输延迟。
2. 网络至少能以 1 Mbps 以上的数据率在相距数公里的两个节点之间进行数据通信。
3. 网络便于安装、变更与扩充(即在网络规定范围内, 增加或减少节点), 在连接或撤掉一个节点的设备时, 最好不影响网络的工作, 或对网络的运行至多只引入一个瞬时性故障。
4. 网络应能从各瞬时性故障所造成的错误中恢复。
5. 局部网最好能支持与其他公共网接口, 以便和其他广域网互联; 从而共享更多更大的资源。
6. 网络应具有使网络诊断、维护及服务容易的特点。
7. 网络规程应按分层结构来定义。

1.4 局部网的分类

局部网可以按照各种方法进行分类。通常的方法有:

1. 按照网络的拓扑(几何构形), 可以分为星形、环形、总线形、树形、网状形、全互联,

以及以上各种构形的组合。目前广泛使用的局部网构形是总线形及环形。

2. 按照使用的信息传输方法,可以分为基带和宽带局部网。

3. 按照网络介质访问方式(即各通信节点获得共享的传输介质以传输信息的方法),可以分为载波侦听多点访问(CSMA)、令牌通行(Token Passing)、时隙(Time Slot),查询(Polling)等。

4. 根据所使用的介质,可有双绞线电缆、同轴电缆、光纤、无线电及红外传输等。目前普遍使用的是双绞线、同轴电缆,其次是光纤。

除了上述一些分类方法以外,还可能另外有一些方法,但没有一种方法能够反映一个局部网的全部特征。所以,通常在谈到一个局部网的时候,常把上述特征结合在一起来进行描述。例如,说令牌光纤环形网,这就反映了它使用令牌通行的介质访问控制方式,以光纤作传输介质,其拓扑结构为环形这样三个特征。

1.5 局部网的功能与应用

局部网最基本的目的是在网中各计算机或设备之间提供一条高速的、错误率很低的、比较价廉的通信信道。通过这样的信道,各计算机和设备便可实现互相通信与共享彼此的硬件与软件资源。具体地说,局部网可以提供下列的服务功能:

1. 文件传输

将整个或一个文件的一部分从一台计算机传送到任何一台别的计算机。用户可以在本地计算机的终端上远程修改、删除及拷贝另一台机器中的文件。

2. 共享数据库

网中的公共数据库可被网中所有用户访问。数据库可以是集中的,即整个数据库可以集中在一个节点上;也可以是分布的,即整个数据库分布在网中若干节点上。目前,分布式数据库还是一个研究中的课题。

3. 共享硬件资源

在小型及微型计算机构成的局部网络中,常常需要在网中的所有计算机之间共享昂贵的外部设备,如高速打印机及硬盘存储器。随着大量廉价的微型计算机进入办公室环境,这样的要求就更加合理与迫切了。很明显,与其每台微机都去配备一台低速、低质量的打印机,还不如共享一台高速、高质量的打印机。在这样的环境中,局部网最能满足这样的需要。同样,局部网中能力较强的设备(如超级小型机及中、大型机)或具有特殊计算能力的设备(如向量处理机),也可为网中所有的用户开放。

4. 作业传输与控制

网络用户可以在本地终端送入他的作业,经网络传输到另一台计算机中,并可启动他的作业运行。这一服务对分布式处理特别有用,因为它可以实现系统中若干台计算机及设备的动态合作,完成某项较大的或复杂的、由单个计算机及设备不宜或无法完成的任务。在已将一个作业传送到另一台计算机以后,系统必须允许访问它所需要的所有文件,而不管它们的位置在哪里。操作员和用户必须仍然能控制它的执行,输出结果也应当在正确的地方产生。

5. 电子邮递

在局部网络的各站之间,可以提供电子邮递服务。一个站的用户从终端打入的信件可以

传送给他所指定的一个或多个其他站的用户。收信人可以通过终端，打开他的“邮箱”，阅读和处理他收到的信件。他也可以用同样的方法给发信者回信。电子邮递的方法不仅节省纸张，而且，它比任何别的方法都快。目前，许多局部网，如 Ethernet, Omninet 等都提供了电子邮递的服务。

6. 传递声音与图像

现代的局部网不仅能够传送数据信息，而且同时还能传送声音与图像(包括低速图像，如传真；高速图像，如黑白及彩色电视图像)。能同时传送数据与声音，或数据、声音与图像的局部网络称为集成网络或综合式服务网。新一代的数字专用交换机 PABX (如 SL-1、PNX 等)可以传送数据与话音，而许多宽带网(如 Wangnet、Net/One 宽带和 Local Net 20 等)能够传送数据、声音及图像。局部网的这一功能对实现办公自动化有着特别重要的作用。有关综合式服务网的内容，我们将在第 10 章作较为详细的介绍。

局部网的所有上述功能使局部网有着非常广泛的应用范围。现将其主要应用列述如下：

1. 办公自动化

从目前的统计资料看，70~80%的局部网用于这一领域。实际上，局部网络也主要是因办公自动化的需要而发展起来的。局部网为办公室环境提供了将工作站(一种适合于办公应用的个人计算机系统)、共享的外部设备(如快速打印机、高速磁盘存储器)及其他办公设备(如复印机、电话、电视设备)等经济而有效地互相连接起来的手段，并提供各种综合性服务，如文件及报表的生成、分发、传送、存档存储与检索，电子邮递、电话、电视会议，数据处理与计算服务等，从而可以大大提高办公效率与质量，大大减轻办公室人员的劳动。有关这一应用更详细的情况，见本书第 11 章。

2. 企业事业管理

这一应用也可以说是属于办公自动化内容的范畴，应用得十分广泛。其中包括人事管理(人事档案、人力计划、人才预测)、财务管理(工资管理、财务计划、收支帐目)、仓库管理(库存管理、帐册管理)、计划管理(工作计划、合同管理、综合平衡)。在企业管理中，还有市场预测、成本核算、质量管理、能力计划、综合调度等。

3. 分布式处理

大中型计算机乃至超级计算机系统虽然有很强的计算能力、处理能力以及很高的计算速度，但其价格昂贵。小型及微型计算机虽然价格便宜，但它们的计算能力与速度又较低。因此，如果将若干微型机或小型机用局部网络连接起来，让它们共同分担一个通常要由大中型机甚至超级计算机才能完成的任务，这样就能顶替那些昂贵的计算机系统的工作。由于这样的计算处理是将任务分解后再分布到各个机器上去执行的，所以叫分布式处理。目前，在使用局部网进行分布式处理应用的方面，国内外正进行着大量研究。

4. 共享主机能力

这也是局部网目前比较常见的应用。在一所大学或一个大的科学研究单位里，大多在计算中心才有较大型的主机，而在各个系或小单位内，一般只有较小的微机或终端。使用局部网，可以将这些微机经过集中器的简单终端与主机连接起来，达到分享大型主机能力的目的。例如，英国 Kent 大学就以这种方式通过剑桥环局部网让整个学校的微机和终端分享 VAX11/780 和 ICL 2960，并通过网间连接器还可以远程使用伦敦大学计算中心的 CDC 7600 及牛津大学的 ICL 2980 等。这种应用的极端情况是将各型终端通过局部网与主机相

连, 这样的局部网可称为终端网络。

5. 工业自动化应用

局部网在工业过程自动化方面也有广阔的应用天地。网络的各个节点分布在生产过程的各个控制环节上, 进行监测, 数据收集与控制。在各环节的节点之间, 各环节节点与中央控制节点之间, 通过网络交换各种命令和参数信息, 使整个系统成为一个有机的、协调的自动控制系统, 达到生产过程的自动控制。

以上仅仅列举了局部网络应用的几个主要方面。局部网的应用要求推动着局部网络不断向前发展, 而局部网的不断发展又将促进局部网更加广泛的应用。因此, 局部网的发展与应用前景都是十分光明的。

参 考 文 献

- [1] W.R.Franta and Imrich Chlamtac: *Local Networks*, 1981
- [2] K.C.E.Gee: *Local Area Networks*, NCC Publications, Manchester, U.K., 1982
- [3] Carl Tröpper: *Local Computer Network Technologies*, Academic Press, New York, U.S.A., 1982
- [4] P.E.Green: *Computer Network Architectures and Protocols*, Plenum Press, New York, U.S.A., 1982
- [5] James Martin: *Computer Networks and Distributed Processing*, Prentice-Hall, Inc, N.J., U.S.A., 1981
- [6] Cay Weitzman: *Distributed Micro/Minicomputer Systems*, Prentice-Hall, Inc, N.J., U.S.A., 1980
- [7] Kenneth J.Thurber: *The Localnet Designer's Handbook*, Architecture Technology Corporation, U.S.A., 1983

第2章 拓扑结构

网络的拓扑结构是指网络中各节点之间互连的构形。在大型公共数据交换网中,由于传输介质和设备的费用比较昂贵,因此,设计一个大型公共数据交换网时,要根据各个节点之

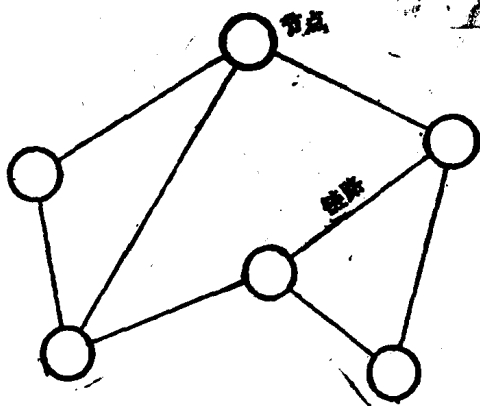


图 2.1 多孔网格状拓扑结构

间通信量的大小、距离的长短等各种因素,来确定网络的拓扑结构,使传输介质得到最佳的利用。这样考虑的结果往往使公共数据交换网络成多孔网格状的拓扑结构,通常也称之为无约束结构,如图 2.1 所示。这种结构能有效地发挥传输线路的利用率,但多孔网格状的结构复杂,每一节点有许多条链路,到达一个节点上的报文必须经过路径选择计算,才能决定它继续传输的路径。

由于局部网是一种分布在较小地理范围内(通常是 10Km 内)的计算机互连系统,它通常设置在一个工厂或建筑物内,并用来执

行某种特定的功能,因而,它具有某些公共特性,如传输速率高、成本低、整个局部网一般使用同一种传输介质(通常使用的双绞线电缆、同轴电缆或光纤电缆)连接网中的所有节点等。因此,传输介质的利用率并不是设计一个局部网时主要考虑的因素,所以无约束结构并不适宜于局部网,局部网一般采用结构形式简单的有约束结构,以便使局部网规程得以简化。一个局部网的拓扑结构通常是以下三种类型之一,它们是:

星形、总线形、环形。

但现今大多数局部网使用的是总线形或环形的网络拓扑结构。

一个局部网使用哪一种或哪几种拓扑结构,与整个网络的工作性能有着直接的关系。本章分别讨论以上三种类型的网络拓扑结构的定义、拓扑结构图、网络结构及性能特点、应用范围等问题,并着重讨论最常用的总线形及环形网络的拓扑结构及特点。最后,对各种局部网络拓扑结构的特性进行比较分析。

2.1 星形网

在所有的局部网络拓扑结构中,星形网是早期的网中最普遍的一种。虽然局部网是计算机网络领域内的一项新兴技术,但星形网络用于数据处理已有十多年的历史了。当时的星形网相当于主机接多终端的系统,也就是把许多终端、打印机和其他外围设备连接到一台主计算机上。但是,这种结构不能代表现代的局部网络。

星形局部网的拓扑结构如图 2.2 所示,图 2.3 是一个典型的星形系统的配置。在系统中,每个工作站与中心交换机双向连接,工作站可以是终端、微型或小型计算机;中心交换

机是一个用于对整个网络进行控制和交换的设备。

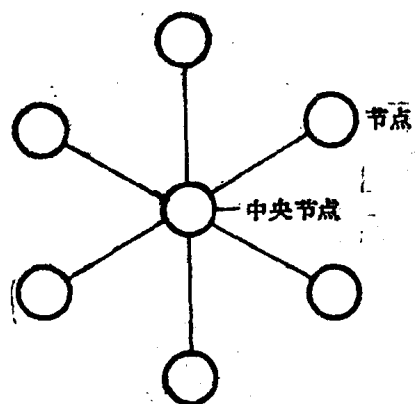


图 2.2 星形网拓扑结构

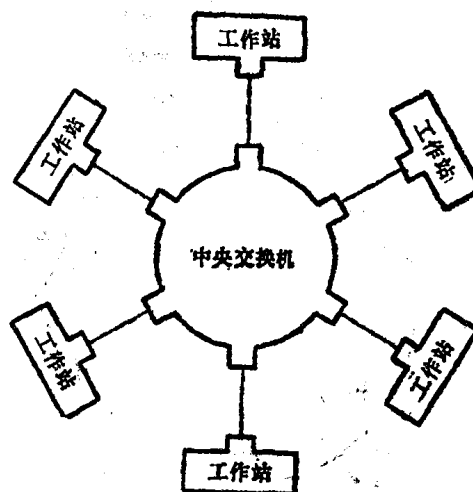


图 2.3 星形局部网典型配置图

星形网使用的是工作站之间间接传输的方法，集中控制的路径选择和传输专用线路。在星形网中，一个工作站与另一个工作站进行通信时，先把信息发送给中央交换机，交换机收到该信息后，分析该信息的终点地址码，然后，把信息发送到终点。所以，星形网中的中央交换机管理网中的所有通道，是一个信息中转站。

从以上对星形拓扑结构的简单分析中，可以看到星形网络的优缺点。因为星形网中的中央交换机要管理网中的所有通道，所以，其路径选择技术较简单；由于该结构使用中央交换机来控制整个网络的操作，因而可以简化其他工作站的结构。星形网要求所有的控制和路径选择都要由中央交换机负担，所有工作站间进行通信的信息都要经过中央交换机进行转发。因而，中央交换机的工作相当庞杂，这就给中央交换机提出了很高的要求：它应具有很高的可靠性，以保证整个网络安全可靠地工作；它也应具有存贮所有可能同时转发的信息的能力和较强的计算能力，以便无误地传输信息及为网络中的信息选择所需的路径。一旦中央交换节点机发生了故障，那么整个局部网就无法工作。

星形拓扑结构的最典型的应用是PABX (Private Automatic Branch Exchange) 技术。PABX技术主要是把声音信息数字化后，使之能与文本和数字信息一同传输。PABX 技术将在第 10 章中详细介绍。现代局部网较少采用星形的拓扑结构，大多数是采用总线或环形的结构，因为在今后的计算机系统中，通过交换实现的服务会越来越复杂，这就要求系统安排多台交换设备，因而，要联成仅有一台交换设备的星形结构较困难。

2.2 环 形 网

环形网是常用的局部网络拓扑结构之一，其拓扑结构如图 2.4 所示。图 2.5 是环形局部网络的典型配置图，Kliem 按该图提出了一个有关环形局部网络的定义：

环形局部网络的拓扑结构含有很多动态转发器，传输介质把这些动态转发器相互连接起来，形成一个闭合的环形。每个转发器都与其他二个转发器直接相连。连接在转发器上的用户终端把数据分组填入环中，这些分组在环中传输，所经环中的每个转发器，都检查该分组信息的地址域，并接收与该转发器地址相同的分组信息。

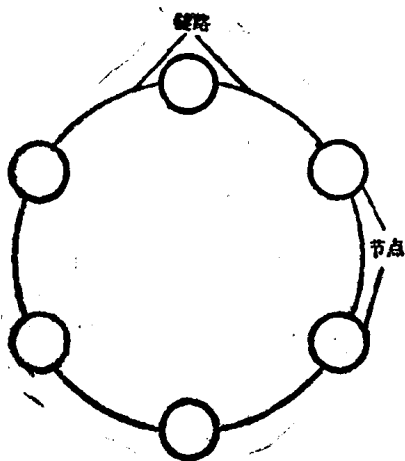


图 2.4 环形网拓扑结构

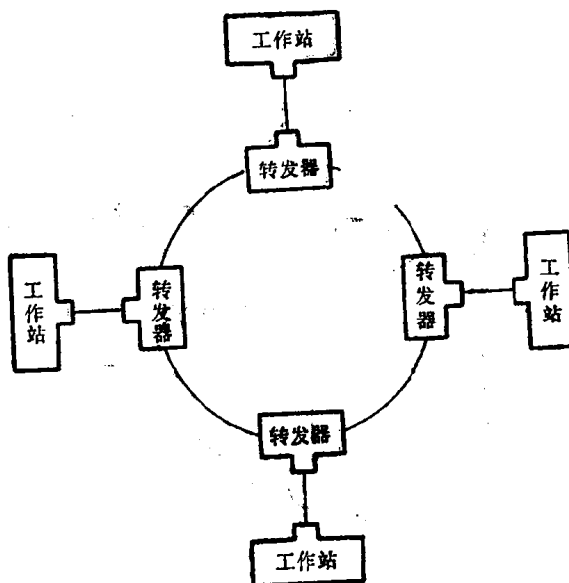


图 2.5 环形局部网典型配置图

环形局部网的系统操作较简单，传送数据时的操作过程大致如下：一个信号源点工作站，把信息发送到转发器上，转发器把该信息再生放大后，填入环路中。信息在介质中传输并到达相邻的转发器，它随即判断该信息的地址域，若与自己的地址相同，就接收信息；若不相同，则再生放大，并转发该信息。这个过程不断重复，直至信息到达其目的工作站。信息在到达其目的工作站之前，可能经过许多个中间工作站。

环形网的一些系统结构特性如下：

1. 根据转发器缓冲能力的不同，在同一时间可以只有一个信息在环路上传输，也可以有多个信息同时在环上传输。
2. 每一个帧中的信息长度可以是固定的，也可以是可变的。
3. 环形网允许双向通信。
4. 允许设置虚拟地址，使得环路的通信与工作站的数目无关。
5. 在一个环形系统中，允许多环路存在。
6. 可使网中的某一个环路(一个子环)用于特定形式的信息传输

环形局部网从拓扑结构上来说，它有着许多其他拓扑结构的局部网所不及的特性，其中一个重要的特性就是环形网使用的环路访问方法。环形网通常使用令牌环或时隙环的访问控制方法。时隙环的操作是在环路上填入数量固定的信息帧来建立的。这些信息帧初始化时是空帧。当一个工作站要发送信息时，它首先应从环上找到一个空帧，然后把信息填入帧内，当目的工作站接收该帧时，把该帧标上正确接收的记号，再送回到发送源点工作站，这个发送站就可以判断出该帧已由目的工作站正确接收。在后继的信息传输中，要实行访问控制，各站是不允许重复使用同一帧的。这样，可以避免某一工作站支配整个网络操作的现象。时隙访问技术是用于著名的剑桥环形网中的一种访问技术。本书在剑桥环和介质访问控制方法的章节中，还将详细介绍这种技术。

环形局部网使用的另一种介质访问技术，是令牌环技术。使用这种技术的局部网中有一个令牌信息在环中传输，环中的每个工作站都监视这个令牌，当某个工作站要传输信息时，

就截获令牌，并把要传输的信息填入环中，信息发送完毕后，再重新产生一个新的令牌。只有拿到令牌的工作站才能传送信息，这样就可避免各工作站间对传输线路的竞争。令牌传输系统通常可以比时隙环传输更长的信息帧。令牌环是在 IEEE802 的 802.5 中规定的一种介质访问技术，在“一个令牌环形局部网的实例”一章中，本书将详细剖析一个环形局部网的令牌访问操作。

环形局部网有着许多独到的特点。首先，它采用的是直接传输的方法，也就是允许网中的任一工作站直接与其他工作站通信。第二、整个网络采用同一传输介质，这使信息很容易在网络中的各工作站之间广播式地传输。第三、环形网通常采用分布式的网络控制结构，不需中央控制站来控制网络的访问操作。第四，由于环形网中的两工作站之间有专门负责信号检测和再生放大的信号转发器，因而环形网可以具有很大的覆盖面积。此外，环形网还将具有更好的特性和更高的传输速率。据预测，在将来的局部网领域，环形拓扑结构的网络将超过总线结构而占居统治地位。

环形网除具有以上许多优点外，也存在一些缺点。首先，一个工作站的故障可能导致整个环路工作瘫痪。其次，缺乏灵活性，在环上增加或删除一个工作站较复杂，通常要断开环路，并中断网络的正常操作。

除了分布式控制的环形拓扑网外，还有一种集中控制的环形网络结构，如图 2.6 所示。在环上连接的除信息源工作站外，还有一个专门负责信息转发及环路控制的交换站，如图所示。该系统具有很多分布式控制的环形网络和集中控制的星形网络的特点，它采用的是间接传输的方式，集中控制的方法。网中的交换站也是一个信息中转站，所有源点工作站的信息都要通过交换站才能转发到终点工作站上。此外，交换站负责网络的路径选择。因为集中控制的环形网对交换站的要求较高，所以环形网较少使用集中控制的方法。

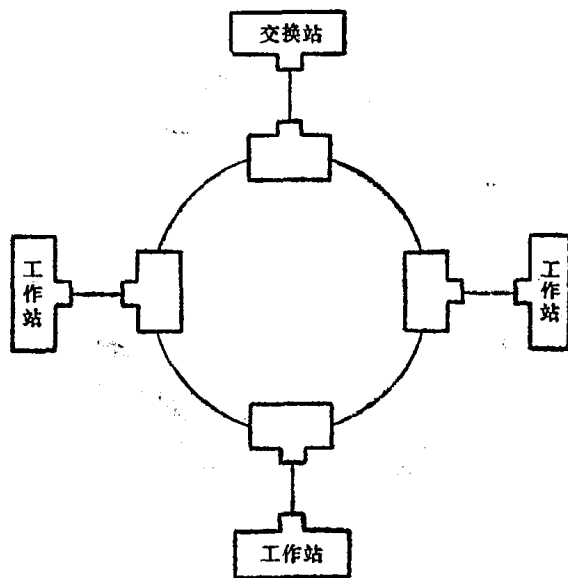


图 2.6 集中控制环形网的配置图

2.3 总线网

总线形的局部网络拓扑结构，是目前使用得最多的一种，其拓扑结构如图 2.7 所示。图 2.8 是总线网的典型配置图。

总线形结构的网络在性能上有许多方面与环形网络类似，但又具有一些独到的特点。总线形的网络配置包括一根称为总线的中央电缆，网中的所有工作站都由一个电缆接线盒接到总线上去，从工作站上发出的信号经电缆接线盒传到总线上，信号在总线上沿二个方向传输，信号可到达网中的每一个工作站，最终传到总线的二个端点上。由此看来，总线网所需要的传输介质是能使信息沿二个方向传输的介质。

总线形网络的工作方式与星形拓扑结构的网不同，与总线相连的各个工作站传输信息时

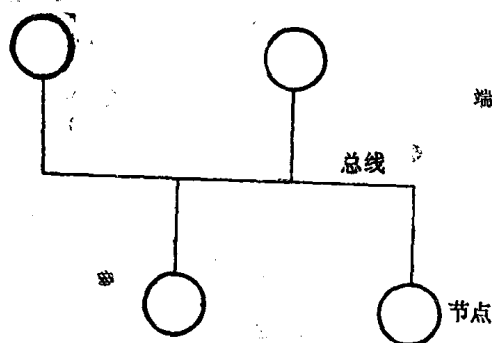


图 2.7 总线网拓扑结构

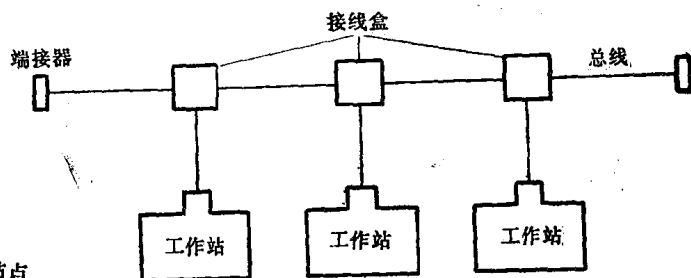


图 2.8 总线局部网典型配置图

根本不需要路径选择。这是因为，总线网使用广播式的传输方式工作，总线上的所有工作站可同时收到某站发来的信息。这些工作站通过检查该信息的目的地址域，或使用其他方法来鉴别送到本工作站的信息，并接收之。

总线结构局部网的一些典型特征如下：

1. 在总线上可采用时分多路复用的方法，
2. 一个信息帧中报文的长度是可变的。
3. 可以使用面向进程的报文或面向工作站的报文。
4. 总线的分配方法保证能迅速地为用户站或专用进程服务。

大多数总线形拓扑结构的局部网都使用竞争的方法来使网中的工作站访问网络的传输介质。最流行的一种竞争方法是 Xerox 公司推出的著名 Ethernet 网使用的方法，这种方法称为带有碰撞检测的载波侦听多点访问方法(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, CSMA/CD)。这种方法具有二个基本特性，其一，当一个工作站要发送信息时，它就监视网络总线，如总线被其他工作站占用时，它就进行等待，直到其他工作站把信息发送完毕，并释放网络总线后，该工作站再发送自己的信息；其二，若在总线被释放后有二个或二个以上的工作站同时发送信息，就会发生信息碰撞，这时各站都停止发送信息，并等待一段时间再重新发送信息。各工作站在发生碰撞后的等待时间是不相同的，这样可以避免或减少重新发送时造成再次碰撞的可能性。实践证明，使用 CSMA/CD 的介质访问方法是比较有效的。

总线拓扑结构的局部网另一种介质访问控制方法是令牌总线(Token Bus)的方法。因为在使用 CSMA/CD 的方法时，当网中的信息流量很大时，发生碰撞的概率较高，如使用令牌总线技术，则可以避免发生竞争。这种方法在原则上与令牌环的访问方法是相同的，在“介质访问控制方法”一章中还将详细叙述。

除了访问方法外，总线形拓扑结构的局部网采用的是直接传输的方法，不需中央传输控制装置，传输总线是各站共享的。总线与环形网有许多共同的特点，首先，网络允许网中某一工作站与另一工作站直接通信而不需经过中转站存贮转发；第二，网络在整个网中使用共同的传输介质，使信息很容易在网中的各站中广播式的传输；第三，网络一般是分布式控制的，不需中央控制器来控制网络的存取操作。此外，总线网还有二点独到之处：因为总线网中的节点通过电缆接线盒与总线相连，因而，欲在网中增加一个新的工作站就很方便，不需中断网中的现行服务操作。也由于以上特点，网中某一工作站的电性能如何，是否发生故

障，都不影响整个网络的运行，因此，网络的可靠性较强。

Ethernet 网是目前最典型的总线形局部网络，各工作站通过收发器接到同轴电缆总线上，从而共享网络资源。Ethernet 网不设交换装置，不需路径选择和中央控制计算机，工作站发送信息采用广播方式。网络是一种可增长或可扩展的系统。Ethernet 使用 CSMA/CD 的介质访问控制方法。在 3 Mbps 的传输速率下，网络负载正常时(即单位时间输入网络中的信息量不超过额定值时)，各站第一次发送信息的成功率在 99.18% 以上。

除了以上谈及的分布式总线结构外，与环形网类似，在分布式处理和办公室系统中也使用集中控制式的配置结构，如图 2.9 所示。该结构也有许多分布式总线结构和星形结构的特点。它采用间接的传输方法，中心控制的路径选择以及传输线路共享。该系统中的工作站之间不能直接通信，只能通过交换机转发信息，源工作站把信息发送到交换机上，经交换机放大后，广播式地传送到总线的各个工作站上。这些工作站判断该信息的目的地址域，并由目的站接收之。

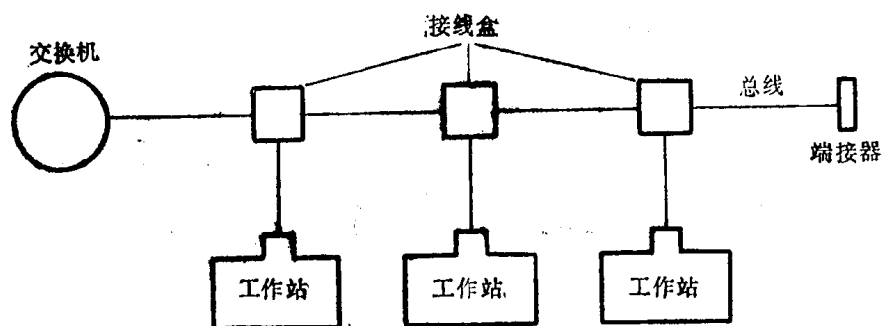


图 2.9 集中控制总线局部网的配置图

除了以上讨论的三种局部网络的拓扑结构外，也可由它们演变成其他的网络拓扑结构，例如，星形的拓扑结构可演变成树形拓扑结构，如图 2.10 所示。

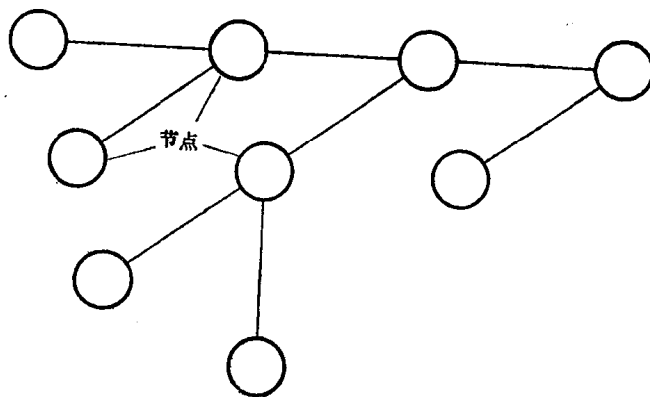


图 2.10 树形网拓扑结构

2.4 各种拓扑结构的特点比较

以上我们讨论了各种实用的局部网络拓扑结构，操作过程及网络特点等问题，可以看