

前 言

计算机网络在现代社会生活中发挥着越来越重要的作用。在信息技术高度发展的今天,特别是我国进入 WTO 以后,计算机网络已成为一个单位高效运转的重要环境。网络建设需要大批具有计算机网络原理知识和网络建设经验的技术人员和管理人员。因此,我们根据自己六年多的网络建设和维护经验,为从事或准备从事计算机网络应用系统的规划、设计、施工和维护的技术人员编写了此书。

本书全面介绍了计算机网络工程设计、实施的原理、方法和有关标准。主要包括:网络传输技术基础、传输媒介及选择原则、网络互连设备及选型、综合布线设计和施工方法、网络工程实施和测试、网络主要设备配置方法,包括交换机、路由器、域名服务器、邮件服务器等软硬件的配置,并给出两个网络工程实例。是一本使用性很强的书籍,对网络工程感兴趣的大专院校学生也能从本书中得到收益。

本书在写作过程中得到了众多同行的支持和指导,孙星明教授、袁友伟副教授、李长云系统分析员等专家提出了许多宝贵的建议,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,时间仓促,书中错误难免,敬请各位读者批评指正。

作者

2002 年 2 月

目 录

第一章 计算机网络基础	(1)
1.1 计算机网络的发展	(1)
1.2 计算机网络组成和基本要素	(5)
1.2.1 计算机网络组成	(6)
1.2.2 计算机网络有关的基本术语	(6)
1.3 网络的分类	(10)
1.3.1 广播式网络和点到点网络	(10)
1.3.2 局域网、城域网和广域网	(11)
1.4 ISO /OSI 开放系统互连参考模型	(12)
1.5 Internet 网络体系结构	(13)
1.6 网络的拓扑结构	(15)
第二章 网络传输技术及网络互连设备	(20)
2.1 传输媒介	(20)
2.1.1 有线通信媒介	(20)
2.1.2 无线通信媒介	(25)
2.1.3 传输媒介与拓扑结构的关系	(26)
2.2 传输(通信)方式及原理	(27)
2.3 网络互联设备	(29)
2.4 网络设备选型分析	(40)
第三章 实用高速网	(43)
3.1 光纤分布式数据接口(FDDI)	(43)
3.2 高速以太网	(44)
3.3 数字数据(DDN)	(50)

3.4	综合业务数字网(ISDN)	(54)
3.5	同步光纤网络(SONET)	(56)
3.6	宽带 IP 网	(56)
3.7	ATM 网	(58)
第四章	综合布线系统	(62)
4.1	综合布线系统的组成	(62)
4.1.1	工作区子系统	(62)
4.1.2	水平布线子系统	(62)
4.1.3	干线子系统	(63)
4.1.4	管理子系统	(65)
4.1.5	设备间子系统	(66)
4.1.6	建筑群子系统	(66)
4.2	布线标准	(66)
4.2.1	EIA/TIA 标准	(66)
4.2.2	100BASE-T 布线标准	(68)
4.2.3	千兆网布线标准	(68)
4.3	智能大厦	(70)
4.3.1	智能大厦的组成	(70)
4.3.2	智能大厦与综合布线系统	(71)
第五章	网络工程设计	(73)
5.1	网络工程系统设计	(73)
5.1.1	明确网络工程范围	(73)
5.1.2	网络工程的分析与设计	(75)
5.2	网络设计	(76)
5.2.1	网络拓扑结构的设计	(76)
5.2.2	传输介质选择	(76)

5.2.3	网络接口板的选择	(80)
5.2.4	路由器的选择	(81)
5.2.5	交换机的选择	(84)
5.2.6	园区网的 Catalyst 交换解决方案	(86)
5.2.7	网络操作系统的选择	(91)
5.3	布线设计	(92)
5.3.1	设备间设计	(92)
5.3.2	水平布线设计	(93)
5.3.3	干线设计	(94)
5.3.4	管理子系统的设计	(94)
5.3.5	建筑群子系统设计	(101)
5.3.6	布线产品的选择	(107)
5.3.7	园区网设计示例	(109)
5.3.8	3Com 千兆以太网的企业网设计实例	(113)

第六章 网络工程实施 (117)

6.1	工程施工要求	(117)
6.1.1	工程开工前的工作	(117)
6.1.2	施工过程中要注意的项目	(118)
6.1.3	工程施工结束时注意事项	(119)
6.2	综合布线实施	(119)
6.2.1	线路铺设建议	(119)
6.2.2	信息模块的压接	(120)
6.2.3	双绞线与 RJ45 头的连接	(121)
6.3	网络布线系统测试方法、手段和测试验收标准	(122)
6.3.1	测试原因	(122)
6.3.2	测试条件	(123)
6.3.3	测试范围	(123)

6.3.4	测试步骤	(124)
6.3.5	双绞线系统的测试	(124)
6.3.6	光缆系统的测试	(126)
6.4	测试工具	(127)
6.4.1	NetTool 网络万用表	(127)
6.4.2	OneTouch 网络故障一点通	(128)
6.4.3	OptiView 网络综合协议分析仪	(129)
6.4.4	620 局域网电缆测试仪	(129)
第七章	网络设备配置	(130)
7.1	交换机配置	(130)
7.1.1	Catalyst 3500 系列交换机基本配置	(130)
7.1.2	CISCO Catalyst 1912 交换机 VLAN 配置	(133)
7.2	Cisco 路由器简明配置	(138)
7.2.1	预备知识	(138)
7.2.2	广域网协议设置	(144)
7.2.3	路由协议设置	(151)
7.2.4	服务质量及访问控制	(154)
7.3	服务软件配置示例	(157)
7.3.1	DNS 服务器配置	(157)
7.3.2	WEB 服务器配置	(163)
7.3.3	邮件服务器的配置	(174)
7.3.4	代理服务器配置	(187)
第八章	网络工程实施实例	(191)
8.1	智能小区布线系统工程案例	(191)
8.2	校园网工程实例分析	(195)
参考文献		(220)

第一章 计算机网络基础

随着计算机和通信技术的发展,人们从不同角度对计算机网络进行研究,并使之在各个领域得到广泛的应用。什么是计算机网络?说法不一,读者可参阅计算机网络原理资料。但一般认为,将分布在不同地理位置上的具有独立工作能力的计算机、终端及其附属设备用通信设备和通信线路连接起来,再配有网络软件,以实现计算机资源共享的系统,都称为计算机网络。

(1) 从资源观点来看,它具有数据资源(如数据库)、硬件资源、软件资源和外部设备(如打印机、专用设备、外部大容量磁盘等)共享的能力。

(2) 从用户观点来看,网络把个人与众多计算机用户连接在一起。

(3) 从管理角度来看,网络具有共享集中数据管理的能力(如备份服务、系统软件的安装等)。

1.1 计算机网络的发展

计算机网络的发展大致可分为以下4个阶段。

1. 面向终端的计算机通信网

图1-1是面向终端的计算机通信网。一台计算机专门进行数据处理,一个线路控制器或通信处理机或前端处理机 FEP (Front End Processor)通过调制解调器与远程终端相连。通信处理机完成全部通信任务,包括串行和并行传输的转换(通信线路上是串行传输,而在计算机内部是并行传输)。调制解调器 M 将终

端或计算机的数字信号变成可以在电话线上传输的模拟信号,或完成相反的变换。由于前端机可以采用比较便宜的小型计算机,所以在 20 世纪 60 年代初起一直被广泛使用。这种最简单的计算机网络被称为第一代计算机网。这种网络本质上是以单个主机为中心的星型网,各终端通过通信线路共享主机的软件和硬件资源。

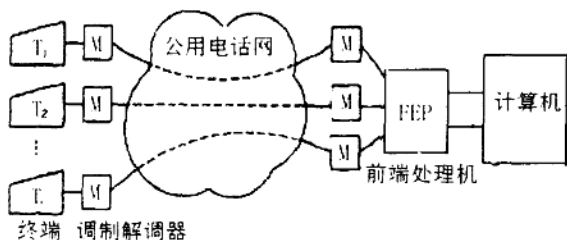


图 1-1 面向终端的计算机通信网

2. 分组交换网

分组交换 (Packet Switching) 也称为包交换,它是现代计算机网络的技术基础。

在有线电话出现不久,人们就认识到在所有用户之间架设直达线路不仅线路投资太大,而且没有必要,因为可以用交换机实现用户之间的互联。一百多年来,尽管电话交换机从人工转接发展到现代的程控交换机,经过多次更新换代,但交换方式始终未变,都是采用电路交换 (Circuit Switching),即通过交换机实现线路的转接,在两个要求通话的用户之间建立一条专用的通信线路。用户在通话之前先要申请拨号,待建立一条从发端到收端的物理通路后,双方才能互相通话。在通话的全部时间里,用户始终占用端到端的固定线路,直到通话结束挂起电话 (释放线路) 为止,这种通信系统不适合传送计算机或终端的数据。

计算机通信具有突发性和间歇性,真正占用线路的时间很少,往往不到 10%,甚至只有 1%,在绝大部分时间里,通信线

路实际上是空闲的。但是,对电信局来说,只要通信线路被用户占用,不论线路是否在传送数据都要收费。电路交换还很难适应不同速率的终端和计算机之间的通信。

计算机通信对可靠性要求很高,需要在传送过程中进行差错控制,电路交换难以做到。因此,必须寻找适合于计算机通信的交换技术,才能使计算机网络得到发展。1964年8月,巴兰(Baran)首先提出分组交换的概念。1969年12月,美国的分组交换网ARPANET投入运行,从此计算机网络进入了一个崭新的发展阶段,标志着现代通信时代的开始。图1-2为分组交换网的示意图,图中结点A,B,⋯,G和连接这些结点的链路AB,BC,⋯组成了分组交换网,通常称为通信子网,结点上的计算机称为结点交换机。在ARPANET中结点交换机曾被称为接口报文处理机IMP(Interface Message Processor)。图中 $H_1 \sim H_7$ 都是一些独立的并且可以进行通信的计算机,称为主机,T为终端,是人-机对话设备,并通过它与网络进行联系,通信子网以外的这些设备统称为资源子网。

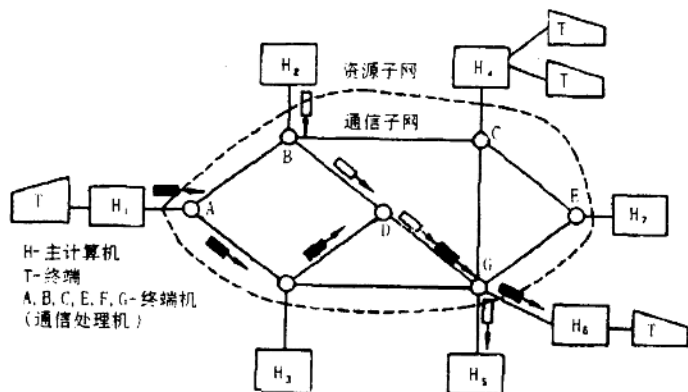


图1-2 分组交换网示意图

当主机 H_1 要向主机 H_6 发送数据时, 首先将数据划分为一

系列等长（例如 1000 bit）的分组，同时附上一些有关目的地址等信息，然后将这些分组依次发往与 H_1 相连的结点 A。这时，除链路 $H_1 - A$ 外，网内其他通信链路并不被目前通信的双方所占用，即使是链路 $H_1 - A$ ，也只有当分组正在该链路上传送时才被占用，在各分组传送的空闲时间，仍可用于传送其他主机发送的分组。结点 A 收到分组后，先将收到的分组存入缓冲区，再根据分组携带的地址信息按一定的路由算法确定将该分组发往哪个结点。由此可见，各结点交换机的主要作用是负责分组的存储、转发及路由选择。

图 1-2 中只画了两对主机 H_1 和 H_6 、 H_2 和 H_5 正在进行通信。实质上，一个分组交换网只要不超过网络容量，能允许很多主机同时进行通信。要保证数据传送的高度可靠性，还必须采取专门的措施。

由上述可知，存储转发分组交换技术，实质上采用的策略是断续（或动态）分配传输通道。因此，非常适合传输突发式的计算机数据，极大地提高了通信线路的利用率，降低了用户的使用费用。

分组交换网也存在一些问题。例如，分组在各结点存储转发时，会因为排队带来一定的时延；各分组必须携带的控制信息造成额外开销；分组交换网的管理与控制也比较复杂。尽管如此，ARPANET 的试验成功，使计算机网络的概念发生了根本变化，由以单个主机为中心的面向终端的计算机网转变为以通信子网为中心的分组交换网，而主机和终端则处于网络的外围，构成用户资源子网。用户不仅共享通信子网的资源，还可共享资源子网的硬件和软件资源。这种以通信子网为中心的计算机网络被称为第二代计算机网络。今天著名的全球性网络 Internet 就是在此基础上形成的。

3. 计算机网络体系结构的形成

计算机网络是一个非常复杂的系统，需要解决的问题很多。

早在 ARPANET 设计时，就提出了“分层”的方法，即将庞大而复杂的问题分为若干较小的易于处理的局部问题。1974 年美国 IBM 公司按照分层的方法也制定了系统网络体系结构 SNA (System Network Architecture)。随着社会的发展，不同网络体系结构的用户迫切要求能互相交换信息。为了使不同体系结构的计算机网络都能互联，国际标准化组织 ISO 于 1977 年成立专门机构研究这个问题。1978 年 ISO 提出了异种机联网标准的框架结构，这就是著名的开放系统互联参考模型 OSI。OSI 得到了国际上的承认，成为其他各种计算机网络体系结构参照的标准，大大地推动了计算机网络的发展。从这以后，开始了第三代计算机网络的新纪元。

在这一时期（20 世纪 70 年代末到 80 年代初），计算机网络在其他方面也得到迅速发展，出现了利用人造通信卫星进行中继的国际通信网络，实现了局域网络的商品化和实用化、网络互联和实用化，并不断成熟和完善，网络环境下分布式处理的应用和分布式数据库得到应用。

4. 宽带高速网络技术

从 20 世纪 80 年代末开始，计算机网络开始进入发展的第四代时期，其主要的标志可归纳为：主干网络传输介质的光纤化、信息高速公路的建设、多媒体网络及宽带综合业务数字网（ISDN）的开发和应用、智能网络的发展。比计算机网络更高级的分布式系统的研究，进一步促使高速网络技术飞速发展，相继出现了光纤分布式数据接口 FDDI、快速分组交换技术、帧中帧、异步传输模式、高速以太网等。

1.2 计算机网络组成和基本要素

计算机网络可以看成由两部分组成：网络硬件和网络软件。

1.2.1 计算机网络组成

作为一个计算机网络必须具备下列三个要素：

(1) 至少有两台以上具有独立操作系统的计算机，且相互间有共享资源的需求。

(2) 两台（或多台）计算机之间要有通信手段将其互连。

(3) 两台（或多台）计算机之间要有相互通信的规则。

计算机网络也可看成是由各种互连起来的网络单元（network unit）组成的，而网络单元是网络中各种数据处理设备、数据通信控制设备和数据终端设备。随着计算机技术和网络技术的发展，网络单元日趋多样化，而且功能更强、更复杂，网络单元的种类也更多。

1.2.2 计算机网络有关的基本术语

计算机网络有关的基本术语较多，这里列举常见的名称如下：

1. 主机

主机（Host）指主计算机系统。在计算机网络中负责数据处理和网络控制，同时还要执行网络协议（Protocols）。它和其它模块中的宿主机连成网后构成网络中的主要资源。在硬件方面要求有足够的存储容量和处理速度，具有齐全的外设、数据文件管理软件、网络管理软件等。

2. 服务器

服务器（Server）是网络的核心部件。服务器的基本任务是协调、处理各工作站提出的网络服务请求。因此，服务器的选择是非常重要的。网络越大越需要选择性能高的服务器，根据服务器在网络中所起的作用，还可分为文件服务器、打印服务器和通信服务器。

(1) 文件服务器

文件服务器配有大容量的磁盘存储器,存放网络的文件系统。影响文件服务器性能的主要因素包括:处理机的类型和速度,内存容量的大小和内存通道的访问速度;缓冲能力;磁盘存储容量等。在同等条件下,网络操作系统的性能是起决定作用的。

(2) 打印服务器

打印服务器接受来自用户的打印任务,并将用户的打印内容存放到打印队列中,当队列中轮到该任务时,送打印机打印。

(3) 通信服务器

通信服务器负责网络中各用户对主计算机的通信联系,以及网与网之间的通信。

3. 工作站

工作站是连接到网上的一台个人计算机,每台工作站仍保持个人计算机的原有功能,它既能作为独立的个人计算机为用户服务,同时也能作为访问的服务器的设备,共享网络资源。

4. 客户机

客户机(Clients)和工作站一样是连接到网上的一台个人计算机,它共享网络资源。

5. 对等机

对等机(Peer)是既可作为服务器使用也可以作为客户机的计算机。任何一台有足够内存空间和磁盘空间的计算机,都可以充当对等机。

6. 节点

节点(Node)可分为两类,即转接点和访问节点。转接点的作用是支持网络的连接性能,它通过所连接的链路来转接信息,通常这类节点有集中器、转接中心等。访问节点除了具有连接的链路以外,还包括计算机或终端设备,访问节点也被称为端点(End Point)。

7. 资源子网

资源子网包括网络中所用的主计算机、I/O 设备、各种软件资源和数据资源，负责全网的数据处理业务，向网络用户提供各种网络资源和网络服务。

8. 通信子网

通信子网是由作为信息交换的节点计算机和通信线路组成的独立的通信系统，它承担全网的数据传输、转接和交换等通信有关的工作。

9. 链路

链路（Link）是指两个节点间承载信息流的线路或信道，所使用的介质可以是电话线、电报线路或微波通路等。每个链路在单位时间内可以接纳的最大信息量被称为链路容量。物理链路是实际介质的链路，逻辑链路是在逻辑上起作用的链路，即通信介质和两端的收发设备和协议。

10. 通路

通路（Path）是指从发信点到收信点的节点和链路的序列，即一系列穿越通信网络而建立路由的“端点 - 端点”链路（end - end link）。

11. 集中器

集中器（Concentrator）的作用是把若干终端经本地线路（一般为低速线路）集中起来，连到 1 - 2 条高速线路上，以提高通信效率和降低通信费用。集中器可用微机承担，它具有差错控制、代码交换、报文缓存、电路转接等功能。

12. 本地线路

本地（Local）线路是靠近终端设备的通信线路，由它把终端设备和节点计算机或终端设备与计算机连接起来。

13. 调制解调器

当利用模拟通道进行数据传输时，必须将数字信号转换成模

拟通道允许传输的信号形式，将数字信号调制成交流载波信息的设备称为调制器（Modulator），将交流载波信息还原为数字信号的设备称为解调器。

14. 实体

实体（Entity）是服务器、客户机、对等机及其它它们所运行软件等对象。

15. 网络操作系统

网络操作系统（Nos）是具有网络管理功能的计算机操作系统。

16. 对等网络

对等网络（Peer-to-peer network）也称之为点到点网络。它的每一台计算机都处于对等机的角色，它是以均匀式的数据存储和资源共享概念为基础。

17. 基于服务器的网络

基于服务器的网络（Sever/Centric Networks）由客户机和服务器组成。服务器则侧重提供共享服务（存取数据和数据库管理等）。客户机侧重数据的输入输出和执行用户的程序，是客户机/服务器（Client/Server）方式的典型结构。

18. 网络体系结构

计算机网络体系结构是由计算机体系结构不断发展和逐渐演变而成的。计算机网络的层次、网络拓扑结构、各层的功能划分以及每层协议与接口总称为计算机网络体系结构。

计算机网络体系结构是指网络的基本设计思想及方案、各个组成部分的功能定义。而层次结构是描述体系结构的基本方法，其特点是每一层都建立在下一层基础之上，低层为高层提供服务。层次结构的优点如下：

（1）抽象化，每一个层次的内部结构对上下层均是不可见的。这便于人们有条理地理解问题。

(2) 便于系统化和标准化。

(3) 层次接口清晰，减少层次间传递的信息量，便于功能模块的划分，简化了计算机网络的开发和维护。

(4) 允许用等效的功能模块灵活地替代某层模块而不影响相邻层次的模块。简化对复杂计算机网络的研究工作。

19. 协议

计算机网络协议 (Network Protocol) 是计算机网络中互相通信的对等实体间交换信息时所必须遵守的规则，并为传输的信息定义严格的格式 (语法) 和传输顺序 (文法)。它帮助实体之间、网络之间相互理解和正确进行通信。语法、语义和同步是协议的关键因素。

20. 资源共享

计算机资源包括硬件资源、软件资源和数据资源，如数据库应用程序是软件资源，处理机、硬盘、打印机等是硬件资源。在网络环境下使用其他机器的资源称为资源共享，又分数据资源共享、软件资源共享及硬件资源共享。

软件资源共享分为客户机/服务器型和对等型。

硬件资源共享一般指外设共享，常常表现为打印机共享。打印机共享可分为服务器直连型、客户机连接型、打印机端口型。

1.3 网络的分类

按不同的目的或指标，网络有不同的分类方法。从传输技术的角度可分为两类：广播式网络和点到点网络。从网络的连接距离角度可分为三类：局域网、城域网和广域网。

1.3.1 广播式网络和点到点网络

1. 广播式网络

广播式网络 (Broadcast Network) 仅有一条通信信道, 由网络上的所有机器共享。按某种语法组织的分组, 可以被任何机器发送并被其他所有的机器接受。分组的地址字段指明此分组应被哪台机器接受。一旦收到分组, 各机器将检查它的地址字段。如果是发送给它的, 则处理该分组, 否则将它丢弃。广播系统通常允许在地址字段中使用一段特殊代码, 方便分组发送到所用目标。使用此代码的分组发出后, 网络上所有的机器都会接受并处理它, 这种操作称为广播 (broadcasting)。某些广播系统还支持像机器的一个子集发送的功能, 即多点播送 (multicasting)。一种常见的方案是保留地址字段的某一位来指示多点播送, 而剩下的 $n-1$ 位地址字段存放组号。每台机器可以注册到任意组或所有的组。当某一分组被发送给某个组时, 它被发送到所有注册到该组的机器。

2. 点到点网络 (Point-to-point-network)

点到点网络 (Point-to-point-network) 由多条连结一对机器的链路构成。为了确保到达目的地, 这种网络上的分组可能经过一台或多台中间的机器。两点之间通常有多条路径, 并且可能长度不一样, 因此在点到点网络中路由算法十分重要。一般来说 (当然也有例外), 小的、地理上处于本地的网络采用广播方式, 而大的网络则采用点到点方式。

1.3.2 局域网、城域网和广域网

1. 局域网

局域网 LAN (Local Area Network) 是在方圆几公里范围处于同一建筑、同一大学或一个单位的专用网络。局域网常常被用于连接公司办公室和工厂里的个人计算机和 workstation 服务器等, 以便共享资源 (如打印机) 和交换信息。LAN 和其他网络不同点是: LAN 的覆盖范围比较小; LAN 采用的传输技术一般是用一

条电缆连接所有的机器；广播是 LAN 的一种通信方式；具有多种拓扑结构，如总线型、环型、星型等。

2. 城域网

城域网 MAN (Metropolitan Area Network) 比局域网要大一些，它的大小通常是覆盖一个地区或一个城市，在地理范围上从几十公里到上百公里，又可称之为城市网。它对硬件、软件的要求比局域网高，这样才能有效地覆盖更大的地域范围，不论网点设在何处都能保证信息共享。

3. 广域网

顾名思义，广域网 WAN (Wide Area Network) 是一个非常大的网络。它可以把众多的城域网、局域网连结起来，甚至可以把全球的区域网、局域网连结起来。全球网是指横跨全球的广域网。Internet 网络是目前最大的全球网。Internet 前身是美国国防部的 ARPANET 网，从 1982 年正式采用 TCP/IP 协议，到 1989 年开始商业化。连接了全球 150 多个国家和地区，信息资源非常丰富。

1.4 ISO/OSI 开放系统互连参考模型

国际上各计算机厂家都在致力于计算机网络体系的研究和发展。为了使计算机互连更加方便，国际标准化组织 ISO (International Standards Organization) 于 1977 年 3 月在 ISO/TC97 第 9 次全会上决定成立新的技术委员会 ISO/TC97/SC16，提出了开放系统互连 (OSI/RM) 参考模型。

ISO/OSI 参考模型将网络定义为 7 个功能层：物理层、数据链路层、网络层、运输层、会话层、表示层、应用层，规定了每层的功能以及不同层的协调方法。结构如图 1-3 所示。