

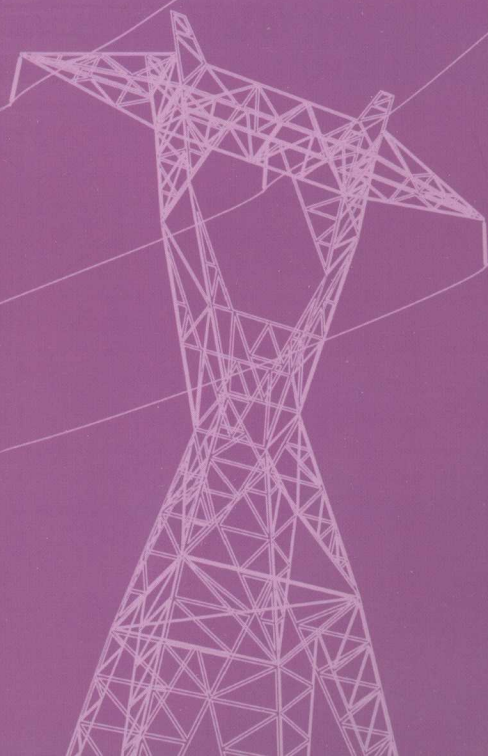
电力信息通信 实用技术

电力信息部分

湖北省电力公司信息通信分公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



014005309

TN915.853

04

V1

要 要 容 内

电力信息通信 实用技术

电力信息部分

湖北省电力公司信息通信分公司 组编



TN915.853

04 V1



北航

C1692562



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

014002308

内 容 提 要

随着电力企业信息化水平的不断发展,电力信息网络规模越来越大,通信技术要求也越来越高。为满足广大从事电力信息通信工作技术人员的岗位技能需求,湖北省电力公司信息通信分公司组织多年从事电力系统职业培训和技能鉴定的专家,从电力信息通信技术的基本概念、基本理论和实际应用出发,结合“三集五大”改革后对岗位技能的要求,编写了《电力信息通信实用技术》(包括《电力通信部分》和《电力信息部分》)。

本书是《电力信息部分》,主要介绍了计算机信息技术、以太网技术、网络服务器及系统、数据库系统技术、数据存储与备份技术、信息技术一体化平台、信息网络安全与管理技术、信息网络综合监控技术。为更好地帮助大家理解和灵活运用各种技术,每章均附有相关练习题。同时,附录中给出了各章练习题的答案,方便大家核查。

本书可作为从事电力信息通信系统工作的施工人员、技术人员和管理人员培训用书,还可作为电力信息通信系统各类技术人员参加各种技术考试和知识竞赛的参考用书。同时,也可作为新员工、复转军人等的岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电力信息通信实用技术·电力信息部分/湖北省电力公司信息通信分公司组编. —北京:中国电力出版社,2013.10

ISBN 978-7-5123-4333-7

I. ①电… II. ①湖… III. ①电力系统-信息系统 IV. ①TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 077118 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 10 月第一版 2013 年 10 月北京第一次印刷

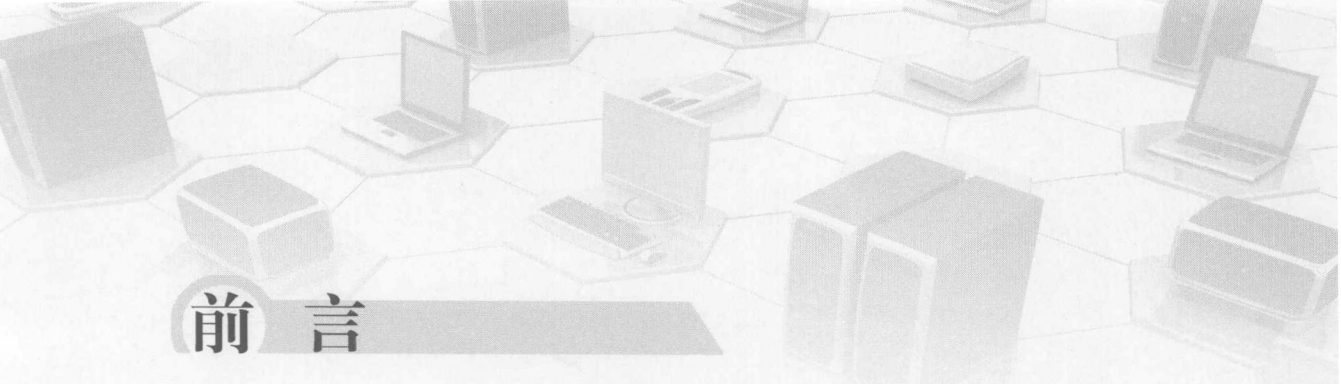
787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.5 印张 487 千字

印数 0001—2000 册 定价 50.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

国家电网公司提出在“十二五”期间全面开展“坚强智能电网”建设。所谓“坚强智能电网”是以坚强电网架构为基础,将现代先进的传感测量技术、通信技术、信息技术、计算机技术和控制技术与物理电网高度集成而形成的新型电网。它以充分满足用户对电力的需求和优化资源配置,确保电力供应的安全性、可靠性和经济性,满足环保约束,保证电能质量,适应电力市场化发展等为目的,实现对用户可靠、经济、清洁、互动的电力供应和增值服务。因此,电力信息通信技术在电网中将起着神经中枢的作用。为响应国家智能电网的发展要求,为电力企业职业培训提供实用特色教材,编者根据多年在电力系统从事职业技术教育和技能鉴定的经验,从电力信息通信技术的基本概念、基本理论和实际应用出发,结合目前信息通信发展的新技术和在电力系统应用的实际情况编写了本丛书。

本丛书分《电力通信部分》和《电力信息部分》两个分册,其中《电力通信部分》主要介绍了目前电力系统正在使用和发展的通信系统和技术,具体内容包括现代通信网及其发展概述、光纤通信技术、SDH 通信技术、程控交换机、数字微波通信、电力载波通信、视频会议技术、ISDN 和 ATM 等技术的原理与应用。此外,还介绍了与电力通信密切相关的通信发展新技术,例如新一代 SDH 技术、全光通信网、软交换技术、电力线载波通信(PLC)技术和未来最具发展前景的十大通信技术。《电力信息部分》从目前电力信息系统的实际情况着手,介绍了计算机信息技术、以太网技术、网络服务器及系统、数据库系统技术、数据存储与备份技术、信息技术一体化平台、信息网络安全与管理技术和信息网络综合监控技术。在此基础上,还增加了一些目前比较新的信息技术,如万兆以太网技术、IPv6 技术、高层交换技术、云计算及虚拟存储技术等。在编写中,力求以“三基”(即基本概念、基本原理和基本应用)为出发点,重点讲述实际应用技术,考虑到参加工作的人员时间和精力有限,对于理论性强、计算过于复杂的内容尽量回避,提取其精髓内容,采取图表结合、深入浅出的方法,使文字叙述简洁明了、通俗易懂。

本书由信息技术博士廖荣涛(第六章),信息技术首席工程师董亮(第七章和第八章)和樊启柏(其余章节)共同编写,全书由董亮统核。此外,湖北工业大学研究生樊立攀对本书部分内容进行了校核,肖倩对部分内容的习题和答案进行编排。在编写过程中得到了湖北省电力公司信息通信分公司的领导、专家和有关人员的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促,编者水平匮乏,书中不免存在很多缺点和不足,敬请各位专家和读者海涵,并恳请各位专家和读者批评指正,以便作者及时修正。

编者

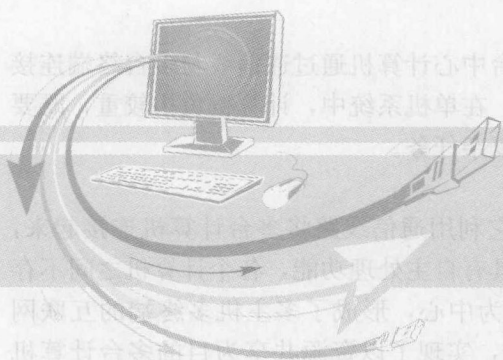
2013 年 6 月

目 录

前言

第一章 计算机信息技术	1
第一节 计算机信息网络概述	1
第二节 计算机信息网络体系结构	7
第三节 局域网技术	14
第四节 信息网络互联技术	24
第五节 无线网络技术	33
练习题	42
第二章 以太网技术	45
第一节 以太网组网基本技术	45
第二节 以太网交换技术	55
第三节 IP 网络技术	65
第四节 路由技术与路由协议	79
练习题	95
第三章 网络服务器及系统	99
第一节 服务器及系统概述	99
第二节 客户/服务器模型系统	101
第三节 域名服务器系统 DNS	109
第四节 WWW 服务器	114
第五节 DHCP 服务器系统	123
第六节 电子邮件服务器	129
第七节 文件传输服务器	132
练习题	140
第四章 数据库系统技术	143
第一节 数据库的基本概念	143
第二节 Oracle 数据库概述	150
第三节 Oracle 的用户和权限管理	164
练习题	172
第五章 数据存储与备份技术	175
第一节 数据存储技术概述	175
第二节 磁盘阵列存储技术	177

第三节	磁带存储技术	183
第四节	光盘存储技术	186
第五节	数据备份技术与策略	188
第六节	网络存储虚拟化技术	190
第七节	云计算及存储技术	203
	练习题	214
第六章	信息技术一体化平台	217
第一节	信息技术一体化平台概述	217
第二节	信息数据中心	218
第三节	应用系统集成	226
第四节	统一身份认证	232
第五节	企业门户	239
	练习题	245
第七章	信息网络安全与管理技术	248
第一节	信息网络安全基本知识	248
第二节	加密与认证技术	251
第三节	信息网络安全及相关防护技术	255
第四节	网络信息安全体系结构及标准	269
第五节	网络安全防护措施	278
第六节	电力企业信息安全管理	282
	练习题	292
第八章	信息网络综合监控技术	298
第一节	机房动力环境监控系统	298
第二节	网络综合监控系统	302
第三节	信息运维综合监控系统	307
	练习题	311
附录	各章练习题答案	312



第一章

计算机信息技术

第一节 计算机信息网络概述

自 20 世纪 60 年代计算机信息网络问世以来,计算机信息网络已经深入到人们工作、学习和生活的各个方面。人们不仅可以通过内部连接局域网络感受到使用各种业务应用系统带来的办公快捷和方便,还可以通过外部连接到 Internet 中,享受 Internet 所提供的各种服务,如 WWW 浏览、FTP 文件下载(或上传)、网上聊天、发送或接收电子邮件、网上购物等。这些服务不仅拓展了获取信息、与他人交流的渠道,也丰富了人们的生活、工作、学习和娱乐方式。同时也标志着人类“E 时代”的全面到来。

一、计算机信息网络的概念

1. 计算机信息网络的定义

计算机信息网络就是利用通信设备和线路将分布在不同地理位置上的具有独立工作能力的计算机及其相关设备互联起来,用相应的软件实现资源共享、信息交换和信息集中与分散处理的运行系统。

在计算机信息网络中,能够提供信息和服务能力的计算机是网络的资源,而索取信息和请求服务的计算机则是网络的用户。由于网络资源与网络用户之间的连接方式、服务类型及连接范围的不同,从而形成了不同的网络系统及网络结构。

2. 计算机信息网络的相关概念

(1) 同构网。同构网是指具有相同特性和性质的网络,它们具有相同的通信协议,呈现给接入网络设备的界面也相同。一般是由同一厂家提供的某种类型的网络,需要指出的是,由不同厂家提供的符合 IEEE 802 标准的局域网可能是同构网,也可能不是同构网。

(2) 异构网。异构网是指网络不具有相同的传输性质和通信协议。目前,不同类型的网络之间的连接大多是异构网之间的连接。

二、计算机信息网络的发展阶段

计算机信息网络技术是通信技术和计算机技术两个领域的结合,一直以来它们紧密结合,相互促进、相互影响,共同推进了计算机网络的发展。纵观计算机网络的发展过程,和其他事物发展一样,也经历了从简单到复杂、从低级到高级的发展过程,其发展过程大致可分为以下四个阶段。

1. 以单台计算机为中心的联机终端系统

这种系统又称为面向终端的计算机网络,由一台中心计算机通过通信线与多台终端连接而组成,是20世纪50年代计算机网络的主要形式。在单机系统中,计算机负担较重,既要进行数据处理,又要承担通信功能,因此很难处理复杂任务。

2. 以通信子网为中心的主机互联系统

这种系统是20世纪60年代中期发展起来的,它利用通信线路将多台计算机连接起来,实现了计算机与计算机之间的通信,每台计算机都具有自主处理功能,各个计算机之间不存在主从关系。这种结构的主要特点是:以通信子网为中心,形成了多主机多终端的互联网络。特别是1969年12月美国的ARPA网投入运行,实现了以资源共享为目的的多台计算机互联的网络,奠定了计算机网络技术的基础,引领了Internet的发展。

3. 计算机信息网络体系结构标准化阶段

20世纪80年代初,微型计算机得到了广泛的应用,各企事业单位将本单位拥有的微机、工作站、小型机等连接起来,以达到资源共享和相互传递信息的目的,组建了自己的局域网。1984年国际标准化组织(ISO)颁布了开放系统互连参考模型(简称OSI参考模型)。OSI参考模型的提出引导着计算机网络走向开放的标准化道路,同时也标志着计算机网络的发展步入了成熟的阶段。进入20世纪90年代,计算机技术、通信技术以及由此引发的互联网技术得到了迅猛的发展,特别是1993年美国宣布建立国家信息基础设施NII后,全世界许多国家纷纷制定和建立本国的NII,从而极大地推动了计算机网络技术的发展,使计算机网络进入了一个崭新的阶段。随之而来的Internet也成为全世界规模最大和影响最大的网络,Internet作为最重要的、最大的知识宝库,对人类的工作、学习和生活带来了极大的方便。接着美国政府又在1997年推出了研究发展更加快速可靠的下一代互联网(Next Generation Internet)计划。可以说,互联网络和高速网络正在成为新一代计算机信息网络的发展方向。

4. 高速智能化的计算机信息网络阶段

近年来,随着人类对信息网络需求的不断提高,微电子技术、光纤通信技术和计算机网络技术的不断发展和相互融合,特别是多媒体应用技术在计算机网络中的快速发展,更加刺激了信息网络应用技术的多样化和复杂化。同时,用户不仅对网络的传输带宽提出越来越高的要求,对网络的可靠性、安全性和可用性等也提出了新的要求。为了向用户提供更高的网络服务质量,网络管理也逐渐进入了智能化阶段,包括网络的配置管理、计费管理、性能管理、故障管理和安全管理等在内的网络管理任务,都可以通过智能化程度很高的网络管理软件来实现。因此,计算机信息网络进入了高速智能化的全新发展阶段。

三、计算机信息网络的分类

1. 按数据传输方式分类

根据数据传输方式的不同,计算机信息网络可以分为广播网络和点对点网络两大类。

(1) 广播网络(Broadcasting Network)。广播网络中的计算机或设备使用一条共享的通信介质进行数据传播,网络中的所有节点都能收到任何节点发出的数据信息。具体传输方式有3种:①单播(Unicast),发送的信息中包含明确的目的地址,所有节点都检查该地址,如果与自己的地址相同,则处理该信息,如果不同,则忽略;②组播(Multicast),将信息传送给网络中部分节点;③广播(Broadcast),在发送的信息中使用一个指定的代码标识目

的地址，将信息发送给所有的目标节点。当使用这个指定代码传输信息时，所有节点都接收并处理该信息。

(2) 点对点网络 (Point to Point Network)。点对点网络中的计算机或设备以点对点的方式进行数据传输，两个节点间可能有多条单独的链路。

以太网和令牌环网都属于广播网，而 ATM 和帧中继网则属于点对点网。

2. 按网络组件的关系分类

按照网络组件的关系来划分，通常可分为对等网络和基于服务器网络两种类型。

(1) 对等网络。它使用的典型操作系统有 DOS、Windows 95/98/XP 等。网络中的各计算机在功能上是平等的，没有客户机和服务器之分，每台计算机既可以提供服务又可以索取服务，具有各计算机地位平等、网络配置简单、网络的可管理性差等特点。

(2) 基于服务器网络。它采用客户机/服务器模式，在这种模式中，服务器给予服务，不索取服务；客户机则是索取服务，不提供服务，具有网络中计算机地位不平等，网络管理集中，便于网络控制管理，网络配置复杂等特点。

四、计算机信息网络的拓扑结构

1. 网络拓扑的概念

网络拓扑是由通信介质和网络节点设备构成的网络结构图。在计算机网络中，以计算机作为节点，通信线路作为连线，可构成不同的几何图形，也就是网络的拓扑结构。网络拓扑结构对网络采用的技术、网络的可靠性、网络的可维护性和网络的实施费用都有重大的影响。

2. 常见的网络拓扑结构

常见的网络拓扑结构有总线形、星形、环形、树形和复合网状等类型。

(1) 总线形拓扑 (Bus Topology)。总线形拓扑采用单根传输线作为传输介质，它将所有入网的计算机通过相应的硬件接口直接接入到一条通信线路上。为防止信号反射，一般在总线两端连有终结器匹配线路阻抗。图 1-1 所示为总线形网络拓扑结构示意图，如 10Base-5、10Base-2 等以太网技术都采用总线形拓扑结构。

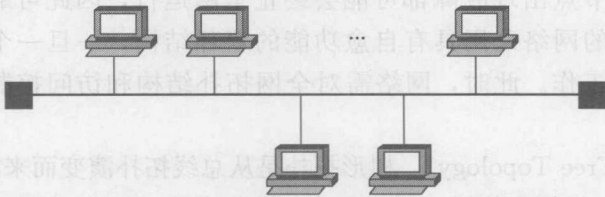


图 1-1 总线形网络拓扑结构示意图

所有端节点都连接到传输介质或总线上，任何一个节点发送的信息都可以沿着介质传播，而且能被所有其他的节点接收。由于所有的节点共享一条公用的传输链路，所以一次只能有一个设备传输数据。通常采用分时控制策略来决定下一次哪一个节点发送信息。总线形拓扑的优点是结构简单、容易实现、价格相对便宜、便于安装和维护、用户节点入网灵活。缺点是同一时刻只能有两个网络节点相互通信，网络延伸距离有限，容纳节点数有限，所有节点都直接连接在总线上，任何一处故障都会导致整个网络的瘫痪。

(2) 星形拓扑 (Star Topology)。星形拓扑是以一个节点为中心的处理系统，各种类型

的人网计算机均与该中心节点有物理链路直接相连，其他节点间不能直接通信，通信时需要通过该中心节点转发，如图 1-2 (a) 所示。星形拓扑以中央节点为中心，执行集中式通信控制策略，中心控制器是一个具有信号分离功能的“隔离”装置，它能放大和改善网络信号，外部有一定数量的端口，每个端口连接一个端节点。常见的中央节点如 HUB 集线器、交换机等。

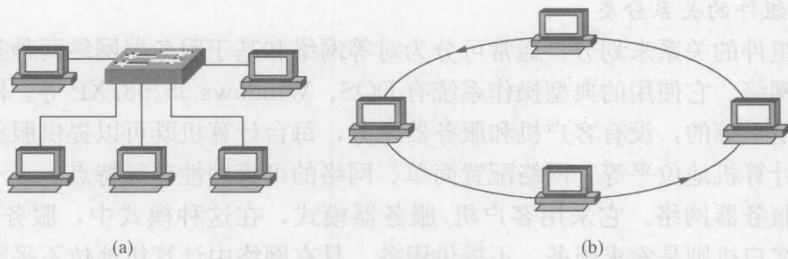


图 1-2 星形和环形网络拓扑结构图

(a) 星形拓扑；(b) 环形拓扑

星形拓扑的优点是结构简单、管理方便、可扩充性强、组网容易。利用中央节点可方便地提供网络连接和重新配置，容易检测和隔离故障，便于维护。缺点是属于集中控制，主节点负荷过重，如果中央节点产生故障，则全网不能工作，所以对中央节点的可靠性和冗余度要求很高。

(3) 环形拓扑 (Ring Topology)。环形拓扑是将各台联网的计算机用通信线路连接成一个闭合的环。如图 1-2 (b) 所示，是一个点到点的环路，每台设备都直接连接到环上或通过一个分支电缆连到环上。在环形结构中，信息按固定方向流动（或按顺时针方向，或按逆时针方向），如令牌环网技术、FDDI 技术等。

环形拓扑结构的优点是一次通信信息在网中传输的最大传输延迟是固定的，每个网上节点只与其他两个节点有物理链路直接互连。因此，传输控制机制较为简单，实时性强。缺点是环中任何一个节点出现故障都可能会终止全网运行，因此可靠性较差。为了克服可靠性差的问题，有的网络采用具有自愈功能的双环结构，一旦一个节点不工作，可自动切换到另一环路上工作。此时，网络需对全网拓扑结构和访问控制机制进行调整，因此较为复杂。

(4) 树形结构 (Tree Topology)。树形拓扑是从总线拓扑演变而来的，它把星形和总线形结合起来，形状像一棵倒置的树，顶端有一个带分支的“根”，每个分支还可以延伸出子分支，如图 1-3 所示。

在这种拓扑中有“根”存在，当节点发送时，“根”接收该信号，然后再重新广播发送到全网。

树形拓扑的优点易于扩展和故障隔离。缺点是对“根”的依赖性太大，如果“根”发生故障，则全网不能正常工作，对“根”的可靠性要求很高。

(5) 复合网状拓扑。网状结构分为全连接网状和不完全连接网状两种形式。在全连接网状结构中，每一个节点和网中其他节点均有链路连接。在不完全连接网状网中，两节点之间不一定有直接链路连接，它们之间的通信依靠其他节点转接。这种网络的优点是节点间路径

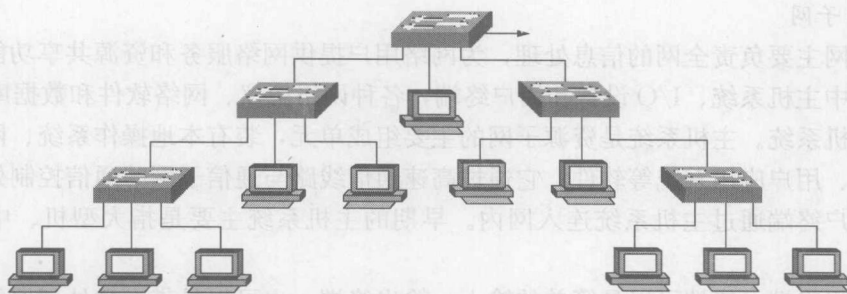


图 1-3 树形网络拓扑结构图

多，碰撞和阻塞可大大减少，局部的故障不会影响整个网络的正常工作，可靠性高；网络扩充和主机入网比较灵活、简单。缺点是建网和网络控制机制复杂。广域网中一般用不完全连接网状结构，如图 1-4 所示。

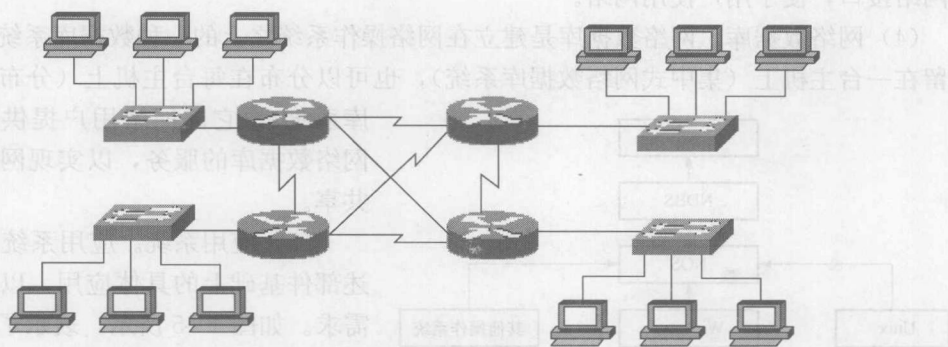


图 1-4 复合网状拓扑结构图

以上介绍的是最基本的网络拓扑结构，在组建局域网时常采用星形、环形、总线形和树形拓扑结构。树形和网状拓扑结构在广域网中比较常见，但是在一个实际的网络中，可能是上述几种网络结构的有机结合。

五、计算机信息网络的组成

从逻辑功能划分，计算机信息网络可分为通信子网和资源子网。

1. 通信子网

通信子网主要负责全网的数据通信，为网络用户提供数据传输、转接、加工和转换等通信处理工作。它主要包括通信线路（即传输介质）、网络连接设备（如网络接口设备、通信控制处理机、网桥、路由器、交换机、网关等）、网络通信协议和通信控制软件等。

另外，通信子网又可分为点一点线路通信子网与广播信道通信子网两类。广域网主要采用点一点通信线路，局域网与城域网一般采用广播信道。由于技术上存在较大的差异，因此在物理层和数据链路层上出现了两个分支：一类基于点一点通信线路，另一类基于广播信道。基于点一点通信线路的广域物理层和数据链路层技术与协议的研究开展比较早，形成了自己的体系、协议与标准。而基于广播信道的局域网、城域网的物理层和数据链路层协议研究相对较晚，正在发展和完善中。

2. 资源子网

资源子网主要负责全网的信息处理，为网络用户提供网络服务和资源共享功能等。它主要包括网络中主机系统、I/O 设备和用户终端，各种网络协议、网络软件和数据库等。

(1) 主机系统。主机系统是资源子网的主要组成单元，装有本地操作系统、网络操作系统、数据库、用户应用系统等软件。它通过高速通信线路与通信子网的通信控制处理机相连接。普通用户终端通过主机系统连入网内。早期的主机系统主要是指大型机、中型机与小型机。

(2) 用户终端。终端可以是简单的输入、输出终端，也可以是带有微处理器的智能终端（本身具有存储与处理信息的能力）。终端可以通过主机系统连入网内，也可以通过终端设备控制器、报文分组组装与拆卸装置或通信控制处理机连入网内。

(3) 网络操作系统。网络操作系统是建立在各主机操作系统之上的一个操作系统，用于实现不同主机之间的用户通信以及全网硬件和软件资源的共享，并向用户提供统一的、方便的网络接口，便于用户使用网络。

(4) 网络数据库。网络数据库是建立在网络操作系统之上的一种数据库系统，可以集中驻留在一台主机上（集中式网络数据库系统），也可以分布在每台主机上（分布式网络数据库系统），它向网络用户提供存取、修改网络数据库的服务，以实现网络数据库的共享。

(5) 应用系统。应用系统是建立在上述部件基础上的具体应用，以实现用户的需求。如图 1-5 所示，表示了主机操作系统（OS）、网络操作系统（NOS）、网络数据库系统（NDBS）和应用系统（AS）之间的层次关系。

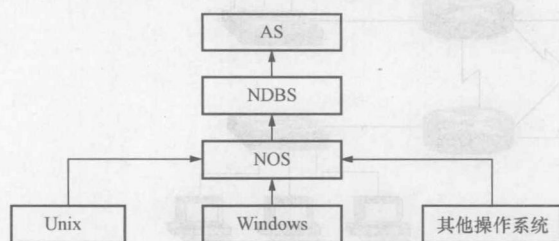


图 1-5 主机操作系统与 NOS、NDBS 和 AS 之间的关系

六、主要性能指标

影响计算机信息网络性能的因素有很多，如传输距离、传输技术和传输带宽等，都将使所获得的网络速度不一样，其主要性能指标有网络带宽、数据吞吐量和数据时延。

(1) 带宽。在局域网和广域网中，都使用带宽来描述它们的传输容量。带宽本来是指某个信号具有的频带宽度，单位为 Hz。在通信线路上传输模拟信号时，将通信线路允许通过的信号频带范围称为线路的带宽（或通频带）。

在通信线路上传输数字信号时，带宽就等同于数字信道所能传送的最高数据率。数字信道传送数字信号的速率称为数据率或比特率，其单位是 bit/s。

带宽有时也称为吞吐量（Throughput），在实际应用中，吞吐量常用每秒发送的比特数（或字节数、帧数）来表示。

(2) 时延。时延是指一个报文或分组从一个网络（或一条链路）的一端传送到另一端所需的时间。通常来讲，时延由以下几部分组成。

1) 发送时延。发送时延是节点在发送数据时使数据块从节点进入传输介质所需要的时间，也就是从数据块的第一个数据开始发送算起，到最后一个数据发送完毕所需的时间。它的计算公式如下

$$\text{发送延时} = \frac{\text{数据块长度}}{\text{信道带宽}}$$

信道带宽就是数据在信道上的发送速率，也常称为传输效率。

2) 传播时延。传播时延是电磁波在信道上需要传播一定的距离而花费的时间。传播时延的公式如下

$$\text{传播时延} = \frac{\text{信道长度}}{\text{电磁波在信道上的传播速率}}$$

电磁波在自由空间的传播速率是光速，即 $3.0 \times 10^5 \text{ km/s}$ 。电磁波在网络传输媒体中的传播速率比在自由空间要略低一些。在铜缆中的传播速率约为 $2.3 \times 10^3 \text{ km/s}$ ，在光纤中的传播速率约为 $2.0 \times 10^5 \text{ km/s}$ 。一般来说，在 1000km 长的光纤线路产生的传播时延大约为 5ms。

3) 处理时延。处理时延是指数据在交换节点为存储转发而进行一些必要的处理所花费的时间。在节点缓存队列中分组排队所经历的时延是处理时延中的重要组成部分。因此，处理时延的长短往往取决于网络中当时的通信量。当网络的通信量很大时，还会发生队列溢出，使分组丢失，这相当于处理时延为无穷大。有时可用排队时延作为处理时延。

这样，数据经历的总时延就是以上三种时延之和，即总时延 = 发送时延 + 传播时延 + 处理时延。图 1-6 画出了三种时延所产生的地方。



图 1-6 三种时延所产生的地方

第二节 计算机信息网络体系结构

一、计算机信息网络体系结构概述

1. 计算机网络的分层模型

指为了简化计算机网络体系结构的问题研究，设计与实现而抽象出来的一种结构模型，这种结构模型一般采用层次模型。在层次模型中，往往将系统所要实现的复杂功能划分为若干个相对简单的细小功能，每一项分功能以相对独立的方式去实现。图 1-7 所示为计算机网络分层模型的示意图，该模型将计算机网络中的每台终端抽象为若干层 (layer)，每层实现一种相对独立的功能。

2. 计算机信息网络分层中的基本概念

(1) 实体与对等实体。网络的每一层中，用于实现该层功能的元素被称为实体，包括该层上实际存在的所有硬件与软件，如终端、应用程序、进程等。不同终端上位于同一层次、完成相同功能的实体称为对等实体。

(2) 通信协议。两个通信对象在进行通信时，须遵从相互接受的一组约定和规则，这些

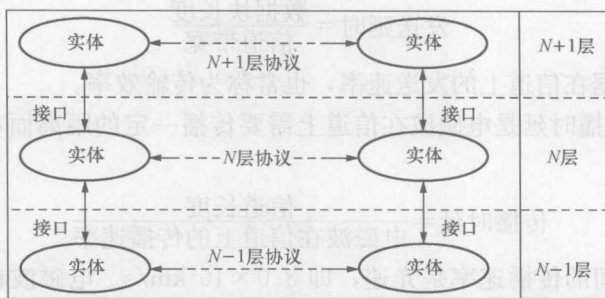


图 1-7 计算机网络分层模型的示意图

约定和规则的集合称为协议。在计算机信息网络系统中，为了保证通信双方能正确、自动地进行数据通信，针对通信过程的各种情况，制定了一整套约定，这就是网络系统的通信协议，用来规定有关功能部件在通信过程中的操作。

(3) 服务及类型。在网络分层结构模型中，每一层为相邻的上一层所提供的功能称为服务。在计算机网络协议的层次结构中，层与层之间具有服务与被服务的单向依赖关系，下层向上层提供服务，而上层调用下层的的服务。因此可称任意相邻两层的下层为服务提供者，上层为服务调用者。下层为上层提供的服务可分为面向连接服务 (Connection Oriented Service) 和无连接服务 (Connectionless Service) 两类。

1) 面向连接服务：面向连接服务以电话系统为模式，在数据交换之前必须先建立连接。当数据交换结束后，则必须终止这个连接。在传送数据时是按序传送的。面向连接服务较适合在一定时期内要向同一目的地发送许多报文的情况。

2) 无连接服务：无连接服务以邮政系统为模式，每个报文信件带有完整的地址，并且每一个报文都独立于其他报文，由系统选定的路线传递。在正常情况下，当两个报文发往同一目的地时，先发的先到；但是，也有可能先发的报文在途中延误了，后发的报文反而先收到。

(4) 服务接口。 N 层向 $N+1$ 层提供的服务通过 N 层和 $N+1$ 层之间的接口来实现。接口定义了下层向其相邻上层提供的服务及原语操作，并使下层服务的实现细节对上层是透明的。 N 层使用 $N-1$ 层所提供的服务，向 $N+1$ 层提供功能更强大的服务。 N 层使用 $N-1$ 层所提供的服务时并不需要知道 $N-1$ 层所提供的服务是如何实现的，而只需要知道下一层可以为自己提供什么服务以及通过什么形式提供。

二、开放系统互联参考模型

1984 年，国际标准化组织 (ISO) 颁布了开放系统互联参考模型 (Open System Interconnection/Reference Mode, OSI/RM)，该模型规定了信息网络硬件和软件以层的方式协同工作和进行网络通信的技术要求，是生产厂设计和生产相关产品的基本框架。OSI/RM 采用分层的结构化技术，从低到高，分为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层 7 层。每一层都定义了所实现的功能、完成的相关通信任务和相邻上、下层间的数据交换格式。不同功能层次的网络互联时，所选择网络互联设备也不同，对应的相关协议也不同。

1. OSI 参考模型各层的功能

OSI 参考模型的每一层都有它必须实现的一系列功能，以保证数据包能从源节点传输到

目的节点。

(1) 物理层 (Physical Layer)。物理层是 OSI 参考模型的最低层, 定义了接口的机械特性、电气特性、功能特性和规程特性等基本特性, 为数据链路层提供服务, 从数据链路层接收数据, 并按规定的信号和格式向数据链路层提供数据和电路标识、故障状态及服务质量参数等, 以比特流的方式传送来自数据链路层的数据, 而不去理会数据的含义或格式。也就是说, 物理层只能看见 0 和 1, 没有一种机制用于确定自己所处理的比特流的具体意义, 而只与数据通信的机械或电气特性有关。

(2) 数据链路层 (Data Link Layer)。数据链路层是 OSI 参考模型的第二层, 为网络层提供低出错率、高可靠性的数据通信链路, 协调主机和通信设备之间的数据传输率, 负责通过物理层从一台计算机到另一台计算机无差错地传输数据帧, 允许网络层通过网络连接进行虚拟无差错的传输。通常, 数据链路层发送一个数据帧后, 等待接收方的确认, 接收方数据链路层检测帧传输过程中产生的任何问题, 没有经过确认的帧和损坏的帧都要进行重传。

(3) 网络层 (Network Layer)。网络层处于传输层和数据链路层之间, 负责信息寻址和将逻辑地址转换为物理地址, 控制数据分组传送系统的操作, 建立和撤销网络连接, 对传输层屏蔽低层的传输细节, 对数据分段重组、差错检测和恢复, 向传输层报告未恢复的错误, 控制流量以防网络过于拥挤, 根据传输层的要求来选择服务, 实现单链上的多网络连接复用。在网络层, 数据传送的单位是包。网络层的任务就是要选择合适的路径和转发数据包, 使发送方的数据包能够正确无误地按地址寻找到接收方的路径, 并将数据包交给接收方。网络中两节点之间达到的路径可能有很多, 应通过哪条路径才能将数据从源设备传送到所要通信的目的设备, 在寻找最快捷、花费最低的路径时, 必须考虑网络拥塞程度、服务质量、线路的花费和线路有效性等诸多因素。另外, 网络层还需要考虑采用不同网络层协议的网络之间的互联问题, 如 TCP/IP 使用的 IP 协议和 NOVELL 使用的 IPX 协议之间的互联。

(4) 传输层 (Transport Layer)。传输层的功能是负责处理端对端通信, 保证在不同子网的两台设备间数据包可靠、顺序、无错地传输。所谓端对端是指从一个终端 (主机) 到另一个终端 (主机), 中间可以有一个或多个交换节点。具体地说, 传输层向高层用户提供端到端的可靠的透明传输服务, 为不同进程间的数据交换提供可靠的传送手段, 把一个上层数据分割成更小的逻辑片或物理片, 发送方在传输层把上层交给它的较大数据进行分段后分别交给网络层进行独立传输, 从而实现在传输层的流量控制, 提高网络资源的利用率。在接收方将收到的分段数据重组, 还原成为原先完整的数据。另外, 传输层的另一主要功能就是将收到的乱序数据包重新排序, 并验证所有的分组是否都已收到。

(5) 会话层 (Session Layer)。会话层是利用传输层提供的端对端服务, 向表示层或会话用户提供会话服务。会话层的主要功能是在两个节点间建立、维护和释放面向用户的连接, 并对会话进行管理和控制, 保证会话数据可靠传送。传输层和会话层一般结合使用, 它们之间的连接有三种关系: 一对一关系, 即一个会话连接对应一个传输连接; 一对多关系, 一个会话连接对应多个传输连接; 多对一关系, 多个会话连接对应一个传输关系。会话过程中, 会话层需要决定到底使用全双工通信还是半双工通信: 如果采用全双工通信, 则会话层在对话管理中要做的工作就很少; 如果采用半双工通信, 会话层则通过一个数据令牌来协调会话, 保证每次只有一个用户能够传输数据。

会话层还提供了同步服务，通过在数据流中定义检查点来把会话分割成明显的会话单元，当网络故障出现时，从最后一个检查点开始重传数据。常见的会话层协议有结构化查询语言（SQL）、远程进程呼叫（RPC）、X-Windows 系统、AppleTalk 会话协议、数字网络结构会话控制协议（DNA SCP）等。

(6) 表示层（Presentation Layer）。表示层专门负责有关网络中计算机信息表示方式的问题，在不同的数据格式之间进行转换操作，以实现不同计算机系统间的信息交换。除了编码外，表示层用抽象的方式来定义交换中使用的多种数据结构（包括数组、浮点数、记录、图像和声音等），并且在计算机内部表示法和网络的标准表示法之间进行转换，用来完成对传输数据的转化。表示层还负责对数据的加密和解密，对文件的压缩和解压缩，以便在数据的传输过程中对其进行保护，通过算法来压缩文件的大小，降低传输费用。

(7) 应用层（Application Layer）。应用层是 OSI 参考模型中最靠近用户的一层，它直接与用户和应用程序打交道，负责对软件提供接口以使程序能使用网络。与 OSI 参考模型的其他层不同的是：它不为任何其他 OSI 层提供服务，而只是为 OSI 参考模型以外的应用程序和用户提供服务，包括为相互通信的应用程序或进程之间建立连接、进行同步，建立关于错误纠正和控制数据完整性过程的协商等。此外，应用层还包含大量的应用协议，如虚拟终端协议（Telnet）、简单邮件传输协议（SMTP）、简单网络管理协议（SNMP）、域名服务系统（DNS）和超文本传输协议（HTTP）等。

2. OSI 的层次间关系

在同一台计算机的层间交互过程与在同一层上不同计算机之间的相互通信过程是相互关联的。每一层向其协议规范中的上层提供服务，每层都与其他计算机中相同层的软件和硬件交换一些信息。

(1) 各层数据名称。为了使数据分组从源主机传送到目的主机，源主机 OSI 参考模型的每一层要与目标主机的每一层进行通信，如图 1-8 所示。用对等实体间通信表示源主机与目的主机对等层间的通信。在这一过程中，每一层的协议交换的信息称为协议数据单元 PDU（Protocol Data Unit），通常在该层的 PDU 前面增加一个单字母的前缀，表示为哪一层数据。如会话层数据称为会话层协议数据单元 SPDU（Session PDU），表示层协议数据单元为 PPDU，应用层协议数据单元为 APDU。通常，把传输层数据称为段（Segment），网络层数据称为数据包（Packet），数据链路层数据称为帧（Frame），物理层数据称为比特流（Bit）。



图 1-8 OSI 参考模型中各层数据名称对应图

在网络通信中，通过传输该层的 PDU 到对方的同一层（对等层），以实现通信。例如会话层通过传送 SPDU 和对端的会话层进行通信。从逻辑上讲，对等层间的通信是两个设备的同一层直接通信，而物理上每一层都只与自己相邻的上下两层直接通信。下层通过服务访问点（SAP）为上一层提供服务。两个设备建立对等层的通信连接，即在各个对等层间建立逻辑信道，对等层使用功能相同的协议实现对话，如主机 A 的第二层不能和对方的第三层通信。同时，同一层之间的不同协议也不能通信，如主机 A 的 E-mail 应用程序不能和对方的 Telnet 应用程序通信。

(2) 数据封装。图 1-9 简单示意了两个实现 OSI 七层功能的网络设备之间是如何进行通信的。任务从主机 A 的应用层开始，按规定的格式逐层封装数据，直至数据包达到物理层，然后通过网络物理传输介质到主机 B。主机 B 的物理层获取数据，向上层发送数据，直到数据到达主机 B 的应用层。

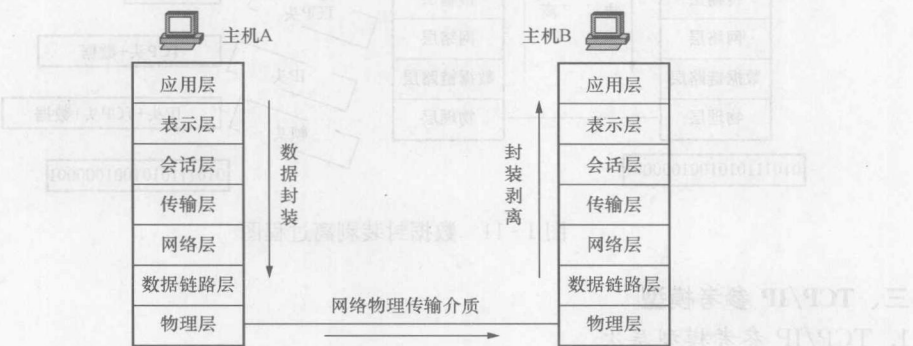


图 1-9 网络设备通信示意图

封装是指网络节点将要传送的数据用特定的协议打包来传送数据，有时候也可能在数据尾部加上报文。OSI 七层模型的每一层都对数据进行封装，以保证数据能够正确无误地到达目的地，并被终端主机理解及处理。图 1-10 描述了数据封装的全过程。

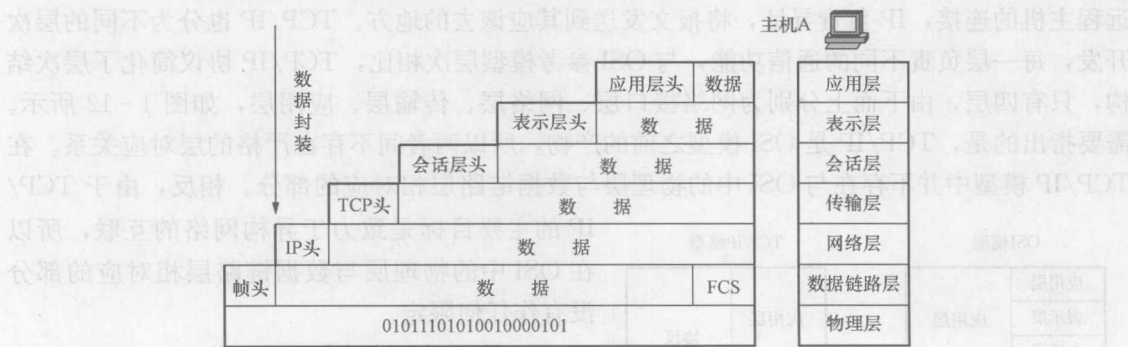


图 1-10 数据封装过程图

首先，主机的应用层将信息转化为能够在网络中传播，并能够被对端应用程序识别的数据；然后，数据在表示层加上表示层报头，协商数据格式，是否加密，转化成对端能够理解的数据格式；数据在会话层加上会话层报头；依此类推，传输层加上传输层报头，变为数据