

数字电视网络制播技术

杨盈昀 王彩虹 编著

广播电视工程专业『十二五』规划教材

图书在版编目(CIP)数据

数字电视网络制播技术/杨盈昀,王彩虹编著——北京:中国传媒大学出版社,2016.10

(广播电视工程专业“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-5657-1592-1

I. ①数… II. ①杨… III. ①数字电视—有线电视网
IV. ①TN943.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 013628 号

(广播电视工程专业“十二五”规划教材)

数字电视网络制播技术

SHUZI DIANSHI WANGLUO ZHIBO JISHU

编 著 杨盈昀 王彩虹
责 任 编 辑 李 明
装帧设计指导 吴学夫 杨 蕾 郭开鹤 吴 颖
设 计 总 监 杨 蕾
装 帧 设 计 刘 鑫 杨瑜静
责 任 印 制 阳金洲

出版发行 中国传媒大学出版社

社 址 北京市朝阳区定福庄东街1号 邮编:100024
电 话 86-10-65450528 65450532 传真:65779405
网 址 <http://www.cucp.com.cn>
经 销 全国新华书店

印 刷 北京玺诚印务有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 17.5
版 次 2016年10月第1版 2016年10月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5657-1592-1/T·1592 定 价 55.00 元

版权所有 翻印必究 印装错误 负责调换

前 言

随着信息技术的飞速发展,电视台网络化已全面展开并得到了广泛应用。与传统基于磁带的电视节目制作和播出系统相比,网络制播技术除了能更方便地进行节目制作和播出控制之外,还更容易实现素材共享、网络传送,而且打破了磁带编辑设备所需要的高精密机电设备的制约,使集成和开发变得更简单。目前,电视台的后期制作、节目播出、素材和节目存储、信息管理都基本上与网络连接,甚至一些电视台还实现了全台网络化。在这种背景下,我们开设了“网络制播技术”课程。本书是为该课程编写的配套教材。

网络制播技术是基于计算机技术、网络技术、高性能存储技术以及数字图像处理技术发展起来的电视节目制作和播出技术,涉及的技术基础比较多。网络制播技术同时又是一门应用性很强的技术。因此,本书的内容分为两大部分:基础部分与应用部分。基础部分先简要介绍了计算机网络技术,接着阐述了硬盘存储技术、网络附属存储(NAS)以及相应的文件系统、光纤通道与存储区域网(SAN)、iSCSI 协议和 IP 存储区域网;应用部分在介绍了网络制播系统架构的基础上,将目前电视台内网络分为节目制作网、节目播出网和共享服务系统三类,其中节目制作网络一章(第 8 章)还包括新闻制播网,将节目收录网和媒体资产管理系统纳入共享服务系统。由于篇幅有限,本书没有更多地涉及与网络制播技术相关的计算机技术、数据库以及数字图像处理技术等内容,读者可参考其他相关书籍。

本书对目前的网络制播技术从基础到系统应用作了较为系统的梳理,理论与实践并重,可作为电视台的技术人员、从事网络制播技术的研发和技术支持人员以及大专院校相关专业师生的参考书。

全书共分为 10 章,其中第 5 章和第 6 章由杨盈昀和王彩虹共同编写,其余章节均由杨盈昀编写。由于作者水平和时间有限,疏漏和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

目 录

前 言 /1

第1章 绪论 /1

1.1 基本概念 /1

1.2 发展概况 /2

1.3 电视台网的特点 /4

第2章 计算机网络概述 /7

2.1 计算机网络的基本概念 /7

2.2 计算机网络体系结构 /9

2.3 以太网 /13

2.4 TCP/IP 协议 /17

2.5 应用层 /21

2.6 以太网的组成 /23

2.7 存储网络 /27

2.8 云计算 /29

第3章 硬盘存储技术 /36

3.1 硬盘技术基础 /36

3.2 硬盘类型与接口 /41

3.3 SCSI 总线与协议 /47

3.4 硬盘阵列 /64

第4章 文件系统和网络附属存储 /77

4.1 文件系统 /77

4.2 直连存储(DAS) /83

4.3 附属网络的存储结构(NAS) /84

4.4 NAS 中的文件共享协议 /88

第5章 光纤通道和存储区域网 /102

5.1 光纤通道概述 /102

5.2 FC-0 物理接口和介质 /104

5.3 FC-1 字节同步和编码/解码体系 /105

5.4 FC-2 成帧和信令协议 /106

5.5 FC-3 公共服务 /109

5.6 光纤通道链路服务 /110

5.7 FC-4 上层协议映射 /117

5.8 FCP 数据传输过程 /117

5.9 光纤通道主要设备 /119

5.10 存储区域网 SAN(Storage Area Network) /122

5.11 DAS、NAS 和 SAN 剖析 /130

第6章 iSCSI 协议和 IP 存储区域网 /132

6.1 iSCSI 协议概述 /132

6.2 iSCSI 的命名和编址 /133

6.3 iSCSI 会话过程 /135

6.4 发现会话 /138

6.5 iSCSI PDU 格式 /139

6.6 正常操作会话 /145

6.7 iSCSI 的实现方式 /150

6.8 IP-SAN 系统组成 /151

6.9 FC-SAN 与 IP-SAN 的分析比较 /153

第7章 网络制播系统架构 /155

7.1 双网结构 /155

7.2 网络制播系统的基本构成 /158

7.3 全台网架构 /162

第8章 节目制作网络 /184

8.1 节目制作网概述 /184

8.2 全台网环境下的节目制作网 /185

8.3 新闻制播网 /198

第 9 章 节目播出系统 /209

9.1 节目播出系统概述 /209

9.2 硬盘自动播出系统 /211

9.3 网络化硬盘自动播出系统 /219

第 10 章 电视制播网络共享服务系统 /242

10.1 节目收录网 /242

10.2 媒体资产管理系统 /249

第1章 绪论

1.1 基本概念

网络制播技术泛指利用计算机网络对广播电视节目进行制作和播出的技术。具体来说,网络制播是指以数字电视和信息网络为基础,以高速网络和大容量存储为核心,以通用计算机和服务器为平台,全流程以文件为载体来实现电视节目制作播出的工作模式。

原广电总局制定的《电视台数字化网络化建设白皮书》和《广播电台数字化网络化建设白皮书》也分别给出了电视台网和广播台网的定义,其定义如下:

电视台网是指以现代信息技术和数字电视技术为基础,以计算机网络为核心,实现电视节目的采集、编辑、存储、播出、交换以及相关管理等辅助功能的网络化系统。

广播台网是指以现代信息技术和广播数字技术为基础,实现广播电台内容生产、运营和管理等综合业务的信息化网络平台。

从上述对电视台网和广播台网的解释可以清楚地看到,目前网络制播技术并不专指节目的制作和播出技术,而是涵盖了电视台内所有的网络化技术。因此,网络制播系统也就具有多种类型。

根据网络具有的主要功能,可以将网络制播系统划分为节目制作网、新闻制播网、节目播出网、收录网和媒体资产管理网等。

节目制作网,又称后期制作网或节目包装网。它的主要功能是对节目进行深度编辑和制作,利用非线性编辑软件将各种素材制作成各种宣传片、预告片以及节目的片头等。

新闻制播网的主要功能是新闻节目的制作和播出,将新闻素材快速编辑完成并尽快用于新闻节目的播出。因此,新闻制播网具有节目制作实效性强、流程较复杂等特点。

节目播出网的主要功能是利用播出服务器在播出控制机的控制下实现节目自动播出。它包括节目备播、节目编排、节目播出等。

收录网的主要功能是录制外来节目。在收录控制机的控制下,将外来节目上载到收录服务器,并上传至中央共享存储体中,供其他网络调用。

媒体资产管理网简称媒体资产管理系统网,主要功能是对各种类型的媒体资料数据进行全面管理,以达到影视节目长期保存和重复利用的目的,满足影视节目的制作、播出

和交换的需要。

根据网络规模的大小,可将网络制播系统分为小型网络、中型网络和大型网络。

小型网络是指功能较单一、工作站点较少、存储容量较小的网络。比如,一个小型栏目组为实现素材共享而搭建的网络。

中型网络是指功能较单一、工作站点较多、存储容量较大的网络。比如,由一个部门构建的节目制作网。

大型网络是指功能多、工作站点多、存储容量大、流程复杂、可靠性要求高、子系统间关系复杂的网络。比如,大型制作网络包含了上下载与转码、数据迁移与备份、粗编与精编、配音与审片、文稿和串联单的传输与管理、资料检索与浏览等功能,因此,相应的网络规模大,架构也更加复杂。

根据网络的存储结构,网络制播系统可分为 NAS 网、IP-SAN 网、FC-SAN 网以及 xSCSI 网等。

NAS 网中文为附网存储,指将存储设备(NAS 设备)通过标准的网络拓扑结构(如以太网)直接连接到一系列计算机上的存储架构。这种网络架构简单,基于 TCP/IP 体系结构,对传统的局域网改动小,但传输带宽受限制,适用于小型网络以及要求不高的中型网络。

IP-SAN 网是基于 iSCSI 技术构建的 SAN(存储区域网)网络。由于它与 NAS 网一样都只采用了 IP 技术作为网络层,因此又都被称为单网结构。这种结构可以充分利用现有设备加以扩展,系统建设时对现在系统改动较小,管理、维护方便。同样,传输带宽也受到 IP 网络的限制,因此适用于中小型网络。

FC-SAN 网指利用光纤通道技术(Fiber Channel)构建的 SAN 网络。它通常被称为双网结构,是因为在这种结构中的存储区域网是由光纤通道网络和以太网络两个网络共同构成的,其中 FC 光纤通道网络负责实际数据的高带宽传输,以太网络负责工作站与元数据服务器之间、工作站与工作站之间的元数据信息传输和交换。这种结构网络构建成本高,但传输码率高且性能稳定,适用于大型、中型网络。

xSCSI 网是将 FC-SAN、IP-SAN 以及 NAS 网络相结合的网络,由于这些网络的 SCSI 上层协议各不相同,因此称为 xSCSI 网。xSCSI 网的核心思想是利用 FC-SAN 网的高性能与单网结构的低成本,用高性能存储结构构建核心高速数据存储层,并配合具有分布处理能力的 iSCSI Target、NAS 网关、FTP 服务器和流媒体服务器等组成媒体数据访问层,为不同类型的客户端提供不同服务质量的数据存取服务。

1.2 发展概况

网络制播技术在我国出现于 20 世纪 90 年代中后期。当时,随着数字技术和计算机技术的发展,出现了基于计算机平台的非线性编辑系统和硬盘录像机,它们分别用于电视节目后期制作和节目播出。计算机平台的使用使得电视节目制作和播出技术与 IT 技术紧密地联系在了一起。因此,随着计算机网络技术的发展,电视台节目制作的网络化

也水到渠成。1998年,北京中科大洋科技发展股份有限公司(简称大洋)开发出全球第一套基于FC-SAN技术的非线性制作网络系统并成功应用于河北电视台,促进了国内非线性网络技术的普及与发展,为全国电视行业随后普遍采用FC和以太网共存的双网结构方案奠定了基础。2002年,大洋与福建台合作建成的新闻网项目荣获“国家科学技术进步一等奖”。该项目是全球第一个运用双网结构、双压缩比概念的非线性电视新闻综合网络系统。从1998年到2002年,网络制播技术主要专注于节目制作网、新闻制播网与节目播出网的研发。

从2002年开始,全国各电视台纷纷上马媒体资产管理系统网,影响力较大的是2004年建成的中央电视台国家音像资料馆项目。在这期间,各电视台已经陆续建设了节目制作网、新闻制播网、媒体资产管理系统网与节目播出网等多个网络,但在使用中发现,单个网络“孤岛”尚不能将网络的优势充分发挥出来,因此开始了将这些网络互联互通以及全台网的研发。

2003年,索贝数码科技股份有限公司与深圳电视台签署了全台网络解决方案,开创了国内第一个涵盖卫星信号收录、新闻制播、节目制播、广告插播、媒体资产管理、节目发布、办公网络在内的全台业务解决方案。到2006年,前广电总局科技司因势利导,组织调研并编制了《电视台数字化网络化建设白皮书(2006)》(以下简称《白皮书(2006)》)。该文件提出了电视台进行台内资源整合、生产方式转型、业务流程再造的规范化思路。随着技术的发展,单个网络业务板块的内涵不断丰富,很快出现了“大新闻”“大播出”的概念,实现了更高层次的资源整合和流程再造;全台网建设成为下一步台内网络化发展的重点;各台对网络化建设有了更为理性的认识,不仅关注网络建设,而且关注网络运行的可管可控;不仅重视技术,而且重视对现有和未来业务的支撑。2007年,在《白皮书(2006)》确立的台网框架基础上立足电视台网的应用实践,前广电总局科技司又出台了《电视台数字化网络化建设白皮书(2007)》(以下简称《白皮书(2007)》),并于同年出台了《广播电台数字化网络化建设白皮书(2007)》。这些文件的出台促进了电视台网络化的规范发展。2008年,国内第一家大型省级电视台——北京电视台新台址全台制播网络系统的建成标志着国内全台网发展迈入了新的阶段。

2009年,随着电视台高清电视发展的需要,网络制播技术开始转向高、标清同播平台的研发与建设,典型的案例是索贝公司为日本富士电视台建设的高清新闻网络生产系统项目于2010年10月成功通过用户接收测试。2010年,网络制播技术主要探索全媒体网络平台的建设,一方面考虑如何与新媒体技术融合,另一方面考虑如何更好地利用云技术。2010年12月,索贝公司签署了山东网络电视台新媒体平台全套系统的建设协议,并于2011年11月建成,其中包括四大业务板块:视频网站、IPTV、互联网电视、山东手机台。2011年12月,索贝公司在Cybervision新媒体整体解决方案和系列产品中推出了基于云平台的相关服务,包括云收录、云网台、云编辑、云分发等,为新媒体客户提供全方位的全流程服务。虽然这些技术的研发已经初有成效,不过有关新媒体、云技术等新技术在电视台网络技术的应用还没有完全发挥出来,仍在研究之中。

当前,国内网络制播技术主要的发展趋势是:如何开展全台文件化与 IP 化;如何利用云技术提高资源(包括存储资源、计算资源以及其他通用设备资源)的利用率和架构的灵活性;如何构建新的网络架构体系以便从内容、生产工艺、传输渠道等方面实现全媒体的有效融合,提高节目的吸引力和趣味性,真正实现多屏有机互动。

经过多年的发展,我国网络制播技术已经走在了世界的前列。当然,国外广播电视技术工作者对网络制播技术也开展了大量的研究与实践。在我国 2007 年推出了《白皮书(2007)》之后的第二年,欧广联也组织召开了以“互联互通基本架构——SOA(面向服务架构)”为主题的网络会议,并于 2012 年 9 月发布了 FIMS(用于互操作媒体业务的框架)媒体 SOA 框架的系列规范——“SPECIFICATION OF THE FIMS MEDIA SOA FRAMEWORK”;在 2013 年 6 月又发布了媒体存储框架模型(MEDIA STORAGE FRAMEWORK MODEL)和用于媒体传输业务的服务水平协议(SERVICE LEVEL AGREEMENT FOR MEDIA TRANSPORT SERVICES)技术文件。这些文件的发布与推出促进了欧洲国家网络制播技术的发展。同样,美国的 SMPTE 也发布了“SPECIFICATION OF THE FIMS MEDIA SOA FRAMEWORK”等与网络化节目制作和播出相关的标准。

1.3 电视台网的特点

前文在电视台网的定义中已说明电视台网络包括电视台的管理系统网络化、电视节目制作和播出网络化、媒体资产管理网络化,其实质是局域网。与普通局域网相比,电视台网要求更大的传输带宽、更高的存储容量、更加复杂的工作流程。

表 1-1 《白皮书(2007)》高质量视音频文件编码格式应用建议参考

制式		标清(SD)	高清(HD)
板块			
新闻制播板块	视频	MPEG-2 I 25~50Mbps; DVCPRO50;DCPROV25 等	MPEG-2 I ≥100Mbps; DVCPRO HD; HDCAM; DNxHD; JPEG 2000; H. 264……
	音频	PCM 48KHz, 16bit, 单/双声道	PCM 48KHz, 16/20/24bit, 单/双/多声道
综合制作板块	视频	MPEG-2 I 25~50Mbps	MPEG-2 I 100~145Mbps; DNxHD 120~180Mbps; JPEG 2000; H. 264……
	音频	PCM 44.1/48KHz, 16/20/24bit, 双/多声道	PCM 48KHz, 16/20/24bit, 双/多声道

续表

制式		标清 (SD)	高清 (HD)
板块			
播出分发 板块	视频	MPEG-2 IBP 12~25Mbps	MPEG-2 IBP 50~120Mbps; JPEG 2000; H.264.....
	音频	PCM 44.1/48KHz, 16/20/24bit, 单/双 声道	PCM 48KHz, 16/20/24bit, 双/多声道
数字内容 管理板块	视频	原格式	原格式
	音频	原格式	原格式

节目制作网、播出网、媒体资产管理系统网都需要传输广播级的音频与视频信号,尤其是节目制作网,为了保证做到实时的节目编辑与播放,就需要很高的、稳定的传输码率,相应的也需要更高的存储容量。表 1-1 为《白皮书(2007)》给出的高质量视音频文件编码格式应用建议参考。

从表 1-1 可见,要进行广播级标清节目的非线性编辑,如果单轨编辑码率要求为 50Mbps,那么因为每台非线性编辑机通常需要编辑 AB 两轨,所以在 AB 两轨同时运行时就需要 100Mbps 的带宽。如果再考虑容错,这个带宽还会更高。如果进行高清电视节目的编辑制作,按照表 1-1 的建议,单轨编辑码率至少要求为 100Mbps,在 AB 两轨同时运行的时候,就需要 200Mbps 的带宽。这还只是一台非线性编辑机所需要的码率,当数十台甚至上百台非线性编辑机同时工作时,总码率可想而知了。

对于工作流程而言,不同功能的网络工作流程不同。早期的节目制作网工作流程最简单,但也需要有上传、节目粗编、节目精编、节目配音、故事板合成、节目审查、节目下载等流程。全台网络化以后,还要考虑与其他网络的互联互通问题,比如要考虑如何从媒体资产管理系统网或收录网调入素材、制作完成的节目如何输入播出网或归档输入到媒体资产管理系统网等。其他几种网络的工作流程就更复杂了。这些网络的具体工作模型和流程将在后面几章进行介绍。

本章习题与思考题

- 1. 什么是电视台网?
- 2. 根据网络具有的主要功能,可以将网络制播系统分为哪几类? 每种类型的网络具有哪些主要功能?
- 3. 根据网络的规模,可以将网络制播系统分为哪几类?
- 4. 目前在网络制播系统中所提到的单网是指哪两种网络?
- 5. 什么是 xSCSI 网? 它有什么特点?
- 6. 我国网络制播技术的发展可分为哪几个阶段? 每个阶段各有什么特点?
- 7. 简述电视台网的特点。

主要参考文献

1. 电视台数字化网络化工作组. 电视台数字化网络化建设白皮书(2007). 2007.
2. 广播电台数字化网络化工作组. 广播电台数字化网络化建设白皮书(2007). 2007.
3. 徐威. 数字电视网络制播技术. 北京: 中国广播电视出版社. 2008.
4. Tech 3556 SPECIFICATION OF THE FIMS MEDIA SOA FRAMEWORK. EBU, 2012.
5. Tech 3558 MEDIA STORAGE FRAMEWORK MODEL. EBU, 2013.
6. Tech 3362 SERVICE LEVEL AGREEMENT FOR MEDIA TRANSPORT SERVICES. EBU, 2013.

第2章 计算机网络概述

虽然电视台内的制播网络主要架构为存域网,但通用的计算机网络技术仍是其基础,因此在介绍存域网之前,先简要回顾一下通用的计算机网络技术。

2.1 计算机网络的基本概念

2.1.1 计算机网络的定义

计算机网络是指通过数据通信系统把在地理上分散的自主计算机系统连接起来,以达到数据通信和资源共享目的的一种计算机体系。计算机网络是计算机技术与通信技术高度结合的产物,一方面,通信系统为计算机之间的数据传送提供重要的支持;另一方面,由于计算机技术渗透到通信领域中,它极大地提高了通信网络的性能。

从应用角度看,计算机联网主要有三个方面的原因,也可以说是计算机网络的主要功能,它们是:

1. 实现网络中的资源共享

使设置在一个计算机系统内的某些贵重的硬件资源和丰富的软件资源可以被联网的其他计算机系统所共享,如大容量的磁盘阵列。

2. 使用远程资源成为可能

网络可使本地用户与近程和远程计算机之间实现文件传送;对远程计算机上的文本进行编辑,编译远程计算机上的程序,设置远程计算机上的程序参数,运行程序并取回结果,从根本上改变用户使用计算机资源的环境和方式。

3. 均衡负载、相互协作

将计算任务较繁重的计算机系统内的任务转移到空闲的计算机上去处理,以调节各系统的负荷。

2.1.2 计算机网络的类型

计算机网络有多种分类方法,常用的一种分类方法是按地理范围来分类。按照这种

标准可以把计算机网络划分为局域网、城域网、广域网和互联网。

1. 局域网

局域网(Local Area Network,简称 LAN)是指在局部范围内使用的网络,它所覆盖的地区范围较小,其网络所涉及的地理距离一般来说可以是几米至 10 公里以内。局域网一般位于一个建筑物或一个单位内,不存在寻径问题,也不包括网络层的应用。目前,局域网是最常见、应用最广的一种网络,几乎每个单位都有自己的局域网,甚至有的家庭都有自己的小型局域网。局域网在计算机数量配置上没有太多的限制,少的可以只有两台,多的可达几百台。

局域网的特点是:连接范围窄、用户数量少、配置容易、连接速率高、可靠性及安全性较强。目前,局域网最快的速率可达到 10Gbps。IEEE(美国电气和电子工程师协会)的 802 委员会定义了多种主要的 LAN:以太网(Ethernet)、令牌环网(Token Ring)、光纤分布式接口网(FDDI)、异步传输模式网(ATM)以及无线局域网(WLAN)。

2. 城域网

城域网(Metropolitan Area Network,简称 MAN)一般指在一个城市但不在同一地理范围内的计算机互联。城域网的连接距离可以在 10~100 公里。与 LAN 相比,MAN 覆盖范围更广,连接的计算机数量更多,从连接距离来看可以说是 LAN 的延伸。在城市中,一个 MAN 通常连接着多个 LAN,比如,一个 MAN 可能连接政府机构的 LAN、医院的 LAN、电信的 LAN、公司企业的 LAN 等。

城域网遵循 IEEE 802.6 标准,多采用 ATM 技术做骨干网。ATM 包括硬件、软件以及与 ATM 协议标准一致的介质,是一种用于数据、语音、视频以及多媒体应用程序的高速网络。ATM 提供一个可伸缩的主干基础设施,以便能够适应不同规模、速度以及寻址技术的网络。ATM 的最大缺点就是成本太高,所以一般用于政府机构或公共部门,如银行、医院、邮政等。

3. 广域网

广域网(Wide Area Network,简称 WAN)也称远程网,所覆盖的范围比城域网更广,地理范围可从几百公里到几千公里,一般是在不同城市之间的 LAN 或者 MAN 互联。

因为覆盖范围较广,信息衰减比较严重,因此 WAN 一般采用专线,由大型电信公司提供,供给任何单位和个人租借。因 WAN 连接用户多,总出口带宽有限,所以用户的终端连接速率一般较低,通常为 9.6Kbps~45Mbps,如邮电部的 CHINANET、CHINAPAC 和 CHINADDN 网。

4. 互联网

互联网(Internet)是指以一组通用的协议相连而形成逻辑上的单一巨大国际网络。从地理范围来看,互联网是全球计算机的互联。互联网的结构是按照包交换(也称分组交换)的方式连接的分布式网络,因此在技术层面上,互联网不存在中央控制的问题。

互联网的最大特点是网络用户的不确定性,整个网络上随时都有用户接入与断开。当某个用户与互联网连接时,其计算机就属于互联网,而当用户断开与互联网的连接时,其计算机就不属于互联网了。互联网的优点很多,包括信息量大、信息交换种类多(视频、图片、文章等)、传播远、使用成本低、时效性强、不受空间限制、交互性好等。目前,互联网得到了广泛的应用。

对于上述几种网络,在电视台内主要使用的还是局域网。在后文的介绍中,如果没有特殊说明一般都是指的局域网。

2.2 计算机网络体系结构

2.2.1 计算机网络体系结构的概念

计算机网络是由型号各异的计算机和终端设备等实体通过通信线路连接起来的复合系统。在这个系统中计算机类型、通信线路类型、连接方式、同步方法和通信方式等的不同,给网络各个结点间的通信带来诸多不便。不同厂家、不同型号的计算机通信方式各有差异,通信软件须根据不同情况进行开发,特别是异型网络的互联,它不仅涉及基本的数据传输,同时还涉及网络的应用和有关服务。因此,要做到无论设备内部结构如何都能互相发送可以理解的信息,这样的软件设计起来很复杂。为了简化对复杂计算机网络的研究工作,需要制定一个各个生产厂家共同遵守的标准。

制定标准采用的基本方法是针对计算机网络所执行的各种功能,设计出一种网络体系结构层次模型,这个层次模型包括两个方面:其一是将网络功能分解为许多层次,在每个功能层次中,通信双方共同遵守约定和规程以避免混乱,这叫同层协议(简称协议);其二是层次之间逐层过渡,前一层次做好进入下一层次的准备工作,这叫接口协议(简称接口)。接口可以是硬件,但多为软件,完成如数据格式的变换、地址的映射工作等。

层次方式的示意图见图 2-1。实体 1 和实体 2 之间的通信在经过物理传输介质传送之前,信息的组织变换经过了一个比较复杂的过程,假定将这个过程细分为 4 个层次 A、B、C、D。下面对这 4 个层次的工作过程作一个简要介绍:首先假定用户在实体 1 的终端上操作,需要调用实体 2 的某应用程序进行计算或控制。用户在实体 1 终端上打入各种命令,这些命令在应用层中得到解释和处理;接下来将解释处理的结果交给对话管理层,要求建立与实体 2 的互相联系。对话建立之后转入下一层,要求对要传送的内容进行编址,并进行路由选择和报文分组等工作。分组传送的报文经数据链路控制层,变换成二进制的脉冲信号,再沿公用传送介质(信道)发送出去,即从实体 1 打入的命令,要经过 D、C、B、A 4 个层次顺序的处理才能发送到物理信道中去。

实体 2 从通信线路上接收信号,首先经过数据链路控制层将二进制脉冲编码接收下来;然后根据编址情况将分组报文重新组合在一起;再送到对话管理层去建立联系;最后送到应用管理层去执行应用程序。即接收方实体 2 也要顺序经过 A、B、C、D 4 个层次才能完成接收任务。如果实体 2 再发送信息,也要经过上述类似的过程。

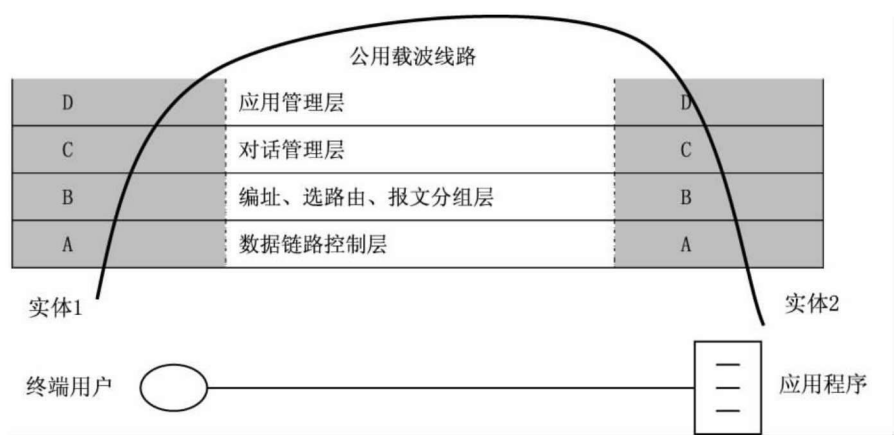


图 2-1 网络层次方式示意图

从图 2-1 可以看出,层次是根据功能来划分的。这种按功能划分的层次结构只有存在于网络的每个实体之中才能完成互相通信的任务。在层次划分之后,每一层次都要规定大家共同遵守的规则和约定,被称为层次协议,它只对所属的操作有约束力。因此,对某层协议作修改或补充时,不至于影响到其他层次。整个网络的协议是由各个层次的协议共同组成的。

另外还可以看出,由于层次按功能划分,从一个层次过渡到另一个层次还必须具备一定的条件,前一个层次所完成的工作应该为后一个层次的工作做好准备,在任何两个层次之间都存在接口问题。作为网络的系统结构,主要包括协议和接口两个方面的内容,在协议和接口确定之后,网络的系统结构也就确定了下来。

2.2.2 开放系统互联参考模型 (OSI)

国际标准化组织(ISO)1981 年正式推荐了一个网络系统结构 7 层参考模型,叫作开放系统互联参考模型(Open System Interconnection, OSI),这是一个定义连接异种计算机标准的结构。OSI 为连接分布式应用处理的开放系统提供了基础,采用分层的结构化技术。

开放系统互联参考模型共有 7 层(如图 2-2),每层各自具备一定的功能,由低层到高层分别为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。

下面简要介绍各层的功能:

物理层:在通信线上传输原始比特流,其有关参数包括信号电平、比特宽度、物理数据率和最大传输距离等。它涉及通信方式(单工、半双工、全双工),通信连接的建立与终止以及物理链路接口的电气、机械特性和所使用的物理传输介质。

数据链路层:其主要任务是加强物理层传输原始比特流的功能,以便为网络层显现一条无错线路。因为物理层仅仅接收和传送比特流,并不关心它的意义和结构,所以只能依赖数据链路层来产生和识别数据帧边界。在数据链路层,发送方把输入数据分装在

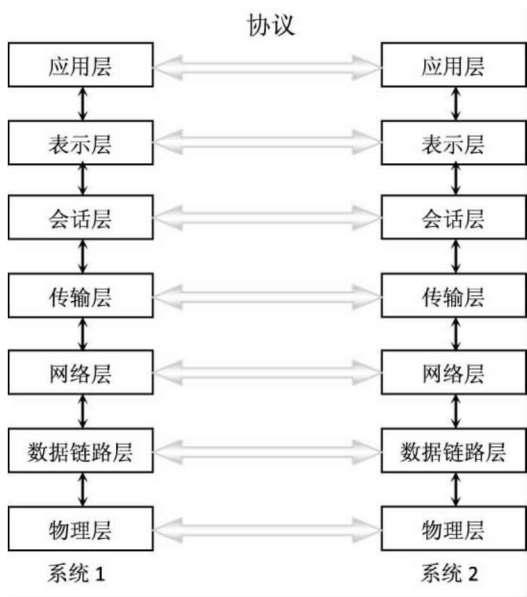


图 2-2 开放系统互联参考模型 (OSI)

数据帧里(典型的帧为几百字节或几千字节),按顺序传送各帧,并处理接收方回送的确
认帧。

具体来说,数据链路层需要完成物理编址、网络拓扑结构、错误校验、帧序列以及流
量控制等功能。物理编址(相对应的是网络编址)定义了设备在数据链路层的编址方式;
网络拓扑结构定义了设备的物理连接方式,如总线拓扑结构或环形拓扑结构;错误校验
是对传输数据进行误码校验并向发生传输错误的上层协议告警;帧序列指在数据链路层
形成的数据帧序列;流量控制用于让发送方知道接收方还有多少缓存空间,以使接收设
备不会因为在某一时刻接收到了超过其处理能力的信息流而崩溃。

数据链路层又分为逻辑链路控制子层(Logical Link Control,简称 LLC)和介质介入
控制子层(Media Access Control,简称 MAC)。逻辑链路控制子层管理单一网络上的设
备间的通信。IEEE802.2 标准定义了 LLC,它支持无连接服务和面向连接服务。介质介
入控制子层管理访问物理网络介质的协议。IEEE MAC 规则定义了 MAC 地址,以标识
数据链路层中的多个设备。

网络层:提供路由选择及其相关的功能等,使得多个数据链路被合并到互联网上,这
是通过设备的逻辑编址(相对应的是物理编址)完成的。网络层为高层协议提供面向连
接服务和无连接服务。网络层协议一般都是路由选择协议,但其他类型的协议也可在网
络上实现。它的特性对高层是透明的。它根据传送层的要求来选择服务质量,并向传送
层报告未恢复的差错。

传输层:实现向高层传输可靠的互联网络数据的服务,即从会话层接收数据,并且在
必要时把它分成较小的单元,传递给网络层,并确保到达对方的各段信息正确无误。传
输层的功能一般包括多路传输、流量控制及差错校验和恢复。多路传输使得多个应用程