

自动化

专业本科系列教材

Wangluo Kongzhi Xitong

网络控制系统

张云生 祝晓红 王静 编

重庆大学出版社

网络控制系统

张云生 祝晓红 王 静 编

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书内容包括:计算机网络基础,网络的体系结构及互联技术,现场总线控制网络,控制网络设备及布线安装,分布式的网络控制系统,网络控制系统的实施和应用。

本书图文并茂,突出与应用技术相关的内容,有助于读者了解复杂系统的分层结构、计算机网络控制的基本原理和系统概貌,实时控制程序的设计方法,以及网络控制系统的实施方法。适合相关专业的高年级本科生及工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

网络控制系统/张云生,祝晓红,王静编. —重庆:重庆大学出版社,2003.6

自动化专业本科系列教材

ISBN 7-5624-2836-0

I. 网... II. ①张... ②祝... ③王... III. 计算机网络—自动控制系统—高等学校—教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 013091 号

网络控制系统

张云生 祝晓红 王 静 编

责任编辑:谭 敏 版式设计:谭 敏

责任校对:何建云 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400044

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆大学建大印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:13.25 字数:330千

2003年6月第1版 2003年6月第1次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5624-2836-0/TP·391

定价:16.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

序 言

计算机网络是计算机技术与通信技术发展的结晶,自1946年第一台计算机问世以来,计算机经历了单机—远程访问系统—网络的发展过程。目前,计算机网络技术发展非常迅速,在工业、农业、交通运输、邮电通信、文化教育、商业、国防以及科学研究等各个领域各个行业得到了越来越广泛的应用。随着自动控制、微电子技术的发展,大量智能控制芯片和智能传感器的不断出现,网络控制系统已成为工业控制领域研究的热点。网络控制系统即网络化的控制系统,又称为控制网络,它体现了控制系统向网络化、集成化、分布化、节点智能化发展的趋势。

计算机技术、网络技术、传感技术的飞速发展,引起了控制领域的深刻变化,并逐步形成网络化、全分布、全开放的自动控制体系结构。目前广泛应用的现场总线技术,就是这场深刻变革中的重要产物,它使得现场仪表之间、现场仪表和控制室设备之间构成网络互联系统,实现全数字化、双向、多变量数字通信,一改过去长时间运用的4~20mA的模拟信号标准,这就为整个工控系统全数字化运行奠定了基础。它借助网络化的特点,把实现先进控制算法中难以处理的系统复杂性处理为信息交换方式,形成集优化设计和精确控制为一体的自动化集成控制系统,创造了把先进控制理论应用到工程实际中的一大飞跃。

从计算机控制系统的发展历程来看,现场总线控制系统FCS是继基地式气动仪表控制系统、电动单元组合式模拟控制系统、集中式数字控制系统、集散控制系统DCS后的新一代控制系统。由于它适应了工业控制系统向分散化、网络化、智能化发展的方向,给自动化系统的最终用户带来更大实惠和更方便,并促使目前生产的自动化仪表、集散控制系统DCS、可编程控制器PLC产品面临体系结构、功能方面的重大变革,导致

工业自动化产品的又一次更新换代,因而现场总线已成为世界瞩目的自控技术热点,被誉为跨世纪的自控新技术。

另一方面,随着物理设备和系统功能的扩充,传统控制系统中点对点的通信模式在控制系统的信号传输中已达到了它的应用极限。而具有通用总线结构的网络系统,即称之为网络控制系统的 NCS 则以其完整的体系结构,分布式的操作运行模式,相对独立又能很好互联的通信方式,非常节省的布线和信号可靠性,显示出种种优点。尤其对于生产过程控制,它使基于对象的模型分为两类,特殊的设备类型和特殊的生产类型。网络控制系统在每一节点都具有特殊的处理功能,允许控制功能模块化和界面标准化,相互交互和相互渗透,而由通信来连接复杂的生产过程。

网络控制系统的思想就是应用一系列通信网络去交换分布系统中不同的物理元件之间的系统信息与控制信号。标准的串行通信适合构建网络控制系统,如菊花链 RS—232 标准、多点 RS—485 标准、以太网、IEEE802.11 无线通信标准。现在已开发应用的专用网络协议,有工业自动化应用系统的控制器局域网(CAN)协议,具有载波多路侦听/冲突检测(CSMD/CD)的以太网协议和现场总线协议等等。

然而传统计算机控制系统课程都侧重于论述离散控制原理及其设计方法,对计算机控制的动态性能、指标进行分析,有的虽也涉及控制系统的程序设计和硬件接口的实现技术,但对网络控制系统,对以现场总线,特别是以网络方式实现综合自动化相关的软、硬件设备及体系结构介绍不多,其内容已与技术的发展有了一定的差距。

本书的主要目的就是把网络化、信息化的概念彻底引入到控制领域,以适应目前信息网络时代对工业自动化提出的新要求。随着微处理器与计算机及 I/O 装置、数字化检测控制设备等功能的不断增长,计算机技术和网络技术的迅速发展,实现先进控制的关键是研究和学习如何根据系统的复杂性,结构、参数的可变性,环境因素的影响等,把控制理论中提出的各种先进控制方法予以在线实施,采用信息传输、系统分解、网络连接的有效形式和手段构成分布的集成控制系统。

本书的主要内容涉及:结合目前已经出现的成熟控制系统软、硬件产品,介绍网络化控制系统的体系结构,组成系统的相关设备及性能特点,网络控制系统原理和设计方法,先进控制

的实现技术和应用。此外,由于网络的特性,传统的控制理论诸如同步控制、非延时触发和制动控制等应用于网络控制系统之前必须要做相应的修正,因此本书还针对控制系统的要求介绍了计算机网络的基本知识。

本书的意图不是讨论网络的控制,而是讨论通过网络进行设备和生产过程的控制,网络控制系统的设计主要是针对对象物理设备而不是网络的性能和稳定性。当然,为了满足网络控制系统的时间限制和保证其性能,也必须分析网络传输的最优算法和设备连接控制的设计。

全书共分6章。第1章为计算机网络基础,概述网络与控制、计算机网络功能特征、网络应用的瓶颈问题、网络基本体系结构、网络系统的关键技术、计算机网络的类型、计算机网络通信、局域网技术及应用等基础知识。第2章则详细介绍网络的体系结构及互联技术。第3、4章分别介绍了现场总线控制网络、控制网络设备及布线安装。第5章为分布式的网络控制系统。第6章则从网络集成应用的角度,介绍网络控制系统的实施和应用,以使读者能较早地接触到目前已经广泛使用的网络控制系统和相关的数字、网络设备,便于今后能尽快地应用网络系统和控制的基本原理设计和实现集成控制系统。

本书图文并茂,突出与应用技术相关的内容,有助于读者了解复杂系统的分层结构、计算机网络控制的基本原理和系统概貌,实时控制程序的设计方法,以及网络控制系统的实施方法。

本书由张云生教授主编,并校阅全文。其中,第1、2章由王静同志编写,第3、4章由祝晓红同志编写,第5、6章及1.1节由张云生教授编写。

在此,我们还要向为本书编写提供资料的单位和个人表示诚挚的谢意。

由于时间仓促,编者掌握的资料不够全面,对网络控制系统的研究开发还有待深入,缺点和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2002年12月

目 录

第1章 计算机网络基础	1
1.1 网络与控制	1
1.2 计算机网络的发展	2
1.3 计算机网络的功能特征	3
1.3.1 应用方式和特性	3
1.3.2 网络应用的瓶颈问题	4
1.3.3 网络的基本体系结构	4
1.4 网络系统的关键技术	5
1.4.1 路由技术和交换技术的配合	5
1.4.2 分布对象管理	6
1.4.3 接入网技术	6
1.4.4 网络安全和管理	6
1.4.5 提高性能协议和主动网络	7
1.5 计算机网络的类型	8
1.5.1 按网络分布的范围和计算机间互联距离分类	8
1.5.2 按网络拓扑结构分类	8
1.5.3 按计算机网络的管理性质分类	9
1.6 数据通信技术方式	9
1.6.1 电路方式	9
1.6.2 分组方式	10
1.6.3 帧方式(帧中继)	11
1.6.4 信元方式	12
1.7 计算机网络通信	13
1.7.1 通信的基本原理	13
1.7.2 网络通信常用的三种手段	14
1.7.3 文件的传输	15
1.7.4 音频、视频的传输	15
1.8 计算机入网的方式	17
1.8.1 电话拨号上网	17
1.8.2 通过局域网上网	18

1.9 局域网技术及应用	19
1.9.1 局域网的基本概念	19
1.9.2 传输媒体	20
1.9.3 局域网的逻辑结构及相关标准	21
1.9.4 常用的局域网技术	22
第2章 网络的体系结构及互联技术	27
2.1 几个基本概念	27
2.2 协议的制定	28
2.3 OSI/RM 参考模式	29
2.3.1 物理层	31
2.3.2 数据链路层	32
2.3.3 网络层	32
2.3.4 传输层	34
2.3.5 会话层	34
2.3.6 表示层	35
2.3.7 应用层	36
2.4 OSI/RM 的实现模式	36
2.5 Windows NT 体系结构	36
2.6 MAP/TOP 体系结构	37
2.7 TCP/IP 协议集	38
2.8 典型网络体系结构的设计分析	39
2.8.1 FDDI 网络体系结构光纤分布式数据接口	40
2.8.2 ATM 网络体系结构异步传输模式	41
2.8.3 快速以太网	43
2.9 网络中常用的协议比较	43
2.9.1 选择网络通信协议的原则	43
2.9.2 对局域网中常用的3种通信协议分析比较	44
2.10 网络系统 Unix、IntranetWare、Windows NT 集成 技术	47
2.10.1 网络系统集成的基础	47
2.10.2 集成系统的安装与配置	48
2.10.3 集成系统可以实现的功能	51
2.11 网络互联技术及应用	52
2.11.1 网络互联的基本概念	52
2.11.2 互联设备	53
2.11.3 广域网	57
2.11.4 企业网的组建	59

第3章 现场总线控制网络	60
3.1 集散型控制系统(DCS)	60
3.1.1 DCS 的结构	61
3.1.2 DCS 的特点	64
3.1.3 DCS 网络的标准体系结构	65
3.2 现场总线技术	66
3.2.1 现场总线定义	66
3.2.2 现场总线简介	66
3.3 现场总线网络的特点与优点	67
3.3.1 现场总线系统的结构特点	67
3.3.2 现场总线系统的技术特点	68
3.3.3 现场总线的优点	69
3.4 现场总线的几种类型	69
3.4.1 基金会现场总线	69
3.4.2 LonWorks	70
3.4.3 PROFIBUS	71
3.4.4 CAN	71
3.4.5 HART	71
3.5 现场总线实现的分布式控制系统	72
3.5.1 现场总线构造了网络集成式全分布控制系统	72
3.5.2 现场总线是底层控制网络	73
3.6 控制网络的体系结构	74
3.6.1 基金会现场总线通信模型	75
3.6.2 LonWorks 通信模型	76
3.6.3 PROFIBUS 通信模型	76
3.6.4 CAN 通信模型	76
3.6.5 HART 通信模型	77
第4章 控制网络设备及布线安装	78
4.1 数字控制设备及其功能结构	78
4.2 现场总线通信控制器及接口电路	81
4.2.1 基金会现场总线通信控制器及其接口线路	81
4.2.2 CAN 通信控制器 82C200	87
4.2.3 Intel 82527 CAN 通信控制器	88
4.3 设备描述及产品开发	89
4.3.1 设备描述 DD	89
4.3.2 设备描述的开发步骤	90
4.3.3 设备描述语言 DDL	92
4.3.4 基金会现场总线的产品系列与开发	93
4.3.5 通信行规与设备行规	94

4.4 网络控制系统布线与安装	96
4.4.1 现场总线网段的基本构成部件	96
4.4.2 总线供电与网络配置	98
4.4.3 现场总线的网络扩充	99
4.4.4 关于现场总线的接地、屏蔽与极性	101
4.4.5 现场总线通信网络中的常见故障及常用检测工具 ...	102
4.5 网络通信编程技术	103
4.5.1 面向对象的编程语言——Neuron C	103
4.5.2 LonWorks 开发工具	107
4.6 网络和系统管理	109
4.6.1 网络管理	109
4.6.2 系统管理	113
第5章 分布式的网络控制系统	124
5.1 分布式网络控制	124
5.1.1 网络控制的特征	124
5.1.2 网络控制的分层体系结构	125
5.1.3 网络控制系统模型	126
5.2 现场分布控制单元	129
5.2.1 控制单元的组成和功能	129
5.2.2 分布处理单元的硬件结构	130
5.2.3 分布处理单元的通信连接	131
5.2.4 分布处理单元的软件模块及其功能	132
5.3 网络控制系统的通信技术	133
5.3.1 网络控制系统的通信	133
5.3.2 数据传输中的校验	134
5.3.3 局部串行通信	136
5.3.4 串行通信接口	138
5.3.5 MODBUS 网络的应用	142
5.3.6 工业以太网的应用	145
5.3.7 以太网的应用层协议	147
5.4 分布式网络控制系统	148
5.4.1 控制系统的网络功能	148
5.4.2 互联技术和数据交换技术	150
5.4.3 关于实时数据库	154
5.5 网络控制系统中的集成技术	156
5.5.1 现场总线与 DCS 的网络集成	156
5.5.2 现场总线网络与信息网络的集成	157

5.6 网络控制系统的性能分析	160
5.6.1 网络控制系统的时延和拥塞问题	160
5.6.2 网络系统的调度	161
5.6.3 网络控制系统的稳定性	164
5.6.4 对网络导致的延迟补偿	169
5.6.5 网络控制系统的丢包问题	172
第6章 网络控制系统的实施和应用	174
6.1 控制网络的性能比较	174
6.1.1 控制网络的一般性能特征	174
6.1.2 以太网	174
6.1.3 控制网(令牌环和令牌总线)	176
6.1.4 设备网	178
6.1.5 三类控制网络的比较	179
6.2 典型的分布式网络控制技术	180
6.2.1 一种典型的控制网络	180
6.2.2 系统的网络结构	180
6.2.3 系统的数据通道	183
6.2.4 通信的操作特性	186
6.3 网络控制系统的应用	189
6.3.1 工业以太网的应用	189
6.3.2 基于网络的分级递阶控制	190
6.3.3 基于设备网络的集成控制	194
6.3.4 实时数据库的应用	195
6.3.5 Inter 网的应用	197
参考文献	199

第 1 章

计算机网络基础

1.1 网络与控制

传统控制系统中点对点的通信模式,在工业中成功地应用了几十年,然而随着物理设备和系统功能的扩充,点对点的通信模式在控制系统的信号传输中已达到了它的应用极限。例如,它已不能满足使控制系统模块化,实现先进控制、分散控制、集成诊断,便捷维护和低成本等的需要。而具有通用总线结构的网络系统,即称之为网络控制系统的 NCS,则以其完整的体系结构,分布式的操作运行模式,相对独立又能很好互联的通信方式,非常节省的布线和信号可靠性,显示出种种优点。尤其对于生产过程控制,它使基于对象的模型分为两类,特殊的设备类型和特殊的生产类型,网络控制系统在每一节点都具有特殊的处理功能,允许控制功能模块化和界面标准化,相互交互和相互渗透,而由通信来连接复杂的生产过程。

以网络为基础的分布式系统,可以应用于大范围区域的控制,系统包含大量的相互交换信号和信息的设备。网络控制系统的特征是通过一系列的通信信道构成一个或多个控制闭环,同时具备信号处理、优化决策和控制操作的功能,控制器可以分散在网络中的不同地点。当把网络与控制相提并论时,也许会把讨论的焦点集中于网络的控制,但本书的意图正好相反,不是讨论网络的控制而是讨论通过网络进行设备和生产过程的控制。网络控制系统的设计主要是针对对象物理设备,而不是网络的性能和稳定性,因此,网络稳定序列的长度问题是次要的。但即便如此,网络的性能和稳定性在网络控制系统中仍是相当重要的,例如在设计一个网络控制系统时,控制的约束必须适应通信网络的带宽限制。从传送控制信号的角度看,一个网络的有效带宽,同时又为单位时间内所传送有意义的数据量的最大值,排除帧头、填充位等等。这和更传统的网络带宽定义相比较,显然它侧重于单位时间内传送的原始字节的数量。

影响网络带宽应用和实施的 4 个主要因素是:不同设备通过网络发送信息的采样频率不同,要求同步操作的元件数不同,表示信息的数据或消息的大小不同,以及控制信息传输的机器自动控制 MAC 的子层协议不同。因此,为了满足网络控制系统的时间限制和保证其性能,必须分析网络传输的最优算法和设备连接控制的设计。

网络控制系统的思想就是应用一系列通信网络去交换分布系统中不同的物理元件之间的

系统信息与控制信号。标准的串行通信适合构建网络控制系统,如菊花链 RS—232 标准、多点 RS—485 标准、以太网、IEEE802.11 无线通信标准。现在已开发应用的专用网络协议,有工业自动化应用系统的控制器局域网(CAN)协议,具有载波多路侦听/冲突检测(CSMA/CD)的以太网协议和现场总线协议等等。

由于网络的特性,传统的控制理论诸如同步控制、非延时触发和制动控制等,在应用于网络控制系统之前必须要做相应的修正,为此有必要首先针对控制系统的要求,介绍网络的基本知识。

1.2 计算机网络的发展

计算机网络是计算机技术与通信技术发展的结晶,是在用户应用需求的促进下逐步发展的。1946 年第一台计算机问世以来,计算机系统经历了单机—远程访问系统—网络的发展过程。单机是指单个用户独占一台计算机系统资源,其中,分时系统是指分时多用户系统,多个用户利用多台终端共享单台计算机的资源;远程访问系统是指用户利用通信线路将远程终端连至计算机主机,不受地域限制地使用计算机主机的资源;计算机网络是指用户利用通信线路和通信设备将多台计算机连接在一起,相互共享资源。世界上第一个计算机网络 ARPANET 是在 1968 年诞生的,当时美国国防部高级研究计划局(ARPA)与麻省、剑桥的 BBN 公司签定协议,进行计算机与计算机之间的远程互联研究,其成果为著名的 ARPANET。Internet 就是从早期的 ARPANET 网发展起来的,已成为目前世界上覆盖面最广、规模最大、信息资源最丰富的国际性计算机信息网络。1994 年,美国政府提出的“信息高速公路”(国家信息基础设施 NII)计划,要把全国的每一座图书馆、每一所医院、每一所学校、每一个家庭都联起来,借助于高速通信设施,将计算机网络连至各家各户。

我国政府对全社会的信息化十分重视,正加快建设中国的信息基础设施(CHI),以增强中国参加国际竞争的综合国力。中国科学院网络(CASNET)、中国教育科研网(CERNET)、中国公用计算机互联网(CHINANET)、中国金桥网(CHINAGBN)等等网络的组建和网络用户的不断增加,标志着我国计算机网络发展到了一个新的阶段。目前,计算机网络技术发展非常迅速,应用需求极为广泛。各行各业都离不开计算机,而计算机网络在一个国家的发展,已成为衡量一个国家技术发展水平和社会信息化程度的标志之一。计算机网络的应用面极广,如电子商务、远程教育等都是以计算机网络为基础的。现在一般企业都拥有多台计算机,将计算机联网并接入 Internet,以支持企业的经营和管理。特别是,随着自动控制、微电子技术的发展,大量智能控制芯片和智能传感器的不断出现,网络控制系统已成为工业控制领域研究的热点。网络控制系统即网络化的控制系统,又称为控制网络,它体现了控制系统向网络化、集成化、分布化、节点智能化发展的趋势。

计算机网络的最主要功能是向用户提供资源的共享和信息的传递,而用户本身无须考虑自己以及所用资源在网络中的位置。资源是指在有限时间内可为用户提供各种服务的计算机软硬件设施,资源共享包括硬件共享、软件共享和信息共享。

硬件资源共享指可以在全网范围内提供对处理资源、存储资源、输入/输出资源等的共享。用户可以使用网络中任意一台计算机所附接的硬件设备,如打印机、绘图仪、光驱、大容量硬

盘、I/O 板卡、通信接口以及一些具有特殊功能的设备等。

软件资源共享指用户可以使用远程主机的软件(系统软件 and 用户软件)。既可以将相应软件调入本地计算机执行,也可以将数据送至远程主机,执行软件,并返回结果。

信息资源共享指网络用户可以访问远程主机上的各种类型数据库、文件以及用户数据等。

用户之间的信息交换指计算机网络为分布在各地的网络用户提供了强有力的通信手段。可以通过计算机网络,传递电子邮件,发布新闻消息,进行电子数据交换,等等,极大地方便了用户,提高了工作效率。

计算机网络所具有的功能是其他系统所不可替代的,使之在工业、农业、交通运输、邮电通信、文化教育、商业、国防以及科学研究等各个领域、各个行业得到了越来越广泛的应用。

1.3 计算机网络的功能特征

1.3.1 应用方式和特性

原先的网络设计是为几十个节点提供服务,使上百个专家、学者能共享应用资源和进行数据传输。

而今,数以千万计的非技术人员在网上传递电子邮件,参加讨论,查询信息,……网络必须随用户访问方式和使用方式的改变而改变,我们必须从不同的出发点来重新认识和研究网络。这些应用包括:数据库访问(可能有上百万个节点同时访问),在网上传播声音和图像,实时和非实时的网际合作,分布式计算,电子沉浸(Tele-Immersion)。电子沉浸指在不同的地方共享虚拟或仿真环境,旨在加强合作环境,结合声音、图像、虚拟现实以及仿真等复杂技术。这些应用必须解决远程指令控制、分布式仿真、灾害性环境监测(遥测)管理、公共信息服务和合作研究与发展等问题。表1.1列举了一个电子沉浸实验所需的服务性能。在新的网络物理能力

表 1.1 电子沉浸需要的基本指标

类型	延迟 /ms	带宽 /bps	可能性	多点投递	安全性	连续流	动态 QOS
控制	< 30	64k	有	无	高	无	低
正文	< 100	64k	有	无	中	无	低
声音	< 30	N × 128k	无	无	中	有	中
视频	< 100	N × 5m	无	有	低	有	中
跟踪	< 10	N × 128k	无	有	低	有	中
数据库访问	< 100	> 1G	有	也许有	中	无	高
仿真	30	> 1G	混合	也许有	中	也许有	高
演出	< 30	> 1G	无	也许有	低	也许有	中
突发事件	< 10	> 1M	混合	也许有	低	也许有	高

下,应用应该探索新的编程模式,以减少新领域和重要应用上网的开发时间,使最终用户较容易地理解编程接口、网络行为和网络资源的使用。中间件的应用框架就像 WWW 和分布对象计算一样,将成为下一代因特网(NGI)的标志。

中间件(Middleware)可以被看做是一个可重用、可扩展的服务和功能集合,它是网络环境下许多应用所需要的公共部分,当开发某种应用时可以方便地联合或装配。其标准是分布式操作系统和分布式面向对象的编程模式,包括可传输计算技术模式,即动态的软件分发和智能代理。一种发展宽带网上的先进服务,有效地处理中间件和可传输计算技术的体系结构原型正在研究和制定过程中,它被称为交响乐(ORCHESTRA)。该结构有两个关键概念:提供一个通用的用户接口来访问所有服务;一个支持服务器和信息传输独立的层次化的网络功能模型。它将包括服务器和网络在内的整个系统看成是一个完整的分布式计算环境,其内核是一种增强的中间件层,它基于传统的分布式处理标准,如公共对象请求代码体系结构(CORBA)。

现在的 Internet 的收费标准由各国自行制定,一般与使用的时间和传输的信息量有关,而不能保证必要的服务质量(QOS)。NGI 的 QOS 研究目的是提供一种机制,即让不同的代价得到不同级别的服务,找到一种完美的处理方法来解决当网络拥塞时,谁能获得服务。Internet 的商业化使这个问题在某种程度上变得容易解决一些,最终可能采取一种“想要更多/支付更多/得到更多”(wantmore/paymore/getmore)的策略。但有许多科学应用、工业制造和金融要求更高级别的服务。因此,要研究关于资源管理和分配的决策机制、网络控制策略以及与优先权相关的因素,如网络怎样才能辨认出最终的优先权。还要研究与群组通信相关的较为经济的访问控制模式。

1.3.2 网络应用的瓶颈问题

20 世纪 70 年代计算机每秒执行 1 千万条指令;20 年后,每秒可以执行 10 亿条指令。与此同时,数据通信速率从 56kbps 增长到 1Gbps,差错率从 10^{-5} 比特下降到 10^{-12} 比特以下。此时,CPU 速度增加受到了物理限制。相反,目前的光纤技术可以提供超过 50Tbps ($1\text{T} = 10^{12}$) 的带宽。限制在 1Gbps 是由于我们转换光—电信号的能力。不久将会有 Tbps 数量级的传输技术面市,计算机内外全光导系统也正在研究中。像采用波分复用(WDM)技术的超大容量光传输系统,目前商用系统容量是 20Gbps,未来一两年内将达到 80Gbps。

在这场计算机技术与通信技术的角逐中,通信技术更显得活跃。因此,网络的瓶颈从“低速传输”转移到了“高速传输,低速通信软件”。传统通信协议为保证在低速、高差错率线路上可靠传输信息而设计的差错和流量控制就显得过于复杂和烦琐,占用太多的系统开销,降低了网络传输效率。因此,迫切需要解决协议的轻型化问题,使网络尽量减少计算,高速传输。

1.3.3 网络的基本体系结构

ISO 制定的 OSI/RM 在计算机网络的发展过程中起了非常重要的作用,但由于局限于当时的应用主要是针对字符型数据的通信,在不同层次的功能定义不能表示和处理多媒体网络应用。传统的应用使用很少的带宽,除非偶尔下载大量的文件。当访问巨大的数据源变得更加普通时,当用户需要更多的视频内容时,对带宽的需求会激增,应用体系结构将被改成处理宽带数据流和具有适应计算环境的、动态改变 QOS 水平的能力。网络应能考虑特殊的应用需求提供不同的服务组合。

因此,要找到一种适当的体系结构,能够有效地集成新技术,适应各种具体网络的差异和变化。这种体系结构有4个要素:

①网络服务:支持随时随地的群组通信和 QOS 请求;支持虚拟网络,有效地解决短期会议和动态服务的创建。

②网络管理:让网络自配置和自组织来解决庞大系统的人工配置和监控困难。

③网络性能:网络性能随用户的要求而改变,要能从软件到硬件,从各个层次上体现性能潜力。

④差异和变化:开发一个系统化的方法来处理每一类应用需求,让网络技术可持续发展。

同时需要建立一套有效的流量工程方法和工具,以保障网络的基本可靠性。网络安全将成为大多数应用所要求的基本性能,它与网络上所有设备、链路和软件息息相关,是整体概念。

图 1.1 给出了一个开放的联网模式。

应用
E-mail, Fax, Telephony, Video Conferencing, Television, Web Browsing. . .
Interactive Education, Financial Services, Interactive Television. . .
互操作实体(中间件)
Name Security, Privacy, Directories, Electronic Money. . .
Distributed Processing Environment, Intelligent Agents. . .
互联网络操作
TCP/UDP, End-to-End, Transport, IP/RSVP Flows. . .
互联接实体(传输设施)
Telecom Services(Pots, ISDN, ATM, Wireless. . .), Television Services
(CATV, VOD. . .)
Date Pipes(Modem, LAN, FR, DDN, SONET/SDH. . .)

图 1.1 开放联网模式

1.4 网络系统的关键技术

1.4.1 路由技术和交换技术的配合

如何将路由技术和交换技术结合起来提高网络传输效率,是目前网络发展的热点问题。传统路由器通常依靠软件和通用 CPU 来实现网络第三层控制功能,延迟大,转发速度慢。而以 ATM 为代表的交换技术是用硬件实现交换,每个事件沿着同一路径,通常实现第二层数据单元的交换功能,速度快,面向连接。Internet 的迅速增长,促进了更多路由算法的发展。在 Internet 的核心路由器上,路由表变得越来越庞大,路由器也越来越快和越来越复杂,带来的问题是越来越难以管理,这种趋势还在继续。20 世纪 90 年代初,研究较多的是 IPoverATM,90 年代中期,ATM 论坛开始致力于多协议 OverATM,商家开始生产路由服务器。今天强调的是将路由器和交换机融为一体,有 3 种解决方案:IP 交换,TAG 交换和 MPLS(Multi-Protocol Label Switching,多协议标记交换)。

IP 交换的目标是以“线速”在路由器之间传输 IP 通信量,其核心是用一种专用的帧处理

集成电路(ASIC)芯片内置于路由器中,实现达到交换机性能的转发速度;同时还完成包括流量优化处理、网络安全控制、QOS 和网络流量监控等功能。

TAG 交换即标记交换,采用边界标记路由器,为每个 IP 分组指定一个“标签”,确定路由器到路由器的数据流。中间的路由器不是进行路由表查找和路由决策,而是遵循边界标记路由器的路由建议,直接转发报文分组。

MPLS 的实质是将路由器移到网络的边缘,将快速、简单的交换机置于网络中心。对一个连接请求实现一次路由、多次交换。这三种 IP 网络的探讨目前均还没有通用的标准支持。

1.4.2 分布对象管理

分布对象计算技术是解决异构系统应用程序互操作的关键。对象管理组织 OMG(Object Management Group)提出的公共对象请求代理体系结构 CORBA(Common Object Request Broker Architecture)规范是为可重用和可移植的应用对象间通信与互操作提供公共基础性架构和应用开发框架的一个工业标准。该标准的特点是实现软件总线结构、建立动态的客户程序和服务器程序之间的调用关系。任何系统作为一个对象,只要遵守一定的规则将其对应接口参数进行定义和说明,就可以接到对象请求代理(ORB) 上,提供服务和请求,达到即插即用的效果。

1.4.3 接入网技术

接入网(Access Network)是从业务节点到用户网络接口(UNI)间传送与接入手段的总称。现有提供电话业务的电缆网是提供一切窄带业务的基本基础设施,绝大部分是铜芯市话电缆,只有少数几个大城市铺设了少量的用户光缆,支持数字环路载波(SLC) 系统。单个用户上网通常利用电话线,仅传输音频的线路利用率很低;而用户环路的传输距离和带宽受到限制,不利于支持非话业务,更难以支持宽带业务。因此,用户环路新技术的开发和应用特别活跃,光纤用户环路的技术已日趋成熟,为了进一步降低成本,混合光纤/同轴电缆(HFC)、铜线传输技术和无线接入技术均有长足的发展。作为过渡阶段的措施,利用现有的铜线资源来满足一定的宽带要求是很有必要的,这方面的工作主要体现在数字用户环路(XDSL) 上。其中,ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line,非对称数字用户线路)最具吸引力。ADSLModem 利用有效的编码、调制和均衡技术,将双绞线的频谱分为三段:

①POTS(Plain Old Telephon Service,普通电话业务)信道,用分离器划出低频部分用于话音,将它与数字信道分开;

②上行数字信道,提供几十 kbps 的带宽,用于传输控制和应答信号;

③下行数字信道,提供几 Mbps 的带宽,用于传输用户下载的数据信息。

ADSL 起初是为了满足 VOD(Video On Demand,视频点播)业务,但市场需要证明,目前用户真正的需要是在家中更方便地访问 Internet 和其他网络资源。争论最多的是 ADSL 接入网的协议是 ATM 还是 IP,无线接入网也是今后深化网络应用的关键。一旦主干网建立之后,接入网性能的优劣将直接影响用户对网络的访问和使用。

1.4.4 网络安全和管理

安全和互联是一对矛盾,互联的规模越大,安全问题就越突出。进入 20 世纪 90 年代以来