



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

网络控制系统

张庆灵 邱占芝 编著



科学出版社
www.sciencep.com

273
4-2

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

网络控制系统

张庆灵 邱占芝 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以网络控制系统的基本问题为出发点,以科学研究为导向,系统地介绍了网络控制系统的基本问题、分析方法、控制理论与控制技术。全书结构清楚,层次分明,重点突出,内容由浅入深,既注重对基本概念、基本问题的准确理解,又保证内容的新颖性和科学价值。

本书可作为自动化、系统工程、信息与计算科学、机械工程与自动化、计算机应用技术、通信工程、运筹学与控制论等相关专业的高年级本科生和研究生的教材和教学参考书,也可供从事相关专业教学和科研工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

网络控制系统/张庆灵,邱占芝编著. —北京:科学出版社,2007
(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)
ISBN 978-7-03-019147-2

I. 网… II. ①张…②邱… 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 (2007) 第 110318 号

责任编辑:姚莉丽/责任校对:陈玉凤

责任印制:张克忠/封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年7月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2007年7月第一次印刷 印张:9 3/4

印数:1—3 000 字数:180 000

定价:20.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<明辉>)

前 言

网络控制系统 (networked control systems, NCS) 是集通信网络和控制系统于一体的复杂的全分布式控制系统, 它综合了计算机应用、自动控制、网络通信和智能仪表等多种技术手段, 充分体现了控制系统网络化、集成化、分布化及节点智能化的发展趋势, 是控制科学重要发展方向——控制、计算机和通信的集成的具体体现。自从 20 世纪 90 年代 NCS 问世以来, NCS 迅速应用于国民经济和国防建设的各个领域, 因而推动了 NCS 的研究热潮。目前, 在发达国家尽管基于网络的控制系统的应用领域不断扩大, 技术水平取得了显著进展, 但网络化控制系统的理论基础和技术体系还没有形成。在我国, 研究 NCS 的控制理论和技术体系, 既是关系到国家经济命脉和国防安全的战略性需求, 也是提升国家工业基础水平、综合实力和自主创新能力的重要举措。

本书围绕 NCS 的控制理论与控制技术的基本问题 and 研究热点问题, 结合作者几年来的研究与教学成果和体会, 系统地阐述了网络控制中的主要概念、典型问题、热点问题、分析方法、控制理论和控制技术以及发展趋势。

全书共分 9 章。第 1 章论述 NCS 的发展历程、特点与展望; 第 2 章介绍网络基础知识; 第 3 章讨论控制网络技术; 第 4 章给出 NCS 的描述, 包括网络控制系统的结构和组成, 以及有关的典型问题和热点问题; 第 5 章提出 NCS 的分析与建模方法; 第 6 章研究 NCS 的稳定性问题与相关的控制器设计问题; 第 7 章进一步研究 NCS 的保性能控制问题; 第 8 章探讨 NCS 鲁棒控制与 H_2/H_∞ 控制问题; 第 9 章针对不同通信模式、时延、数据包丢失等问题, 给出系统仿真方法; 附录介绍网络控制中的常用术语。

本书在编著过程中, 得到了辽宁省自然科学基金的资助; 还得到了科学出版社编辑姚莉丽的大力帮助; 研究生杜昭平、刘明、孙海义做了大量的资料收集、整理工作。在此一并表示衷心的感谢!

由于作者水平有限, 而且网络控制系统是 21 世纪研究的热点, 网络控制技术正在迅速发展与不断深入研究中, 新理论、新技术不断涌现, 因此, 书中疏漏之处在所难免, 敬请专家和读者不吝赐教, 以期将此书更加完善。

东 北 大 学 张庆灵

大连交通大学 邱占芝

2007 年 3 月

目 录

第 1 章 网络控制系统的发展	1
1.1 网络控制含义	1
1.2 网络控制系统的发展历程	1
1.2.1 集散控制系统	2
1.2.2 现场总线控制系统	3
1.2.3 以太网控制系统	4
1.3 网络控制系统	5
1.3.1 优势与应用领域	5
1.3.2 现状与发展趋势	6
参考文献	7
第 2 章 网络基础	8
2.1 计算机网络分类	8
2.1.1 局域网和广域网	8
2.1.2 公共网和专用网	8
2.1.3 不同拓扑结构的网络	9
2.2 数据传输方式	11
2.2.1 基本概念	11
2.2.2 异步传输	12
2.2.3 同步传输	12
2.3 数据交换技术	12
2.3.1 电路交换	13
2.3.2 分组交换	13
2.3.3 ATM 信元交换	14
2.4 计算机网络体系结构	15
2.4.1 基本概念	15
2.4.2 开放系统互连参考模型	16
2.4.3 TCP/IP 协议	17
2.4.4 IEEE 802 LAN 标准	18
2.5 网络互联技术与设备	20
2.5.1 基本概念	20

2.5.2 互联设备及工作过程、特点	20
2.6 网络拥塞	22
2.7 网络性能和指标	23
2.7.1 时延	23
2.7.2 吞吐量	24
2.7.3 时延与吞吐量的关系	24
2.8 网络服务质量	25
参考文献	26
第3章 控制网络技术	27
3.1 控制网络与网络控制	27
3.2 以太网技术	27
3.2.1 以太网技术简介	27
3.2.2 以太控制网络的应用	28
3.3 令牌传递网络技术	29
3.3.1 令牌环型拓扑结构	29
3.3.2 令牌总线型拓扑结构	29
3.4 控制器局域网技术	29
3.5 ATM 交换网络	30
3.5.1 ATM 交换网络简介	30
3.5.2 ATM 技术的优点	31
3.6 无线局域网技术	31
参考文献	31
第4章 网络控制系统描述	33
4.1 网络控制系统概念与结构	33
4.2 网络控制系统中存在的问题	34
4.2.1 网络诱导时延	35
4.2.2 数据包丢失	36
4.2.3 单包传输与多包传输	36
4.3 节点的驱动方式	36
4.4 节点时钟的同步方式	37
4.5 信息调度	37
4.5.1 NCS 中的信息	38
4.5.2 信息调度方法	38
参考文献	39

第 5 章 NCS 的分析与建模	40
5.1 系统描述	40
5.1.1 驱动方式 1 下被控对象模型	41
5.1.2 驱动方式 2 下被控对象模型	42
5.1.3 驱动方式 3 下被控对象模型	42
5.1.4 驱动方式 4 下被控对象模型	42
5.2 不确定时延 NCS 的建模	43
5.2.1 状态反馈 NCS 建模	46
5.2.2 输出反馈 NCS 建模	47
5.3 具有数据包丢失的 NCS 建模	47
5.3.1 只考虑数据包丢失的状态反馈 NCS 建模	48
5.3.2 同时考虑时延和数据包丢失的状态反馈 NCS 建模	50
5.3.3 同时考虑时延和数据包丢失的输出反馈 NCS 建模	51
5.4 考虑时延、丢包和扰动的 NCS 统一模型	52
参考文献	54
第 6 章 NCS 的稳定性分析与控制器设计	56
6.1 NCS 稳定性的意义与概念	56
6.2 采样对系统稳定性的影响	57
6.3 一类存在时延的 NCS 稳定性	59
6.3.1 一类确定短时延 NCS 的稳定性	59
6.3.2 一类不确定时延的 NCS 稳定性	61
6.4 一类存在数据包丢失的 NCS 稳定性	64
6.5 一类具有时延和数据包丢失的 NCS 稳定性	67
6.6 一类多输入多输出 NCS 稳定性	70
6.6.1 状态反馈	72
6.6.2 动态输出反馈	73
6.6.3 时延相关稳定性	74
6.7 带有观测器的 NCS	78
6.7.1 观测器设计	78
6.7.2 带有观测器的 NCS 稳定性	79
参考文献	81
第 7 章 NCS 保性能控制	83
7.1 系统描述	83
7.2 保性能控制律存在的条件	86
7.3 最优保性能控制律设计	91

7.4 仿真算例·····	92
参考文献·····	94
第8章 NCS的鲁棒控制与 H_2/H_∞ 控制 ·····	95
8.1 概述·····	95
8.1.1 鲁棒控制与 H_2/H_∞ 控制概念·····	95
8.1.2 控制网络中的鲁棒控制·····	95
8.2 时延 NCS 的 H_∞ 鲁棒控制·····	96
8.2.1 NCS 模型描述·····	96
8.2.2 鲁棒 H_∞ 控制·····	97
8.3 线性鲁棒网络控制器设计·····	98
8.3.1 NCS 模型描述·····	98
8.3.2 鲁棒网络控制器设计·····	99
8.4 NCS 的鲁棒 H_∞ 控制·····	100
8.4.1 NCS 模型描述·····	100
8.4.2 稳定性与控制器设计·····	103
8.4.3 H_∞ 扰动衰减分析·····	107
8.5 H_2/H_∞ 控制·····	110
8.5.1 系统描述·····	110
8.5.2 随机稳定下的干扰抑制·····	112
8.5.3 混合 H_2/H_∞ 控制·····	113
参考文献·····	114
第9章 系统仿真分析 ·····	116
9.1 概述·····	116
9.1.1 基本概念·····	116
9.1.2 TrueTime 简介·····	118
9.1.3 TrueTime 的安装·····	120
9.2 TrueTime Kernel 模块的初始化·····	121
9.3 编译 (compilation)·····	122
9.4 TrueTime 命令介绍·····	122
9.5 NCS 仿真应用·····	125
9.5.1 TrueTime 模块配置·····	125
9.5.2 NCS 仿真实例·····	127
参考文献·····	135
附录 网络控制中常用术语 ·····	136

第 1 章 网络控制系统的发展

进入 21 世纪以来,控制系统的规模日益扩大,复杂程度不断提高,系统的物理设备和功能也在不断扩充,传统的点对点直接连接方式已经达到了自身的应用极限,无法满足系统功能不断增长的需求。随着电子技术和计算机技术的不断进步和发展,系统设备成本逐年下降,网络通信能力飞速提高,网络共享资源不断丰富,越来越多的网络传输方式被应用到自动化和控制领域中,网络控制系统随之应运而生。

1.1 网络控制含义

NCS (networked control systems), 最早出现于 1998 年马里兰大学 G. C. Walsh 等人的论著中,但当时并没有给出“网络控制”明确的概念定义,只是用图示说明了网络控制系统的结构,指出 NCS 中控制器与传感器通过串行通信形成闭环。目前,“网络控制”的含义有两种解释:一种是对网络的控制(control of network);另一种是通过网络实施的控制(control through network)。两种含义中都离不开“控制”和“网络”,只是两者所侧重的对象不同。前者是指对网络路由、网络流量等的调度与控制,是对网络自身的控制,可以利用运筹学、组合数学、图论和控制理论的方法来研究和实现;后者是指控制系统的各个节点(传感器、执行器和控制器)之间的数据传输不是传统的点对点方式,而是通过网络来传输的,是一种分布式的控制系统。网络控制系统以资源共享、系统构建经济、易扩充、维护方便、灵活性强等优点,迅速、广泛应用于国民经济和国防建设的各个领域。

1.2 网络控制系统的发展历程

微电子技术、网络通信技术和计算机控制技术的不断发展,促进了控制系统在体系结构、单元部件和控制技术方面的一系列变革,形成了以计算机控制为核心,涵盖集散控制系统(DCS)、现场总线控制系统(FCS)和工业以太网控制系统等各种体系结构的现代工业控制网络新体系。计算机控制系统的控制方式,先后经历了集中数字控制(DDC)、中小型计算机共同作用的分层递阶控制、集散控制(DCS,又称分布式控制)以及现场总线控制(FCS)等控制方式,20 世

纪 90 年代又开始了以太网在工业控制上的广泛应用和研究。DCS 控制体现了控制系统的网络化发展趋势,现场总线的产生使这种趋势变得更加明显和具体,以太网在工业上的应用和研究使得控制结构进一步网络化和集成化。

以太网在工业控制上的广泛应用,使得控制系统的结构进一步网络化和集成化,也为寻求高性能低成本的控制方案展示了方向。集散控制系统、现场总线控制系统和工业以太网控制系统的出现,标志着控制系统正向着网络化、集成化、分布化和节点智能化的方向发展。下面介绍集散控制系统、现场总线控制系统和以太网控制系统各自的发展历史和特点。

1.2.1 集散控制系统

20 世纪 70 年代中期,集散控制系统开始发展起来。集散型控制系统是对生产过程进行集中管理和分散控制的分布式计算机控制系统,它是计算机 (computer)、通信 (communication)、CRT 显示和控制 (control) 等技术协调发展的产物。集散控制系统的基本思想是“控制分散、管理集中”,“集散”,其实质是利用计算机技术对生产过程进行集中监视、操作、管理和分散控制的一种新型控制技术,它是计算机技术、信号处理技术、测量技术、通信技术和人机接口技术相互发展、相互渗透的结果。

集散控制系统通过通信网络将各组成单元连接在一起,因此,它的发展与计算机网络通信技术的发展紧密联系。随着 4C 技术的进一步发展,集散型控制系统已在世界各个发达国家不断涌现,各国主要的自动化仪表公司都开发了自己的 DCS 系统。表 1.1 列出了几种典型的集散控制系统。

表 1.1 典型的集散控制系统

国 家	公 司	系统名称
美国	HONEYWELL	TDSC2000, TDSC3000
	POXBORO	SPECTRUM, EASeries
	BAILEY	NETWORK-90
	FISHER	PROVOX
	WESTING HOUSE	WDPF
	LEED&NORTHROP	MICROMAX, MAX 1000
日本	横河	CENTRA, YEWPACK
	日立	MARK
		CENTRM, XL, UXL
		UNTROI
德国	SIMENS	TELEPERM-M
英国	KENT	P-4000
法国	SEREY-SCHLUMVERGOR	MUDMET 80

和传统的集中式控制系统相比,集散控制系统具有自主性、协调性、友好性、在线性、可靠性、风险分散和低成本等优势。

1.2.2 现场总线控制系统

集散控制系统的核心思想是分散控制、集中监视、分级管理。虽然它在一定程度上克服了集中式数字控制系统对控制器处理能力和可靠性要求高的缺陷,但其一对一的结构导致布线量大、布线种类多、工程周期长、安装费用高和维护困难等问题。此外,由于其采用单向模拟信号传输,可靠性和互操作性差,有时会使现场设备处于失控状态。

现场总线控制系统是用开放的现场总线作为通信网络,将现场控制器和现场智能仪表等设备进行互连与通信,形成的实时控制系统。开放性、分布化和低成本是现场总线控制系统最显著的特点,它可以很好地解决集散控制系统存在的缺陷问题。

现场总线技术在诞生的初期,它的主要功能是将当时的可编程逻辑控制器(PLC)以一种较简洁的方式连接起来。随着计算机技术引入 PLC,计算机通信技术也被引入现场总线,使得现场总线技术发展迅速。现场总线主要用于控制系统最底层——设备与单元间的连接与通信。由于历史的原因,现场总线的国际标准推出缓慢,国际上各大总线厂商都在积极参与和主持总线标准的制定工作,因此导致了现有的现场总线产品在结构和应用技术上的多样性,造成全球有 40 多种现场总线标准,如 FF, ProfiBus, WorldFIP, P-Net, CAN 和 LonWorks 等,其中最具有影响力的是 FF, Profibus, WorldFIP, CAN 和 LonWorks。标准的多样化使得不同产品之间不能直接互通互用,使得控制网络的系统集成与信息集成面临着困难和挑战。2000 年 1 月 4 日,国际电工委员会(IEC)颁布了 IEC61158 标准,新标准包括 8 种类型的现场总线标准,其具体定义如表 1.2 所示。

表 1.2 IEC 发布的 IEC61158 标准

类型 1	IEC 61158	IEC 技术报告(即 FF HD)
类型 2	ControlNet	现场总线(Rockwell 公司支持)
类型 3	Profibus	现场总线(德国西门子公司支持)
类型 4	P-Net	现场总线(丹麦 Process Data 公司支持)
类型 5	FF HSE	High Speed Ethernet(美国 Fisher-Rosemount 公司支持)
类型 6	Swift Net	现场总线(美国波音公司支持)
类型 7	WorldFIP	现场总线(法国 Alsthom 公司支持)
类型 8	Interbus	现场总线(德国 Phoenix Contact 公司支持)

现场总线技术特点:

(1) 系统的开放性。开放是指相关标准的一致性、公开性,强调对标准的共识与遵从。一个开放系统,是指它可以与世界上任何地方遵守相同标准的其它设备或系统相互连接。通信协议一致公开,各个不同厂家的设备之间可实现信息交换。现场总线开发者致力于建立统一的工厂底层网络的开发系统,用户可以按自己的需要和考虑,把来自不同供应商的产品组成大小随意的系统,通过现场总线可以构筑自动化领域开放、互连的控制系统。

(2) 互操作性与互用性。互操作性,是指实现互连设备间、系统间的信息传递与沟通;而互用则意味着不同生产厂家性能类似的设备可实现相互替换。

(3) 现场设备的智能化与功能自治性。它将传感测量、补偿计算、工程量处理与控制等功能,分散到现场设备中完成,仅靠现场设备即可完成自动控制的基本功能,并可随时诊断设备的运行状态。

(4) 系统结构的高度分散性。现场总线已构成一种新的全分散性控制系统的体系结构,从根本上改变了现有 DCS 集中与分散相结合的集散控制系统体系,简化了系统结构,提高了可靠性。

(5) 对现场环境的适应性。工作在生产现场前端、作为工厂网络底层的现场总线,是专为现场环境而设计的,可支持双绞线、同轴电缆、光缆、射频、红外线、电力线等,具有较强的抗干扰能力,能采用两线制实现供电与通信,并可满足安全防爆等要求。

现场总线技术是未来自动化技术发展的主流,基于现场总线的控制系统以其明显的技术优势和价格优势,已经成为网络控制系统中的核心技术和应用主力军。

现场总线有如下优点:

(1) 节省安装费用与维护开销。

(2) 现场总线系统结构的简化,使控制系统的设计、安装投入到正常,生产运行及其检修维护工作简便。

(3) 系统具有高度的准确性与可靠性。

(4) 用户具有高度的系统集成主动权,可以自由选择不同厂商提供的设备来集成系统,用户具有很大的主动权。

(5) 设计简单,易于重构。

1.2.3 以太网控制系统

以太网是由 DEC, Intel 和 Xerox 三家公司在 20 世纪 70 年代开发研制的。它采用的是载波监听/冲突检测(CSMA/CD)的多路访问协议。设计以太网的初衷是要使网络中用户间通信不局限于某一种传输介质,如双绞线、同轴电缆、光纤、微波等,以实现网络用户资源共享,因此取名为以太网。

与目前的现场总线相比,以太网具有以下特点:

(1) 技术支持广泛。以太网已被使用多年,具有大量的软、硬件资源和开发设计经验。作为目前应用最为广泛的计算机网络技术,以太网受到广泛的技术支持。几乎所有的编程语言都支持以太网的应用开发,如 JAVA, Visual C++, Visual Basic 等。应用于以太网上层的 TCP/IP 协议也近成熟,绝大多数网络产品均提供以太网接口,许多计算机操作系统也配备了 TCP/IP 协议。因此,以太网具有丰富的软、硬件支持,有大量从事开发和维护的技术人员。

(2) 成本低廉。由于以太网的应用颇为广泛,因此受到硬件开发与生产厂商的高度重视与广泛支持,已有多种硬件产品可供用户选择,并且硬件价格也相对低廉。目前,以太网网卡的价格只有 Profibus, FF 等现场总线网卡的 1/10,而且随着集成电路技术的发展,其价格还会进一步下降。

(3) 通信速率高,发展迅速。以太网发展速度为 10Mbps, 100Mbps 及千兆以太网。1999 年以来, IEEE802.3 HSSG (high speed study group) 开始专门研究 10G 标准——802.3ae。由于高速以太网的帧格式不变,使之向下兼容,升级成本低。因此,以太网是理想的高性能网络通信载体。

(4) 高新技术的发展推动以太网的发展。工业控制对数据和命令传输的确定性、可预测性和同步性要求极为严格。而以太网采用 CSMA/CD,当发生碰撞时要重试,使数据和命令的传输具有不确定性 (nondeterministic)。针对这种情况,交换式以太网可以使网络分段,降低甚至避免碰撞,而且提供全双工通信,使带宽增加一倍。高速以太网和交换式以太网的结合使得其在时间响应方面的性能大大提高。

由于以太网的广泛应用,它的发展一直受到广泛的关注和大量的技术投入。而且,相对其它通信网络,工业以太网具有无可比拟的适用性。以太网在信息网络中的统治地位使得工业以太网易于实现与信息网络的无缝集成;嵌入式技术的发展使得控制系统节点功能越来越强大,以太网网络接口逐步成为标准配置,这为工业以太网的实现提供了可行性条件。

1.3 网络控制系统

1.3.1 优势与应用领域

网络控制系统的主要优点为网络布线方便,连接线数大大减少,易于扩展,成本低,设备即插即用,故障检修和维护方便,抗干扰性强,数据传输可靠性高,数据可交换性强,能实现资源的共享等。

在传统的控制系统中,系统内部各个单元之间以点对点的形式采用专线连接。如果相邻两个物理单元之间的地理位置相距很遥远,则布线所需成本和费用

之高令人难以想象。如果系统单元间改用网络连接,则布线的成本会大大降低。例如,在一个大型的工厂车间内,各个单元和生产线常分布于工厂各处,所有设备作为一个整体可看作是一个被控对象分散的控制系统。如果我们使用传统的点对点方式进行控制,也就是说控制器与被控对象一一对应,则需要大量的连接专线,耗费巨大的电力和水力能源。显然,这样的工厂建成以后,每天正常运行所耗费的成本是很昂贵的,而设备的老化、维修与保养又会给工厂带来新的问题。如果采用网络控制的方式,则工厂的建设成本会大大降低,设备维护问题会更容易解决,整个工厂的工作效率也会得到提高。在智能建筑领域中,随着人类对信息的需求,现代化建筑中的楼宇自控设备和不同功能的系统越来越复杂,同时,业主要求整个系统具有高性能、高效率、高可靠性和相对低廉的维护费用,随着计算机技术和网络技术的迅速发展,采用网络控制方式可以完全满足楼宇业主和管理者的要求。采用网络连接的智能建筑控制系统具有以下优点:具有开放性和可靠的操作性,它可以把来自多家厂商的空调、照明、消防、安保、门禁、给排水和电梯等设备集成一体化,通过网络进行统一定义业务管理。相比之下,采用传统的专线连接控制方式,则只能在多连线的精度优势和少连线的经济效益之间作出选择。

网络化控制是复杂大系统控制和远程控制的客观需求。传感器、执行机构和驱动装置等现场设备的智能化为通信网络在控制系统更深层次的应用提供了必要的物质基础,而高速以太网和现场总线技术的发展和成熟解决了网络控制系统的可靠性和开放性问题。如今,网络控制已经成功地应用于国民经济和国防建设的各个领域,如机器人遥控、电力生产、飞行器、电气化运输工具(如新干线、磁悬浮列车等)、远程医疗和远程教学与实验等。随着通信技术和现代控制理论的飞速发展,网络控制系统已经向结构网络化、节点智能化、控制现场化、功能分散化、系统开放化以及产品集成化的成熟目标迈进。

1.3.2 现状与发展趋势

网络控制系统作为一门崭新的学科,是网络通信技术和自动化控制技术两个学术领域的交叉融合,具有其特殊性和复杂性。控制领域学者研究的内容主要是基于一定服务质量的控制网络,研究系统的控制策略和控制技术,以期提高控制系统的性能;而通信领域学者研究的内容主要是设计合适的通信协议和调度方法,以期提高网络本身的服务质量。未来的发展趋势是控制与通信的一体化设计。

目前,网络控制系统的技术体系和相应的控制理论还不成熟,理论远远落后于其实际应用,研究网络控制理论和控制方法既具有重要的学术价值,又具有可观的经济效益。

参考文献

- 樊卫华. 2004. 网络控制系统的建模与控制. 南京: 南京理工大学博士论文
- 黎善斌, 王智. 2003. 网络控制系统的研究现状与展望. 信息与控制, 32(6): 239~244
- 李炳宇, 萧蕴诗. 2002. 以太网在网络控制系统中的应用与发展趋势. 微型机与应用, 11, 35~37
- 邱占芝. 2006. 广义网络控制系统分析、建模与控制. 沈阳: 东北大学博士学位论文
- 吴迎年, 张建华. 2003. 网络控制系统研究综述 (II). 现代电力, 20(6): 54~62
- Zhang W, Branicky M S, Phillips M. 2001. Stability of networked control systems. IEEE Control Systems Magazine, 21(1): 84~99

第2章 网络基础

2.1 计算机网络分类

计算机网络自20世纪70年代诞生,经过30多年的发展,如今进入快速发展期。新技术、新方法及新产品不断涌现,以网络高速化、网络交换化、服务个性化为特征的计算机网络,广泛应用于人类生产和生活的各个领域,由此产生了各种各样的计算机网络的结构与形式。

2.1.1 局域网和广域网

按网络的覆盖范围和传输距离划分,网络分为局域网(local area network, LAN)和广域网(wide area network, WAN)。

局域网一般指网络的覆盖范围较小、数据传输距离有限、传输率较高,以共享网络资源为主要目的的网络系统。局域网通常由单位或公司自行组建、管理和使用,如企业网、校园网等。由于局域网具有投资规模较小、网络易实现、新技术易于推广等特点,近年来局域网技术得到了快速的发展和广泛的应用。以太网(Ethernet)、令牌环网(token ring)、FDDI(光纤分布式数据接口)高速令牌环网、100VG-AnyLAN网(100VG-AnyLAN论坛开发的一种100Mb/s高速网络)、无线局域网、交换式局域网等各类局域网,已经广泛应用于生产和生活的各个领域。IEEE(美国电子电气工程师学会)成立的局域网标准委员会IEEE 802制定的局域网标准,规范了各类局域网的组网技术和数据通信技术。

广域网指网络的覆盖范围较广、数据传输距离较远、数据传输率相对较低、以数据通信或共享资源为主要目的的网络系统。典型的广域网有公用数据通信网络和Internet。公用数据通信网络是由政府通信部门建立并管理的广域网,如电路交换公用数据网(CSPDN)、分组交换公用数据网(PSPDN)、数字数据网(DDN)、综合业务数字网(ISDN)等。广域网包含多个相互连接的交换节点,采用电路交换、分组交换、帧中继(FR)和ATM等数据传输技术,使数据从一个端设备出发,经过网络节点,最后到达终端设备。

2.1.2 公共网和专用网

1. 公共网

公共网络通常由政府电信部门组建、管理和控制,是为单位、部门、个人使

用的通信基础设施,常用于远程网络的构建,支持用户的远程通信。如电信网、广电网都属于公共网。

2. 专用网

由用户部门组建、经营并独自使用的网络。专用网络一般为局域网或通过租用电信部门的通信线路而组建的广域网。中国教育科研网就是为中国大中小学和教育行政管理部门使用的专用网。

2.1.3 不同拓扑结构的网络

在通信网络中,拓扑(topology)指的是端点或站点以何种形式(或方式)与网络相连接,以达到互连互通的目的。

按照网络拓扑结构划分,网络分为星型(star)网络、环型(ring)网络、总线型(bus)网络及分布式(distributed)网络,如图2.1(a)~图2.1(c)所示。

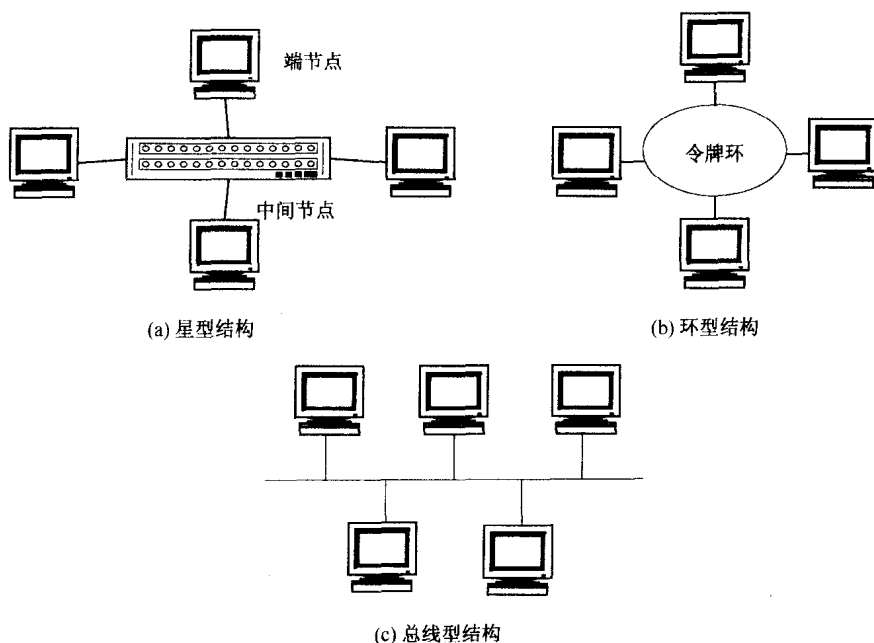


图 2.1

1. 星型网络

星型网络是以中央节点为中心,每个节点通过点到点链路连接到中央节点上,任意节点间的数据交换都要通过中央节点进行控制。在星型网络结构中,节