

网络控制的机遇与挑战

吴秋峰 清华大学自动化系(100084)

Abstract

Network Control is an opportunity and challenge we are facing, some discussion around Networked Control Systems and Network Control are summarized.

Keywords: network control, telematics systems, network-based control

摘要

网络与控制的学科交叉研究与产品的研发是我们面临的一个机遇与挑战。在网络控制系统和网络的控制中都有不少问题可研讨。

关键词: 网络控制, 网络化系统, 网络的控制

二十年前,面对计算机与控制交叉发展的机遇与挑战,中国计算机学会工控机专委会(其前身:中国电子学会电子计算机专业委员会工业计算机学组)诞生。二十年后的今天,我们又面临新的机遇与挑战,其特征之一就是,信息科学技术快速发展所引发的计算网络与控制科学技术的交叉发展,本文简称为“网络控制”。对此,已有不少论述,本文只是简要讨论一些看法。

1 网络控制的机遇

近年来信息科学技术与信息产业的发展十分迅猛,新思想、新技术相继问世,网络方面的新技术和产品迅速进入市场。而在经历一个大发展后,自动化及控制理论在其发展中也出现一些“困惑”,各国均十分关注自动化科学与技术面临的机遇与挑战。1986年IEEE与美国国家基金委专家高峰会发表“对控制的挑战”一文;1990-1993年IFAC组织了“控制在工业中的应用面临计算机的挑战”调研……我国也十分重视这个问题:1999年宋健在IFAC大会报告:21世纪的控制;2002年中国国家自然科学基金委召开“中国自动化领域发展战略高层学术讨论会”^[1]。在这些讨论中,信息的控制、网络技术对控制的冲击等都是一个议题。维纳《控制论》一书的副标题是:“关于在动物和机器中控制和通信的科学”;而在《控制论》第二版序言中他又指出“如果一门新的科学学科是真正有生命力的,它的引人入胜的中心就必须而且应该随着岁月而转移……因此,控制论学家应该继续走向新的领域,应该把大部分注意力转移到近十年发展的新的思想上去……”。从历史上看,控制与通信确实是相互依存交叉发展的,而当今在“网络的连通性无所不在”的形势下,我们确有必要讨论网络对控制的挑战是什么,信息的控制或网络控制是否应该列为一个“引人入胜的中心”。

“网络控制”的提法早已有过,而对其内涵与外延并不十分统一。我们觉得网络控制泛指通信网络与控制科学技术的交叉以及相应的产品,主要包括两个方面的内容:①网络化系统的控制与管理,网络主要是做为技术手段或环境,而控制对象是传统的对象(如电机、化工过程、航天……)也包括交通、服务等系统,本文简称为“网络化控制”;②网络系统(本身)的控制与管理,信息与网络成为控制的对象,而采用控制的手段来满足用户的要求,本文简称为“网络的控制”。这也可以说是从两个视角来研究网络控制,我们在网络控制的这两个视角上都面临机遇与挑战。前者延伸了诸如数字控制、计算机控制等的概念,而后者则延伸了电机控制、机床控制等的概念。

2 网络化系统与网络化控制

网络化系统及网络化控制有多种提法,如 Telematic Systems, Networked Systems, Networked Control Systems (NCS), Integrated Communication and Control Systems (ICCS 通信与控制系统)等,其内涵各有所侧重,但有共同点:是依靠网络(主要是计算机网络)组成的分布式系统;具有资源共享、集成自动化、协调工作等特点,从应用角度可包括:网络化控制、网络化制造、电子政务、电子商务、数字家庭、大型电网、城市交通、军事上的4ISR(指挥、控制、通信、计算机以及情报、监视、侦察)等。可以是工业对象也可以是服务业或其他对象。

网络化控制系统中的网络一般是大范畴的企业网络,从功能层次上可包括企业网的外联网 Extranet, 企业内联网 Intranet、控制网、传感网等,从网络类型上也可以说包括因特网、无线移动通信、以太网、现场总线与工业以太网、传感器网络等。网络技术在控制领域的广泛且深入的应用,必然引起网络与控制交叉学科的发展,或者引起 Thomas Kahn 在“The Structure of Scientific Revolutions”中指出的在控制领域的范例转移(Paradigm Shift)或出现从连续时间控制理论到离散时间控制理论的发展。

网络化控制与管理系统,可以不同程度地实现各层次自动化系统的集成,使企业在企业协作、资源共享、提高效率、增强市场竞争能力等方面得到好处;同时,网络的引入必然带来信息传输时延,延时的抖动信息(数据包)丢失等问题,也必将引发一些研究课题,包括:网络化控制系统体系结构,网络环境下复杂系统的集成优化控制;基于连续时间和基于事件控制理论(在网络化控制系统中的)的应用与发展;各种网络化应用系统的建模与分析;基于网络计算和网络存储的分布控制;网络化系统的信息安全,现场总线,工业以太网,传感器网络等等^[2-3],从某种意义上说工业控制计算机系统的发展必须定位于网络环境下,从网络控制着手。

3 网络的控制与管理

网络的控制,基于网络的控制(Network-Based Control)或网络空间中的控制问题是直接涉及到网络本身的控制问题,这里控制的对象是信息、数据、网络……。在自动化科学发展的历史中,自动控制的对象是不断发展变化的,这种发展体现了自动化科学理论与实际相结合,学科交叉和与时俱进的特性,从某种意义上说,控制论的着眼点是信息与控制或信息的控制,而网络

的控制是信息的控制中的重要内容。

网络的控制或基于网络的控制系统在资源共享提高网络服务质量,实现集成自动化和整体优化以及和谐人机协调等方面都有优势或潜力;由于网上的传输时延,数据包丢失,以及用户对网络服务质量的不同需求等,引出了网络的控制中一系列研究课题。涉及相关的协议,系统的控制策略,稳定性、鲁棒性、算法的收敛性以及控制系统产品化等问题。

以复杂媒体网络的控制为例,复杂媒体可视为一个广义的系统,其所究内容包括信息结构、复杂媒体的管理、服务质量(QoS)控制,流量控制等。例如,在流媒体系统中,可以利用自适应等控制策略使用户在不同的网络环境下享受到尽可能好的QoS保证。

1999年,本尼迪克特(Bendidt)提出了“网络空间”(Cyberspace)的概念,称这种“由计算机支持,由计算机进入和由计算机产生的全球网络化,是多维度的,人造或‘虚拟’的真实。它是真实的,每一台计算机都是一个窗口;它是虚拟的,所看到的或所听到的既不是物质也不是物质的表现,相反它们都是纯粹的数据或信息组成的”。可以说,它是介于虚拟和现实之间的特殊空间,即“网络空间”,由此而可能发展网络科学。网络空间有许多控制和管理问题,有人称之为“虚拟控制”或网络的控制。近年来,关于下一代互联网、智能网、网格等的讨论也较多,网格(Grid)一般认为是继传统因特网、Web之后的第三代因特网,其主旨是实现互联网上所有资源的全面连通,在气象、能源、教育以及企业信息化中都有广泛应用。美国《福布斯特》杂志预期网格技术到2020年将产生年产值20万亿美元的大工业。在网格中分布资源管理与控制、资源共享、网格监控以及系统安全等方面的研究都是受人关注的^[4]。有人建议,在网格的体系上要体现服务第一,协议第二的观念。另外,在下一代网关中,可能会将大部分控制功能(呼叫控制、接入控制、资源控制、服务质量控制等)统一交由一个控制层来完成。可见,网络的控制及管理是日益受到重视,控制的一些基本概念,控制策略和控制理论不能简单地搬到网络的控制中,但应可以在网络的控制中得到发展。

以网络为控制对象的网络控制所要解决的主要是用户对网络各种服务质量需求与网络资源间的矛盾与协调。从信息传送结构上讲,可以在核心网上增强控制功能;也可以在边缘网上引入系统与控制的方法。在这些系统建模与分析中,多会遇到系统规模大、异构件、时变性、人机协调、随机性等问题。在已见的一

些研究成果中,排队论、小波分析、自适应、神经网络、混杂系统等理论与方法都有应用。在因特网或非实时局域网的控制系统中,离散控制时间的确定性或定常性已不存在,要发展网络控制理论或改造经典的方法或按离散事件动力学考虑新途径,学科交叉研究势在必行^[1]。

4 对工控机系统及专委会工作的一些思考

二十年前,在个人计算机(PC)技术成熟并大举进入市场之际,我们成立了工业控制计算机专业委员会,在学术交流、产品研发等方面做了许多工作,得到了广泛的认可。当前,信息网络迅速发展,面对网络控制等的机遇,工控机系统的研发人员应多交流讨论。各种工控机系统,现场总线、工业以太网,分布控制系统,传感器仍是工业自动化与工控机的主要课题,而网络控制的机遇与挑战也是专委会需认真思考的:

1)当前,我国在网络化控制(网络化系统,网络化制造……)方面的研究与产品研发已有一些成果,尚待深入与普及;而在网络的控制方面的研究工作刚刚开始。我们可能需要在理论探索、技术研究以及协议(标准)制定、产品研发等层面上挑战网络控制的机遇。

2)需要面对网络控制的挑战,加强计算机、通信网络、自动控制等学术交叉性的研讨,可与兄弟专委会联合组织。计算机、通信网络、自动控制等不同专业背景的人员在从事网络控制这类学科交叉研究中,往往有不同的思路、视角、方法或切入点,其成果也各有特色。多交流互补是大有益处的。

3)关注网络化产品,传感网络等的市场及应用,应有一些自主开发的产品或典型应用领域。

4)加强与国外及港澳台同行的交流与合作。

参考文献

- 1 自动化学报.2002年增刊:中国自动化领域发展战略高层学术研讨会文集
- 2 黎善斌,王智,张卫东,孙优贤.网络控制系统的研究现状与展望.信息与控制,2003(6)
- 3 孔金生,万白五.网络环境下复杂系统的集成优化控制方法研究.计算技术与自动化,2003(9)
- 4 洪学海,许卓群,丁文魁.网格计算技术及应用综述.计算机科学,2003(8)

[收稿日期:2004.7.15]