

博客科技的专栏 (<http://bokekeji.blogchina.com>)



([http://](#)

## 多智能体系统及其经典问题研究

2016-05-31 10:35:51 栏目: 默认栏目 ([http://bokekeji.blogchina.com/1002927\\_list\\_1.html](http://bokekeji.blogchina.com/1002927_list_1.html))

作者：张斌

来源：人机与认知实验室

多智能体系统协同技术的相关研究是控制领域的前沿研究课题。直观来讲,多智能体系统是由一定数量的自主个体通过相互合作和自组织,在集体层面上呈现出有序的协同运动和行为。这种行为可以使群体系统实现一定的复杂功能,表现出明确的集体“意向”或“目的”。多智能体系统的迅速发展一方面为复杂系统的研究提供了建模及分析方法,另一方面也为广泛的实际应用提供了理论依据。特别的,随着生物种群决策、计算机分布式应用、军事防卫、环境监测、工业制造、特殊地形救援等领域的实际需求日益提高,多智能体系统协同技术吸引了国内外学者越来越多的兴趣和关注。与传统的单一系统应用相比,多智能体系统的协同工作能力提高了任务的执行效率;多智能体系统的冗余特性提高了任务应用的鲁棒性;多智能体系统易于扩展和升级;多智能体系统能完成单一系统无法完成的分布式任务。

多智能体协作的重要性与优越性最初直观的体现在生物物理领域，如鸟群的列队飞行，鱼群的聚集游动，昆虫和微生物的集体觅食等。在这些自组织现象中，不同的个体会自发的在空间上聚集成一个整体行动或形成有序的同步化运动。这种宏观有序的集体行为表现出单个个体所不具备的群体智能，保证每个个体在觅食、交配、逃避天敌等活动中获得单独行动所得不到的收益，从而实现种群利益的最大化。与人类社会相似，在生物群体的自组织现象中，利益关联的独立决策体通过相互的信息交换和协作完成整个群体的行动目标，因此这种自组织现象又被称为社会性聚集，社会性聚集中的每个生物体也是具有独立的感知、决策和通信能力的自主体。

受到这一自然和社会现象的启发，20世纪80年代，科学家认识到按照网络化和协作化的概念来规划和应用人工智能技术将会带来革命性的变化，使工业的发展产生巨大的飞跃。多智能体系统协同控制技术发展的一个重要里程碑是1986年MIT的著名计算机科学家及人工智能学科的创始人之一M.Minsky在“Society of mind”中提出了智能体的概念，并试图将社会协作行为的概念引入到计算机系统中。每个智能体具有和其它智能体，并最终和人交互信息的能力。这样一群相互作用的理性个体就成为多智能体。在多智能体系统中，不同智能体之间既合作又竞争，构成了生物种群和人类社会的一个缩影。利用这一思想，科学家将集中式运算发展为分布式运算，把待解决的问题分解为一些子任务，每个智能体完成自己的特定任务。整个问题的求解或群体任务的完成被看做是不同智能体基于各自的利益要求相互通信、进行协作和竞争的结果。与集中式问题求解系统相比，多智能体系统具有更高的灵活性和适应性。这一技术的发展也为今天云计算的产生奠定了基础。

在控制领域中，科学家沿用了智能体的概念，发展了协同控制方法。定义中的“智能体”是一个物理的或抽象的实体，它能作用于自身和环境，并能对环境做出反应。由此，一个智能体可以是人、传感器、车辆、机器人、飞行器等等。与单个智能体相比，多智能体系统具有以下特点：每个智能体仅拥有不完全的信息和问题求解能力；不存在全局控制，而采用分布式控制策略。系统中每个智能体都具有相对简单的功能及有限的信息采集、处理、通讯能力，然而经过局部个体之间的信息传递和交互作用后，整个系统往往在群体层面上表现出高效的协同合作能力及高级智能水平，从而实现单个智能体所不能完成的各种艰巨、复杂、精度要求高的任务。多智能体系统的分布式协调控制在多传感器协同信息处理、多机器人协作、无人飞行器编队等应用领域表现出越来越旺盛的生命力。多智能体系统的协调控制具有很多新的特点并富于挑战性。首先，群体系统在结构上具有“个体动态+通信拓扑”的特点。组成群体系统的每个个体都具有一定的自主能力，包括一定程度的自我运动控制、局部范围内的信息传感、处理和通信能力等(如配备传感器和通信装置的移动机器人)。系统中个体之间通过局部信息交换相互作用。调整自身动态行为；系统整体动力学由每个个体的动态和个体间的通信拓扑所决定。这一特点使通信拓扑结构在决定群体系统动态行为方面起着极其重要的作用。其次，群体系统的动力学是由简单的个体行为规则和局部信息产生的。由于群体系统通常包含一定数量的个体，难以设想通过给每个个体设定具体的和全

局的运动规划而实现期望的群体行为。从自然和社会中的种种群体现象来看，群体行为完全可以在简单个体行为的基础上，通过系统的自组织而产生。另外，从控制目标来看，群体系统的协调控制的基本任务是实现期望的系统构形和整体运动方式，如以确定的队形按照预期的速度和方向前进。而完成这一任务的手段，如上所述，只能通过个体之间的相互作用规则，以及必要和可行的外部干预等等。

目前，多智能体系统协同控制技术展现了巨大的发展潜力，它代表了当前的发展趋势。但是由于网络不确定性、通讯不确定性、个体异构性等诸多复杂因素的存在，人们亟需找到精确可靠的分布式控制方案来实现工程应用。我们相信，在未来的几年里多智能体系统协同控制技术将会为工业生产带来巨大的利益，为人类生存提供巨大的便捷。



k/bokekeji/14646620597899.png)

多智能体系统典型问题研究

(1) 多智能体系统有限时间控制

多智能体系统协同控制中收敛速度是一个重要的指标。随着自动化程度的提高和更精密生产过程的需求，人们对收敛速度的要求越来越高。火箭发射个航天器对接时典型例子。

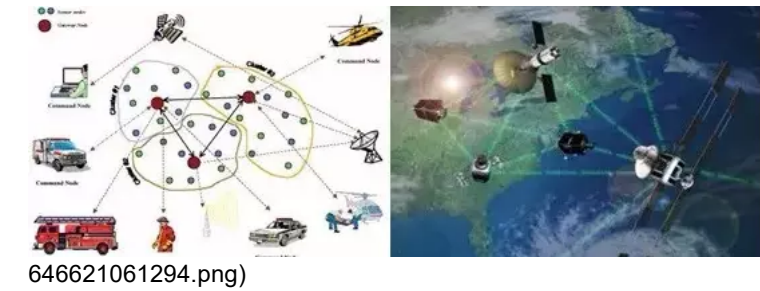


646620843538.png)

在经典的稳定性理论研究成果当中，精确收敛无法在有限时间内实现。究其原因，经典稳定性理论要求反馈回路要保证闭环系统满足Lipschitz连续性，从微分方程的求解过程来看，这类控制分析和综合的方法具有无限时间收敛性。如何打破传统的Lipschitz连续性要求，建立起新的有限时间控制方法是一个重要内容。在此基础上，兼顾多智能体系统在工程应用中的可行性，至少还有三个关键点需要研究。1) 有限时间协同观测器设计。在大规模多智能体系统协同控制当中，精确地速度信息通常难以测量，不依赖于速度信息的反馈策略具有实际应用价值。然而，传统的速度观测器结构不具有有限时间特性和协同特性，需要寻求新的观测器结构。2) 大规模节点反馈对个体性能的影响。当多智能体系统中节点个数过多时，各个节点反馈信息的累加会超出单个智能体执行器输入的上界，如果简单地应用现有的几类输入饱和控制方法来处理该问题，又会造成收敛速度的减慢。如何处理“多”与“快”之间矛盾需要深入研究。3) 网络化机械系统有限时间协同控制。目前，多智能体系统有限时间控制问题大多以线性系统为模型，而实际的机械系统一般具有复杂的非线性特性和强耦合特性，需要进一步研究。

(2) 多智能体系统切换拓扑结构研究

模式切换很早就被引入到了控制理论当中。作为一种建模方式它丰富了可研究的被控对象，作为一种控制思想它给控制回路的设计带来了巨大的方便。随着多智能体系统的出现，切换的意义显得更为突出。目前大多数对于多智能体系统的研究假设拓扑结构固定，通过假设固定拓扑结构可使问题得到简化，但实际的拓扑结构则很可能是时变的。



例如，当通讯失效或者通讯距离发生变化时，网络中的某些链路会断开或连通，因此用切换拓扑的建模形式能更合理的描述多智能体网络。主要研究内容包括：1) 切换系统的类不变集原理。众所周知，LaSalle不变集原理是研究连续系统稳定性的有力工具。由于切换系统是非连续的，因此LaSalle不变集原理不再适用。相比于LaSalle不变集原理，需要建立一类适用于切换系统的不变集原理来进行系统的分析与综合。2) 具有时变子系统的切换系统的类不变集原理。在具有切换拓扑结构的多智能体系统协调控制中，某些模式会是时变的，因此研究时变的类不变集原理具有重要现实意义。这一问题结构复杂，可用的数学工具不多，需要寻求新的方案加以解决。3) 利用类不变集原理彻底解决切换拓扑多智能体系统协同控制问题。类不变集原理是一个一般性的理论工具，从应用的观点以及本项目的研究背景来看，需要利用类不变集原理来解决多智能体系统协同控制问题。这一方面展示了类不变集原理作为一个理论工具的广泛适用性，另一方面为多智能体系统高效、可靠地应用奠定了基础。

### (3) 网络化机械系统协同控制

目前，多智能体系统协同控制更多的是作为一个理论课题进行研究。将多体协同控制的理论与工程实践相结合，并将理论成果转化为实际的工程方法是重要的研究内容。如卫星协同对地观测，多机械臂协同操作等。



主要包括：1) 网络化机械系统任务空间时滞自适应同步控制。在实际应用当中，需要机械系统执行机构的末端在任务空间中进行精细的协同操作。实际工作环境普遍存在信号传输延时，系统结构参数及载荷分布不确定，以及传感信息误差等不利因素，现有的补偿及去噪算法大都是在关节空间进行的，本项目将探索任务空间中的处理方法。2) 全局非线性协同状态估计方案研究。由于机械系统的非线性特性以及不同个体状态变量之间的耦合，状态变量的全局协同估计是一个复杂的任务，传统的估计方案不能满足需要，需要寻求新的方法加以解决。3) 仿生机械研究。多智能体是一种崭新的思维方式，可以用多智能体系统的建模方式模仿自然界中生物体的精巧结构、运动原理和行为方式。本项目将探索微型扑翼飞行器，用多智能体系统模拟多点化的昆虫翅膀，建立震动与升力的联系，实现飞行器的举升、悬停和推进功能。

## 阅读前一篇

德国电信带头反水，“泛网时代”华为何去何从？ (<http://bokekeji.blogchina.com/3046134.html>)

## 最新文章

- 马蒂·沃尔夫：一个志存高远的准则——ACM道 (<http://bokekeji.blogchina.com/547511860.html>)
- 周其林院士：不能以拿大奖判断科学家是否成功 (<http://bokekeji.blogchina.com/958550068.html>)
- 全球人脸识别算法测试最新结果：中国算法包揽前 (<http://bokekeji.blogchina.com/807489588.html>)
- SpaceX再次成功发射并回收二手火箭，将第 (<http://bokekeji.blogchina.com/807493156.html>)
- 俄国人称SpaceX不算什么：正造核动力可重 (<http://bokekeji.blogchina.com/824269365.html>)

直言不讳

说点什么吧~~

发表

pos

t.bl

ogc

hin

a.c

om/

sig

n/i

n?f

ro

m=

htt

p://

pos

t.bl

ogc

hin

a.c

om/

su

mm

ar

y)

(htt

p://

pos

t.bl

ogc

hin

a.c

om/

writ

er/c

rea

te)