

多智能体系统最新进展

——2010第六届全国多智能体系统与控制学术年会论文集

DUOZHINENGTI XITONG ZUIXIN JINZHAN
2010DILIUJIE QUANGUO DUOZHINENGTI XITONG
YU KONGZHI XUESHU NIANHUI LUNWENJI

主 编 刘载文
副主编 张 霖 杜军平 楚天广 付永领 左 敏



國防工業出版社
National Defense Industry Press

多智能体系统最新进展

——2010 第六届全国多智能体系统与
控制学术年会论文集

主编 刘载文

副主编 张霖 杜军平 楚天广 付永领 左敏

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

多智能体系统(Multi-Agent System, MAS)为目前人工智能、自动控制以及计算机科学研究热点问题。本书汇集了国内多智能体系统与应用的最新研究进展,包括多智能体与学习理论、多智能体算法研究、多智能体与系统控制、多智能体控制与机器人、多智能体控制与网络、多智能体与计算机应用等专题。本书将对推动我国多智能体系统与控制的理论、技术与应用的研究及发展具有促进作用,可供多智能体系统研究领域的专家学者、研究生以及工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

多智能体系统最新进展:2010 第六届全国多智能体
系统与控制学术年会论文集/刘载文主编. —北京:国
防工业出版社,2010.10

ISBN 978-7-118-06940-2

I. ①多… II. ①刘… III. ①人工智能-学术会议-
文集 IV. ①TP18-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 203199 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 22¼ 字数 578 千字

2010 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—500 册 定价 90.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

多智能体系统最新研究进展

——第六届全国多智能体系统与控制会议论文集

会议组织机构

大会主席：

贾英民（北京航空航天大学）

王 龙（北京大学）

谢志华（北京工商大学）

程序委员会主席：

刘载文（北京工商大学）

杜军平（北京邮电大学）

朱群雄（北京化工大学）

组织委员会主席：

楚天广（北京大学）

付永领（北京航空航天大学）

王小艺（北京工商大学）

评奖委员会主席：

洪奕光（中国科学院系统科学研究所）

郁文生（中国科学院自动化研究所）

张 霖（北京航空航天大学）

会议秘书长：

左 敏（北京工商大学）

张林镱（清华大学）

张维存（北京科技大学）

秘书组：

连晓峰 李海生 韩忠明

前 言

智能体 (Agent) 是指能自主动作, 有一定智能的机器或软件系统。智能体概念最早由美国的 Minsky 教授在《Society of Mind》一书中提出, 它用来描述具有自适应、自治能力的硬件、软件或实体, 其目标是认识与模拟人类智能行为。研究者将智能体看成作用于某一特定环境, 具有一定生命周期的计算实体。它具有自身的特性, 能够感知周围的环境, 自治地运行, 并能够影响和改变环境。1987 年 Bratman 提出一种描述智能体基本特性的 BDI 模型, 他认为一个智能体包含有三种基本状态: 信念 (Belief)、期望 (Desire) 和意图 (Intention), 分别代表其拥有的知识、能力和要达到的目标。所有智能体的自主行为, 都是基于它的三个基本精神状态而通过与环境之间以及智能体相互之间的交互来完成的。

在计算的发展历史中有五个重要的、相联系的发展趋势: 普适、互联、智能、代理、人性化。所有这些趋势导致了多智能体系统 (Multi-Agent System, MAS) 的出现。一个能够感知环境并反作用于环境的物理的或虚拟的实体都可以看作为智能体, 而多个智能体为了达到特定目的的进行相互作用而形成的信息共享、协调控制和计算系统就为多智能体系统。多智能体系统由多个信息共享、互相通信、协调控制的智能体组成的集合, 每个智能体可拥有不完全的信息和求解问题的能力, 多智能体系统可以是同构的或异构的, 计算过程是异步并发或并行的, 因而多智能体系统具有比单个智能体更高的智能性和更强的问题求解能力。多智能体系统主要研究多个智能体在复杂环境下如何处理知识和协作等问题, 对多智能体系统的研究已经成为人工智能、自动控制以及计算机科学研究热点。

全国多智能体系统与控制会议是每年举办一次的全国性学术会议, 其宗旨是为本领域的专家学者、研究生以及工程技术人员提供一个学术交流的机会, 以便推动我国多智能体系统与控制理论、技术与应用的发展。第六届全国多智能体系统与控制会议于 2010 年 10 月 30 日 - 31 日在金秋时节的北京召开。本次会议由中国人工智能学会智能空天系统专业委员会主办, 北京工商大学承办, IEEE 系统控制北京分会、中国系统仿真学会仿真技术应用专业委员会、北京自动化学会、北京大学、北京航空航天大学、北京科技大学、北京邮电大学、北京化工大学、华北电力大学、中国科学院系统科学研究所及中国科学院自动化研究所等多家单位协办。会议将就多智能体系统与控制相关的理论与应用研究进行广泛的学术交流, 并邀请中国空间技术研究院吴宏鑫院士、澳大利亚新南威尔士大学 Andrey V. Savkin 教授、国家自然科学基金委员会王成红教授、北京大学王龙教授、清华大学马少平教授等知名专家做专题报告。

本次会议共收到论文 150 多篇 (其中 20 篇为英文论文), 将分为多智能体与复杂系统、多智能体与学习理论、多智能体算法研究、多智能体与系统控制、多智能体控制与机器人、多智能体

控制与网络、多智能体与计算机应用等专题通过会议论文光盘在会议上进行交流。通过专家评审,30 篇论文在核心期刊正刊发表,60 多篇论文刊登于正式出版的会议论文集。

本次会议的大会主席为北京航空航天大学贾英民教授、北京大学王龙教授、北京工商大学谢志华教授。北京工商大学刘载文教授、北京航空航天大学张霖教授、北京邮电大学杜军平教授、北京大学楚天广教授、北京航空航天大学付永领教授、北京工商大学左敏副教授等负责论文集的编辑工作,清华大学张林鎔、北京工商大学连晓峰、李海生、韩忠明等承担论文集和会议光盘的编辑工作。

目 录

1. 多智能体与复杂系统

基于大系统控制论的作战控制系统分析/顾静超	2
多个体系统聚集运动状态的形成及其动力学原理/金继东, 郑毓蕃	7
Control of Hammerstein systems with dead-zone nonlinearities based on a non-iterative identification algorithm/Lv Xiaohua, Ren Xuemei	14
一类连续 BVP 振子的稳定性与霍普分支/廖杰, 王进良, 冯伟	22
基于多智能体的消防监控应用框架模型/戴明利, 韩忠明, 李越辉	26
Repetitive Learning Control for a Class of Nonlinear Systems with Unknown Control Direction/Yu Miao, Ye Xudong	32
基于行为预测的合作式多智能体强化学习/陈刚, 何勇, 陈鑫, 戴朝晖	38

2. 多智能体与学习理论

基于 Multi-Agent 的自动化立体仓库系统的建模、优化与仿真/但美兰, 姜同强	44
Consensus for Multi-agent Systems under Second-order Dynamics with Delays/Liu Kaien, Xie Guangming, Wang Long	50

3. 多智能体算法研究

On the non-Markovian master equation for cooling a micro-mechanical resonator in the thermal environment/Cui Wei, Maniscalco S, Xi Zairong, Pan Yu	60
基于主数据管理的 EMPI 医疗信息系统实现/段效晨, 连晓峰/	65
Vague Sets Based Researches on Natural Rubber Species Optimization Evaluation/Jiang Jun, Li Zhuang, Wang Hongxu, Guo Jianchun	70
石油管道全景图系统设计与实现/陈冲, 杜军平	75
全景图拼接算法研究与实现/李璐彪, 杜军平	80
一种改进的 TDOA 算法在煤矿井下定位中的应用/孙硕, 陈岩	85
车辆动态称重系统设计/王昆鹏, 陈天华	89
演化博弈在超级竞争市场的应用/谢珍珍, 赵守香	93
水面清洁船综述/练玉新, 翟永平, 王朝立	96
多尺度几何分析在图像检索中的进展与展望/李登峰, 杨晓慧	106
基于综合营养指数的水体富营养化评价方法研究/陈晨, 许继平, 王小艺, 刘载文, 朱世平	112
基于偏最小二乘法线形回归方法的湖库水华预测/董硕琦, 王小艺, 刘载文, 许继平, 赵晓平	116
Continuous spatial evolutionary game with migration/Li Zhuozheng, Chu Tianguang	120
演化博弈中的粒子群优化方法/张建磊, 楚天广	124
一种基于梯度直方图的边缘提取算法/段大高, 韩忠明, 莫倩, 万月亮	128

4. 多智能体与电力控制

直线电机负载模拟器多学科仿真研究/焦洁,王晓东	134
AD2S90 芯片对直流伺服电机控制的典型应用/刘保民,谢扩军	139
电弧炉电极调节控制系统的鲁棒控制/史述东,刘小河,曲少杰	142
变桨系统中伺服电机的转速检测与控制/刘保民,谢扩军	147
无磁液压伺服驱动系统的长管道建模与仿真/璩金超,王旭永,陶建峰,扬飞鸿,刘鹏,李付军,代勇	151

5. 多智能体控制与机器人

某型无人机舵机回路的设计与仿真分析/曹瑞,黄方,刘莉	160
分布交互仿真发展研究/孙海燕	164
虚拟漫游中碰撞检测的研究与实现/周斯聪,朱程荣	169
基于未校准视觉伺服的动态非完整移动机器人的轨迹跟踪控制/杨芳,王朝立	172
基于遗传算法的 CGF 战场地形全局路径规划研究/陆明,宋晓	180
基于误差方差约束下的临界探测概率研究/陈素娟,盛安冬	186
基于 LPV 建模和粒子群优化的飞行控制律评估/朱迎谷,易建强,范国梁	190
面向人体跟踪机器人的被动红外传感模型设计与实现/冯国栋,刘敏,郭雪梅,王国利	195
用于搜救的多机器人系统的设计与仿真研究/李潇涵,张涛	202
光学遥感卫星一体化仿真网格中间件设计/孟荣清,胡鹏,邱晓刚,段伟	207

6. 多智能体控制与网络

H_{∞} Control of Active Suspension with Actuator Time Delay and Vehicle Parameter Uncertainties /Chen Changfang, Jia Yingmin	214
Delay-range-dependent Stability Criteria for Linear Systems with Interval Time-varying Delay /Xiao Nan, Jia Yingmin	225
基于交换式以太网的 GSM-R 场强测试系统研究/李绍坤,刘宏志,林木	231
基于 OpenMP 的并行最短路径算法/卢洋,王力生	235
连锁零售企业物流配送的车辆路线问题研究/王小娟,薛红,安赛	239
余度舵机力纷争成因分析及对策/付永领,庞尧,刘和松,张晔	244
AFDX 航空总线网络测试/陈娟,庄国梁,梅洪,付永领	250

7. 多智能体与计算机应用

基于 HMM 的信息工程监理质量评估模型研究/高丽,刘宏志	258
信息工程监理中异构数据集成研究/郎星建,刘宏志,李文正	262
语义 Web 服务工作流自动组合方法的研究/陆明翔,蔡强,李海生	267
产品质量食品安全互联网舆情监控系统设计/田鹤楠,杜军平	272
互联网舆情监控系统中聚焦爬虫的研究/王旭 杜军平	277
基于时间满意覆盖模型的城市应急物流基站选址的研究/熊洁琼,刘宏志	282
软件事务性内存与快照隔离可结合性分析/于翔,王力生	286
基于 UML 的高校选课信息系统设计/李海生,彭珊,蔡强,姜同强	291

基于 BP 人工神经网络的连锁超市配送供应链风险预测/赵川,薛红	297
SCILAB 连接 SQLite 数据库的编程研究/田飞,何渝	303
信息工程监理中基于蚁群算法的 XML 查询优化研究/郎星建,刘宏志	308

附录 1

Finite-Thrust Spacecraft Trajectory Optimization Using Dual-Model HLGL Direct Collocation

Method/ Qi Yongqiang, Jia Yingmin	313
复杂自适应系统的 MAS 动态协作任务求解时序逻辑模型/蒋伟进,张莲梅,史德嘉	313
一种多智能体系统一致性协议仿真系统的设计/刘忠信,韦月飞,曹勇,陈增强	314
量化通讯下的采样二阶积分多智能体系统一致性控制/程龙,王旭,侯增广	315
基于差分进化的多智能体路径规划/雷小宇,杨胜跃,张婷婷,张亚鸣,樊晓平, 瞿志华	316
基于多智能体的语义 SOA 案例库研究与实现/张启程,张霖,陶飞	316
带有禁忌规则的改进蚂蚁算法/范彬毅,姜同强	317
基于活动网络的工艺模拟实验方案设计系统研究*/陈增强,陈戊超,刘忠信	318
社会化书签系统中标签分布特性研究/韩忠明,刘艳君,段大高,左敏	318
大中型水库移民后期扶持效果监测评估方法研究/李晓亮	319
基于等价对的图像连通域标记算法/左敏,曾广平,涂序彦,徐益群	320
基于灰色理论的湖库水体富营养化预测方法研究/赵晓平,王小艺,刘载文,刘娟,董硕琦	320
600MW 超临界机组非线性数学模型的参数估计与平衡点分析/田新首,韩忠旭,陈利杰,蔡婧	321
变速恒频风力发电系统矩阵式变换器的建模与仿真/王旭东,刘磊	322
某无人机的纵向控制律设计仿真分析*/蒋静	323
翼伞空投机器人系统的六自由度仿真/焦亮,孙青林,亢晓峰	323
遥感卫星仿真综合集成环境中资源的描述/胡鹏,邱晓刚,孟荣清	324
Distributed Leadless Coordination for Networks of Second-Order Agents With Time-Delay on Fixed Topology/ Cui Yan ¹ , Jia Yingmin	325
IR-UWB 无线传感器网络中 ToA 估计的门限选择算法/姜向远,张焕水	325
Social Learning and Collective Analysis in Boolean Networks /Lou Youcheng, Hong Yiguang	326
基于灰色线性回归组合模型的铁路客运量预测/侯丽敏,马国峰	326
互联网药品经营企业的市场主体数据库建设研究/陆颖,顿彬,陆明,陈锋	327

附录 2

基于 MAS 的动态协作任务求解模型与算法/Luo Fei,蒋伟进,史德嘉	329
复杂诊断系统的 MAS 分布式协作方法研究/李中济	330
具有时延的二阶多智能体系统的跟踪控制*/杨洪勇,李晓	331
Quantized Consensus for Agents on Nonbalanced Information Graphs /Li Dequan, Liu Qipeng, Wang Xiaofan	331
群体 Agent 的知识遗忘理论/林运国,王秀丽,林耀海	332
基于承诺与学习能力的多 Agent 系统动态协作/骆菲,夏可,蒋伟进,李艾	332
Vague Sets Based Researches on Natural Rubber Species Optimization Evaluation /Jiang Jun,	

Li Zhuang, Wang Hongxu, Guo Jianchun	333
Application of intelligent algorithm in the cement rotary kiln/Wu Ritu, Zhang Yongqiang	334
基于改进蚁群算法和 BP 神经网络的入侵检测方法/丁玲, 张小温	334
地物光谱吸收特征的聚类检索技术研究/李彬彬, 罗乐, 徐晨威	335
基于自适应背景信息的目标跟踪/李才会, 张群, 陆起涌	335
基于 MAS 构件技术的复杂知识复用动态演化模型研究/骆菲, 蒋伟进, 张莲梅	336
MPI 通讯在特种食用油控制系统的应用/史婷, 寿永熙, 苏依拉	337
基于免疫计算的公交行车时刻表编排优化/王敏, 唐俊	338
基于冗余小波变换的多传感器图像融合算法/张彬, 郑永果	338
A velocity-adaptive Couzin model and its performance /Dong Hairong, Zhao Yan, Wu Jiajing	339
Robust formation control for nonlinear mobile sensors in target tracking /Hu Jiangping, Hong Yiguang, Hu Xiaoming	340
* 应用 Matlab 建立变形监测数据 Bp 网络/侯剑舒	340
基于不连续间歇耦合的复杂动力网络的同步/张华, 周进, 吴泉军	341
A possible solution to enhance the entertainment in computer games /Yu Xinrui, He Suoju, Gao Yuan, Yang Jiajian, Sha Lingdao	341
基于 SOA 的企业门户研究/沈玉红	342
数据库缓存相关参数调优研究/王力生, 林辉	342
基于动态 workflow 系统的软件过程改进与控制研究*/夏可, 朱雁翔	343
一种分布式 Web 服务事务处理模型/周颖	344

1. 多智能体与复杂系统

基于大系统控制论的作战控制系统分析

顾静超

(南京陆军指挥学院, 南京 210045)

摘要:作战控制系统要素众多、结构复杂、环境多变,可视为特殊的大系统并运用大系统控制基本原理进行分析。作战控制系统由施控者、受控者、控制目的、控制手段、控制信息等要素构成,是前馈与反馈相互补偿而耦合成的系统,其结构为多级“集中——递阶”复合结构。

关键词:大系统控制论;作战控制系统;要素;模型;结构。

The Analysis of Combat Control System in view of Large systems Cybernetics

Gu Jingchao

(Nanjing Army Command College, Nanjing 210045, China)

Abstract: Because it has lots of elements, complicated structure and changeable environment, it can be seemed as a special large systems and analysed used the large systems cybernetics. The combat control system is constituted of the dominate, the person who is dominate, the control aim, the control methods and the control information. It's a coupling system by feedback in the front and feedback, and its structure is multispeed "centralized - progressive" compound Structure.

Keywords: Large systems Cybernetics; Combat Control System; Element; Model; Structure

1 引言

大系统控制论自创建以来,在研究工程技术、社会经济、生态环境等领域复杂大系统的控制机理和信息过程中发挥了重要作用,是研究复杂大系统“广义控制”的重要指导理论。

在军事领域中,由指挥员及指挥机关、指挥对象构成的作战控制系统要素众多、结构复杂、涉及面广、环境多变,可视为特殊的大系统。在大系统控制论指导下,深入研究作战控制系统的模型、结构,有助于深入剖析作战控制系统运行机理,从而为提高控制效能奠定基础。

2 作战控制系统要素

作战控制,是“指挥员及指挥机关对所属部队和分队作战行动支配、驾驭、制约和协调的指

挥活动。”^[1]作战控制系统要素,是构成作战控制系统的本质因素,是作战控制系统存在的客观基础,具备以下特征:一是构成作战控制必要的成分,二是构成作战控制本质的成分,三是相互独立且处于同一层次上的成分。作战控制系统由施控者、受控者、控制目标、控制手段、控制信息等要素构成。

2.1 施控者

施控者,是作战控制的主体,即作战控制活动的实施者。控制论明确指出,控制是一种具备复杂因果关系的特定行为,因此,必然具备行为主体以及行为客体。指挥员及指挥机关作为作战指挥活动的主体,本身即担负掌握情况,控制、协调指挥对象的作战活动的职责。同时,因指挥员及指挥机关的惟一权威性,亦不可能在它们之外另行指定机构或个人负责作战控制职

责,所以作战控制的实施必然是依托或依附于各级各类指挥员、指挥机构及其组成的指挥群体。作为作战控制活动的行为主体,施控者是指指挥员、指挥机关及其组成的指挥群体,其主要活动包括掌握情况、情况研判、纠偏调节等,按照职权对受控对象下达命令、指示等指令,以制约其作战指挥活动。

2.2 受控者

受控者,又称控制对象,是作战控制活动的客体。在作战控制活动中,其控制对象即为指挥对象,它及时向施控者反馈有关信息并接受施控者的指令以纠偏调节,最终达到预期的作战目的。

2.3 控制目的

控制论指出,控制必须具有目的,即目的是构成控制的必要的成分。因此,控制目的也是作战控制的要素之一。作战控制最直接的目标是作战计划,包括目标决策、原则及实现的措施、方法等内容。在这一直接目标的基础上,可将计划分割为若干便于执行的小的控制目的,使得每一个单独的控制流程单元可以完成一个相对应的控制目的,最终实现作战计划这一控制的直接目的。

2.4 控制手段

控制手段是指实施作战控制所采用的工具和方法的统称。在作战控制活动中,施控者与受控者之间必须要有一个交流的中间媒介,即控制手段。控制手段主要包括两方面的内容:一是控制工具,即各种控制器材。它是构成作战控制手段的物质基础。二是运用控制工具的方式方法。控制工具仅仅构成了作战控制的物质手段,其媒介作用的发挥还有赖于对其运用的方式和方法。

2.5 控制信息

控制信息是指与施控者在作战控制过程中接受和发出的与作战控制相关的信息,主要包括两个方面的内容:一是施控者接受的与作战控制相关的信息,二是施控者对受控者发出的调节纠偏的指令信息。作为控制的基本属性,信息用符号来研究和改变系统的性质、结构和功能。在作战控制活动过程中,控制信息与控

制手段一起,构成了施控者与受控者的联系纽带;控制信息、数量、质量及传递速度等因素,直接制约和影响作战控制效能。

在作战控制系统的诸要素中,控制目的既是作战控制活动存在的前提,又是施控者实施作战控制活动的基础;施控者与受控者之间是主体与客体、指令与执行、作用与反作用的关系;控制信息与控制手段相互结合,与施控者、受控者相互联系,体现了主体、媒介、客体、环境相互矛盾又相互辩证统一的关系。

3 作战控制系统模型

研究作战控制系统模型,须从控制论系统模型入手,按照从一般到特殊的演绎思维,将控制论系统模型引入作战控制系统中,结合作战控制系统的特殊性进行分析研究。

3.1 作战控制系统是闭环控制系统。

作战控制活动最简单、最直接而不可分解的作用机制如下:依据控制目的,施控者下达第一次命令(控制指令信息)→受控者接受并依据命令展开作战行动→受控者向施控者报告命令执行情况→施控者下达调控指令→受控者调整作战行动。

从上述关于作战控制最简单的作用机制分析过程中可以看出,作战控制系统中,系统的输出(受控者的作战行动)不仅依赖于系统的输入(施控者第一次下达的命令),还依赖于输出的回输(施控者根据受控者报告的情况下达的相应的调控指令)。因此,对比开环、闭环控制系统特征,可发现作战控制系统是带有反馈回路的闭环控制系统。

3.2 作战控制系统是前馈与反馈相互补偿而耦合形成的系统。

一般地讲,简单的作战控制系统是以反馈控制为主要作用机制。但是由于作战系统具备一定的滞后性。因此,在控制指令下达以后,受控者调整作战行动过程需要一定的时间,加之指挥对抗斗争激烈,控制指令未必能跟上作战控制系统的动态发展。所以仅仅依靠受控者对作战行动的反馈来实施作战控制,往往不能有效地争取主动。为弥补反馈控制的不足,有效

应对突然事件扰动,在作战控制系统中也需引入前馈机制,从而形成前馈与反馈相互补偿而耦合的作战控制系统。

在关于作战控制系统属性分析的基础上,结合控制论系统的基本模型,可得出作战控制系统模型如图1所示。

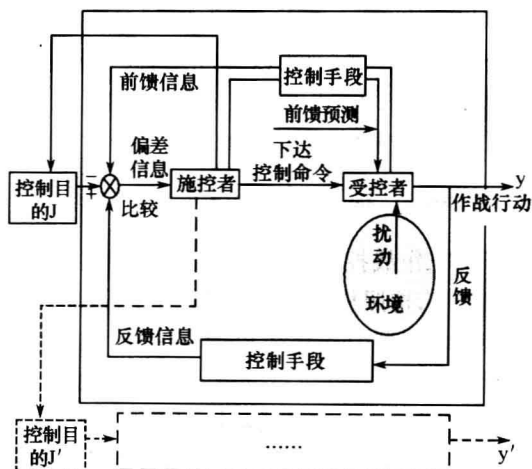


图1 作战控制系统模型

从该模型我们可以看出：

(1)施控者通过控制手段,对受控者的作战行动展开前馈预测并接受前馈信息。前馈信息与控制目标比较以后,形成偏差信息传输给施控者。施控者根据偏差信息下达相应的控制指令给受控者。

(2)受控者通过控制手段,向施控者反馈自身执行情况并形成反馈信息。反馈信息与控制目标比较以后,形成偏差信息传输给施控者。施控者根据偏差信息下达相应的控制指令给受控者。

(3)施控者在作战控制活动开始前,形成控制目的 J ;在作战控制实施过程中,一旦系统的稳定性受到极大影响,即系统可能崩溃、先期控制目的无法完成时,施控者及时调整并形成新的控制目的 J' ,开始新的控制活动。

(4)指挥环境对受控者施加扰动从而影响受控者的作战行动。

4 作战控制系统结构

大系统控制论指出,大系统基本结构有集

中控制、分散控制和递阶控制,在大系统一般基本结构的基础上,经过复合、变型,可分析各类大系统的特殊控制结构。因此,在研究作战控制系统时,应采取“分解——集成”的方法,先研究作战控制系统的基本结构,再对结构进行组合和集成,从而得出作战控制系统的一般结构。

4.1 作战控制基本结构

作战控制活动是特殊的指挥活动,其施控者等同于指挥者(指挥员及其指挥机关),受控者等同于指挥对象。因此,除最高统帅外,施控者亦是受控者,具备施控者与受控者的双重属性。根据作战指挥活动的层次性,在分析作战控制的基本结构时,只考虑单一层次的作战控制子系统,即施控者、受控者的角色、关系、功能是单一的,不具备复合性。

I. 集中式控制结构。

作战控制的集中控制结构如图2所示。

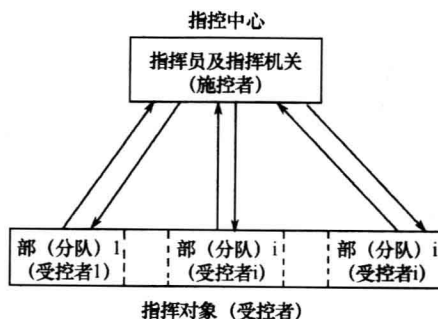


图2 作战控制集中式控制结构

这是传统的作战控制结构,主要具有以下特点:

(1)集中控制。指控中心对下属部(分)队,亦即受控者,进行集中控制,统一制定控制决策并发出控制指令。

(2)集中信息。控制信息统一传送至指控中心,进行统一的信息处理和利用。指控中心对作战控制的态势信息,在结构上是可控制、可感知的。

(3)纵向信息流。控制信息在施控者与受控者之间纵向流动,包括上行的控制态势信息流和下行的控制指令信息流。

集中控制结构通常运用于传统的作战控制活动,如二战时期苏联军队,下级必须服从上级

的统一计划和安排,缺乏自主性、能动性;或者规模比较小的作战活动,如反恐怖特种作战,因受控者数量较少,加之对作战行动约束性要求高,因此通常由上级统一进行控制。

II. 递阶式控制结构

虽然集中控制可以有效地保证作战行动的整体协调一致,但控制过程复杂、信息传输效率低,适应性差,缺乏灵活性,难以满足信息化条件下作战控制的要求。因此,在集中的基础上必须适当地分散控制,采取“集中——分散”相结合的控制结构,即递阶控制结构。

作战控制的递阶式控制结构如图3所示。

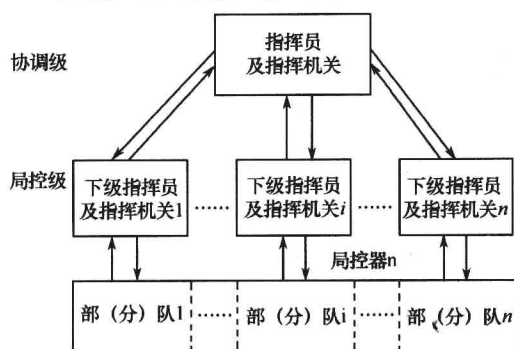


图3 作战控制递阶式控制结构

作战控制递阶式控制结构主要特点如下:

(1)递阶控制。采取“上级——下级”的分级递阶式控制结构,局控级各施控者(下级指挥员及指挥机关)对各自部(分)队进行局部控制,上级施控者(上级指挥员及指挥机关)通过对局控级各施控者协调控制,间接地对作战控制系统进行集中式全局控制。

(2)递阶信息感知。局控级各分散的施控者对相应的各子系统进行局部观测,上级通过对各局控级施控者的协调观测,间接地对作战控制系统进行集中式全局观测。上级通过各局控级施控者有可能对作战控制全局进行间接的控制和观测。

(3)递阶信息流。在“协调级——各局控级施控者——各子系统”之间,递阶式纵向传递控制信息流。其中,在“协调级——各局控级施控者”之间,传递上级的协调控制与协调观测信息;在“各局控级施控者——各子系统”之间,传

递下级各局部子系统的控制与观测信息流。

作战控制系统递阶式控制结构既兼顾了集中控制的优点,又避免了集中控制结构导致的控制过程复杂、信息传输效率低,适应性差,缺乏灵活性的缺点,是作战控制活动中普遍采取的基本结构。

应该看到,虽然大系统基本结构中包括分散控制结构,但是分散控制结构各子系统相对独立,系统统一性、协调性比较差,缺乏顶层施控者的制约,容易导致各子系统在决策时从自身角度出发,产生短期或短视行为,从而影响作战进程的顺利进行。因此,分散控制结构不适用于作战控制系统,

4.2 联合作战控制系统结构

联合作战是信息化条件下战争的基本样式,因此,探讨作战控制系统结构,应以联合作战作为主要样式进行探讨。我军联合作战系统通常采取“联合作战指挥员及指挥机关——军兵种指挥员及指挥机关——军兵种作战部(分)队”的组织结构形式。鉴于集中式控制结构控制过程复杂、信息传输效率低,适应性差,缺乏灵活性的缺点,联合作战的基本控制结构为递阶式控制结构,联合作战指挥机构通过军种指挥机构对各军兵种作战部队实施间接协调控制。各军兵种指挥机构对所属作战部(分)队可根据具体需要,灵活采取集中控制或递阶控制。因此,联合作战控制结构为多级“递阶——集中”复合结构。

联合作战的多级“递阶——集中”复合结构如图4所示。

它具备以下特征:

(1)控制级数多。它增加了控制的中间级,承上启下,中间级对其上级相当于局控级或受控者,对其下级相当于协调级或施控者。除最高级的联合作战指挥机构外,每一级上均有若干单元平行运行。一般运行级数与部队的指挥层级数相同。

(2)控制形式灵活。为适应信息化条件下复杂多变的作战控制环境,联合指挥机构通常采取递阶控制方式,以利于各军兵种指挥机构灵活施控;各军兵种指挥内部可根据实际作战

需要,灵活采取集中或递阶式控制结构。同时,指挥员及指挥机关可以根据作战需求适时进行越级控制。

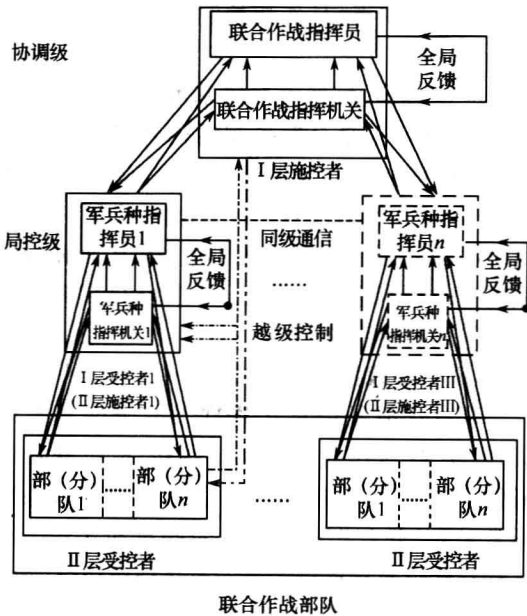


图4 联合作战多级“集中—递阶”复合结构

(3)间接信息感知。联合作战指挥机构通过对各军兵种指挥机构的协调观测,间接地对联合作战控制系统全局态势观测并获取前馈或反馈信息,即联合作战指挥机构有可能对全局进行间接的控制和观测。

(4)纵向递阶信息流。在各级之间递阶式纵向传递控制信息流,信息处理具有自上而下的顺序,上级控制信息通常是下级的控制指令。

(5)同级通信。依据大系统多级控制结构原理,适当地在同一层级的施控者(指挥员及指挥机关)间设置同级通信,进行自我调节控制,以提高控制的快速性、有效性,减轻上级负担。

参考文献:

[1] 查金路. 中国军事百科全书(第二版)学科分册·军队指挥[M],中国大百科全书出版社2007年8月版:221.

[2] 王雨田. 控制论、信息论、系统科学与哲学[M],中国人民大学出版社,1986年第1版:47-61.

[3] 涂序彦、王枏、郭燕慧. 《大系统控制论》[M],北京邮电大学出版社,2005:128-136.

多个体系统聚集运动状态的形成及其动力学原理

金继东^{1,2}, 郑毓蕃¹

(1. 上海大学数学系, 上海 200444; 2. 首都经济贸易大学信息学院, 北京 100070)

摘要:本文研究在无向网络条件下多个体的整体的行为。个体在 $m(m=1,2,3)$ 维空间中运动, 个体的行为特征包括: 近距离内相互分离, 距离在一定范围内速度相互匹配和远距离位置相互接近。研究表明: 只要个体的行为有这三个特征, 多个体动力学系统趋于聚集运动状态是一种具有普遍性的规律。

关键词:多个体系统; 行为; 聚集运动状态。

The formation of aggregation state of motion in multi-agent systems and its dynamics

Jin Jidong^{1,2}, Zheng Yufan¹

(1. Department of Mathematics, Shanghai University, Shanghai 200444, China;

2. Information College, Capital University of Economics and Business, Beijing 100070, China)

Abstract: This paper discusses collective behavior of agents in a multi-agent system under undirected network. The agents move in an m -dimensional space ($m=1,2,3$) and the agents behaviors are characterized by the following three properties: Separating from each other in a short-distance, Speed-matching to each other in a neighbor-area and Closing to each other in a long-distance. The results show that it is common phenomenon that the agents of the multi-agent dynamic system achieve aggregation if the agent's behavior is of the three properties.

Keywords: multi-agent system, behavior, Aggregation state of motion.

1 引言

早在 20 世纪 30 年代德国行为生理学家 Erich von Holst (1908—1962) 就已经用实验方法研究生物的个体行为与群体行为的关系了。诺贝尔奖获得者奥地利著名学者 Konrad Lorenz (1903—1989) 在其名著《on aggression》中记述了 Holst 的一个实验。用外科手术的方法去除一条普通鲦鱼的前脑, 然后将这条没有鱼放入鱼群中进行观察。结果发现整个鱼群都跟随这条没有前脑的鱼游动。Holst 问题是一个 Leader flocking 问题。存在一条行为不受鱼群中其它个体影响的头鱼, 普通鲦鱼与相邻个体运动状

态保持一致的行为使整个鱼群最终趋于与头鱼同步的运动状态。

20 世纪 60 年后 Heppner^[1] 针对类似问题, 尝试从理论上解释这一现象。国内学者对此问题有深入的研究^[2-5]。不过在没有头鱼的情况下, 鱼也会聚集成鱼群, 以相同的速度游动。文献[6-22]的研究针对这类情况。

多个体的聚集行为有以下基本特征: 相邻个体运动速度保持一致(速度匹配行为); 相邻个体距离控制在一个合理的范围内, 既不过于接近(位置分离行为)也不过于远离(位置接近行为)。

在 Reynolds^[6] 和 Vicsek^[7] 等研究的基础上,