基于 Agent 的工程车辆综合控制与管理的研究

袁海斌 李运华 杨丽曼
(北京航空航天大学 自动化科学与电气工程学院, 北京 100083)

摘 要: 针对承担复杂作业任务的大型工程车辆与施工机械控制与管理的需求,提出了基于 Agent 的分布式网络控制系统. 研究了基于智能控制 Agent 的工程车辆综合控制和管理的体系结构、组成部分、功能特性. 采用网络控制系统的分层结构和多智能体的递阶结构完成整个系统的协作和信息交换,从而实现运动控制、任务规划与协调、状态监测、系统维护、故障诊断与容错等功能. 指出若干 Agent 协调工作是这类系统的特征. 所提出的体系结构已在大型施工机械和工程车辆上得到应用.

关 键 词: 工程车; 工程机械; 计算机控制; 多 Agent 系统
中图分类号: TP 31; TP 29; TH 2
文献标识码: A **文 章 编 号**: 1001-5965(2004)08-0723-04

Research on integrated control and supervision of engineering vehicles based on Agent

Yuan Haibin Li Yunhua Yang Liman
(School of Automation Science and Electrical Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract: An Agent-based distributed network control system was proposed, aiming at the requirement of control and supervision for undertaking complex and mission-critic workload in engineering vehicles and construct machinery. The system architecture, component, functionality of Agent-based integrated intelligent control and supervision in the engineering vehicles were studied. The entire system cooperation and information collaboration were accomplished by adopting hierarchical network control system and multi Agent system (MAS), so that the motion control, task plan and collaboration, condition monitoring and maintenance, fault diagnosis and tolerance can be fulfilled. The entire system is characterized by cooperation and collaboration of each Agent. The proposed system architecture was fulfilled in heavy-duty construct machinery and engineering vehicles.

Key words: engineering vehicles; engineering machinery; computer control; multi Agent system

网络技术和总线技术在运动体机电系统上的应用, 使得系统从以前基于机构综合的单体系统发展为基于总线的具有多子系统的复杂多体系统,控制方式由模拟方式转变为在机器内部和机器间进行运动综合的数字控制. 例如航空、航天等领域的运载器和空间机器人,制造系统的多轴数控加工设备,工程领域的特种机器人和工程车辆等[1,2]. 由于智能结构系统的需要,这种集机电液一体化技术的复杂机械设备目前正向着机器人化和网络控制的方向发展,并以提高自动化和智能化水平,改善操作者的工作环境,提高工作效率和工作质量等为主要目标. 在信息处理的手段上,采用分布式的结构,形成多个子系统的松散耦合,完成决策支持,协调规划和现场设备的控制. 随着被控过程的复杂和被控对象的增多,迫切需要对具有众多子系统和功能节点的分布式网络控制系统

收稿日期: 2003-05-28
基金项目: 北京市自然科学基金资助项目(3002008)
作者简介: 袁海斌 (1971-),男,江苏镇江人,博士生,yuan _ hb@ sina. com.

进行综合控制与维护管理. 由于常规的控制和管理维护是分离的,大都是基于事后的维修诊断,无法对突发的事故情况做出实时快速反应,最终导致整个系统失效. 同时由于操作者知识领域限制,即使出现问题也无法有效的进行现场排除. 因此,对大型工程车辆和施工机械进行智能化综合控制和维护管理的研究显得越来越重要.

针对承担复杂作业任务的大型工程车辆与施工机械的需求,提出了基于 Agent 的智能控制和维护管理的体系结构,对组成部分,功能特性和实现方法做了研究;最后提出了今后需要继续研究的几个重点问题.

1 基于 Agent 的多智能体系统

1.1 Agent 和多 Agent 系统

Agent 是在分布式人工智能的基础上发展起来的,与计算机网络、软件工程等许多学科相结合而形成的一个新的研究领域. Agent 在弱定义上具有自治能力、社会能力、反应能力、自发行为或者能动性,在强定义上具有认知和信念等心智状态[3]. Agent 的社会性决定了人们研究比较多的是 MAS(Multi-Agent System),单个 Agent 属于个体的行为,而 MAS 属于群体的行为,MAS 能够更真实的模拟自然界的各种社会行为,符合复杂多变的分布式系统的控制要求.

MAS 主要研究如何用符号表示现实世界中的 Agent,以及 Agent 如何根据各种信息对环境进行推理和决策[4]. 这种推理决策包含控制算法的实现、任务的分配、协调和控制以及状态的监测和诊断等. 智能控制系统的设计目标是使系统自主的实现高级控制. 系统的构成、控制任务、模型和控制律没有明确的定义,或者在设计时未知,或者在控制系统运行过程中发生变化. 智能控制系统主要在于自主性、适应性、学习性、智能性[5]. 在分布式和并行处理上,利用 MAS 可以把大的复杂的系统分解为不同的子系统,各子系统作为一个智能 Agent,它们之间彼此独立,相互通讯,协调工作. 基于 Agent 的智能控制已在计算机、通信、电子商务、小型机器人等领域得到了广泛的应用,但将其应用于基于现场总线的工程机械的综合管理和控制系统,目前还没有进行系统的研究.

1.2 智能控制维护管理系统

国外已经有关于分布式智能测量与执行系统的研究[6]. 在国内,智能控制维护管理集成系统(IICMMS)也作为自动化控制领域的一种新概念和思想方法被提出来,并应用到电力系统[7]. IICMMS 以现场智能执行器和智能传感器为基础,并借助计算机网络、总线等硬件及相关软件,综合运用自动化技术、信息技术、管理技术,将控制、维护、技术管理集成到一个系统中,充分发挥三者的总体优势,强调将维护和管理放到与控制同等重要的地位,将三者作为一个整体进行设计. 在基于现场总线控制系统的工程车辆综合控管系统中,通过引入智能 Agent,可以实现系统综合控制和维护管理高度集成化、智能化,使系统实现高性能、高可靠性、高生产率. 作为分布式人工智能的典型应用,智能 Agent 不仅能够完成确定性的控制目标的实现,而且能够用来对动态环境和资源受限制的情况下,不可预测的复杂问题求解[8].

1.3 基于智能 Agent 的网络控制系统

在分布式的网络控制系统中,每个节点在物理上是分散的,在功能上是独立的,在逻辑上是平等的,各个节点之间是一种松散的耦合关系[9],通过现场总线通讯协议和相应的技术标准,各节点相互协调合作,完成相应的目标任务. 在分布式多主体系统中,各主体之间也是一种相互协作的交互机制,每个主体具有高度的自治性和自主性,从统一观点看,智能体的具体表现是分布式网络控制系统中的智能化节点. 系统在个体上表现为智能化的自主性和自治性,在整体上表现为交互与协作来实现系统的总体目标. 基于 MAS 的理论研究可以和现场总线的分布式网络控制系统有机结合.

在基于工程车辆的机械工程领域,智能控制维护管理是以实现运动控制、任务规划与协调、状态监测、系统维护和故障诊断与容错等功能为主要目标. 通过控制、维护、管理的综合实现,可以将各个信息孤岛结合起来,使整个系统在工作过程中始终保持高效性和可靠性.

2 系统的整体结构和实现

2.1 系统组成

多轮自行式运梁车是一种特殊的工程车辆,运行状况复杂,要求车辆在行走时平台保持平稳,同时能实现斜行、横行、举升等多种转向或操纵模式. 车辆采取独立转向结构,通过所有车桥协调操作完成整车期望的运行轨迹. 工作中既要及时采集车体运行参数作为监测和反馈,又要实时、可靠的发送控制指令保持整个系统正常工作,就必须有先进的综合控制技术作保障. 通过对机、液、电等传动综合,根据大型车辆与工程机械传动与操纵系统的新特点,采用执行元件分散就近布置;信

号传输和信息综合采用主/从节点的现场总线控制;同时结合 MAS 组成分层式综合控管一体化系统. 这种设计模式,简化了系统连线,扩展了系统功能,增强了系统可靠性. 使控制和维护管理有机结合,协调工作,充分发挥三者优势,实现智能化,从而使系统达到高效率和高效益.

整车网络控制系统由 CAN 总线构成,将控制分配到各个层次,形成子系统,每个子系统均具有一定的数据处理、存储、推理、决策和通信功能,构成智能 Agent,这样,只要遵循一致、标准的信息共享方式,任何智能设备或子系统都可以在保留该设备的原有特性和功能的同时接入到系统中来,从而提高了系统的开放性和分布性.

2.2　系统结构和功能

在分布式综合控管系统中,Agent 可以划分为两种:一种是结合软硬件的实体 Agent,在这类 Agent 中,传感器和执行器是重要的构成单元,传感器或者执行器采用微电子技术,构成嵌入式系统,包含有中央处理器,内存,输入/输出等功能,形成智能节点. 智能节点的信号通过集成 AD,DA,DI,DO,可直接以数字量输入/输出,同时智能节点也包含有自身的状态信息,形成局部数据. 每个(或若干个)智能节点形成一个智能控制 Agent. 每个 Agent 包含有感知系统,智力系统和通信接口. 感知系统由一系列不同的检测设备组成,如 GPS,压力、流量、视觉、转角、转速等传感器,智力系统由编程实现,是 Agent 的核心,内含算法模块和数据结构,通讯接口负责和其它系统进行信息交换,实现信息在整个网络上的交互. 另外一种是基于智能代理的抽象 Agent,用于实现信息的管理和集成. 具体的划分可以结合实际情况进行分析. 在工程车辆中,对于运动控制等可以用实体 Agent 来定义,而对于任务的协调和管理,可以用抽象 Agent 来完成,所有的 Agent 间相互协调、共同作用.

2.3　系统中 **Agent** 间的协作方式

根据智能工程车辆综合控管系统的特点,并结合网络控制系统的分层结构,采用智能主体结构和联邦式相结合的模式如图 1 所示,即在盟主 Agent 控制下的多 Agent 递阶结构,盟主 Agent 起协调管理作用. 各 Agent 相互独立,协调工作,由管理 Agent 进行决策,实现科学组合与动态调度,控制 Agent 完成控制功能,维护 Agent 实现维护和状态预测及监控,使其具有余度、容错与子修复和自适应功能. 各类控制、状态、故障、决策、命令等信息通过网络在系统内各模块间有序流动,使整个系统始终处于稳定可靠的工作状态.

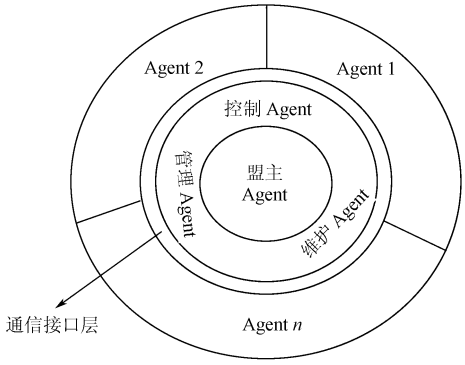


图 1　Agent 的功能层次结构

由于所有的智能体都按照一定的开放标准连接在控制网络上,所以能够实现信息交互和共享,在基于 CAN 总线的平台上,某个智能体可以很容易的接入控制系统或者从系统中退出,实现了 Agent 理论和实践的有机结合. 整个系统完成总线管理、子系统控制与监测、处理机余度管理、处理机任务调度与分配的仿真以及实现系统数据库的管理.

2.4　工程车辆综合控制与维护管理的实现

如图 2 所示,这种综合控制管理系统是一个递阶控制结构,但基于现场总线的特点,每一个控制节点都处于对等地位. 实现控制维护和管理功能的是设置在两个主司机室的计算机. 负责控制的子任务有行走,调平,转向,变速;负责监控的子任务有压力,流量,转速,转角,显示等;负责维护的子任务有自诊断,报警,故障隔离,复位等. 自动控制 Agent 根据信息的反馈完成各种控制,数据采集 Agent 完成车辆的所有台车转角、车体倾角、方向盘转角、车速、转速、档位、压力等状态信息,

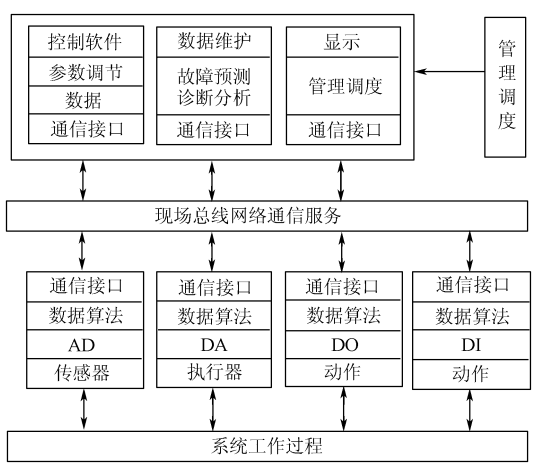


图 2　系统结构控制图

显示 Agent 实时显示当前的操作和车辆运行状态,作为驾驶员参考,调度 Agent 完成信息传递、存储,并做出相应的优化配置方案,监控 Agent 完成故障的判断和分析,同时监测各种阈值,并发送给维护 Agent 和管理 Agent,维护 Agent 和管理 Agent 根据实时信息和数据库记录做出决策,决定是否人工干预或自动处理. 每个子 Agent 的控制任务都是在相应盟主 Agent 解算后动态传递给各子 Agent. 整个系统在提高可靠性的前提下减少恶性故障和停机时间.

上述体系结构已成功运用于 DYY300 运梁车和 DJY200 吊运梁机的操纵与控制系统. 基于智能 Agent 控制基本思想的工程车辆操纵与控制系统,给用信息技术提升大型工程机械的性能提供了切实可行的途径.

3 结 论

在现场总线网络控制系统基础上,对智能 Agent 的控制维护管理系统做了初步的研究探讨,实现了多轮胎自行走式工程车辆实时自动控制、状态维护和运行管理相互集成. 采用 MAS 技术可以实现分布式复杂系统的信息采集,过程控制和管理集成. 其中,Agent 协调工作是这类系统的主要特征. 当前,智能 Agent 技术与控制网络之间的融合技术需要研究,同时,作为 Agent 支持平台的嵌入式技术也是研究的重点,另外如何与计算机网络和无线网络结合,实现大型分布式复杂系统之间远程综合控制和维护管理,也值得研究. 总之,开放的工业控制网络系统和开放、分布的 Agent 结合技术,是今后的一个发展方向.

参考文献 (**References**)

[1] 吴红涛,熊有伦. 机械系统中的多体动力学问题[J]. 中国机械工程,2000,11(6):608~611
Wu Hongtao, Xiong Youlun. The problem of multi-body systems dynamics in mechanical engineering[J]. China Mechanical Engineering,2000,11(6):608~611(in Chinese)

[2] 王树国,付宜利. 我国特种机器人发展战略思考[J]. 自动化学报,2002,12(Suppl):70~76
Wang Shuguo, Fu Yili. On advanced robot development strategy of china[J]. Acta Automatic Sinica,2002,12(Suppl):70~76(in Chinese)

[3] Wooldridge M, Jennings N R. Intelligent agents theory and practice[J]. The Knowledge Eng Rev,1995,10(2):115~152

[4] Aguirre J L, Brena R, Cantu F J. Multi-agent-based knowledge networks[J]. Expert Systems with Application,2001,20(1):65~75

[5] Panos J Antsaklis. Defining intelligent control[J]. IEEE Control Systems Magazine,1994,14(3):58~66

[6] Galara D, Favenec J M, Iung B, *et al*. Distributed intelligent actuators and sensors[A]. 7th COMPREURO'93——IEEE Conference[C]. 1993. 79~85

[7] Fu Chuang, Ye Luqing, Cheng Yuanchu, *et al*. Mas-based model of intelligent control-mantinence-management system(ICMMS) and its application[A]. Proc of the First Int Conf on Machine Learning and Cybernetics[C]. Beijing: International Academic Publisher,2002. 376~380

[8] Holger Voos. Intelligent agents for supervision and control: a perspective[A]. Proc of the 15th IEEE Int Symp on Intelligent Control(ISIC2000)[C]. Greece: IEEE Publisher,2000. 339~344

[9] Janet J A, Wiseman W J, Michelli R D, *et al*. Using control networks for distributed robotic systems [A]. Proc of the 1999 IEEE Int Conf on Robotics & Automation[C]. Detorit: IEEE Publisher,1999. 1138~1143