

基于多智能体的水闸泵站综合自动化系统

徐跃增,黄莉

(浙江同济科技职业学院,浙江 杭州 311231)

摘要 介绍智能体 Agent 和多智能体系统的基本概念以及水闸泵站综合自动化系统的功能要求,提出一种基于多智能体的水闸泵站综合自动化系统结构模型,并详细讨论了系统的工作过程和系统中智能体的结构设计。阐述了系统的实现,包括软件实现和智能体之间的通信实现。

关键词 水闸泵站综合自动化 智能体 多智能体系统

中图分类号 :TV736 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2009)03-0064-04

Integrated automation system for sluice and pump based on multi-agent//XU Yue-zeng, HUANG Li (Zhejiang Tongji Vocational College of Science and Technology, Hangzhou 311231, China)

Abstract :The concepts of agent and multi-agent systems (MAS) are introduced. The function requirements of an integrated automation system for water gate pumping stations are presented. On this basis, an integrated automation system structure model based on multi-agents for pumping stations is put forward. The structure of the agent and working process of the system are discussed in detail. The system realization is described, including software and communication between different agents.

Key words :integrated automation system of sluice and pump ;agent ;multi-agent system (MAS)

水闸和泵站是大型水利、环保、城市供排水及企业水务等工程的重要组成部分。1949 年中华人民共和国成立以来,我国大型泵站在跨流域调水,抗御洪、涝、旱等自然灾害,保障城乡居民生活用水,提高水资源的有效供给,促进农业的增产丰收,改善生态环境以及工矿企业、社会经济、交通运输等国民经济各部门的发展中起到了不可估量的作用^[1]。

水闸泵站综合自动化系统自 20 世纪 60 年代末以来在水利行业中即开始研制和运用,系统模式经历早期的数据采集系统、上下位机的分布式系统到目前较为流行的分层分布式综合自动化系统。但是,这些传统的分布式控制系统存在大容量信息与资源难以共享、功能不易扩展、通信规约不一致等问题,无法实现真正意义上的开放性^[2]。

针对目前水闸泵站综合自动化系统的现状,笔者结合计算机和人工智能领域的理论成果,即智能体(Agent)技术,建立了一个基于多智能体的分层分布式水闸泵站综合自动化系统框架,并详细讨论了多智能体系统(multi-agent system-MAS)中 Agent 的结构设计,在此基础上给出了系统的实现。

1 Agent 及 MAS

1.1 Agent 的概念

Agent 是对过程运行中的决策或控制任务进行抽象而得到的一种具有主动行为能力的实体。它可以利用数学计算或规则推理完成特定的操作任务,并通过消息机制与过程对象及其他 Agent 交互以完成信息传递与协调。一般来说,Agent 具有如下属性^[3-4] :①自治性。Agent 的运行不直接由人或其他软件控制,而是自己对自己的行为和状态进行控制。②社会能力。Agent 之间通过代理通信语言进行信息交互。③反应能力。Agent 感知所处的环境变化,并做出必要的反应。④主动性。Agent 有自己的目标,不仅能被动地响应环境变化,而且能主动地组织行为实现目标。

1.2 MAS 的概念

MAS 是指由多个 Agent 组成的一个较为松散的多 Agent 联合,其中每个 Agent 独立自主地作用于自身及周围环境,并能与其他 Agent 通信。多智能体技术在表达实际系统时,通过各智能体间的通信、合作、互解、协调、调度、管理与控制来表达系统的结

构、功能及行为特征^[5]。MAS 通过任务分解和任务协调提高整体解决问题的能力,克服了单个 Agent 知识不完全、处理信息不准确的缺点。

2 水闸泵站综合自动化系统的功能要求

大中型水闸泵站综合自动化系统是要实现监测、控制、保护、信号、管理于一体的计算机综合自动化系统,系统应具有如下主要功能^[6] :①数据采集与处理功能。监控系统能自动采集监测、控制、保护等过程的各种实时数据与状态信号,进行必要的数据处理并建立实时数据库和历史数据库,并统计、分析、自动生成各种报表或曲线,各种报表数据可按照需要打印或查询。②监测功能。泵站监测的内容主要包括对站用变电所、主机机组、泵站辅助设备、配套水工建筑物的各种运行数据及水情数据进行巡回检测、采集和记录,根据这些参数的给定限值进行监视、报警等。闸门监控系统可在现地通过闸门开度仪或水位仪完成预置闸门开度、报警、计算并显示闸门实际开度或上、下游水位高度等功能。③控制功能。控制功能是指自动根据泵站当时的运行状态,按照给定的控制模型或者控制规律对变电所的变压器、主机机组的后停设备、泵站辅助设备以及相关水工建筑物进行自动控制,直接通过控制屏上的控制按钮进行闸门启闭操作。④保护功能。利用微机保护系统可以实现对主变压器、所用变压器、站用变压器、主机机组以及母线的保护。⑤数据通信功能。闸门与泵站主控级及操作员工作站与各现地控制单元能通过网络进行通信,实现整个闸门和泵站群的协调工作,达到科学管理的要求。⑥优化调度。根据监控系统下达的优化调度指令以及水闸和水泵机组的运行工况,通过采用调速技术或叶片控制技术自动调整水闸和水泵机组的运行工作点,保证水闸和水泵机组在高效区域安全工作。

3 基于多智能体的水闸泵站综合自动化系统结构

3.1 系统体系结构

基于上述 Agent 和 MAS 的概念及对水闸泵站综合自动化系统功能要求的分析,建立了如图 1 所示的基于多智能体的水闸泵站综合自动化系统结构模型。

由图 1 可知,该结构模型主要包括交互 Agent、控制协调 Agent、服务 Agent、通信 Agent、功能 Agent 和数据库等 6 部分。各个智能 Agent 具有不同的分工,作用的范围各不相同。图 1 中的双向箭头表示各个 Agent 之间的交互关系。

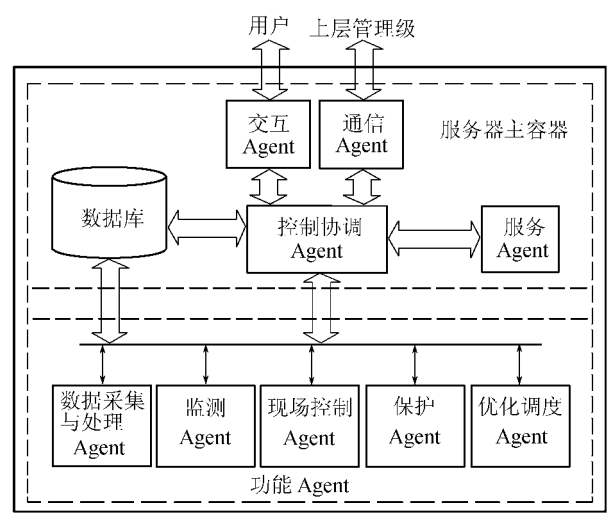


图 1 基于多智能体的水闸泵站综合自动化系统结构模型

a. 功能 Agent。根据水闸泵站综合自动化系统的功能要求,将系统的每一个功能用 1 个 Agent 来实现(如图 1 中的数据采集与处理、监测、现地控制、保护与优化调度等功能 Agent),功能 Agent 组中的每一个 Agent 成员都具有局部知识和部分能力,彼此之间通过交互进行协调和协作,完成具体功能。

b. 控制协调 Agent。控制协调 Agent 是整个系统的核心,承担着启动、管理和协调各个 Agent 的运行任务,监控各 Agent 的工作进展状态。并根据用户的请求,选择合适的功能 Agent 承担任务,并将求解结果返回给交互 Agent。

c. 服务 Agent。服务 Agent 承担着各类 Agent 名字、地址和能力注册的任务,在整个系统开始运行时生成并开始执行。同时,它维护着一个系统中所有主体的能力、状态和地址信息的数据库,利用这一数据库向系统中其他 Agent 提供多种必要的服务,如名字服务、查询服务、订购服务和主体生存期服务等。

d. 交互 Agent。交互 Agent 在系统中是人机交流的窗口,向用户提供对全站设备及监控系统进行监控和管理的接口。其主要功能包括对各类信息的输入和显示功能、接受用户的交互命令并解释执行、接受用户对整个系统的监控命令等。根据用户身份可设立不同的访问级别,为不同级别的用户提供访问系统的不同操作界面和权限,访问的形式可采用 B/S 或 C/S 模式。

e. 通信 Agent。通信 Agent 是泵站监控系统与上层管理级之间进行数据交换的通道。一方面,通信 Agent 将从采集并储存在实时数据库中的原始数据或经过优化调度 Agent 计算后的结果数据转换成上层管理系统能够识别的数据格式并上传,为上层管理级进行相应的控制提供必要的信息;另一方面,

将上层管理系统传送过来的大量信息进行格式化处理,转换成 MAS 监控系统内统一的数据格式,然后传送至各 Agent 进行具体的分析和计算,并存入实时数据库。此外,通信 Agent 具有数据缓冲的功能,即当传递的数据信息量非常大时,将动态地开辟一块数据暂存区用来存放不能及时处理的数据,既保证了数据的完整性,又可节约资源。

3.2 系统工作过程

系统工作过程如下:①当用户提出监控请求时,通过用户接口提交给交互 Agent 进行安全验证和权限检查等。②验证通过后向控制协调 Agent 提交任务。③控制协调 Agent 收到任务请求,并分解成多个子任务,其内部的决策模块根据知识库决定问题的解决方案,决定执行任务的功能 Agent。④询问服务 Agent 是否已经存在所需的 Agent。如果还没有,则由服务器主容器生成 Agent,并将 Agent 移动到指定的主机上执行与用户请求相关的工作。⑤将执行结果返回给控制协调 Agent,再通过交互 Agent 在客户端显示出来,为用户提供参考,以便辅助用户做出最终决策,实现对泵站或闸门的监视和控制。

3.3 系统 Agent 结构

Agent 的体系结构大致可分为审慎式体系结构、反应式体系结构和混合式体系结构 3 种^[7-9]。根据上面对系统中各类 Agent 的分析,系统中的 Agent 可采用灵活的混合型智能体结构,同时具有慎思和反应智能体的特性,具有事件驱动能力(对环境中的突发事件做出及时响应)和目标驱动能力(主动对环境采取行动)。

尽管系统中各类 Agent 需要实现的功能不同,其本身的知识能力和能力也有很大的区别,但是各类 Agent 间仍存在一些共性,比如通信方式、心智状态的表示等。根据上述思想,笔者定义了一个通用的智能体 Agent 的参考模型,如图 2 所示。

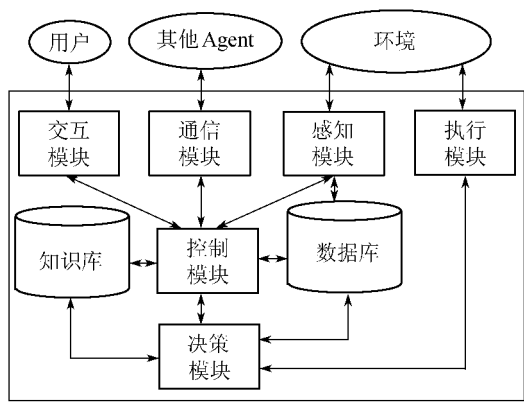


图 2 智能体的体系结构

该模型主要由 8 个模块组成。其中,感知模块用于感受外部环境的状态变化或将执行结果作用于

环境,控制模块用来处理各模块之间的协调问题,实现 Agent 的协调工作,决策模块对处理过的信息进行分析计算并运用知识库中的相关经验给出判断结果或做出决策,然后交予执行模块执行相应的动作和行为。数据库用于存储综合自动化系统内被控制对象或设备在任意时刻的信息。知识库包含了 Agent 对事务的处理规则。上述多智能体综合自动化系统中的各个 Agent 可根据其自身承担的任务要求和结构特点选择部分或全部功能模块。

4 系统实现

4.1 软件的实现

由于水闸泵站综合自动化系统是一个复杂的控制系统,因此采用面向 Agent 的软件开发方法,对整个系统的功能、控制流程等进行设计和开发。主要分为 3 个基本步骤:分解、抽象和组织。

Agent 本身的特性决定了实现的语言应与平台无关,而 Java 正是一种跨平台、适合于分布式计算环境的面向对象的编程语言。它具有简单性、面向对象、分布式、解释型、可靠、安全、可移植、高性能、多线程和动态性等特征,因此,用 Java 语言来开发智能 Agent 是理想的选择。

此外,还要选择一个既包含多智能体特性又支持人工智能的开发平台,为了以后的系统升级,最好还要符合 FIPA 规范。通过比较,选择 JADE (java agent development environment) 作为开发平台。该平台提供了简化开发环境,可内嵌正向推理机来实现任务的协商与控制。由于 Java 的平台无关性,JADE 系统可分布在具有不同的操作系统的主机中。用户依据平台的开发规范,并利用平台提供的应用程序接口可赋予 Agent 相应的知识与能力,构造的 MAS 具有以目标驱动、有一定的自主性和推理能力等特点。该系统的所有代理均是在 JADE 平台的基础上建立的,通过继承 Jade. core. Agent 类来构建各种 Agent,利用 Jade. core. behaviours 类来赋予 Agent 一定的行为,使其执行相应的任务。

选用 SQL2000 来构建数据库,并利用 JDBC (java data base connectivity) 数据库访问技术实现对相应数据库的直接访问和调用。

4.2 通信的实现

在多智能体分布式智能系统中,由于问题本身的复杂性、分布性和内部相关性,多 Agent 之间的相互协作与协商模型及其策略仍然是 MAS 中要研究的一个关键问题。而实现 Agent 间相互协作、共同完成求解任务的基础是 Agent 之间的通信。目前被广泛接受的通信语言 KQML^[10-11] (knowledge query

and manipulation language)作为信息和知识的交换语言,可以用作 Agent 的通信语言。但实际运行中 Agent 具有分布式和异构的特点,因此必须解决 Agent 的运行平台和底层通信机制等问题。公共对象请求代理体系结构 CORBA^[12-13] (common object request broker architecture) 是由 OMG (object management group,对象管理组织)提出的应用软件体系结构和对象技术规范,是在不同平台及语言之间实现对象通信的模型,其核心是一套标准的语言、接口和协议,为分布式应用环境下对象资源共享、代码重用、可移植和对对象间可互操作建立了通用标准和解决方案,为多 Agent 之间的通信提供一个合适的平台。

采用先进的 CORBA 规范实现 KQML,使 CORBA 的很多优势如命名服务、事件服务等以及 CORBA 的开放性都自然地应用到 Agent 通信中。基于上述思想,可结合 Agent 通信语言和中间件 CORBA 的技术优势,采用基于 KQML-CORBA 的 Agent 通信模型来实现 Agent 的通信。该模型如图 3 所示^[14]。

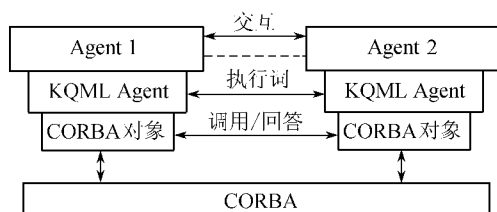


图 3 基于 KQML-CORBA 通信机制的 Agent 通信形式

由于分布式水闸泵站综合自动化系统运行时的数据传输量可能很大,且各子系统可能分布在不同的平台上,利用上述通信模型可以不考虑操作系统和编程语言的差异,这将减小系统的开发工作量,且增强了各终端级控制系统之间的互访性和互操作性。

5 结 语

对智能体在水闸泵站综合自动化中的应用进行了初步研究,提出了一个基于多智能体的水闸泵站综合自动化系统模型,并阐述了系统的设计和实现。利用智能体技术构建的综合自动化系统具有更好的灵活性、可扩充性和适应性,为水闸泵站综合自动化实现智能化、网络化和分布化探索了一条新的途径。

参考文献:

- [1] 钱钧,邵正荣.现代大型泵站与南水北调东线工程的设计与研究[J].排灌机械,2003,21(2):1-6.
- [2] 王芳.基于优化调度的大型泵站综合自动化系统研究[D].长沙:湖南大学,2005.
- [3] WOOLDRIDGE M J, JENNINGS N R. Intelligent agents: theory

and practice [J]. Knowledge Engineering Review, 1995, 10 (2): 115-152.

- [4] DIMITRIS N C. Agent technology handbook [M]. New York: McGraw-Hill, 1998.
- [5] 邹国平,黄铮,邹群.基于多智能体技术的高速公路监控系统研究[J].交通标准化,2006,(9):64-67.
- [6] 郭旭芳.泵站综合监控自动化系统综述[J].通用机械,2007,6(7):64-66.
- [7] 聂亚杰,刘大昕,马惠玲. Agent 的体系结构[J].计算机应用研究,2001,18(9):52-55.
- [8] 黄敏,佟振声,朱永利,等.基于多 Agent 的电厂级监控信息系统设计[J].电力系统自动化,2003,27(18):65-68.
- [9] SHIMANUKI Y. OLE for process control (OPC) for new industrial automation systems [C]//WITOLD P. Proceedings of 1999 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC '99). New York: IEEE Press, 1999: 1048-1050.
- [10] FININ T, FRITZOAN R, McKAY D, et al. KQML as agent communication Language [C]//CHARLES K N, JAMES M. Proceedings of the 3rd International Conference on Information and Knowledge Management. New York: ACM Press, 1994.
- [11] LABROU Y, FININ T. Semantics approach for KQML-A general purpose communication language for software agents [C]//CHARLES K N, JAMES M. Proceedings of the 3rd International Conference on Information and Knowledge Management. New York: ACM Press, 1994.
- [12] Revision 2.2 February 1998, The Common Object Request Broker Architecture and Specification [S].
- [13] DOUGLAS C S. A high-performance endsystem architecture for real-time CORBA [J]. IEEE Communication Magazine, 1997, 14(2): 72-77.
- [14] 黄健青,徐灵策.基于 CORBA 的 Agent 通信机制[J].计算机工程与应用,2002,38(5):164-165.

(收稿日期:2008-07-08 编辑:高建群)

·简讯·

第 4 届全国大地测量与空间信息 研究生学术论坛在河海大学举行

由中国测绘学会大地测量专业委员会主办、河海大学测绘科学与工程系承办的第 4 届全国大地测量与空间信息研究生学术论坛于 2009 年 4 月 11~12 日在南京河海大学举行。中国科学院院士杨元喜教授、长江学者许才军教授以及来自全国各有关高校和科研院所的 10 多位专家和 80 多名研究生参加了论坛。本次论坛以“大地测量与空间信息创新技术与理论”为主题,设有院士专场学术报告会和大地测量学与测量工程、遥感与地理信息系统 2 个学术研讨专场。杨元喜院士作了题为“中国大地测量发展现状与展望”的专场学术报告。学术研讨专场采用研究生演讲、专家点评、对话探讨等方式进行了深入的研讨与交流。

(本刊编辑部供稿)