

基于多代理系统的继电保护

陈振宇¹, 梁强²

(1. 广东商学院, 广东 广州 510320; 2. 茂名热电厂运行部, 广东 茂名 525011)

摘要: 多代理 (MAS) 技术目前是分布式人工智能 (DAI) 发展的主要研究方向, 它着重研究一组自治的、多个智能 Agent 之间的行为协调, 适于解决传统 AI 和单一 Agent 所无法解决的复杂问题。该文把多 Agent 技术应用到输电线路的后备保护中, 通过加强各智能体之间的配合与协调, 从而达到在线路发生永久性故障时, 能缩短后备保护动作时间的目的。

关键词: 继电保护; 分布式人工智能 (DAI); 多代理系统 (MAS); 后备保护

中图分类号: TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)03-0040-03

0 引言

目前电力系统继电保护的某些问题没有得到有效的解决, 比如: 后备保护的整定时间过长; 保护整定值的固化无法适应系统的动态变化; 保护的故障检测技术有限, 故障判断和查找还未能做到真正的及时; 自适应保护虽然能根据电网的运行状态调整保护功能, 但由于其检测到的信息量有限, 调节能力不够理想, 保护之间的配合也没有完全考虑。专家系统着重于加强个体的智能化保护, 其单一的智能系统没有足够丰富的信息、知识和能力去解决复杂的问题。随着分布式人工智能 (DAI) 技术的广泛应用, 作为 DAI 的一个主要分支——多代理系统 (MAS) 已经引起电力系统有关研究人员的重视。分布式人工智能的研究有两个分支: 分布式问题求解 DPS (Distributed Problem Solving) 和多代理系统 MAS (Multi-agent System)。分布式问题求解 (DPS) 是将一个特殊问题在多个合作的、知识共享的模块或结点之间划分求解, 而多代理系统 (MAS) 主要是研究一组自治的、多个智能 Agent 之间行为的协调。其性能明显优于传统的 AI, 也优于单一的 Agent 行为, 适用于解决传统 AI 和单一 Agent 所无法解决的复杂问题。

1 多代理系统 (Multi-agent System) 的简述

1.1 多代理系统的概念

由于不同的专家学者所侧重的内容不同, 对 Agent 定义所用的术语也就不一样, 但普遍被人接受的是: “一个能在特定环境下连续、自发地实现功能, 并与相关代理和进程相联系的硬件或软件系统 (更多的是软件系统)”。而 Multi-agent 是: “为了解

决单个代理不能够解决的复杂问题, 由多个代理协调合作形成的问题求解网络^[1]”。

1.2 多代理系统的特性

单个 Agent 一般应具备以下 4 种基本特性。

1) 自治性: Agent 的运行不受人或其它 Agent 的直接干涉, 它不同于普通的程序那样完全由外界控制其执行, 也不应当象对象那样, 其内部定义的方法可由外界调用, Agent 对自己的内部状态和动作有一定的控制权^[2]。

2) 社会性: Agent 可以通过某种语言 (如 KQML 语言) 实现与外部环境中的其它 Agent 相互协调的能力。

3) 反应性: Agent 具备能感知环境、及时作出反应并影响环境的能力。

4) 适应性: Agent 应具有开放的性质, 能够在推理活动中逐步适应环境, 扩充、限制或修正自身的局部知识状态, 并在适当的时机不断实现目标的行为。

此外, 部分 Agent 还具备可通信、可推理、可移动等性质, 但对多代理系统 (MAS) 来说, 它是由多个 Agent 组成的系统, 多个 Agent 之间的协调和协商, 必须通过通信机制来实现, 即该系统中的每个 Agent 都必须具备可通信的功能。

2 多代理系统 (MAS) 的研究

人类智能行为是各种单个智能品质的综合体现, 由于单个 Agent 的能力受到它所拥有的知识、计算资源和其它条件的约束, 无法全部刻画或恰当模拟人类的智能行为, 所以要求各 Agent 之间能够互相操作、互相协调, 才能发挥出单个 Agent 无法达到的功能和作用。

目前对 MAS 的研究主要是从以下 4 个方面进

行,并已取得了一定的成绩:

1) 在理论上

研究内容包括多 Agent系统的定义、特性分析、形式表示和交互推理等。

2) 在体系结构上

主要研究如何构建多 Agent系统以满足预定设计的要求,并选择适当的软硬件结构。因为体系结构的选择影响异步性、一致性、自治性和自适应性的程度,它决定信息的存储和共享方式,也决定多个 Agent之间的通信方式。

其目前常见的体系结构有:可直接通信的一对一低效 Agent网络;基于特定协助者 Agent的高效 Agent联盟结构;基于局部信息共享的黑板结构,但由于局部 Agent群体须拥有统一的数据结构或知识表示,限制了系统中 Agent设计和建造的灵活性。因此黑板结构不适合于开发式的分布式系统。

3) 面向 Agent的程序设计

主要研究如何对 Agent进行编程、Agent语言应具备哪些原语以及如何有效地编译和执行 Agent程序。美国斯坦福大学 Shoham 教授在 1993年提出了面向代理的程序设计技术(AOP)。其编程方法 AOP与面向对象的编程方法(OOP)有许多共同之处,如都具备了封装性、继承性和多态性。但 AOP与 OOP也有许多不同的地方,其中区别最大的地方在于 OOP封装了对象的状态,而 AOP不但封装了对象的状态,也封装了其行为,并且具备了 OOP所缺乏的自治性。

4) 系统通信

由于单个代理是有一定智能和自治性的软件实体,当多个代理组成代理系统后,它们之间的通信更应该在知识层面上进行表达、理解和交流,于是产生了代理通信语言(ACL)。

ACL通常是由“内部”语言 KIF、词汇表和“外部”语言 KQML 3部分组成,其中 KQML(知识查询和操作语言)对于增强大规模软件的集成和互操作能力具有很大的潜力,目前已成功应用于多个技术系统的集成实验中。

3 多代理技术在输电线路后备保护中的应用

3.1 基于 MAS的系统结构

如图 1所示,可把整个保护系统分为 3层 Agent 结构:中央控制代理层、控制代理层、执行控制代理

层。上层与下层之间、层与层之间可以相互通信、相互协调,确保了动作的可靠性和快速性。在系统运行过程中,变电站的控制代理及时将该变电站的各开关/负荷状态上传给中央控制代理,中央控制代理根据电力系统及上层网络状态以及各变电站上传的状态信息进行综合分析,计算出影响各种保护继电器的主要因数以及具体整定值,再通过网络下传至执行代理,使各执行元件保持最高的灵敏度和最快的动作速度。

其中的 Agent既可以是硬件,也可以是由软件组成的。在该保护系统中有中央控制层的组织 Agent、控制协调层的协调 Agent,还有执行层的测量 Agent、监测 Agent、保护 Agent和跳闸 Agent等等。

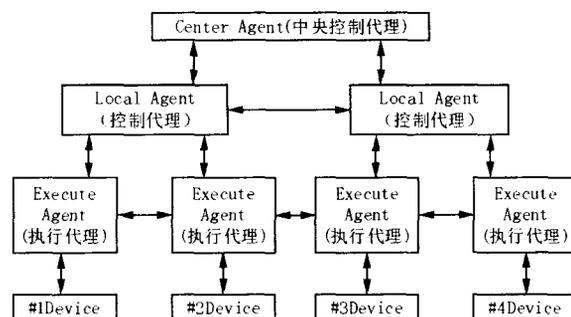


图 1 配电网络的 MAS系统结构图

Fig 1 Structure of MAS system on distribution network

3.2 后备保护方法

对于配电线路的短路故障常常设置常规的电流电压保护,但由于常规保护的时限整定配合问题,使保护的動作时间太长,不利于系统的恢复,如图 2所示为常规的时限配合情况。如果在 f 点发生短路故障,本应由 QF3的保护瞬时跳闸,切断故障;但此时若 QF3拒跳,则经过延时 t_1 后跳 QF2;若 QF2也拒跳,则再延时 t_2 后跳 QF1;对于该 QF1的第 n 段保护来说,動作时间较长,导致故障的后果更加严重。

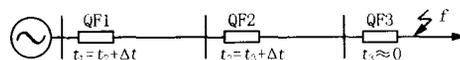


图 2 三段式配电网络的时限配合

Fig 2 Time coordination of three-part distribution network

如果各线路的 n 段过流保护之间通过协调、互通信息,满足条件后及时响应,则后备保护的動作速度就能得到有效的提高。而基于 MAS的保护就能有条件地通过 Agent间的相互协调与沟通,实现这一目的。其实现的方法是:某段线路故障时,由该段线路的 Agent检测故障特征,同一装置中的不同判断 Agent对各种参数进行并行处理,快速判断故障

类型和故障区域,再经过不同的保护 Agent 协调后,决定保护的動作方式。如果同一地点装有多套保护,还需要对不同保护装置的内部协调结果进行局部协调,按可靠性和选择性的要求制定几套动作方案,确定由何种保护动作于跳闸。Agent 按照局部协调的结果动作于跳闸后,若检测 Agent 仍检测到故障量,则可以初步判定是保护失效或断路器失灵,可按后几套保护方案处理;若此后故障仍存在,则由本地保护 Agent 发出消息,请求上一级保护配合,在不同点的保护 Agent 的协调下,上一级的后备保护即可免去后备时限的延时而直接动作于跳闸,实现后备保护的加速动作,快速切除故障,减小故障范围。

3.3 Agent 保护验证与结果分析

据此,本文按照图 1 的网络设计了一个不接地的中压系统,进行了仿真实验,验证基于 MAS 的保护在加速后备保护动作方面的可行性,分析当 $t = 0.1$ s 时,在 f 点发生 A、B 两相短路故障,若 QF3 拒动时由 QF2 延时跳闸的情况。常规保护在 QF3 拒动时,在 0.50 s 时由 QF2 处的过流保护跳开 QF2,切除故障电流。而采用 MAS 的保护在 QF3 拒动时,在 0.24 s 时由 QF2 处的过流保护跳开 QF2,切除故障电流。从此可以看出,基于 MAS 的保护与常规保护相比,能更快地切除故障。

4 结论

在电力系统中,对多代理技术的应用现正掀起广泛的研究热潮,主要有基于多代理系统的智能保护、电压稳定、远程控制潮流分布计算等方面。本文着重论述了在智能化的继电保护中,把 MAS 技术与继电保护相结合,应用于线路的后备保护,它充分利用在继电保护中各 Agent 之间具有互相通信、互

相协调的特点,使线路的后备保护能以更快的速度切除故障,保证了电力系统运行更加稳定、可靠。

参考文献:

- [1] 范玉顺,曹军威.多代理系统理论、方法与应用[M].北京:清华大学出版社,2002.
FAN Yu-shun, CAO Jun-wei Multi-agent Systems Theory, Method and Applications[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2002
- [2] 杨鲲,翟永顺,刘大为. Agent 特性与分类[J]. 计算机科学, 1999, 26(9): 30-34.
YANG Kun, ZHAI Yong-shun, LIU Da-wei Agent Properties and Classification [J]. Computer Science, 1999, 26(9): 30-34.
- [3] 陈志华,谢存喜,张铁.基于多 Agent 的移动机器人体系结构研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2003, (4): 31-32.
CHEN Zhi-hua, XIE Cun-xi, ZHANG Tie Research on Multi-agent-based Architecture of Mobile Robot[J]. Combine Machine and Auto-processing Technology, 2003, (4): 31-32.
- [4] Hadd & di A. Communication and Cooperation in Agent Systems[J]. A Pragmatic Theory Springer-Verlag, 1996
- [5] Wang H F. Multi-agent Co-ordination for the Secondary Voltage Control in Power System[J]. Contingencies Generation IEE Proceedings—Generation, Transmission and Distribution, 2001.

收稿日期: 2004-05-21; 修回日期: 2004-06-09

作者简介:

陈振宇(1966-),男,博士研究生,副教授,研究方向为人工智能与继电保护及自动控制的研究。E-mail: czy9908@21cn.com

Scheme of protective relaying based on multiagent system

CHEN Zhen-yu¹, LANG Qiang²

(1. Guangdong Commercial College, Guangzhou 510320, China;

2. Maoming Thermal Station Running Department, Maoming 525011, China)

Abstract: Multi-agent system (MAS) is the main researching orientation of distributed artificial intelligence at present, it mainly studies the action cooperation between a group of many autonomy Agents and can solve the problems that traditional AI and single Agent can't solve. This paper employs multi-agent to the back-up protection of transmission line efficiently to reduce the action time by strengthening the harmony and cooperation among the Agents.

Key words: protective relaying; distributed artificial intelligence (DAI); multi-agent system (MAS); back-up protection