

文章编号:1001-9081(2006)07-1721-03

基于多智能主体的电网监控与指挥调度集成系统

王 勇, 陈 新, 王 瑛, 崔洪刚

(广东工业大学 计算机学院, 广东 广州 510090)

(wy_victor@126.com)

摘 要:建立了基于多智能主体的电网监控与指挥调度系统,实现了电网上的大量运行设备的工作状态的实时监控,根据采集的动态数据进行可靠性分析,并做出相应的指挥调度决策。多智能主体技术的引入增强了系统的智能性和可扩展性,提升了电网监控效率和安全可靠性。

关键词:多主体系统;远程监控;决策支持系统

中图分类号:TP273 **文献标识码:**A

An integrated system for monitoring & scheduling power networks based on multi-agent

WANG Yong, CHEN Xin, WANG Ying, CUI Hong-gang

(Faculty of Computer, Guangdong University of Technology, Guangzhou Guangdong 510090, China)

Abstract: A monitoring and scheduling system of power networks was built based on multi-agent. It monitored the real-time working statuses of huge various devices in power networks and supported to make scheduling decision according to the reliability computing. The multi-agent architecture enforces the intelligent and expandable capability, and improves the monitoring efficiency and reliability of power networks.

Key words: multi-agent system; remote monitor; making-decision support system

0 引言

随着电力系统的发展,面对越来越密织的电网、复杂的电力设备、时刻变化的负荷信息,以及人们对供电质量等问题的日益关注,在电力系统不断向高电压、远距离、大容量方向发展的同时,电力系统的安全可靠问题也突出起来^[1]。电网的可靠性模型是保证电网的合理配置和安全运行的重要理论依据,它必须在取得准确可靠的电网实际运行中的分布在整个电网上的各种设备参数的基础上,才能计算出电网的安全性评价指标。传统的电网安全性评估是在手工方式下,依据非实时的不完整的数据采集来计算的,使得结果不准确,更无法对不断动态变化的电网运行状况做出实时的响应,从而可能导致电网的不安全运行。目前,国际上出现了基于分布式电网远程监测设备的实时数据采集,来构造电网的动态可靠性模型的研究,以实现实时动态的电网安全性评价,为电网的安全运行和科学调度提供充分的依据。电网监控与指挥调度中心的主要功能之一就是对电力网络上的大量运行设备的工作状态进行实时监控,根据采集的动态数据进行可靠性分析,作出相应的指挥调度决策。

针对电力网络中的设备多样性和参数复杂性,本文提出了一个采用多智能主体技术,基于服务中间件的,面向可靠性模型的电网监控及指挥调度集成系统,实现了电网运行数据的实时采集和动态可靠性评价,建立了基于 GIS 的电网指挥调度可视化平台。

1 总体结构

电网监控与指挥调度系统是集成了多种远端设备、多种通信协议、多个应用模式的综合信息集成与处理调度平台。为了提高系统构建的灵活性、增强智能处理能力,系统采用了智能主体构件技术,在总体结构中建立了智能主体的分层结构模型,把多个智能主体按照其实现的功能特征分布在多个层次中,便于对主体的调度管理和多主体之间的协作管理(见图 1)。

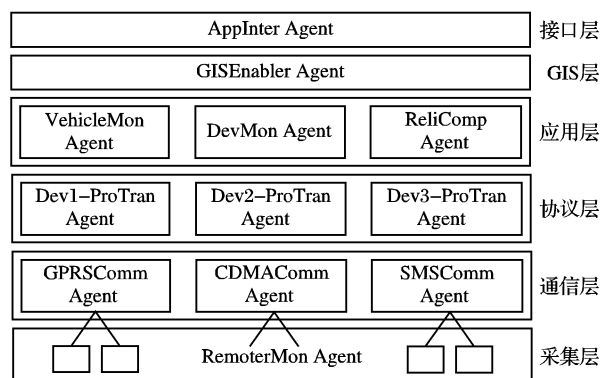


图 1 基于多智能主体的电网监控与指挥调度集成系统总体结构

系统结构分为六个层次,自底向上有采集层、通信层、协议层、应用层、GIS 层和接口层。采集层是以远程监控智能终端为单元,如基于嵌入式系统的变压器实时监控系统(EU2506)实现了综合电力参数检测和实时数据传送,并具有

收稿日期:2006-01-16;修订日期:2006-04-19 基金项目:国家 863 计划项目(2003AA414023)

作者简介:王勇(1968-),男,重庆人,讲师,博士研究生,主要研究方向:人工智能、知识工程、网格计算; 陈新(1960-),男,湖南常德人,教授,博士生导师,博士,主要研究方向:网格计算、CIMS; 王瑛(1970-),女,湖南长沙人,实验师,主要研究方向:网络工程; 崔洪刚(1976-),男,广东茂名,讲师,硕士,主要研究方向:知识工程、决策支持系统。

遥控负荷开关操作的功能,为电力指挥调度系统提供满足可靠性分析模型要求的数据。通信层负责提供多模式、多信道的有线/无线通信连接服务,拥有 GPRS, CDMA, SMS 等通信 Agent,以适应多种通信模式的前置终端的要求。协议层针对接受到的信息进行编/解码工作,把从通信层采集到的消息分解为结构化状态参数传递给应用层,或者把要由应用层下发的控制指令封装为对应设备所规定的通信指令格式,通过通信层传送给设备终端。应用层包含了执行监管和指挥调度的各种智能主体,如 VehicleMon Agent 负责车辆定位和行车状态的监控,DevMon Agent 负责监控和评价设备状态,ReliComp Agent 完成可靠性评估计算,其他还有数据分析主体、信息管理主体等。GIS 层的 GISEnabler Agent 提供 GIS 引擎驱动、数字地图建立和信息标绘功能。接口层主体 AppInter Agent 为电网监控与指挥调度系统提供了良好的人机交互界面,建立了应用集成的门户入口。

2 关键技术

2.1 嵌入式智能监控单元

对电力系统可靠性监控和运行数据进行自动采集,将多种在线监测方式结合在一起而形成一种综合监测系统是很有必要的。而且就目前的监测技术水平,利用计算机技术、无线通信技术,采用先进的信号抽取装置,形成监测电路系统的电压、电流和波形以及相关设备的开关特性等参数并集诊断分析功能于一身的综合监测系统,适合各种结构的电网运行监测的使用,特别随着电网的发展,无人值守变电站的电路和设备在线监测,将会是保证系统可靠运行的首要工作。综合在线监测系统由几部分组成:信号检出及适配单元、数据采集及前置单元、数据处理单元、诊断单元和无线通信单元,其工作流程框架如图 2 所示。

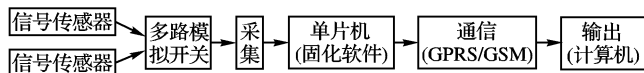


图2 电网综合在线监测及数据采集装置总体结构

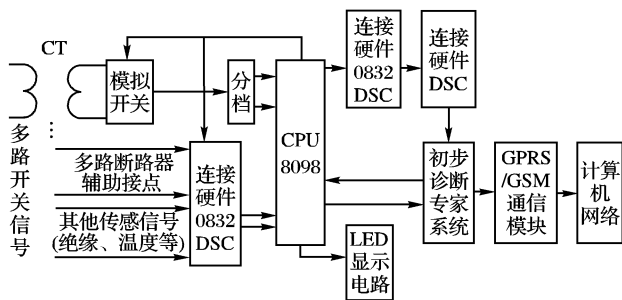


图3 高压断路器在线监测及数据采集装置系统结构

本项目的电网综合在线监测及数据采集装置采用的是 8098 或 ARM7 芯片,在嵌入式操作系统上开发的智能监测软件建立了具有逻辑判断和智能处理能力的前置终端,如高压断路器在线监测及数据采集装置系统结构图中的初步诊断专家系统模块即负责完成前置智能处理功能(见图 3),它只把根据专业知识已经确认的故障信号和根据规则要求的诊断数据发送给监控指挥中心,减少了不必要的数据传输,加快了故障处理速度,提高了系统可靠性和安全性。该装置是电网监控与指挥调度系统的远程智能单元。

2.2 动态可靠性模型

蒙特卡洛模拟法是一种有效的电网可靠性分析评价方法,可以用图 4 的系统状态图来表示在一定的负荷水平下的可靠性评价过程。

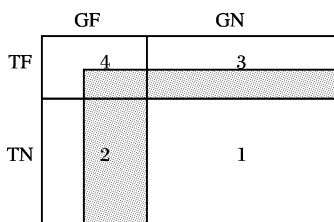


图4 一定负荷水平下系统状态的区域划分

图 4 中,GF 表示有发电机故障发生,GN 表示发电机全部正常运行,TF 表示输电线路有故障发生,TN 表示输电线路全部正常运行。系统状态可以划分为图示的四个区域:1 区为系统的正常运行状态;2,3,4 区为系统的故障状态。显然,对于 1 区,系统不会切负荷;对于 2,3,4 区的系统故障状态,可以划分为两部分:一部分为不会引起系统切负荷的故障状态子集 SNLC(图中的阴影部分),另一部分为可能引起系统切负荷的故障状态子集 SLC。对一个实际的电力系统而言,在低价故障下系统切负荷的可能性很小,而高负荷故障状态出现的可能性又很小,因此,对于 2,3,4 区的系统故障状态而言,大多数状态属于 SNLC,只有少量属于 SLC。所以,在采样完毕后,首先经过简单的解析计算,判断采样状态是否属于 SNLC,如果属于 SNLC,则该状态不会影响到系统的可靠性指标,可以立刻转到下一次采样。仅对属于 SLC 的状态才应用线性规划技术进行发电机出力的优化调整,这样显然减少了每次状态评估的时间,加快了计算速度。另外,减少估计的方差可以减少模拟的次数,提高模拟的速度。而在模拟次数一定的情况下,如果减少每一次状态评估的时间,也可以加快计算的速度,减少模拟的时间。

2.3 智能主体模型

智能主体应用于不同的环境和目标,种类多样,其内部结构也各不相同。由于物流系统的复杂性和多样性,服务构件采用了混合结构模型(Procedural Reasoning System, PRS)。PRS 融合了以符号表示世界模型和进行规则推理的经典人工智能系统与不经过复杂的推理就对环境中出现的时间进行反应的非经典的人工智能系统。

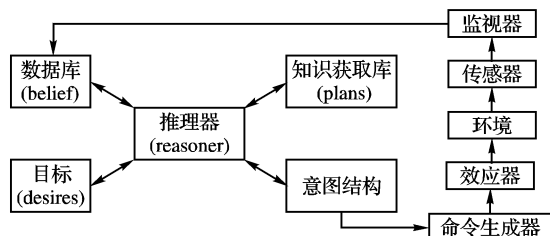


图5 PRS 主体结构框架模型

本项目中 PRS 作为智能主体开发的参考框架模型见图 5,在每个智能主体的设计中,需要根据具体的设计目标和应用需要,对混合结构模型进行相应的裁减,用于可靠性分析的主体将需要建立完整的知识库和推理机制,实现多目标优化的复杂 NP 问题求解;应急抢险车辆的 GPS 定位监控主体则主要实现环境辨识和状态辨识,在基于规则推理的知识库的支撑下,对车辆状态进行实时动态监控;而 GPRS 通信服务

器组件则主要实现协议转换,以及通信连接状态保持,就只需要几条简单的规则。

本系统采用 Java 语言作为主体开发的语言,以支持跨平台的系统集成与应用。

2.4 智能主体通信语言

智能主体通信语言使用了 KQML (Knowledge Query and Manipulation Language),它规范定义了可扩充的行为原语集合,是基于语言行为理论的消息格式和消息管理协议^[4]。KQML 的每则消息分为内容、消息和通讯三部分。它对内容部分所使用的语言没有特别限定。Agent 在消息部分规定消息意图、所使用的内容语言和本体论。通讯部分设置低层通讯参数,如消息收发者标识符、消息标识符等。智能主体的消息结构形式为:

```
( performative 例如 -> ask all
  : sender -> : GPRSComm
  : receiver -> : Dev1-ProTran
  : language -> : English
  : ontology -> : Protocol
  : content -> : #hq * 2001#
)
```

消息结构中的原语(performative)表达主体 Agent 的消息意图;通讯内容的语言可采用英语, Lisp, SQL, KIF 等;本体论是对主体 Agent 交互中用到的概念和联系所作的客观描述,它保证了 Agent 对通讯内容有一致的理解,共享消息内容所代表的知识,实现语义一致的通讯。共享的本体论可以采用文档形式,也可以是一组机器可解释的规范。上例中的消息是表示从 GPRSComm Agent 向 Dev1-ProTran Agent 发出执行对字符串“#hq * 2001#”的根据设备 Dev1 的协议进行解析的命令,解析出的内容将记录在黑板中。

2.5 多智能主体的协作机制

在电网监控与指挥调度集成系统中,存在多种设备监控和服务需求,需要多种智能主体来支持和实现特定的系统功能,是一种多主体系统 (Multi-Agents System, MAS)。在 MAS 中,要解决任务的分解与分配、协同与协商、同步与异步通信以及冲突消解等多个复杂问题。针对不同的应用,已提出了多种协作的机制,如同网、黑板系统、市场机制、功能精确的协同、多主体信念维护、多主体规划、多主体组织等^[5]。这些协作方法可通过协议或者承约的形式编程到主体中,从而使主体自动地实现大型复杂问题的协作求解。

本系统采用分层多智能主体模型,其协作机制包括对纵向和横向协作机制的规约:上层主体对下层主体具有激活和控制权,通过黑板机制来进行消息传递和问题求解;同层主体之间只需要进行简单的资源分配和占用的同步互斥关系的协作。

用例图可以有效地表达多智能主体之间的协作关系,面向远程设备监控的用例图建立了对设备状态进行远程监控的多主体协作模型(见图6)。远程监控单元如果通过 GPRS 向监控指挥中心发送信息,就会激活 GPRSComm Agent,其信息作为协议字符串被接受,并记入黑板中;然后,由 GPRSComm Agent 根据协议字符串的来源,激活相应的 Dev n-ProTran Agent 来执行协议解析工作,把协议字符串分解为特定的结构化参数。DeviceMon Agent 循环监控黑板中的设备参数,并进行设备状态评价,把评价结果记入黑板。GISEnabler Agent 获取了设备状态并结合基本的空间数字信息,演绎为可视化的 GIS 数字地图方式,显示给用户。用户通过 AppInter Agent 获

得 GIS 界面,并可通过该 Agent 操作设备和向设备发布控制指令,实现交互操作。

在本系统主要采用了黑板模型来实现主体之间的消息传递,它包括三个基本组成成分:1)智能主体 Agent。应用领域根据求解问题专门知识的不同划分成若干相互独立的专家,每一个 Agent 完成一种特定的任务或特定领域的任务。2)黑板。一个共享的问题求解工作空间,一般是以层次结构的方法组织,主要存放 Agent 所需要的信息和求解过程的解状态数据,在问题求解过程中,Agent 不断地修改黑板,Agent 之间的通信和交换只能通过黑板进行。3)监控机制。根据黑板上的问题求解状态和各个 Agent 的求解技能,依据某种控制策略,动态选择和激活合适的 Agent。多主体 Agent 通过黑板记录求解过程的阶段性信息,直至求解出问题的最终结果。

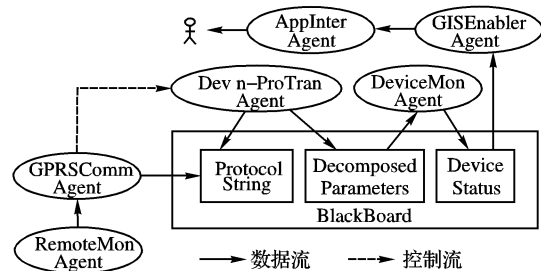


图6 面向远程设备监控用例的多主体协作模型

3 应用讨论

本系统是在广东省重点项目和国家中小企业创新项目“配电网的变压器远程监控系统”成功开发的基础上提出的。首先,我们在南方电网的某市子网上建立了一个基于 GPRS/SMS 通信模式的对变压器、输电线路、重合闸等关键设备进行实时状态信息采集的远程监控终端网络,而后开发了面向电网监控与指挥调度的 GIS 数字地图,标绘了电网设备、网络结构,并与基础设备数据库实现了链接,实现了在 GIS 数字地图上的设备监控和管理信息的集成,可以显示各种设备档案、运行维护资料,实现动态管理,达到图形与实际一致。可靠性模型也被封装为一个智能主体,在指挥系统中实施动态的可靠性评价,以提示或警告电网的运行状态。

4 结语

本项目采用多智能主体技术,建立了基于 GIS 的电网监控与指挥调度系统,实现了对配网干线、支线和配电变压器的实时的远程智能监控;集成了设备运行状态数据和应急抢险车辆 GPS 定位数据,在电网可靠性模型评价的基础上,提出了指挥调度决策方案。该项目是一项包含了人工智能、无线通信、嵌入式系统、电力计量及控制技术、地理信息系统等的综合技术课题,对当前的电网改造升级具有重要的意义。

参考文献:

- [1] SCHILLING MT, FIHO MBDC, SILVA AMLD, *et al.* An Integrated Approach to Power System Reliability Assessment[J]. *Electrical Power & Energy Systems*, 1995, 17(6): 381-390.
- [2] TANENBAUM AS. *Distributed Operating Systems* [M]. Prentice Hall, 1995.
- [3] CHORAFAS DN. *Agent Technology Handbook* [M]. McGraw-Hill, 1999.
- [4] SLAMA D, GARBIS J, RUSSELL P. CORBA 企业解决方案[M]. 李师贤, 郑红, 吴涛, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [5] 史忠植. 智能主体及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.