

基于多 Agent 系统的远程故障诊断系统模型

蒋志忠, 冯玉光, 奚文骏

(海军航空工程学院兵器科学与仪器系, 烟台 264001)

摘要: 随着信息技术的发展, 远程故障诊断系统的研究及应用正在世界范围内兴起。该文提出了一个基于多 Agent 系统的远程故障诊断系统模型, 定义了层次划分、各层的结构以及功能, 并简单介绍了 Agent 间的通信与协作机制。

关键词: Agent; MAS; 远程故障诊断

Multi-agent System-based Remote Fault Diagnosis System Model

JIANG Zhizhong, FENG Yuguang, XI Wenjun

(Department of Weapon Science and Instrument, Naval Aeronautical Engineering Academy, Yantai 264001)

【Abstract】 With the development of information technology, the research and application of remote failure diagnosis system are arising in the world. This paper puts forward a model based on multi-agent system for remote fault diagnosis system. The function of each tier is defined. The structure of the agents in each tier is discussed and the mechanism of communication and cooperation among agents is briefly introduced.

【Key words】 Agent; MAS; Remote fault diagnosis

1 概述

远程故障诊断的概念是在远程医疗概念的基础上发展起来的一种设备诊断技术, 远程设备故障诊断技术是传统的故障诊断技术与网络技术、计算机技术和现代通信技术相结合的一种新型诊断技术, 它是在工业现场的设备发生故障征兆或发生故障, 现场的维护人员或故障诊断系统对其不能做出诊断时, 通过与远端故障诊断中心建立连接, 由远端诊断中心的领域专家、故障诊断系统或者其它先进故障诊断技术及时对其进行的诊断, 并给出诊断结果。远程故障诊断系统充分发挥了人在其中的作用, 将诊断专家与系统中的其它诊断资源有机结合起来, 为设备的故障诊断、维护提供服务, 它是随着经济全球化和市场全球化的发展和高科技复杂产品的应用需求而发展起来的。

目前, 远程故障诊断主要有两种实现模式: 一种是基于 B/S 的远程故障诊断专家系统, 另一种是基于多 Agent 系统 (Multi-agent System, MAS) 的远程故障诊断系统。

基于 B/S 的远程故障诊断系统主要是建立在 C/S 结构之上, 这种方式有结构简单、诊断资源丰富的优点。但由于目前 Internet 自身的一些缺点, 网络通信的负载集中, 经常会形成网络通信瓶颈, 而远程故障诊断系统对实时性和并行分布式处理要求较高, 使得这种模式难以满足要求。因此可以利用分布式人工智能 Agent 技术建立远程故障诊断系统。远程故障诊断具有分布式计算、分布式人工智能等特点, 它是 Multi-agent 技术的天然应用领域。

MAS 是由多个 Agent 组成的一个松散耦合又协作共事的系统, MAS 除了具有单个 Agent 的所有特性外, 如交互性、社会性、协作性、适应性和分布性等, 还具有如下特点: 数据分布或分散, 计算过程异步、并发或并行, 每个 Agent 具有不完全的信息和问题求解能力, 不存在全局控制。Multi-agent 的这些特点可以很好地满足远程故障诊断系统的要求。

2 基于 MAS 的远程故障诊断系统模型

2.1 远程故障诊断系统的结构模型

远程故障诊断系统由 3 大子系统组成, 它们是远程故障诊断中心、局部在线诊断站点和数据通信网络系统。各部分功能简介如下:

(1) 远程故障诊断中心

提供广域范围内共享诊断资源的平台, 建立资源共享与多故障诊断系统协作机制, 并为局部在线诊断系统提供支持。远程故障诊断中心以上功能得以实现的核心资源是诊断专家和故障诊断知识库。故障诊断知识库一方面为设备的故障诊断提供相应的知识; 另一方面不断获取各局部在线诊断站点的知识, 并对其进行精炼、提取, 以丰富自身的知识库, 不断提高自身的诊断智能和远程服务能力。

(2) 局部在线诊断站点

局部在线诊断站点为局部范围内的用户提供在线维护、诊断服务。并在必要时, 获取远程故障诊断系统的支持。各局部在线诊断站点在完成故障诊断的同时获得了大量的设备使用经验及诊断知识, 在实际运行过程中对之不断整理、总结后可用来丰富其自身知识库, 另一方面同远程智能故障诊断中心相交互, 将新知识传递给诊断中心, 从而完成了故障知识的获取、维护、传递工作, 大大提高了系统的诊断智能。

(3) 数据通信网络系统

数据通信网络系统主要实现远程故障诊断中心和局部在线诊断站点之间的通信。在整个数据通信网络系统中, 企业诊断节点部分工作站与服务器间距离短的用网卡组成局域网系统, 距离长的用 Modem 组成局域远程登录系统或通过 Internet 组成广域监控诊断系统。而与诊断中心服务器的互联

作者简介: 蒋志忠(1981 -), 男, 硕士生, 主研方向: 自动测试技术; 冯玉光, 教授; 奚文骏, 讲师

收稿日期: 2006-03-23 **E-mail:** zhizhong_jiang@yahoo.com.cn

采用基于 Internet 的连接，使得本系统具有很强的开放性和扩展性。

2.2 基于 MAS 的远程故障诊断系统模型

根据远程故障诊断系统各个组成部分的职能，我们把它划分为管理层、通信层和诊断层。与各个层次相对应，可定义管理 Agent、通信 Agent 和诊断 Agent。其系统结构如图 1 所示。

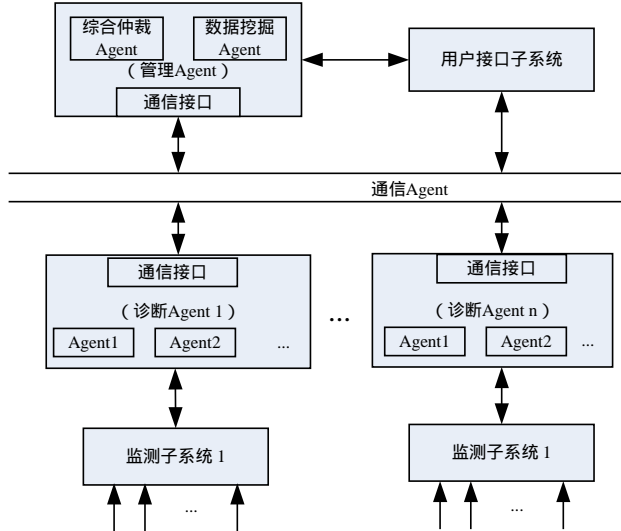


图 1 基于 MAS 的远程故障诊断系统结构

监测子系统主要是监视并存储采样多传感器送来的数据，在发现系统异常时向诊断 Agent 发出诊断请求并向诊断 Agent 提供原始数据；诊断 Agent 实现各种诊断算法；综合仲裁 Agent 负责综合和仲裁各诊断 Agent 的诊断结果，并考虑是否向其它诊断 Agent 工作组发送信息和诊断请求；其它诊断 Agent 在收到信息和诊断请求后，会在此基础上缩小或扩大故障搜索范围，从而提高诊断效率；同时它还负责与数据挖掘 Agent 交流，将数据挖掘 Agent 得到的各种有用信息，加入知识库，以增强系统诊断的有效性、环境适应性和智能性。管理 Agent 将最终的结论送用户接口子系统，用户接口子系统负责提供图形界面，显示诊断结果，同时还要将系统诊断结果反馈给各 Agent，以利于 Agent 完成自适应或自学习过程，用户也可通过它向系统发出命令。通信 Agent 为诊断 Agent 和管理 Agent 之间的通信提供支持：一方面，它要保证所传输的数据的正确性；另一方面，它要根据当前的网络状况，选择合适的传输策略，以提高传输效率。

各 Agent 统一采用如下的形式化描述：

```

Agent<Agent-Name>
Begin
  Processor
  InternalState Param1,Param2...
  ActionalRule Rule1,Rule2,...
  Reation Reation1,Reation2,...
  Sensor1
    On Stimulation1 Submit Reation1 to Processor
  Sensor2
    On Stimulation2 Submit Reation2 to Processor
End
  
```

其中，Processor 是具有并行能力的处理机，InternalState 记录 Agent 的内部状态，ActionalRule 和 Reation 分别定义 Agent 的反应规则和反应行为，Agent 通过感应器 Sensor 感

知外界环境的变化。

当 Sensor 上受到刺激 Stimulation k 时，Agent 把反应动作 Reaction k 提交到 Processor 上运行，自身又返回到监测状态。由于 Processor 的并行处理能力，Agent 能即时响应同时发生的多个刺激。

3 各 Agent 的结构和功能

3.1 管理 Agent 的结构和功能

管理 Agent 由服务器、诊断中心、数据库和规则库等模块组成，通过人机界面、通信接口和外界交互。其结构如图 2 所示。

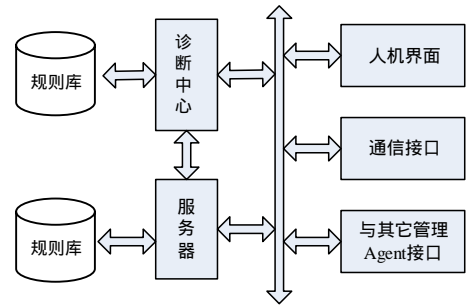


图 2 管理 Agent 结构

诊断中心由综合仲裁 Agent 来实现，它负责综合和仲裁诊断 Agent 送来的结果，当诊断 Agent 送来的结果不一致时，综合仲裁 Agent 根据一定的判定规则，决定是否向其诊断 Agent 发送协作诊断的请求信息，最后综合仲裁所有诊断 Agent 的结果，得到真正的故障模式。服务器由数据挖掘 Agent 来实现，它采用粗糙集 RS(Rough Set)理论来设计，负责将各种有用信息，如诊断对象信息、数据处理信息、诊断结果信息等各种有用信息归整加入知识库，形成一个不断增长的经验知识库，以增强系统诊断的有效性、环境适应性和智能性。

3.2 诊断 Agent 的结构和功能

诊断 Agent 由被诊断设备、实时故障监测模块、客户机、多媒体数据库等组成，通过提供人机接口、通信 Agent 接口、被诊断设备接口以及本地其它诊断 Agent 接口实现与外界环境的交互。其结构如图 3 所示。

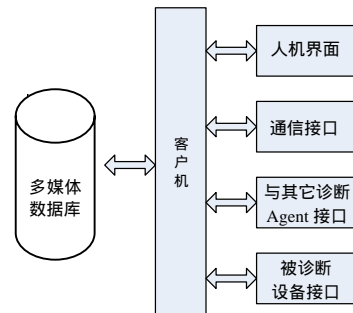


图 3 诊断 Agent 结构

诊断 Agent 以客户机为中心。实时故障监测模块利用多传感器系统采样并存储设备的现场数据，并将检测数据发回客户机。当实时故障检测模块检测到设备故障时，将故障信息发往客户机。客户机产生一个携带故障信息的本地诊断 Agent，本地诊断 Agent 进入故障诊断模块，如果得到结果，诊断 Agent 返回客户机，将结果传给诊断用户，诊断 Agent 完成其生命周期，终止。如果本地诊断 Agent 不能得到满意的结果，诊断 Agent 返回客户机，将结果传给客户机，客户

机请求管理 Agent 的远程诊断服务器。远程诊断服务器启动远程诊断 Agent, 远程诊断 Agent 移动到客户端, 与客户端诊断模块及远程诊断中心协同进行故障诊断。得到结果后, 一方面将结果返回给用户及存入多媒体数据库, 另一方面, 诊断 Agent 返回服务器端, 将结果存入服务端诊断数据库, 然后诊断 Agent 结束生命周期。

多媒体数据库主要用来存储设备故障信息、设备信息等。

3.3 通信 Agent 的结构和功能

通信 Agent 主要由处理机、地址信息库和算法库组成, 其结构如图 4 所示。

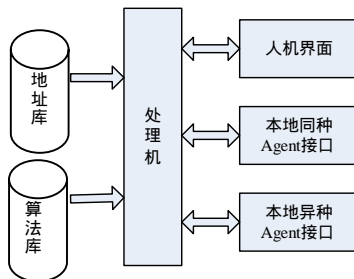


图 4 通信 Agent 结构

数据的发送、接收由处理机实现, 此外, 处理机还具有数据分割、拼接、校验等能力。地址库作用类似于域名服务器, 其内部信息用序偶<用户地址, 机器地址>表示, 在通信 Agent 接收到的发送指令中, 目的地址用用户地址来描述, 处理机要根据这个用户地址从地址库中取得对应的机器地址, 按照该机器地址发送数据。

算法库为提高通信 Agent 对各种不同的网络状况的自适应能力提供支持, 它存储了预定义的在各种不同网络状况下的传输算法, 由通信 Agent 在发送数据时根据当前的网络状况采用。

4 Agent 间的通信与协作

Agent 之间的通信和协作, 是实现 MAS 问题求解所必需的。基于 MAS 的远程故障诊断系统是一个多层分布式的协作诊断系统。诊断对象的故障症状表现在 Agent 对其所处环境的认识上, Agent 由此产生诊断的意图, 在此过程中它会与其它 Agent 合作共同处理问题, Agent 会根据实际情况选择协作对象, 并且可以使协作更加高效地完成。Agent 之间的协作主要指综合仲裁 Agent 与各诊断 Agent 的通信, 也诊断 Agent 内嵌套的各 Agent 的相互通信与协作, 以及综合仲裁 Agent 和数据挖掘 Agent 的交流。

目前 Agent 之间的通信方式可分为黑板系统和消息对话系统两种方式。黑板系统采用合适的结构支持分布式问题求解, 在 MAS 中, 黑板提供公共工作区, Agent 可以交换信息、数据和知识。消息对话通信是实现灵活和复杂的协调策略的基础, 各 Agent 使用规定的协议相互交换信息, 用于建立通

信和协调机制。

两个 Agent 之间的通过程如图 5 所示。使用的 Agent 通信语言, 主要是美国高级研究计划局(ARPA)的“知识共享计划”中所提出的两种相关通信语言: 知识询问与操作语言(Knowledge Query and Manipulation Language, KQML)和知识交换语言(Knowledge Interchange Format, KIF)。

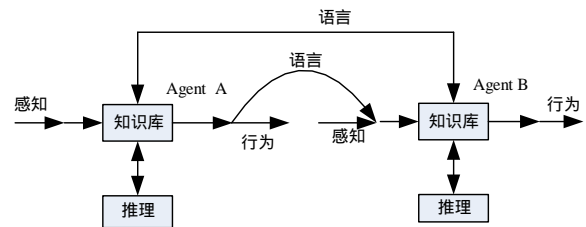


图 5 两个 Agent 使用语言通信

对策和学习是 Agent 协作的内在机制。Agent 通过交互对策, 在理性约束条件下选择基于对手或联合策略的最佳响应行动。Agent 的行动选择又必须建立在对环境和其它 Agent 行动了解的基础上, 因而需要利用学习方法建立并不断修正对其它 Agent 的信念。Agent 的协作始终贯彻着对策和学习的思想。Agent 间的协作方法主要有决策网络和递归建模、Markov 对策、Agent 学习方法以及决策树和对策树。

5 结束语

为了克服 Internet 环境下传统分布式系统构成模式的不足, 本文结合多 Agent 系统的优点, 提出了一种基于 MAS 的远程故障诊断系统模型。该模型能弥补当前大多数网络化服务系统在适用性、开放性、可扩展性等方面的不足, 显示出了特有的应用优势。随着分布式人工智能 Agent 技术的不断发展, 基于 MAS 的远程故障诊断系统模型必将得到广泛的应用。

参考文献

- 1 Boloni L, Marinescu D C. Agent Surgery: The Case for Mutable Agents[C]//Proc. of the Heterogeneous Computing Workshop. 1999.
- 2 Franklin S, Graesser A. Is It An Agent or Just A Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents[C]//Proceedings of the 3rd International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages. Springer-Verlag. 1996.
- 3 朱大奇. 电子设备故障诊断原理与实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- 4 蔡自兴, 徐光佑. 人工智能及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- 5 黄晓宇, 李 磊, 李 东. 基于多 Agent 系统的 DCS 模型[J]. 计算机工程与设计, 2004, 25(8).
- 6 谢小轩, 张 浩. 远程设备故障诊断技术的研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2001(6).

(上接第 277 页)

- 3 Bartz D, Schneidery B O, Silva C. Rendering and Visualization in Parallel Environments[C]//Proc. of SIG-GRAPH'99 Course on Rendering and Visualization in Parallel Environments. 1999.
- 4 Davis T, Chalmers A, Jensen H W. Practical Parallel Processing for Realistic Rendering[C]//Proc. of SIGGRAPH'00. 2000.
- 5 Li Kai, Chen Han, Chen Yuqun, et al. Early Experiences and Challenges in Building and Using A Scalable Display Wall System[J].

- IEEE Computer Graphics and Applications, 2000, 20(4): 671-680.
- 6 Igehy H, Stoll G, Hanrahan P. The Design of a Parallel Graphics Interface[C]//Proceedings of SIGGRAPH'98. 1998: 141-150.
- 7 Li Chao, Jin Zhefan, Shi Jiaoying. MSPR: A Retained-mode Based Multi-Screen Parallel Rendering System[C]//Proc. of the 4th International Conference on Virtual Reality and Its Application in Industry. 2003.

