

文章编号: 1005-8451 (2009) 11-0041-04

## 基于 Agent 的铁路信号设备故障诊断的研究

周文娟, 王 强

(兰州交通大学 电子信息工程学院, 兰州 730070)

**摘要:** 针对我国铁路信号设备故障的特点, 基于故障诊断和多 Agent 技术, 对铁路信号故障诊断系统的总体结构进行设计和分析, 详尽分析信息采集 Agent、管理 Agent 和诊断 Agent 的基本职能以及 Agent 间的通信方式。最终为维修人员故障分析以及诊断提供辅助决策。

**关键词:** 多 Agent; 铁路信号; 故障诊断系统; KQML

**中图分类号:** U284.7      **文献标识码:** A

### Research on fault diagnosis for railway signal equipment based on Agent

ZHOU Wen-juan, WANG Qiang

(Institute of Electronics and Information Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730030, China)

**Abstract:** Aimed at the features of railway signal equipment failure in China, it was analyzed and designed the Fault Diagnosis System, based on fault diagnosis and multi-Agent technology. The function of each module was described, such as information collection Agent, management Agent, diagnose Agent, and analysis communication of each Agents. Finally, the fault analysis and diagnostic decision support were provided for the staffs of maintenance.

**Key words:** multi-Agent; railway signal; Fault Diagnosis System; KQML

随着信息技术的发展, 对故障诊断系统的实时性、智能性和网络化提出了越来越高的要求。那么 Agent 技术为智能故障诊断系统的设计和实现提供了一条极具潜力的途径。本文通过对现有智能故障诊断系统研究, 结合铁路信号设备故障的特点, 设计了一个基于多 Agent 的智能化设备故障诊断系统。

## 1 相关技术

### 1.1 故障诊断的主要方法

故障诊断技术是发现故障、定位故障设备、提供故障解决方案的一项重要技术。故障诊断一般可以通过故障诊断程序、诊断系统或人工方式来完成<sup>[1]</sup>。下面对几个主流故障诊断技术研究的现状进行简要介绍:

(1) 基于专家系统的故障诊断, 以知识工程(知识库)为基础, 在串行运行的格式中模拟人脑的逻辑思维, 实现严格的诊断推理;

(2) 基于人工神经网络的故障诊断, 利用各种神经网络模型来诊断系统的故障。它诊断准确,

具有故障调节作用。在大规模并行运算中模拟人脑的物理结构, 实现直觉联想型故障模型。目前该项研究的理论性成果很多, 但真正投入实际工程中用于故障诊断的很少; 要实现神经网络的故障诊断功能就要通过硬件和软件相结合的方式来完成;

(3) 基于模糊数学的诊断方法, 是一种基于知识的自动诊断方法, 它利用模糊逻辑来描述故障原因与故障现象之间的模糊关系, 通过隶属函数和模糊关系方程解决故障原因与状态识别问题;

(4) 基于故障树的方法 (Fault Tree Analysis, FTA), 又叫因果树分析法。它是目前国际上公认的一种简单、有效的可靠性分析和故障诊断方法, 是指导系统最优化设计、薄弱环节分析和运行维修的有力工具;

(5) 基于 Petri 网的故障诊断, Petri 网 (Petri Net) 是一种表示和分析系统动态行为的图形方法, 它采用一些基本图形符号来描述情景 (Condition) 和事件 (Event) 之间的关系。建立系统故障诊断 Petri 网模型有 2 种方法: 直接法和间接法。

(6) 基于小波变换的故障诊断, 它通过对故障数据进行模式识别来诊断故障, 适应于各类信

号的故障诊断。

## 1.2 Agent 概念

Agent 的原意是“代理”，即一个人代表另一个人或一个组织去完成某件事情，是一个具有控制问题求解机理的计算单元，它可以指一个机器人，一个专家系统，一个过程，一个模式或求解单元。在计算机领域，Agent 可认为是被授权的“个人软件助理 (Personal Software Assistants)”，是一种在分布式系统中或协作系统中持续自主发挥作用的计算实体<sup>[3]</sup>。

Agent 一般包括以下基本特性：自主性、反应性、适应性、交互性、合作性、智能性和通信能力，但在实际的系统中，Agent 并不能保证具有以上的全部属性。

目前提出的 Agent 个体的体系结构大致分为：推理式结构、反应式结构和混合式结构。不管哪种结构的 Agent 个体模型，都是由以下几个基本部分组成。如图 1。

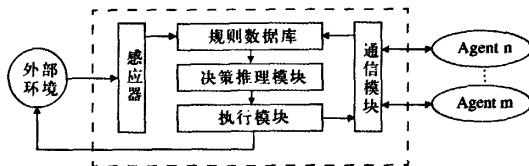


图 1 Agent 的广义结构

## 2 铁路信号故障诊断专家系统设计

### 2.1 基本原理

基于多 Agent 的信号设备故障诊断系统就是利用 Agent 的自主性、反应性和主动性等特性对铁路信号设备从监测到诊断维修等一系列地多个子任务进行划分，利用多个 Agent 分别自主地完成子任务，在完成子任务过程中各 Agent 是相互独立的个体，但也不是孤立的。在各自任务完成的同时，运用通信机制使得各个子 Agent 任务之间可以更好地交互和协同合作，从而完成系统的总任务。

### 2.2 基于多 Agent 的信号设备故障诊断结构

文中设计的基于多 Agent 的铁路信号故障诊断系统，其核心就是对故障的诊断，在故障诊断过程中，要借助设备管理 Agent 以及其他 Agent 的相互协作来完成。总体设计结构如图 2。

### 2.3 各主要 Agent 结构的功能

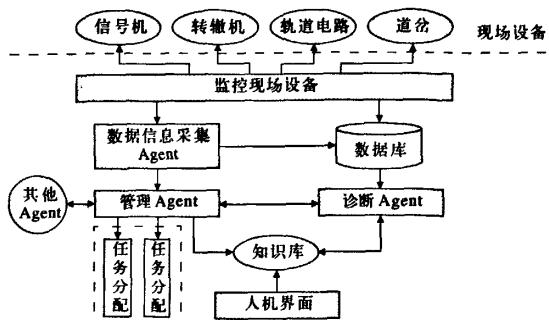


图 2 多 Agent 铁路信号故障诊断系统结构

#### 2.3.1 信息采集 Agent

环境数据信息有些是从前端采集设备自动获取，有些来自于人工输入。信息采集 Agent 是利用现场的一些现场信息采集设备，例如，传感器和 A/D 数据采集卡，以及监控系统提供的一些设备信息来获取信号设备的静态或动态数据，并将其存储在数据库中，为管理 Agent 调用。由于设备信息的复杂性，所以需要对各类数据信息进行初步的归类处理。

#### 2.3.2 管理 Agent

管理 Agent 在整个处理过程中处于主导地位，它负责对收集到的信号设备信息进行综合判断，进行任务分解和任务分配，将诊断对象，即铁路信号设备的全局诊断任务按其设备种类、设备功能和故障类型分解为若干个局部诊断子任务，形成诊断任务集。将设备信息处理任务集提交给诊断 Agent，由诊断 Agent 对所提交的设备故障提出解决故障的方案，并且负责各个诊断任务的分配、调度、控制以及处理各个诊断子 Agent 发生的冲突，监视任务的执行。在适当的时间与其他 Agent 进行信息的交互协作。

#### 2.3.3 诊断 Agent

诊断 Agent 的主要功能对管理 Agent 提出的故障信息给出具体的分析和解决故障的方法，它是整个诊断系统的中心。它接受管理 Agent 提出的各种请求，并从数据库中提取相应的信号设备的状态数据，并且从知识库中提取对应的解决方法。当一种新的设备故障现象出现时，诊断 Agent 提出的故障解决方案添加到知识库中，从而不断地丰富知识库。其中知识库中的一部分知识可以通过在实际作业中的积累和经验，由操作员录入到知识

库中。

### 3 Agent 间的通信协作问题

Agent 之间的通信和协作, 是实现多 Agent 系统问题求解所必需的。

Agent 之间通过传递消息通告环境和系统状态的变化。Agent 之间知识和信息的交换是 Agent 相互协作的基础, 要使 Agent 之间能够相互理解, 需要为其设计一个具有一致语法、语义和通用的通信语言。在这个语言中, 对于事实上同一个概念的事物将使用统一的词汇来表达, 并且对某一语句的理解不应具有二义性。更为重要的是, 为了有效地进行交互, Agent 之间的通信语言必须符合一定的协议。

#### 3.1 Agent 系统的通信方式

多 Agent 系统的通信方式取决于多 Agent 系统采取的体系结构。智能 Agent 的通信方式主要分为黑板和消息传递。其它方式都是在此基础上派生和发展出来的。

(1) 基于消息传递的通信。属于异步消息传递方式, 一个 Agent 可以向一个或多个 Agent 发送消息, 采用点对点的传递方式, 这种通信与协作方式需要多个 Agent 之间有更多的了解, 要求发送者事先应该接收到 Agent 的有关信息;

(2) 基于黑板的通信。是广播通信形式, 属于同步消息传递。把消息放在可广泛存取的黑板上, 每个 Agent 均可以向黑板发送消息, 也可以从黑板上读取消息。Agent 把黑板作为信息共享基地, 相互之间不发生直接的通信, 独立完成各自携带的任务。

通信是协作的基础, 图 3 是 Agent 之间的通信协作方式<sup>[4]</sup>。

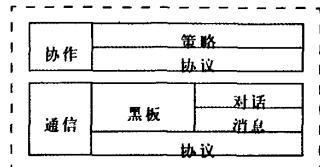


图 3 Agent 之间的信号与协作

#### 3.2 Agent 消息传输参考模型

Agent 消息传输参考模型包括 3 个标准:

(1) 消息传送协议 (The Message Transport Protocol, MTP) 一用于执行 2 个 ACC (Agent Communication Channel, Agent 通信信道) 之间消息的物理传输;

(2) Agent 隶属的 Agent 平台提供的消息传输服务 (Message Transport Service, MTS), MTS 支持同一 Agent 平台上的 Agent 之间以及不同 Agent 平台的 Agent 之间的 FIPA-ACL (Agent Communication Language) 消息的传输;

(3) ACL 详细描述 MTS 和 MTP 运输的消息内容<sup>[4]</sup>。

参考模型如图 4。

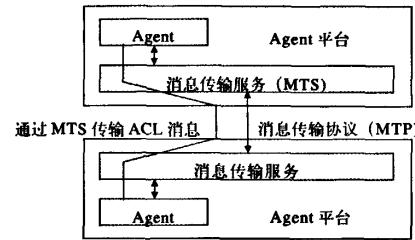


图 4 消息传输参考模型

#### 3.3 KQML 通信语言

有关通信语言及协议的研究已经有一定的成果, 如 KIF (Knowledge Interchange Format) 和 KQML (Knowledge Query Manipulation Language)。KIF 是在扩展结构化查询语言 SQL 的基础上得到的, 它的设计目的是为了表示元知识和知识, 虽然已经有相当多的系统是在其基础上构造的, 但还不能证明它可以完全满足 Agent 之间信息交换的需要。KQML 是新近发展的颇具影响力的 Agent 通信协议, 它不仅定义了一种支持知识共享的消息格式, 也定义了针对这种消息格式进行信息处理的协议。

本文试图在 Agent 最典型的知识查询和操作语言 KQML 的基础上, 针对客运专线中铁路信号故障诊断系统中的应用, 在 Agent 通信语言的词汇、语法和交换机制方面进行研究。

KQML 消息的语法结构是一组圆括号中列出的内容。其中第 1 个元素是行为方式, 其它的部分是一些参数, 采用关键字加数值的表示方式。以下是一个 KQML 消息结构的详细描述:

(KQML message:

```

: language KIF
: sender <address> or <agent ID>
: receiver <agent list>: <address> or <agent
ID>
: type <message type>
: address <net address> <sub
address> <node address> <agent name>
: content <message content>
<message tag> <message reliability>

```

关键字 content 属于内容层, sender、address 和 receiver 属于通信层, 行为方式 KQML message、type、ontology 和 language KIF 属于消息层。

类似地, 根据前面的描述, 各个 Agent 的具体职责可以在铁路信号故障诊断系统中定义一些基本的行为方式:

ask-one: 询问, 向某一个 Agent 询问问题;

ask-all: 询问全体, 询问某一个范围内全体 Agent 具体问题;

reply: 回答问题;

inform: 通知某一个 Agent 一个事实;

accept: 收到通知;

request: 请求某 Agent 做某事;

order: 命令某 Agent 做某事;

broadcast: 广播, 告诉某一个范围内全体 Agent 一个事实;

sorry: 抱歉, 不能满足对方请求;

reject: 拒绝, 不愿满足对方请求;

committed: 许诺, 将执行对方的请求或命令。

.....

根据系统通信需要, 定义以下的基本内容关键字:

ENVI\_INFO: 风、雨、雪等环境信息;

RAIL\_TEMP\_INFO: 轨温信息;

POWER\_INFO: 设备供电状态信息;

WORK\_INFO: 设备运行状态信息;

VIDEO\_INFO: 视频信息;

FAULT\_GRADE: 故障等级;

RAIL\_TEMP\_EXP: 轨温异常;

ENVI\_EXP: 风、雨、雪等环境异常;

POWER\_EXP: 设备供电状态异常;

MAINTAIN: 维护、维修命令。

.....

## 4 结束语

利用 Agent 技术在铁路信号故障诊断系统中的应用, 可以辅助维修人员进行故障分析及诊断, 更好地预防信号故障在铁路行车中的危险, 从而保证行车安全。建立和开发完整的客运专线中的故障诊断系统, 是一项复杂的工程, 需要在监控系统的辅助下, 采集出具体的、全面的并且可能发生的故障信息, 提供给知识库进行故障分析并给出相应的解决方案。随着 Agent 技术的逐渐成熟, 这种分布式思想已经逐渐深入到生产的各个领域。

在本文中, 利用多 Agent 系统平台设计了一个基本的铁路信号故障诊断系统, 并且分析了主要 Agent 模块的功能以及通信协作方式。

利用该技术构造的故障诊断系统具有以下几个优点:

(1) 能够实现故障诊断的智能化, 各 Agent 系统独立完成各自的任务, 将复杂的任务缩小化;

(2) 由于 Agent 的反应性和社会性, 系统采用基于多 Agent 的结构, 具有很强的灵活性和实时性, 同时对环境具有较强的适应性;

(3) 各个子系统相互协作, 及时地对运行状态进行监控, 共同完成诊断任务。

Agent 技术的应用使得该系统无论从可靠性还是适应性都能较好地满足故障诊断系统的要求。但是本系统在各模块的功能研究以及它们之间如何进行具体通信, 例如任务下达和执行, 模块之间交互等都是需要进一步解决的问题。

## 参考文献:

- [1] 祝 庚. 铁路信号计算机联锁系统的故障模型建立及故障诊断方法的研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2003, 6.
- [2] 岳丽丽, 王瑞峰. 基于多 Agent 的铁路信号设备智能故障监测与诊断的实现[J]. 交通与计算机, 2008 (2).
- [3] 何炎祥, 陈革萌. Agent 和多 Agent 系统的设计与实现[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2001, 6.
- [4] 王汝传, 徐小龙, 黄海平, 等. 智能 Agent 及其在信息网络中的应用[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2006.
- [5] 蒋志忠, 冯玉光, 奚文骏. 基于多 Agent 系统的远程故障诊断系统模型[J]. 计算机工程, 2007 (3).