

文章编号: 1000-8055(2010)01-0203-05

一种基于知识推送的故障诊断系统

杨思锋^{1,3}, 王 祁², 刘 鲁¹

(1. 北京航空航天大学 经济管理学院, 北京 100191;

2. 哈尔滨工业大学 电气工程及自动化学院, 哈尔滨 150001;

3. 航天推进技术研究院 北京航天试验技术研究所, 北京 100074)

摘 要: 分析了基于知识的故障诊断, 针对现有系统不能主动将知识在适当的时候传递给决策者的缺点, 提出了一种基于知识管理的、以数据流驱动的、知识主动推送的故障诊断系统的体系结构, 分析了其主要层次结构及知识的组织和管理, 提出了以数据流驱动的知识主动推送方式. 建立了知识主动推送的控制模型, 开发了知识管理和数据流驱动的集成原型系统, 并以液体火箭发动机试车台的故障诊断为例, 实现了基于知识推送的故障诊断系统, 后续实验证明了该方法的有效性.

关 键 词: 知识管理; 主动推送; 故障诊断; 液体火箭发动机试验

中图分类号: V434.13

文献标识码: A

Fault diagnosis system based on knowledge pushing

YANG Si-feng^{1,3}, WANG Qi², LIU Lu¹

(1. School of Economics and Management,
Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China;

2. School of Electrical Engineering and Automation,
Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China;

3. Beijing Institute of Aerospace Testing Technology,
Academy of Aerospace Propulsion Technology, Beijing 100074, China)

Abstract: Fault diagnosis system based on knowledge has been analyzed. To deal with the disadvantages that the fault diagnosis system can not transfer initiatively the knowledge to the decision-maker at opportune moment, a dataflow-driven architecture framework of fault diagnosis system based on knowledge management and knowledge pushing was proposed. Its primary hierarchy, organized and managed mode of knowledge was analyzed, and the dataflow-driven active pushing manner for knowledge was studied. The control mode of knowledge active pushing was founded, and the dataflow-driven integration prototype system based on knowledge management was developed. Finally, taking the fault diagnosis of liquid rocket engine test stand, for example, the fault diagnosis system based on knowledge pushing was conducted, and the latter experiment has shown the effectiveness of the method.

Key words: knowledge management; active pushing; fault diagnosis;
liquid rocket engine test

收稿日期: 2009-01-19; **修订日期:** 2009-04-24

基金项目: 国家自然科学基金(70671007); 教育部博士点基金(200800060005)

作者简介: 杨思锋(1966-), 男, 河南民权人, 博士生, 主要从事液体火箭发动机试验与测试、故障诊断、知识管理研究工作.

E-mail: ysifeng@sohu.com

目前,大型设备和系统结构日益复杂,运行中故障诊断困难,在这些大型设备和系统的制造和使用过程中,设计者和使用者积累了大量的知识和经验,这对故障诊断是非常有用的,如何充分利用这些知识和经验,快速有效的进行故障诊断以排除故障恢复生产,是目前亟需解决的课题。现有的故障诊断系统大都采用主动搜索的方式,面对如此大量的信息,往往难以及时将与故障相关的知识送到决策者手中,知识推送在解决此类问题方面具有很大的潜力,大型设备和系统的设计制造过程通常是相当复杂,每一个参与者不可能对所有的部分和环节都能详尽的了解,传统的主动搜索式的故障诊断难以取得很好的效果,但针对同一种故障现象,每一个参与者和使用者都能站在自己的角度分析故障的原因,这种故障诊断过程是知识主动推送式的。因此,本文提出了一种基于知识管理的、以数据流驱动的、知识主动推送的故障诊断系统的体系结构,分析了其主要层次结构及知识的组织和管理,提出了以数据流驱动的知识主动推送方式。建立了知识主动推送的控制模型,开发了知识管理和数据流驱动的综合原型系统,并以液体火箭发动机试车台的故障诊断为例,实现了基于知识推送的故障诊断系统。

知识推送是由信息推送的概念演变而来的,最早由美国《信息周刊》的主编 Ricadela 在介绍微软公司的知识推送时提出,并将其定义为一种网络化的知识服务的方式。关于知识推送的研究,受到了国内外学者的关注,例如,文献[1]提出一种基于搜索引擎的个性化知识推送系统;文献[2]给出了一种面向组织员工的复合知识推送系统框架;文献[3]研究了知识管理系统中的知识推送方法。知识推送是知识管理向实用化发展的一种非常关键、重要的技术。但目前,国内外关于知识推送的研究主要集中在情报学、市场学等管理领域,在故障诊断领域中的应用研究几乎没有开展^[4-7]。所谓知识的主动推送(active push,简称AP)是指将知识库中的知识通过一定的标准或协议,根据对故障数据特征的分析 and 描述,将匹配的知识及时准确地传递到决策者手中,为决策者提供知识支持,减少各种繁杂的搜索工作。

1 基于知识推送的故障诊断系统结构体系

基于知识推送的故障诊断系统的主要功能是利用现有的知识资源,根据对获取数据的故障特

征分析,通过知识管理模块的调度匹配,利用知识推送引擎将相关的知识主动推送给决策模块,帮助决策模块进行故障诊断。决策模块选择的知识将通过反馈模块反馈给知识管理模块。如果再遇到类似的故障特征,则优先将这些知识推送给决策模块。整个过程是以数据流来驱动的。

图1是基于知识推送的故障诊断系统结构体系示意图,该系统可以分为知识资源层、知识需求分析层、知识管理层和故障诊断反馈层四个部分。知识资源层包括历史数据库和规则库,主要保存系统的历史信息,为知识管理层提供信息支持;知识需求分析层包括数据获取和故障特征分析两个模块,主要根据故障数据特征,分析知识需求并提供给知识管理层。知识管理层主要功能是负责知识转化、知识应用、知识组织和管理等,为知识推送引擎提供支持。故障诊断反馈层则根据知识推送引擎推送的知识,做出最后的故障诊断的决策,并将决策模块用到的知识反馈给知识管理模块,知识管理模块将增加这些知识诊断该故障特征的权重,当下次发生类似的故障时,优先主动地将这些知识推送给决策模块。下面就这些模块的功能进行详细的探讨。

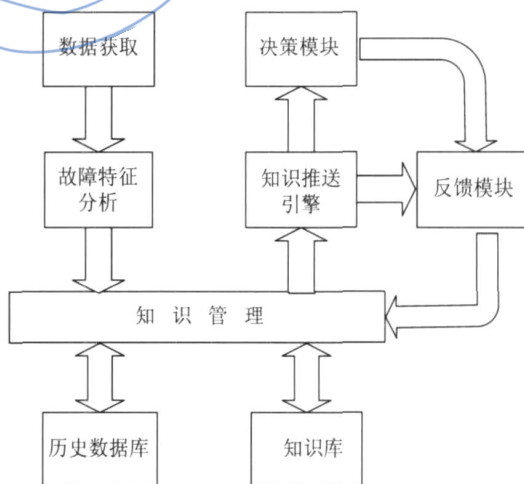


图1 基于知识推送的故障诊断系统结构体系

Fig.1 Structure of fault diagnosis system based on knowledge pushing

1.1 知识资源层

知识资源层包括历史数据库和知识库。历史数据库存储了系统的设计信息、用户的先验知识以及反映系统状态的测试数据。大型设备和系统结构日益复杂,在这些大型设备和系统的制造和使用过程中,设计者和使用者积累了大量的知识和经验,这对故障诊断非常有用。另外,为监测这

些设备和系统的运行状况,通常会为其配套相应的测试系统,对系统的一些可测点进行测量,例如,液体火箭发动机试车台系统中安装了大量的传感器,包括温度传感器、压力传感器、流量传感器等,这些传感器的输出直接反映了系统的运行状况,包含大量的系统信息.因此,将这些数据保存在历史数据库中,作为故障诊断知识的重要依据.

在基于知识推送的故障诊断系统中,以往挖掘和推送过的知识也是重要的信息资源.当遇到类似的故障特征时,优先将这些知识主动推送给故障诊断用户(或程序),这将缩短知识检索和知识推理的时间,提高故障诊断的速度.因此,这些先验的历史知识保存在知识库中.

1.2 知识需求分析层

知识需求分析层包括数据获取和故障特征分析模块,它根据数据获取模块和故障特征分析的输出,做出知识需求分析以驱动知识管理层进行知识的挖掘、匹配等工作.数据获取是指通过测试设备获得最新的系统运行状况信息,它通常是通过数据采集系统来完成的.传感器或其他可测点的输出信号,经放大、滤波、AD 转换后输入智能处理系统.故障特征分析模块利用适用于系统特点的故障诊断智能算法,对数据获取模块输出的数据进行故障特征分析,包括故障特征提取、故障模式分类等,常用的有小波或小波包特征提取、主元分析法、偏最小二乘法、神经网络方法、支持向量机方法等.故障特征分析模块输出直接反映了系统状态,如发生故障,则驱动知识管理层进行工作,进行基于知识推送的故障诊断,分析故障原因以排除故障,恢复生产.

1.3 知识管理层

知识管理层主要功能是负责知识的转化、知识的应用、知识的组织和管理等,它是基于知识推送故障诊断系统的核心部分,它根据知识需求分析层提供的知识需求,利用知识资源层的知识资源和知识挖掘算法进行知识挖掘,并对知识进行组织和管理,结合知识库已有的先验知识,综合分析得到符合知识需求的相关知识,为下一步的知识主动推送提供支持.常用的知识挖掘算法有关联分析、决策树方法、神经网络方法、粗糙集方法、聚类方法和遗传算法等,本文实例基于知识推送的液体火箭发动机试车台故障诊断中知识管理层知识挖掘算法采用的是粗糙集方法.

1.4 故障诊断反馈层

故障诊断反馈层包括知识推送引擎、决策模块和反馈模块三部分,它根据知识管理层通过知识推送引擎主动推送的知识进行故障诊断,通过决策模块做出决策,并将诊断结果以恰当的方式提供给用户.知识推送引擎是知识推送的重要途径,具体是指选择恰当的方式将知识管理层提供的知识推送给决策模块,例如,决策模块中做出决策的是决策程序,那么知识推送引擎就会以一定格式的数据的形式将知识提供给决策模块,决策模块中做出决策的是决策者,那么知识推送引擎将会以图文的形式将知识推送给决策者,帮助决策者进行最后的故障诊断决策.决策模块根据推送的知识做出决策后,将与该故障特征相关的知识及故障特征本身,通过反馈模块反馈给知识管理层,知识管理层进行组织处理后将这些知识存储到知识资源层的知识库中,并根据知识的相关程度,给予对应的权重,下次再遇到类似的故障时,优先将权重大的知识推送给决策模块.

2 推送知识的组织与管理

主动推送的知识来源于知识管理系统,为减少匹配知识的数量,提高匹配的效率,知识管理系统中的知识必须有效地进行组织和管理.知识管理系统中知识的组织和管理是通过系统管理员和用户(或程序)来实现的.在知识管理系统中,系统管理员进行系统设置,维护知识,添加删除知识版块,添加删除用户(或程序),设置用户(或程序)的权限,使用户(或程序)只能在权限所允许的范围内发布、搜索、查看、评价和维护相应的知识.发布知识时必须要在相应的选项中填写对知识属性的描述,如知识的描述对象、知识的所属类别等,使用统一的数据结构.例如,故障特征描述是设计中一种非常重要的知识,为了实现主动推送和正确的匹配,在发布时不仅要有详细的描述,而且要有统一的格式,例如以 XML 语言来描述,一些重要的设计图纸和规则图,可以使其以虚拟现实建模语言(virtual reality modeling language,简称 VRML)文件格式提供,用户就可以利用 VRML 插件直接在浏览器中进行旋转、放大和缩小等浏览操作,从而确定是否需要将图纸下载到本地.

3 应用实例

本文利用 Visual C++ 6.0 和 SQL server 2000 数据库开发了基于知识推送故障诊断系统

的集成原型系统,依照概念层次网络理论建立了液体火箭发动机试车台的形式化结构,参考基于专家系统的液体火箭发动机试车台故障诊断系统,通过知识管理与数据流的驱动数据库集成,实现了知识主动推送,与原系统相比明显提高了故障诊断的速度.图 2 为基于知识推送故障诊断系统的结构框图,整个系统采用 C/S(客户端/服务器)结构,分为服务器层、接口层和应用程序层 3 个部分,由客户端应用程序发出知识需求,经接口层传送至服务器,服务器调用相应服务子程序得到所需的知识,并通过接口层的知识推送模块主动推送给客户端应用程序,应用程序做出决策后,将相关的知识通过接口层的知识反馈模块反馈给服务器端,服务器将其存储在知识库中,下次如有类似的知识需求,则优先推送.下面就各部分的功能进行详细的描述.

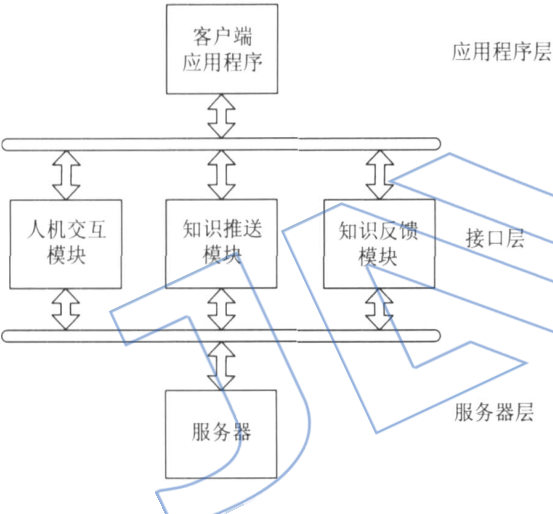


图 2 基于知识推送的故障诊断系统应用框图
Fig. 2 Structure of fault diagnosis application system based on knowledge pushing

3.1 服务器层

服务器层主要功能是负责历史数据和知识的挖掘、存储、组织和管理,它实现了基于知识推送的故障诊断系统结构体系(见图 1)中的历史数据库、知识库和知识管理 3 个模块,历史数据库和知识库采用 SQL Server 2000 数据库管理系统,将历史数据和知识以关系表格的形式存储在数据库中,知识管理模块采用 SQL 语言结合 Visual C++ 6.0 实现,具体为负责知识管理的存储过程和负责通信的接口程序.

3.2 接口层

接口层的主要功能是负责知识推送、知识反

馈和人机交互,它实现了基于知识推送的故障诊断系统结构体系(见图 1)中的知识推送引擎和反馈模块,以及方便系统管理员管理和用户使用的人机交互模块.在人机交互模块中,系统管理员可以增加、删除知识板块,可以增加、删除用户,并对用户的权限进行管理,有效的维护了系统的安全稳定.知识推送模块主要负责将知识需求提交给服务器,并将服务器提供的知识主动推送给客户端的应用程序.知识反馈模块主要负责将应用程序决策分析后的知识反馈到服务器端.

3.3 应用程序层

应用程序层主要是客户端应用程序,它实现了基于知识推送的故障诊断系统结构体系(见图 1)中的数据获取、故障特征分析和决策模块.客户端应用程序通过数据采集系统获取系统实时运行信息,通过故障特征分析模块,得到知识需求,并提交给服务器,服务器通过接口层的知识推送模块将相关知识主动推送给客户端应用程序的决策模块,帮助分析决策,最后由客户程序将最终的决策结果通过交互界面呈现给最终用户(决策者).

3.4 试车台故障诊断举例

本文以发生过滤器堵塞故障为例,介绍基于知识推送的故障诊断系统的工作原理.在液体火箭发动机试验台上,贮箱上的过滤器用于滤除增压气体中的杂质,防止杂质进入储箱;管路中的过滤器用于滤除液氢或液氧中的杂质,防止杂质进入发动机.如果贮箱上过滤器堵塞,会造成贮箱压力增不上去;如果管路过滤器堵塞,会造成提供给发动机的液氢和液氧流量减少,使试验台不能正常工作.通过以上原理分析可知,当发生氧贮箱上过滤器部分堵塞故障时,客户端应用程序将会检测到各测点的变化,其中氧贮箱压力 p_{xy} 会缓慢减小,氧管路压力 p_{gy} 缓慢减小,氧泵前压力 p_{ohy} 缓慢减小.这是根据原理分析及实践经验得到的领域专家知识,这些知识被量化编码,通过接口层的人机交互模块输入系统,存储在服务器层中,并且与之相关的故障控制措施也被存储在服务器层中.试验过程中,当客户端应用程序检测到 p_{xy} 、 p_{gy} 和 p_{ohy} 3 个参数缓慢减小时,将通过知识推送模块,把服务器层中的氧贮箱上过滤器部分堵塞故障的相关知识推送给决策模块,并将与 p_{xy} 、 p_{gy} 和 p_{ohy} 3 个参数缓慢减小这一故障征兆有关的故障模式也推送给客户端应用程序,方便客户及时采取恰当的措施.对氧贮箱上过滤器部分堵塞故

障,可以通过增大增压压力来补偿过滤器堵塞造成的增压压力减小和流量的减小,及时地检测增压压力和管路流量,根据过滤器的堵塞情况,调整 PID (Proportional integration differentiation) 控制器的参数,对 PID 控制器的控制律进行重组,完成对过滤器部分堵塞故障的补偿,保证系统的安全性和稳定性。

4 结 论

本文提出了一种基于知识管理的、以数据流驱动的、知识主动推送的故障诊断系统的体系结构,分析了其主要层次结构及知识的组织和管理,提出了以数据流驱动的知识主动推送方式。建立了知识主动推送的控制模型,开发了知识管理和数据流驱动的集成原型系统,并以液体火箭发动机试车台的故障诊断为例,开发了知识管理与数据流驱动的集成原型系统,实现了基于知识推送的故障诊断系统。该系统已经进行了试用,并得到了较好的评价。本文所提出的知识主动推送的故障诊断系统体系结构研究,为基于知识的故障诊断提供了新的思路和实践经验。

参考文献:

- [1] Ricadela A. Microsoft's knowledge push[J]. Information Week, 2000, (805): 151.
- [2] 张延国, 叶峰. 基于搜索引擎的个性化知识推送系统设计与建模[J]. 中国信息导报, 2004, (6): 60-61.
ZHANG Yanguo, YE Feng. Design and modeling of personalized knowledge push system based on search engine [J]. China Information Review, 2004, (6): 60-61. (in Chinese)
- [3] 周明建, 陶俊才. 知识管理系统中的知识推送[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2006, 18(8): 1218-1223.
ZHOU Mingjian, TAO Juncal. Knowledge push in knowledge management system[J]. Journal of Computer-Aided Design and Computer Graphics, 2006, 18(8): 1218-1223. (in Chinese)
- [4] 陈浩, 刘念, 胡艳军. 基于工作流的知识建模研究[J]. 制造业自动化, 2005, 27(5): 8-12.
CHEN Hao, LIU Nian, HU Yanjun. Research of knowledge management modeling technology based on workflow [J]. Manufacturing Automation, 2005, 27(5): 8-12. (in Chinese)
- [5] 张晓刚, 李雄锋, 李明树. 一个面向软件过程的知识挖掘与管理系统[J]. 计算机科学, 2004, 31(6): 23-28.
ZHAO Xiaogang, LI Xiongfang, LI Mingshu. A software process oriented knowledge mining and management system[J]. Computer Science, 2004, 31(6): 23-28. (in Chinese)
- [6] 邓集波, 洪帆. 基于任务的访问控制模型[J]. 软件学报, 2003, 14, (1): 76-82.
DENG Jibo, HONG Fan. Task-based access control model [J]. Journal of Software, 2003, 14(1): 76-82. (in Chinese)
- [7] 张东民, 廖文和, 胡建. 基于本体的设计知识建模[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2005, 33(5): 26-31.
ZHANG Dongmin, LIAO Wenhe, HU Jian. Design knowledge modeling based on ontology [J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2005, 33(5): 26-31. (in Chinese)