第36卷 第19期 计 算 机 工 程 2010年10月
Vol.36 No.19 Computer Engineering October 2010
·开发研究与设计技术· 文章编号：1000—3428(2010)19—0244—03 文献标识码：A 中图分类号：TH399

基于网格的设备远程故障诊断

徐 娟[a]，韩江洪[a]，张建军[a]，张 利[a,b]
(合肥工业大学 a. 教育部安全关键工业测控技术工程研究中心；b. 机械与汽车工程学院，合肥 230009)

摘 要：如何调用广域网上丰富的诊断资源及如何实现广域范围内的诊断协同是远程协同诊断的主要目标。基于此，引入网格技术，在分析设备远程协同诊断系统的工作原理上，提出基于网格的远程协同诊断的系统架构和工作流程，讨论该系统的关键技术点之一，即任务管理模块的设计及算法实现，该模块能为复杂设备的远程协同故障诊断提供一种较为有效的新方法。
关键词：网格；协同诊断；任务管理；系统架构

Equipment Remote Fault Diagnosis Based on Grid

XU Juan[a], HAN Jiang-hong[a], ZHANG Jian-jun[a], ZHANG Li[a,b]
(a. Engineering Research Center of Safety Critical Industrial Measurement and Control Technology, Ministry of Education;
b. School of Machinery and Automobile Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

【Abstract】How to use the abundant diagnosis resource in WAN and how to implement the cooperative diagnosis are the main targets of remote cooperative diagnosis. On the basis of the introduction of grid technology and analyzing the working principle of the remote cooperative diagnosis system, the system framework and the workflow are provided. One of the key technical points in the system, the job management module, is designed and the resource scheduling algorithm is realized. A more effective idea for the realization of the complex equipment remote collaborative fault diagnosis is derived.
【Key words】grid; collaborative diagnosis; job management; system framework

1 概述

网格服务平台作为实现资源共享和协同工作的良好载体，体现了远程协同故障诊断系统集中管理和分布式计算相结合的广域分布式资源共享的故障诊断思想，为远程协同故障诊断实现提供了一种新思路[1]。文献[2]提出并设计了一个支持网格接口的仪器与传感器中间件架构。文献[3]建立DAME系统，引入网格技术解决飞行器引擎故障诊断和预报问题。国内如文献[4-5]相继提出武器装备远程诊断网格体系结构。总体而言，国内外这类研究涉足较少，为数不多的一些研究也主要面向专业应用领域，其可应用的诊断设备类型和数量都有限，还有待在诊断通用体系或平台方面进行更加深入系统的研究。

本文在分析基于网格的设备远程协同故障诊断的设计思想的基础上，提出该系统的总体架构，并重点讨论了该系统的关键技术点之一任务管理模块的设计及算法实现。

2 基于网格的设备远程故障诊断系统体系架构

2.1 系统工作原理

本文构建开放式网格诊断平台，将分布于广域网络协同环境下来自于不同供应商及主要合作伙伴的诊断资源，如实验仪器、检测设备、分析软件、工具以及现有的专用、通用故障诊断系统等进行统一整合、动态组织，形成一个可相互调用、相互合作、服务于多制造商和客户的高性能计算和服务环境。

图1为基于网格的协同诊断工作原理图，该系统将所有的诊断资源封装为服务，通过XML定义规范接口，以WSRF规范发布在网格中。用户只需提交诊断任务，系统根据故障层次将诊断任务分解为若干个子任务，通过动态、分布式调用协作范围内的诊断资源，形成虚拟组织，实现服务的调用，独立或协同地解答用户请求。

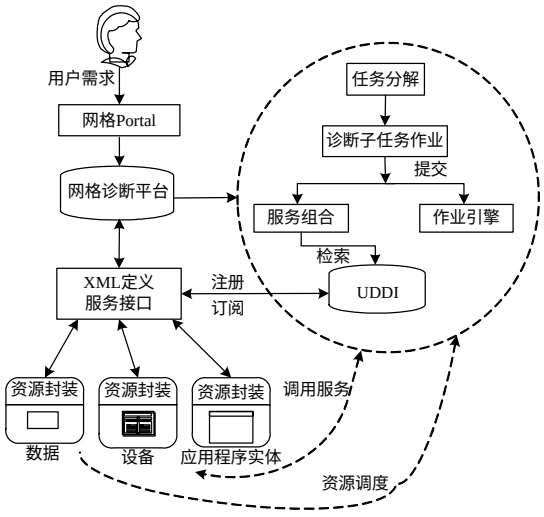


图1 基于网格的协同诊断工作原理图

2.2 系统总体架构

本文在OGSA基础上，针对远程协同诊断的业务特点，

基金项目：安徽省自然科学基金资助项目(070416250)
作者简介：徐 娟(1982－)，女，博士研究生，主研方向：故障诊断，网格计算；韩江洪，教授、博士生导师；张建军、张 利，教授
收稿日期：2010-04-26 **E-mail：**xujuan@ialab.hfut.edu.cn

从资源节点的服务化封装和管理、诊断任务的分解和管理、知识的表达和获取等几个方面出发，重点设计网格使能层和网格应用层的功能模块，实现如图 2 所示的基于网格的远程协同诊断系统。

主要包括以下基本组成部分：

入口层：Portal 提供一个统一的人际交互页面，使用户可以高效地获得多种资源接入而不需要分别单独访问多个站点。

应用层：针对诊断系统中的应用场景开发集成化的应用环境，提供用户注册服务、作业提交、诊断推理管理工具。在这些工具的支持下，用户可以方便地利用网格中的诊断服务来完成复杂的应用，使整个系统成为一个有机协同的工作整体。

使能层：体现远程协同诊断的领域特征，包括任务分解与调度、广义知识库管理、资源管理等专业服务，用于共同支撑该网格中的应用。

中间件层：用于构建网格应用所需的基本服务，包括安全性、作业管理、数据传输、资源发现与监视等。文中采用国际上较成熟的 Globus Toolkit4.0 中间件为基础，部署 MDS4、GridFTP、GRAM、UDDI、OGSA-DAI 等核心服务，提供作业管理、资源调度、数据传输、异构数据传输等网格底层的核心支撑功能。

封装层：将分散在客户、制造商、研究单位的诊断资源封装成服务，按照 WSRF 规范注册到网格服务注册中心(UDDI)，构造网格资源层。

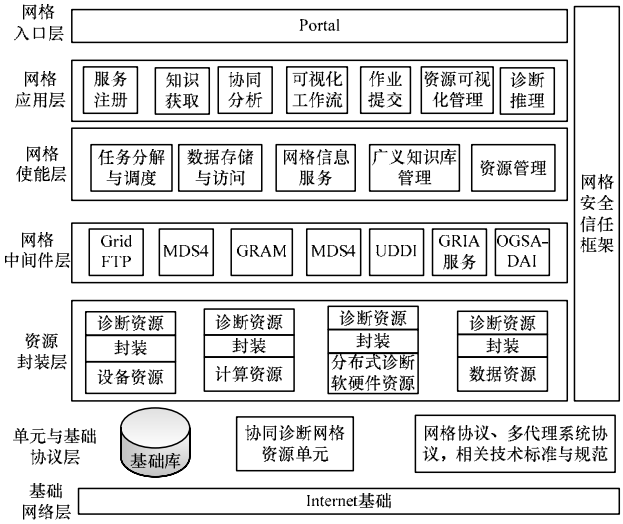


图 2　系统总体架构

2.3　系统工作流程

根据 2.2 节的系统总体架构，结合远程故障诊断的业务过程，构建系统工作流程，总体分为 3 个阶段：

Step1 诊断任务的分析与分解

诊断中心接收设备客户的诊断请求，包括任务要求、状态说明以及设备状态数据等，利用知识库中有关设备层次结构、功能原理、故障机理以及历史分解方式等知识定义，对请求任务进行分析和判断，将复杂任务分解成一系列面向子系统的简单任务，提交给任务管理模块进行处理。

Step2 诊断资源的动态管理与调度

根据诊断任务分析与分解模块的处理结果，动态分配并优化调度系统内已在 UDDI 注册的诊断资源(以服务形式)予以支持。通过服务的动态集成和松散耦合，系统平台可以适应不同的诊断任务请求，具有灵活的可扩展性。

Step3 诊断任务解的形成

基于模糊神经网络对每个子任务进行诊断求解。对各子任务的结果进行优化和分析，通过基于知识的信息融合处理过程，经过分析评价获得最终诊断结果，确定故障发生的部位及故障产生的原因。

3　诊断任务管理

3.1　任务管理模块系统结构

任务管理模块是系统核心功能模块之一，其目标是实现诊断任务的分类决策，形成不同领域专家的子任务，进行动态调度和分配，并管理诊断任务的执行状态，实现合作诊断或资源的优化选择。为此，结合 Agent 技术，设计了如图 3 所示的系统体系结构。

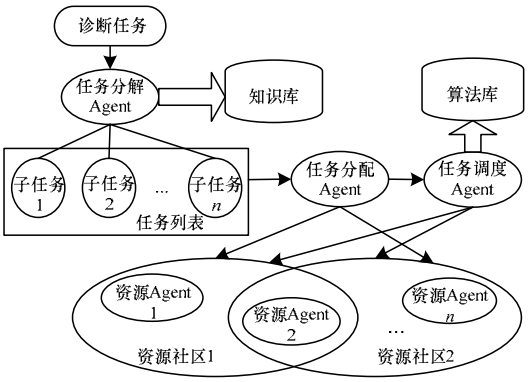


图 3　资源节点任务管理模块系统结构

该系统结构主要包括任务分解 Agent、任务分配 Agent、任务调度 Agent、资源 Agent 等四部分，各部分的功能特征如表 1 所示。

表 1　任务管理模块中各 Agent 的功能

Agent Name	*Roles Played*
任务分解 Agent	根据知识库将任务分解成若干子任务，形成任务列表
任务分配 Agent	根据改进的合同网策略分配任务，针对任务列表中每一个子任务与资源 Agent 进行协商，确定各个任务的资源集合，实现任务的分配
资源 Agent	根据自身的运行状态和任务状态，与任务分配 Agent 进行任务协商，用来分配各个任务的调度
任务调度 Agent	通过任务队列的输入数据结合算法库进行调度问题优化。当面对复杂任务调度问题时，将任务队列中的开始、截止时间和约束关系作为条件，结合算法库，选择合适的优化算法，进行调度优化，并将结果输出

3.2　资源调度算法

多 Agent 系统中调度问题被简化成如何在各 Agent 之间分配计算任务并随时根据 Agent 的变化情况进行调整，以及在各 Agent 内如何进行子任务的继续分配。合同网协议本身是完全分布式的求解过程，符合多 Agent 系统问题求解的机制，是多 Agent 系统中关于任务和资源分配的经典协调策略。因此，本文采用改进的合同网机制实现任务分配[6]。算法流程如图 4 和图 5 所示。

算法 1 任务分配 Agent

(1)接收任务队列$\{t_1, t_2, \cdots, t_n\}$，$n$ 表示子任务数。

(2)通过网络，以广播的方式向系统中所有的资源 Agent 发布任务 $T=\{t_1, t_2, \cdots, t_n\}$。同一作业计划中以优先级高低顺利依次发布。同时任务分配 Agent 也可以查看各资源 Agent

状态，仅向有能力执行 t_i 的执行 Agent 发送消息。

(3)在任务发布后开始接收资源 Agent 的反馈信息，并在达到限定的时间 $e\,t_i$ 后进入下一步。

(4)当任务 t_i 的投标截止期到时，假设对任务 t_i 有 m_i 个资源，则 Agent 投的标书是有效的。若 m_i >0，进入下一步，否则回到(2)，重新发布 t_i 。

(5)若 m_i >1，进入下一步；否则转到(7)。

(6)任务分配 Agent 根据所有资源 Agent 的投标情况，选择合适的评标方法进行评标。

(7)根据评标结果向中标的资源 Agent 发出“ award ”消息，向竞标失败的资源 Agent 发出“ fail ”消息。当 m_i =1 时直接向投标的资源 Agent 发出“ award ”消息。

(8)签订合同并开始对资源 Agent 的任务准备、执行过程进行监控，若 t_i 的任务准备、执行过程中出现异常，则进行协商处理或返回(2)将 t_i 重新发布。

(9)结束，将材料汇总存档。

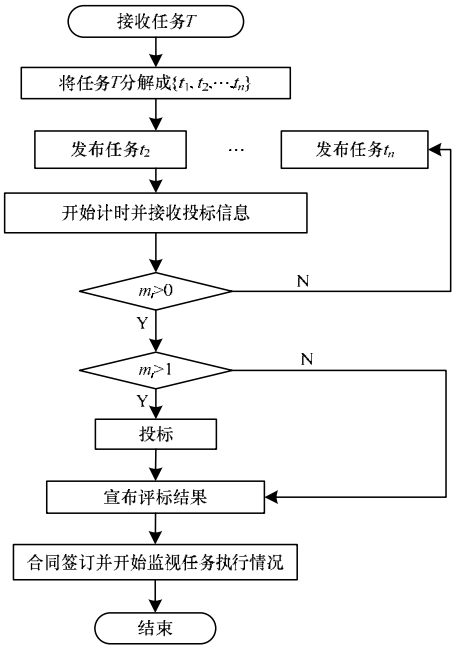


图 4　任务分配 Agent 算法流程

算法 2 资源 Agent

(1)分析自身状态，并监听任务分配 Agent 发布的任务队列 T。

(2)根据自身状态和知识库的信息对收到的任务信息进行评估，在自己有能力按时完成的任务中挑选出满意的任务准备投标。

(3)若有满意任务 t_i ，则进入下一步，否则返回(1)继续监听招标信息。

(4)估算成本、收益、预完成时间等，在投标截止时间为 $e\,t_i$ 以前向任务分配 Agent 投标，同一资源 Agent 可以对多个子任务 t_i 投标，标书分别填写，同一资源 Agent 对同一子任务 t_i 只能投一份标书，在投标截止时间以前标书可以修改或撤回(删除)。

(5)等待评标结果，若有中标则准备并执行任务，准备及执行过程中若出现异常应主动向任务分配 Agent 报告。此外 Agent 还应及时填写执行进度，若没有中标则返回(1)继续监听招标信息。

(6)任务执行结束。

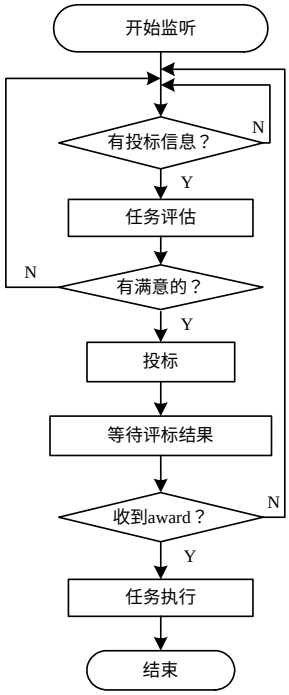


图 5　资源 Agent 算法流程

4　结束语

基于网格的远程协同诊断是远程故障诊断理论的重要补充和发展，本文提出了一个基于 OGSA 的开放式网格框架来满足远程协同诊断系统资源共享和协同工作的需求，对进一步研究基于网格的协同诊断系统具有指导意义。

参考文献

[1] Foster I. The Grid: A New Infrastructure for 21st Century Science[J]. Physics Today, 2002, 55(2): 42-47.

[2] Bramley R, Chiu K, Devadithya T, et al. Instrument Monitoring, Data Sharing, and Archiving Using Common Instrument Middleware Architecture(CIMA)[J]. Journal of Chemical Information and Modeling, 2006, 46(3): 1017-1025.

[3] Austin J, Wellings A, McDermid J, et al. Distributed Aircraft Maintenance Environment Project[EB/OL]. (2009-09-15). http://www.cs.york.ac.uk/dame/.

[4] 邹劲松, 李宗娟. 武器装备远程诊断网格体系结构研究[J]. 微计算机信息, 2008, 24(3): 116-118.

[5] 许炎义, 王树宗. 基于虚拟样机的武器装备远程诊断技术研究[J]. 海军工程大学学报, 2006, 18(6): 49-52.

[6] 徐　娟. 基于 MAS 的生产计划与控制集成研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2007.

编辑　任吉慧