

基于 SOA 的水轮发电机组电子诊断系统设计

占梁梁¹, 张勇传¹, 周建中¹, 彭玉成², 李 正³
(1. 华中科技大学水电与数字化工程学院, 湖北省武汉市 430074)
(2. 华中科技大学能源与动力工程学院, 湖北省武汉市 430074)
(3. 哈尔滨电机厂有限责任公司, 黑龙江省哈尔滨市 150040)

摘要:为了解决水轮发电机组故障诊断过程中存在的效率低、费用高、资源相对缺乏等问题,实现水轮发电机组故障的远程诊断,在面向服务的体系结构(SOA)与 Web 服务技术的基础上,提出了建立基于 SOA 的水轮发电机组电子诊断系统的方案,设计了系统的框架,阐述了系统的关键性模块,描述了具体的诊断流程,给出了系统开发实例。该系统能实现服务功能信息和诊断决策信息等的快速传递,动态形成对水电机组的诊断服务网络平台,具有广阔的应用前景。

关键词:水轮发电机组;故障诊断;SOA;Web 服务;电子诊断系统

中图分类号: TM312; TP277

0 引言

随着水电技术的不断进步,水电机组越来越向高水头、高转速、高效率、大容量的方向发展,必然会带来更多的运行问题^[1-2]。机组一旦发生故障,现场的诊断系统和技术人员一般难以独立解决,通常需要求助于异地的相关专家。中国大部分水电机组专家集中于高校、电力试验研究所和电机厂,由于地域、行业及企业间的相互限制,彼此之间联系相当松散,使得实际技术力量严重不足,同时又有相当大的潜力没有得到充分利用。当多个电厂机组求诊时,由于地域限制,会出现专家疲于奔命的现象。这不仅大大增加了各方面的经济负担,而且,机组的故障也不能及时得到排除^[3]。因此,有必要建立一个电子诊断系统^[4]。

目前,很多电厂都有自己的机组监测系统或诊断系统^[5]。为了最大限度利用现有的各种资源,提高诊断的准确性和可靠性,避免低水平重复开发,降低机组远程故障诊断系统开发费用,有必要对目前已有的系统进行整合^[6-7]。由于这些系统开发企业的不同,所采用的开发语言、部署平台、通信协议可能不同,对外数据交换格式更有可能存在巨大的差异,导致已有系统大多是异构的。如何解决异构环境下系统间的访问与操作问题成了整合的关键。

为了满足电子诊断系统的需要,弥补现有诊断

系统的不足,本文提出了基于面向服务的体系结构(SOA)的水轮发电机组电子诊断系统(HGS-SES),建立了 HGS-SES 系统框架,研究了异构环境下各对象之间的互操作问题^[8],为实现机组故障的远程诊断提供一种新的途径。

1 基于 SOA 的 HGS-SES 目标

SOA 是一种系统设计方法,通过发布和发现服务界面,能够向终端用户或其他服务提供服务。SOA 并非一种新的概念,它的重要性是随着 Web 服务技术的兴起而凸显的。Web 服务是一种新兴的网络分布式计算模型^[9],结构如图 1 所示。其涉及的相关技术主要包括可扩展置标语言(XML)、简单对象访问协议(SOAP)、Web 服务描述语言(WSDL)以及通用描述、发现与集成(UDDI)^[10]。Web 服务的目标是为各种 Internet 应用提供一种高效和无缝的通信方式^[11]。它们是自适应、自我描述、模块化的应用程序,这些程序可以跨越 Web 进行发布、查找和绑定^[12]。

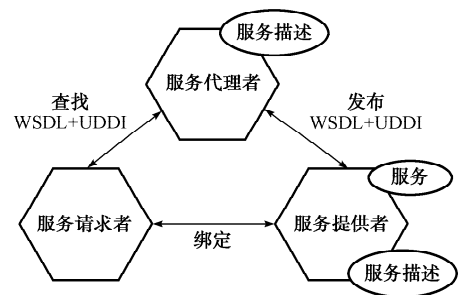


图 1 Web 服务的体系结构
Fig. 1 Architecture of Web services

收稿日期: 2006-11-14; 修回日期: 2007-03-08。
国家自然科学基金重点资助项目(50539140);国家自然科学基金资助项目(50579022);高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20050487062)。

在 SOA 的基础上,HGS-SES 的目标是建立一个开放性的体系,允许已存在的各种应用系统和新的应用系统能迅速而准确地整合入 HGS-SES,同时又能从水轮发电机组故障远程诊断的需要出发,为电厂和远程专家提供方便灵活的辅助服务。

2 HGS-SES 体系结构

依据 HGS-SES 的目标,结合水电厂生产的实

际需求,构建 HGS-SES 体系结构,如图 2 所示。从模块划分的角度来看,系统主要由互联网 UDDI、专家或技术人员访问模块、水力发电厂现地诊断子系统(OFDS)和远程诊断中心子系统(RFDS)4 个部分组成。整个系统在互联网 UDDI 注册一个 Web 服务,这样可以方便新用户(如电厂或专家)对服务的查找和访问。

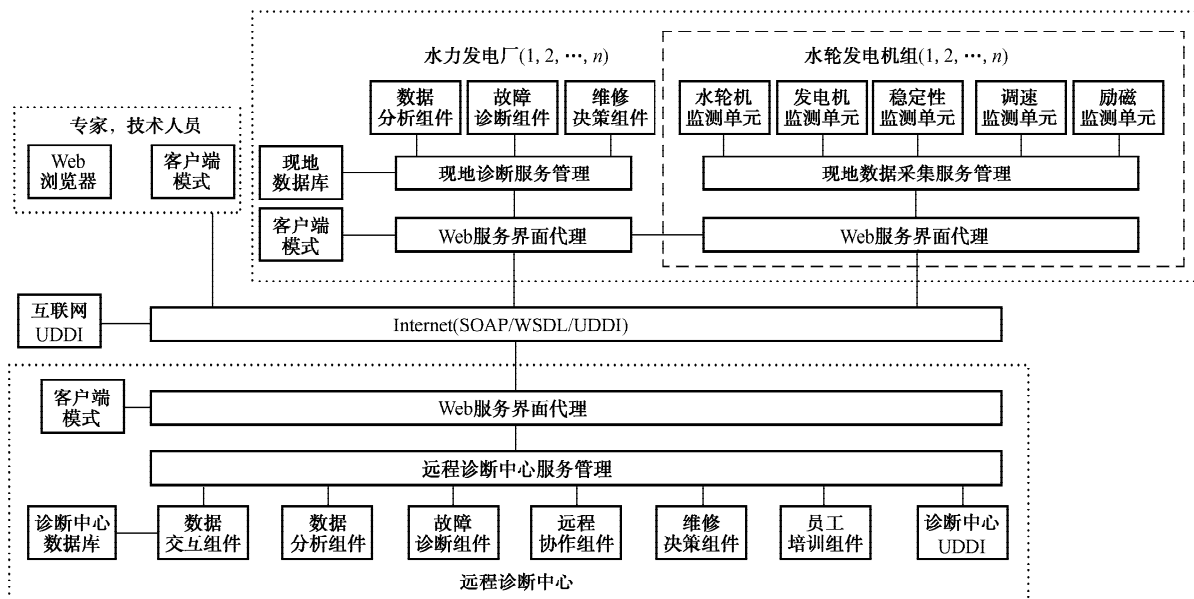


图 2 HGS-SES 体系结构
Fig. 2 Framework of HGS-SES

OFDS 由现地数据采集模块(ODAM)、现地诊断模块(ODM)、本地诊断数据库(LDD)和客户端组成。ODAM 和 ODM 是根据水力发电厂服务对象的不同而划分的。因为每一台机组所采用的数据采集设备可能不同,即使同一机组下,各个数据采集单元都有可能出自不同的生产厂家,所以对每一台机组单独建立 ODAM 有利于对应用程序进行封装和管理。ODM 只需通过访问各机组的 ODAM 调用相应的服务程序,获得所需的数据。

RFDS 由远程诊断集成管理模块(RDIMM)、远程诊断数据库(RDD)、诊断中心 UDDI 和客户端组成。其主要功能是向互联网 UDDI 发布 HGS-SES 的 Web 服务,给出整个系统的访问路径,管理各个子系统的 Web 服务注册,对用户的请求进行响应。通过诊断中心 UDDI,访问者可调用系统内所有的 Web 服务。诊断中心还可以对水力发电厂传送过来的数据信息进行分析处理,结合其他功能模块对机组故障进行协作诊断。

Web 服务界面代理为子系统内所有可供用户

访问的应用程序和服务提供可用、高效、一致的界面,响应本地及远程客户端的访问,这样既避免了接口部分的重复设计,又降低了系统开发成本。在 HGS-SES 中,服务请求者和服务提供者往往是相对而言的。电厂和诊断中心既可作为服务请求者,又可作为服务提供者;专家和技术人员则以服务请求者的方式对电厂或诊断中心的服务进行调用,参与故障协作诊断。

3 HGS-SES 关键模块

3.1 HGS-SES Web 服务发布、查找与绑定

图 3 表明了整个系统 Web 服务发布、查找与绑定的逻辑结构。远程诊断中心将 HGS-SES 的 Web 服务发布在互联网 UDDI 上。水力发电厂和诊断专家通过 Web 服务搜索引擎获取互联网 UDDI 的 HGS-SES Web 服务注册信息,进而与 HGS-SES 所提供的服务绑定。通过获取 HGS-SES 在互联网 UDDI 上注册的 Web 服务,OFDS 和 RFDS 还可以在诊断中心 UDDI 注册自己的 Web 服务,使得远程

诊断中心、水力发电厂及诊断专家可以在系统内部访问这些服务。这样既降低了系统的注册费用,又保证了系统的数据安全性,同时还便于对系统内的 Web 服务进行管理。

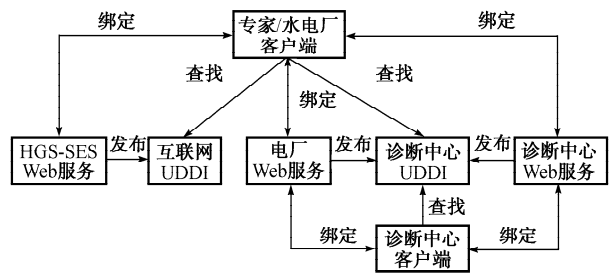


图 3 HGS-SES Web 服务发布、查找与绑定
Fig. 3 HGS-SES Web services publish, find and bind

3.2 服务管理模块

服务管理模块设计为一个通用模块,可以为远程诊断中心服务管理,并为电厂的现地诊断服务管理和现地数据采集服务管理所采用,其结构如图 4 所示。

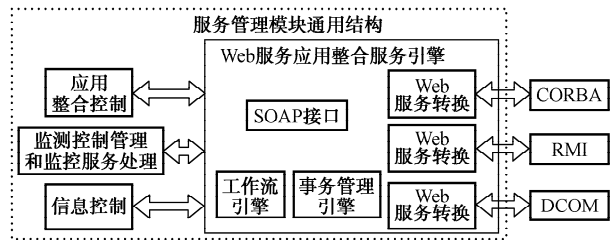


图 4 服务管理模块通用结构
Fig. 4 General framework of Web services management

服务管理模块主要用于对应用程序进行 Web 服务封装,根据用户请求进行 Web 服务整合和将执行结果反馈给用户。各个子模块的功能如下:

- 1) SOAP 接口:用于与 Web 服务器进行信息交互。
- 2) 工作流引擎:根据事务规则,自动分配从 SOAP 接口到相应 Web 服务转换的信息。
- 3) 事务管理引擎:相当于分布式事务的协调者,当有多个服务请求时,事务管理引擎对其进行协调。
- 4) Web 服务转换:主要提供与不同组件对象技术的接口,如 CORBA, RMI 和 DCOM 等。
- 5) 应用整合控制:执行应用整合服务配置和管理,完成企业应用解决的动态配置,包括工作流管理、事务管理、应用资源管理和通用界面管理。
- 6) 监测控制管理和监控服务处理:包括动态监控和安全管理。
- 7) 信息控制:为应用服务控制和监测控制提供数据及模型,完成信息安全生命周期的管理和维护,

包括共享信息管理、共享模型管理和数据操作管理。

3.3 诊断中心 UDDI

相对于互联网 UDDI,诊断中心 UDDI 是一个 HGS-SES 内部私有 UDDI。通过诊断中心 UDDI 的编排引擎可对 Web 服务注册、更改和删除等操作进行管理,根据用户的请求或诊断的需要查找及调用相应的 Web 服务。其具体结构如图 5 所示。

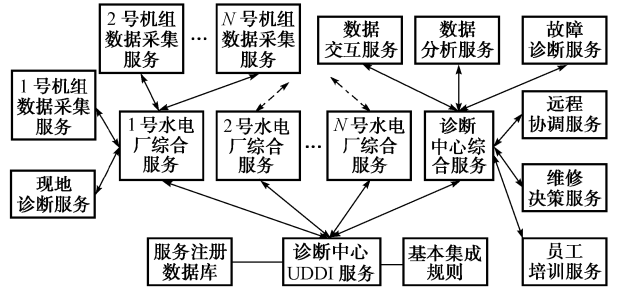


图 5 诊断中心 UDDI 结构
Fig. 5 Structure of the diagnostic center UDDI

编排引擎是诊断中心 UDDI 服务的核心模块^[13],其连接着服务注册数据库和基本集成规则,结构如图 6 所示。服务注册数据库用来存储 HGS-SES 系统内 Web 服务注册信息;基本集成规则用于存储整合事务逻辑,该整合事务逻辑指明了如何响应各种类型的请求。通过将整合数据从整合过程中分离出来,一个通用的编排引擎能够被用来驱动这个过程。为了响应每个收到的请求,编排引擎搜索相匹配的整合规则,然后执行特定的整合步骤。整合规则包含处理一个通常请求的所有的知识,包括一系列整合步骤和意外处理步骤等。然而,它并不将一个普通的事务功能请求和一个整合步骤进行绑定。相反,编排引擎依靠存储在服务注册数据库的注册信息和在线 Web 发现决定哪一个参与的事务服务将被连接和什么样的功能请求将被激活。

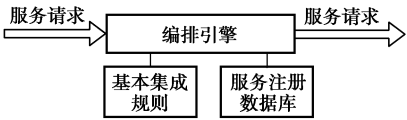


图 6 编排引擎
Fig. 6 Implementation of the orchestration engine

3.4 远程故障诊断子系统应用组件

远程故障诊断子系统应用组件是远程诊断中心诊断 Web 服务的具体执行模块,主要由数据交互组件、数据处理组件、故障诊断组件、维修决策组件、远程协作组件和员工培训组件组成。各组件的功能如下:

- 1) 数据交互组件:主要包括数据采集、数据转换。数据采集是指通过调用电厂数据采集服务取得

相应的设备数据,数据转换是将水力发电厂不同格式的数据转换为符合诊断中心要求的标准数据。

2)数据处理组件:对通过数据交互模块所获取的数据进行数学分析,提取能够表征生产过程或设备状态特征的信息,例如对信号进行数字滤波、快速傅里叶变换、求平均值等。

3)故障诊断组件:根据数据处理模块的分析结果,结合当前运行状态、状态的历史记录、状态的变化趋势和相应的诊断知识等,对故障发生的位置和原因进行确定,并给出一定置信度的诊断报告。该模块也可根据用户需求对未明显发生故障的机组设备健康状况做出预测。

4)维修决策组件:根据故障诊断模块的结果,并考虑机组运行历史和维护历史信息、现在和将来任务安排以及资源约束,制定维修方案和监督管理方案。主要包括检修紧迫性等级、检修范围、检修技术方案、检修工艺流程及维修操作规范等。如果建议有多种方案,则按合适程度排列,提供专家审查。

5)远程协作组件:为远程专家会诊提供一个交流平台。对水轮发电机组这种复杂的设备来说,任何智能专家系统都不可能解决所有的故障,很多时候必须求助于专家。由于专家受地域分布的限制,通常很难及时亲临现场,因此,有必要在专家与现场技术人员之间、专家之间进行会话,以获得充分的诊断信息。

6)员工培训组件:是针对电厂设备维护人员、诊断技术人员提供的一个故障处理的仿真单元。员工在此可以了解到设备的操作、拆装演示、紧急操作、故障演示、协同诊断和维修处理等过程,使员工对设备的特点、事故应急处理及诊断系统运行过程有比较全面的了解^[14]。

3.5 诊断中心数据库

诊断中心数据库分类如图7所示,包含模型库、状态信息数据库、性能指标数据库、诊断知识数据库和维修决策数据库。这5个数据库协同工作,为HGS-SES提供维护决策服务。

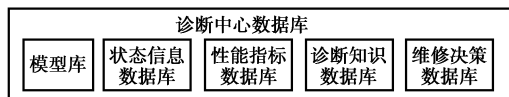


图7 诊断中心数据库

Fig.7 Diagnostic center database

1)模型库:存放设备制造企业的设计知识、结构模型和特性指标等,由设计人员、专家通过数据交互模块进行完善。模型库是维修诊断的核心知识源,其本身具有相对的稳定性。

2)状态信息数据库:包括设备状态参数基本信息(额定值,高限、低限等)、设备状态的历史信息、设备状态的当前信息、设备故障报警信息、当前缺陷设备信息、设备寿命统计信息,以及故障诊断的中间信息、诊断进程信息、诊断任务描述表等。

3)性能指标数据库:主要存放设备的历史性能指标和当前性能指标,以及趋势分析的结果,可以为用户提供设备健康趋势报告等信息。

4)诊断知识数据库:存放系统服务过程中积累起来的诊断维护知识,包括故障诊断理论、故障诊断方法和历史诊断记录等信息,随着为用户服务时间的增加,该数据库的功能将不断增强,可以为用户提供更加强大的诊断服务能力。

5)维修决策数据库:主要存储针对故障如何进行维修的维修方案,它不仅包括维修中各个过程的维修步骤、方法、工具和参加人员等信息,同时还包含维修领域的专家知识。

4 HGS-SES 故障诊断工作流程

当机组发生故障时,水电厂技术人员首先将调用现地诊断子系统对其进行诊断。若现地诊断子系统不能解决问题,则向远程诊断中心发出诊断请求,在远程诊断子系统的协助下处理机组故障。图8给出了一次机组故障诊断过程中HGS-SES各部分之间信息交互的详细流程。

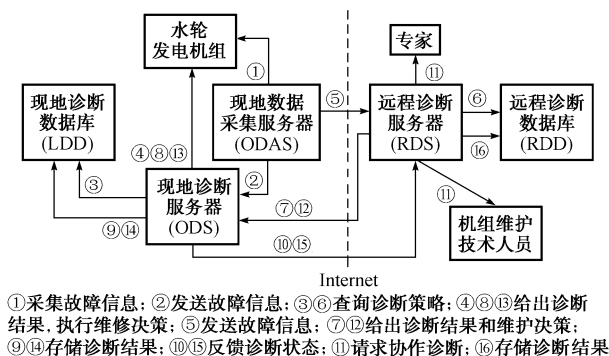


图8 故障诊断工作流程

Fig.8 Example of a fault diagnosis process

如图8所示,经过步骤①~步骤⑮后,如果机组仍存在故障,则根据反馈结果,整个诊断系统将重复步骤⑪~步骤⑮,直到给出合理的诊断结果。

5 HGS-SES 实现

根据HGS-SES的体系结构、故障诊断的工作流程及现有的开发条件,对系统的硬件布置和软件开发做如下说明。

5.1 硬件布置

系统硬件布置如图 9 所示。因为图中的水力发电厂部分配置具有代表性,所以在此仅给出一个通用模型。在该布置中,将系统中的 Web 服务界面代理置于 Web 服务器,各服务管理层置于相应的应用服务器中,如现地诊断服务管理置于现地诊断服务器(ODS),现地数据采集服务管理置于现地数据采集服务器(ODAS),诊断中心服务管理置于远程诊

断服务器(RDS)。HGS-SES 内的工作站都通过 Web 服务器对 Web 服务界面代理进行访问。这样可实现 B/S 与 C/S 结构共享 Web 服务,避免传统的 B/C/S 结构系统中业务逻辑功能的重复开发。为了便于对系统内部的 Web 服务注册信息进行管理,在远程诊断中心专门设置了一个诊断中心 UDDI 服务器,通过它可以实现 Web 服务的注册、分类、查找和调用。

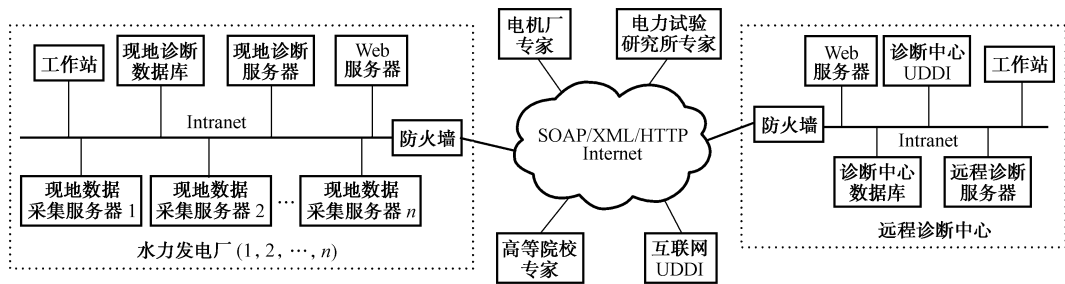


图 9 HGS-SES 的硬件布置
Fig. 9 Hardware layout of HGS-SES

5.2 软件开发实例

软件部分主要采用 Windows 2003 Server 为操作系统,基于 Microsoft .Net 框架,以 Visual Studio .Net 2003 为主要开发工具,数据库管理采用 SQL Server 2003,数据传输遵守 XML 数据标准。目前已开发了具有交互式协作诊断功能的远程诊断模拟系统。

6 结语

针对目前水电机组故障诊断过程中所存在的问题,本文提出了一种基于 SOA 的 HGS-SES,从系统结构、关键性功能模块、故障诊断流程、系统实现等方面论述了如何建立和使用该系统。HGS-SES 采用 SOAP 作为基本通信协议,以远程诊断中心作为管理和协调机构,将分布在不同地域的水轮发电机组诊断设备、机组维护技术人员和领域专家联系起来,为水轮发电机组的故障诊断与决策提供全方位的服务。为了使系统功能更加完善,今后将重点进行远程大容量数据的高速传输研究和系统数据安全研究。

参考文献

- [1] 何永勇,任继顺,陈伟. 水电机组远程状态监测、跟踪分析与故障诊断系统. 清华大学学报:自然科学版,2006,46(5):629-632.
HE Yongyong, REN Jishun, CHEN Wei. Remote condition monitoring, tracking analysis and fault diagnosis system for hydropower sets. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 2006, 46(5): 629-632.
- [2] 王善永,钟敦美,张启明. 水电机组状态参数趋势分析与在线识

别. 电力系统自动化,2001,25(14):29-32.

WANG Shanyong, ZHONG Dunmei, ZHANG Qiming. Trend analysis and on-line identification of state parameters of hydraulic generators. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(14): 29-32.

- [3] 朱建林,赖旭. 基于 Internet 的水轮发电机组远程监测和故障诊断系统的研究. 电网技术,2004,28(24):5-9.
ZHU Jianlin, LAI Xu. Design and implementation of an Internet based remote monitoring and diagnosis system for hydroelectric generating set. Power System Technology, 2004, 28(24): 5-9.
- [4] 马皓,韩思亮. 电力电子设备远程监控与故障诊断系统设计. 电力系统自动化,2005,29(2):50-55.
MA Hao, HAN Siliang. Design of the remote monitoring and fault diagnosis system for power electronic equipment. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(2): 50-55.
- [5] 滕小羽,唐国庆. 水电厂设备状态监测. 电力系统自动化,2000,24(10):45-48.
TENG Xiaoyu, TANG Guoqing. Condition monitoring to equipment of hydropower plant. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(10):45-48.
- [6] 曹文亮,王兵树,张冀,等. 基于混合结构模型的电厂厂级监控信息系统. 电力系统自动化,2004,28(12):91-94.
CAO Wenliang, WANG Bingshu, ZHANG Ji, et al. Plant level supervisory information system in power plant based on the mixed construction model. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(12): 91-94.
- [7] 王善永,范文,钟敦美. 基于状态监测的水电厂主设备检修计划决策系统. 电力系统自动化,2001,25(16):45-48.
WANG Shanyong, FAN Wen, ZHONG Dunmei. Condition maintenance decision-making system based on condition monitoring of main equipment of hydroelectric plant. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(16): 45-48.

(下转第 107 页 continued on page 107)

- [8] 杨争林,宋燕敏,曹荣章. 基于 Web Services 技术的数据申报实现. 电力系统自动化, 2005, 29(4): 14-17.
YANG Zhenglin, SONG Yanmin, CAO Rongzhang. Implementation of data process system based on Web Services. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(4): 14-17.
- [9] World Wide Web Consortium. WSDL Web-service description language[EB/OL]. [2005-10-21]. <http://www.w3.org/TR/wsdl>.
- [10] 周华锋,吴复立,倪以信. 基于网格服务的未来电力系统控制中心概念设计. 电力系统自动化, 2006, 30(11): 1-6.
ZHOU Huafeng, WU F F, NI Yixin. Conceptual design for grid service-based future power system control centers. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(11): 1-6.
- [11] SHAM P, JENNGS M. Protocol engineering for Web services conversations. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2005, 18(2): 237-254.
- [12] DUSTDAR S, GALL H. Software configuration, distribution, and deployment of Web-services// Proceedings of 14th

International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering (SEKE'02), Jul 15-19, 2002, Ischia, Italy: 649-656.

- [13] ZHU Jun. Web services provide the power to integrate. IEEE Power and Energy Magazine, 2003, 6(1): 40-49.
- [14] 郭江. 电厂维护中基于虚拟现实和智能代理的人机融合技术[D]. 武汉: 华中科技大学, 2003.
GUO Jiang. Man-machine fusion techniques based on virtual reality and agent in maintenance of power plants[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2003.

占梁梁(1979—),男,博士研究生,研究方向为水轮发电机组故障监测与诊断方法. E-mail: zllhust@gmail.com

张勇传(1935—),男,教授,博士生导师,研究方向为水库优化调度和水电站计算机仿真控制。

周建中(1959—),男,教授,博士生导师,研究方向为人工智能与电力系统自动化。

Design of a SOA-oriented E-diagnosis System for Hydroelectric Generating Sets

ZHAN Liangliang¹, ZHANG Yongchuan¹, ZHOU Jianzhong¹, PENG Yucheng¹, LI Zhen²

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

(2. Harbin Electric Machinery Co Ltd, Harbin 150040, China)

Abstract: In order to resolve existing problems such as low efficiency, high cost and lack of technical resource in current maintenance, it is indispensable to realize remote diagnosis for hydroelectric generating sets (HGSs). In this work, basing on the service-oriented architecture (SOA) and Web service technology, a SOA-oriented E-diagnosis system for HGSs (HGS-SES) is proposed and the framework of HGS-SES is then constructed; the key modules of the system are introduced; a specific diagnostic procedure and the system development example are given. The HGS-SES makes systematic information transfer rapidly and conveniently to implement service function and diagnosis decision-making, develops a dynamic network diagnostic platform for HGSs, and has promising application in the future.

This work is supported by the Key Project of the National Natural Science Foundation of China (No. 50539140), National Natural Science Foundation of China (No. 50579022), and Research Fund for the Doctoral Program of Higher Education (RFDP) (No. 20050487062).

Key words: hydroelectric generating sets; fault diagnosis; SOA; Web services; E-diagnosis system