

# 具有面向服务架构的电力企业 资产管理系统模型设计

曲朝阳<sup>1</sup>, 沈晶<sup>2</sup>, 李佳<sup>1</sup>, 聂欣<sup>3</sup>

(1. 东北电力大学 信息工程学院, 吉林省 吉林市 132012; 2. 哈尔滨工程大学 计算机科学与技术学院, 黑龙江省 哈尔滨市 150001; 3. 长春电业局, 吉林省 长春市 131001)

## Design of Model of Asset Management System Possessing Service-Oriented Architecture for Power Enterprises

QU Zhao-yang<sup>1</sup>, SHEN Jing<sup>2</sup>, LI Jia<sup>1</sup>, NIE Xin<sup>3</sup>

(1. School of Information Engineering, Northeast Dianli University, Jilin 132012, Jilin Province, China; 2. College of Computer Science and Technology, Harbin Engineering University, Harbin 150001, Heilongjiang Province, China; 3. Changchun Electric Power Bureau, Changchun 131001, Jilin Province, China)

**ABSTRACT:** Aiming at the application of enterprise asset management (EAM) system in power enterprises, a design model of EAM system for power enterprises is proposed. The design philosophy and highlights for each layer of this model are researched; the division of server size of this EAM system is conducted by use of service-oriented design method; at the same time, the interface of the proposed system with external system is implemented by use of Web service technique. Finally the design method of application system of EAM is expounded by means of developing example of an actual patrol inspection management system for key equipments of power enterprises.

**KEY WORDS:** service-oriented architecture; enterprise asset management (EAM); server size; Web service; power system

**摘要:** 针对企业资产管理(enterprise asset management, EAM)系统在电力行业中的应用, 提出了电力企业 EAM 系统设计模型, 讨论了该模型各层的设计思想和设计要点, 并运用面向服务的设计方法对系统进行服务粒度的划分, 同时使用 Web 服务技术实现与外部系统的接口, 最后结合电力行业设备点巡检管理系统的开发实例阐述了 EAM 应用系统的设计方法。

**关键词:** 面向服务架构; 企业资产管理(EAM); 服务粒度; Web 服务; 电力系统

## 0 引言

企业资产管理(enterprise asset management,

EAM)系统是管理企业设备的信息系统, 在企业内部围绕资产的后生命周期的管理过程中, 运用现代信息技术提高资产的运行可靠性与使用价值, 降低维护与维修成本, 提高企业管理水平和人员素质, 增强企业竞争力<sup>[1]</sup>。

目前大部分电力企业EAM系统是采用面向组件的设计方法实现的, 虽然这种设计方法可以使系统实现更为灵活, 但组件内部通信大多依赖调用系统应用程序接口(application programming interface, API)函数实现, 组件间处于一种紧耦合状态, 使系统后期维护及功能的扩充更加困难。而且电力企业的资产管理系统业务变化量多、相关性大, 直接导致EAM系统难以维护和扩充。随着电力行业“开源节流”思想的深入, 供电企业迫切需要构建一种完善、统一的企业资产管理模式<sup>[2]</sup>。

具有面向服务架构的EAM系统很好地满足了电力行业的要求, 该EAM系统模型具有更开放、更灵活的体系结构, 可以提供集中、统一的管理方法及设计方案, 从而弥补了面向组件设计方法的不足。

## 1 具有面向服务架构的 EAM 系统模型

### 1.1 面向服务架构的特点

面向服务架构(service-oriented architecture, SOA)是一种进行系统开发的新的体系架构, 具体应用程序的功能由一些松耦合并具有统一接口定义

方式的服务组合构建起来<sup>[3]</sup>。接口是采用中立的方式定义的, 独立于实现服务的硬件平台、操作系统和编程语言, 因此构建在面向服务架构系统中的服务以一种统一和通用的方式进行交互, 并且根据需求通过网络对松散耦合的粗粒度应用组件进行分布式部署、组合和使用。在这种体系结构中, 所有功能均定义为独立的服务, 这些服务带有定义明确的可调用接口, 可以定义好的顺序调用这些服务来形成业务流程。

具有面向服务架构的系统要求开发人员将应用程序设计为服务的集合, 跳出应用程序本身进行思考, 考虑现有服务如何被本项目及其它项目重用, 这样可以采用多种不同的方法将服务组合成较大的服务, 实现更加灵活的重用。

EAM系统将面向服务的软件体系结构作为构建企业信息化的基础, 将独立的企业过程以服务的形式封装起来, 这些服务可被企业内部或跨越企业边界的其它服务通过标准协议调用。具有面向服务架构的EAM系统使扩充的企业级应用建立在已有服务的基础之上成为组合服务。另外通过采用标准的协议访问和调用服务使服务可以做到业务功能独立。用户可与服务协商调用的接口, 实现对服务功能调用的绑定。

## 1.2 EAM 系统在电力行业中的应用

EAM 是一个大型综合资产管理系统, 该系统的层次涵盖维修规划、维修处理及维修分析。EAM 系统在企业中的业务覆盖范围(如图 1 所示)有资产管理、工单管理、点检管理、项目管理、员工管理、物资管理、采购管理和预算管理等<sup>[4]</sup>。

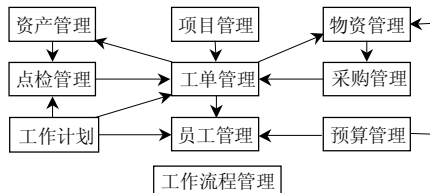


图 1 EAM 在企业中的业务范围

Fig. 1 The service scope of EAM in enterprises

在软件的系统设计中, 具有面向服务架构的 EAM 系统就要以这些具体的业务为基点, 兼顾面向组件设计和面向服务设计二者的优点, 将 Java2 企业版(Java 2 Enterprise Edition, J2EE)<sup>[5-6]</sup>平台的体系结构融入面向服务的思想中, 再结合电力企业资产管理系统的特点, 给出一种可供参考的电力企业资产管理系统设计模型。

J2EE 是一种为构建大型、分布式的企业级应用

而提供的系统级框架或规范<sup>[7]</sup>。分布式体系结构通常可分为 3 层: 表示层、应用逻辑层和数据层。表示层用于与用户交互, 提供用户界面及操作导航服务; 应用逻辑层用于业务逻辑计算和处理, 提供与业务逻辑有关的各种计算与约束; 数据层用于数据的集成与存取, 主要通过数据库管理系统来实现<sup>[8]</sup>。

## 1.3 具有面向服务架构的电力企业 EAM 系统模型

具有面向服务架构的模型就是要突出面向服务的 3 个特点: 松耦合的组件、服务粒度的划分和标准化的接口<sup>[9]</sup>。系统从企业内部或外部提取所用数据, 生成相应的用户界面, 用户与界面进行交互, 由界面输入相应的数据组成业务实体, 业务实体通过调用表现逻辑层内相应的组件进行适当的校验工作后被发送到服务层接口, 在服务层中调用服务(粗粒度服务), 该服务会进一步调用业务逻辑层中的一个或多个服务(细粒度服务); 然后通过调用传输层中相应的组件完成该项业务数据的持久化操作; 最后将结果返回给客户端。该模型由 6 个层次构成, 具体如图 2 所示。图中: LCC(life cycle cost)为设备全寿命周期成本; KPI(key performance indication)为关键业绩指标; GUI(graphical user interface)为图形用户接口。

### (1) 客户端层。

该层是 EAM 系统客户端的显示界面, 其表现形式多样, 可以是 Web 浏览器、外部应用程序、Java applet(Java 小应用程序)或者是系统后期扩展的应用。该层包括 EAM 系统中各个子系统的客户应用界面, 可完成基本信息的填写工作以及简单的功能处理, 例如用户登录、设备最初的基本信息、工作人员的基本信息登记。

### (2) 表现逻辑层。

该层封装了服务与系统客户端之间的所有表现逻辑, 主要完成业务登录和前端控制两项任务。该层对 EAM 系统中客户端提交的设备、人员及财务信息进行信息校验和安全验证。其中提交信息可通过前端控制收集请求, 而相关的处理命令、对相关视图的选择和分派则完全通过一套独立的组件来完成。

### (3) 服务层。

该层借助 Web 服务(Web services)发布各类服务, 并接受上一层的调用。服务层有效控制了系统与软件代理交互的人为依赖性<sup>[10]</sup>, EAM 系统所要实现的全部功能都在服务层中通过对组件的封装得以实现。

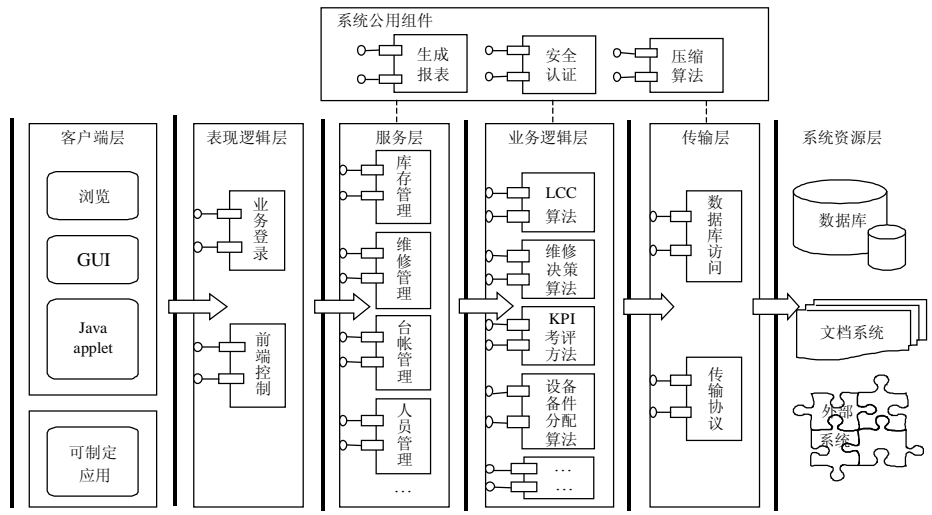


图 2 具有面向服务架构的电力企业 EAM 系统模型

Fig. 2 The model of EAM system possessing service-oriented architecture for power enterprises

根据服务运行模式将 EAM 系统中的服务划分为智能服务模式和响应请求服务模式。其中智能服务模式主要依靠用户预先设定好的执行参数或事件执行条件，使系统自主执行实现一定的功能。设备可靠性指标统计、设备检修计划制定和设备寿命预测等规律性强、计算量较大、自动化强的应用均可通过智能服务模式实现。响应请求服务模式则需通过对消息请求的处理完成规定的工作流程，如设备查询、库存信息查询、人员和设备的基本信息输入等<sup>[11]</sup>。

#### (4) 业务逻辑层。

该层封装各类业务逻辑形成业务中间件，完成对事务的处理及连接的操作，它可以看成是一个大的组件库，其中集合了大量与粗粒度服务相关的组件。服务层通过消息的调用就可进行相应的数据信息的处理。

业务逻辑层中包含了各个应用执行过程中需要调用的组件和算法，例如 LCC 的算法(LCC 估算、LCC 分析、LCC 评价和 LCC 过程管理)。

#### (5) 传输层。

该层负责与资源层的通信，使用 Web 服务、Java 数据库连接(Java database connectivity, JDBC)、J2EE 连接器体系结构(J2EE connector architecture, JCA)或消息中间件与资源层协作。该层通过对数据对象的封装实现数据操作功能，屏蔽了不同类型数据库的具体结构信息，为业务逻辑层提供一致透明的数据访问。EAM 系统应用 J2EE 平台提供的相应数据库访问标准、XML(extensible markup language) 查询文本进行相应的数据库操作。

#### (6) 系统资源层。

该层包括业务数据和外部资源。

## 2 电力企业 EAM 系统设计实例

### 2.1 概述

具有面向服务架构的系统设计中一个关键步骤就是针对服务层和业务逻辑层的服务粒度的划分，下面以设备点巡检管理为例介绍这 2 个层次的服务粒度分析和设计过程。

设备点巡检管理是电力 EAM 系统中的一个子系统<sup>[12]</sup>，设备点检是指对生产线上的重点设备、关键设备、价值高的设备定期进行设备运行状态监测、设备技术功能诊断，它是设备预防维修的基础，通过对设备进行预防性检查可查明故障原因，提出消除故障的措施，保持设备性能的高度稳定，延长设备零部件的使用寿命，提高设备效率<sup>[13]</sup>。

### 2.2 设备点巡检需求描述

其流程描述如下：①点检员或设备部专工编订点检标准；②根据标准编制点检计划和周期管理表；③点检员和巡检操作员下载点检计划，实施日常、专业和精密等点检工作；④将设备检查结果上报到数据库服务器；⑤对点检结果进行分析，确定设备或系统运行状况是否异常；⑥如果有问题，填写设备、专业和缺陷等描述信息形成工单，如果没有异常情况则直接进入统计分析功能，进行漏检统计和设备劣化倾向分析；⑦点检流程结束，根据分析结果和故障后的维修效果修订点检标准。点检员或设备部门专工在制定电力企业检修计划时不仅力求使利润损失的期望值最小、风险最小，而且要适当兼

顾检修过程中设备的可靠性<sup>[14-15]</sup>。考虑到本文的重点在于提出一种方法框架且受篇幅所限，此处不介绍方法细节。设备点巡检包含的功能如下(工作流程如图3所示)：①点巡检计划管理(岗位、路线、区域、部位、周期、限值等)；②点巡检计划下载；③点巡检数据采集；④点巡检数据上报；⑤点巡检数据分析(数据查询、趋势分析、漏检统计和设备状态分析等)；⑥根据参数超限情况判断是否生成工单。

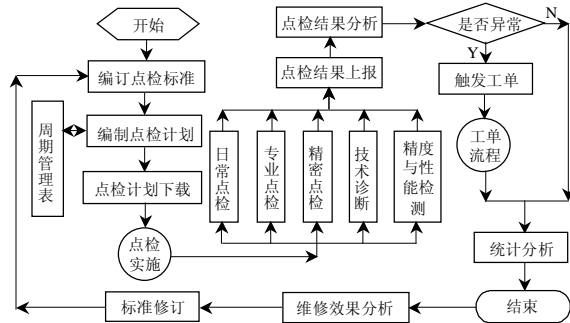


图3 设备点检管理流程  
Fig. 3 Flow chart of equipment patrol inspection management

### 2.3 设备点巡检管理中服务粒度的划分

服务粒度是通过服务执行功能的程度、服务使用 and 返回数据或消息的多少来定义的。定义系统的抽象级别的设计原则就是在不损失或损害相关性、一致性和完整性的情况下，尽可能进行粗粒度建模。在电力企业EAM系统设计中，设备点检管理划分在服务层被定义为粗粒度服务，与之相应的表现逻辑层中的组件则是在设备点检管理工作流程中描述的各个功能点。

具体如图4所示，设备点检管理功能可由“点巡检计划管理”、“点巡检计划下载”、“点巡检数据上报”、“设备数据分析”以及“生成工单”等多个细粒度服务完成，通过5个细粒度服务合理的连接就形成了设备点检管理的粗粒度服务功能。设备点检管理功能作为一个接口，只要接口的定义不变，表现逻辑层中组件的修改和功能实现的改变都不会影响工作流程。当点检管理流程中遇到变更情况

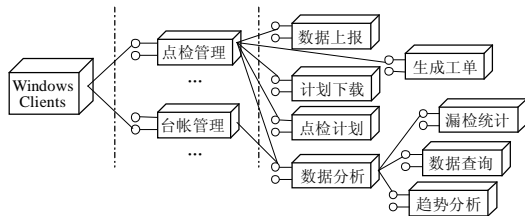


图4 服务粒度的层次划分  
Fig. 4 The level division of different server size

时只需修改相应的细粒度服务(组件)。细粒度服务也可被其它粗粒度服务调用，设备台帐管理中就可调用“设备数据分析”组件形成相应的台帐管理流程操作。

### 3 系统接口实现

系统设计完成后就要按照所定义的细粒度服务完成详细设计，在设计过程中的关键技术是与外部系统的交互。电力EAM系统必然要与其它系统产生交互<sup>[16]</sup>，具有面向服务架构的系统模型使EAM系统“模块化”，但如果使EAM系统实现J2EE应用程序与非Java应用程序的交互就需要使用Web 服务技术。下面仍以设备点巡检为例介绍该方法的实现过程，采用J2EE Web Services API最终实现Web应用服务。

在系统设计过程中，设备点巡检与EAM系统接口被定义在点巡检计划内容的下载和数据上报部分，需要处理的业务如下：

#### (1) 点检计划下载。

点检计划包括点检周期、点检路线和区域、每个岗位的点检内容等。通过计算机终端接口程序和通信接口下载到点检系统的手持数据采集器，然后点检员根据计划完成具体工作。

#### (2) 点检数据上报。

点检员采集到的数据通过点检员的计算机通信接口和接口程序上传至本地机，然后通过网络传送到EAM数据服务器。

利用JAX-RPC(Java API for XML-based)技术中以Servlet作为服务端点的开发方法实现2个异构系统间的交互，开发工具主要是Apache Axis<sup>[17]</sup>，实现步骤如下：

#### (1) 服务端点定义。

服务端点定义的工作主要是确定“服务定义接口(service definition interface)”。服务端点定义可使用某些工具从Web服务器描述语言(Web service description language, WSDL)文件获得，或直接用Java语言编写。Apache axis提供了从WSDL文件中获得Web服务端点的工具。

使用Java编写服务端点接口的方法。在本例中定义了4个业务方法即点检计划、点检下载、数据上报、数据分析和生成工单，定义出以下服务端点接口：

```
package com.maintenance.webservice.servlet;
```



```
import java.util.Collection;
public interface SpotCheckInterface
{
    public Collection getProgramme();//下载计划
    public Collection inputDate();//上传数据
    ...
}
```

使用Java2 WSDL从以上定义的服务端点接口中获得服务描述(WSDL文件),用特定命令生成一个Web服务描述文件。

#### (2) 服务端点实现。

通过特定命令将服务描述文件生成JAX-RPC的框架,生成新的SpotCheckInterface接口、客户端服务接口、在客户端用来服务定位的类、服务端实现类、服务端Skeleton、客户端Stub、部署这个Web服务的脚本、卸载这个Web服务的脚本;然后在框架中添加相应的业务内容;最后编译服务端的文件。

#### (3) 服务端点部署。

启动WebLogic服务器,在控制台中执行命令完成服务端点部署。

#### (4) 客户端程序。

在已生成的客户端框架中完成如下编程任务:

- ①在客户端Stub(存根)中注册Bean Mapping;
- ②编写客户端业务代表,这里使用了JAX RPC Delegate;
- ③完成GUI的部分程序。

## 4 结论

基于面向服务架构的概念和特征,围绕组件技术,针对电力行业的特点提出了一套适用于电力行业EAM系统开发的软件架构。该架构采用了多层架构,比原有的4层模型增加了表现逻辑层和传输层,它们在整体上与服务层和业务层构成了系统的中间层。各层不仅在逻辑上相对独立,而且在物理上也可以分开,形成分布式计算环境。

应用该系统模型使系统开发过程层次清晰。恰当的服务粒度设计增加了功能组件的复用性,缩短了开发周期。面向服务架构有利于系统各功能模块的集成和拆分,为日后的维护及升级提供了便利的条件和广阔的空间。应用Web服务技术实现了异构系统间的交互,从而有助于解决电力行业中的“信息孤岛”难题。

## 参考文献

- [1] 郭景峰,田可伦,王振雄.基于EAM的相关问题的研究[J].计算机工程与应用,2005,(35):200-203.

- Guo Jingfeng, Tian Kelun, Wang Zhenxiang. Research into correlative problem based on EAM[J]. Computer Engineering and Applications, 2005, (35): 200-203(in Chinese).
- [2] 李磊,曲俊华.电厂资产管理系统的设计与实现[J].电力系统自动化,2005,29(13):80-83.
- Li Lei, Qu Junhua. Design and realization of enterprise assets management system in power plants[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(13): 80-83(in Chinese).
- [3] Channabasavaiah K, Holley K, Edward M, et al. Migrating to a service-oriented architecture[EB/OL]. <http://www-900.ibm.com/developerWorks/cn/webservices/ws-migratesoa/index.shtml>, 2003.
- [4] 贺小明,阎秀峰,王俊新.现代火电厂EAM系统实施研究[J].电力自动化设备,2004,24(10):16-18.
- He Xiaoming, Yan Xiufeng, Wang Junxin. Research on EAM system implementation in power plant[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(10): 16-18(in Chinese).
- [5] 李胜利,陈勇,任军.基于J2EE和构件技术的发电厂报价支持系统[J].电网技术,2005,29(8):80-84.
- Li Shengli, Chen Yong, Ren Jun. Development of power plant bidding support system based on J2EE and component technology [J]. Power System Technology, 2005, 29(8): 80-84(in Chinese).
- [6] 张喜铭,姚建刚,陈立新,等.基于J2EE平台的发电企业商业运营及竞价决策技术支持系统的实现[J].电网技术,2004,28(21):69-74.
- Zhang Ximing, Yao Jiangang, Chen Lixin, et al. Implementation of J2EE platform based commercial operation and bidding decision supporting system for power generating enterprises[J]. Power System Technology, 2004, 28(21): 69-74(in Chinese).
- [7] Sun Microsystems. Java 2 platform: enterprise edition (J2EE) specification v1.4[EB/OL]. <http://docs.sun.com/source/817-5403/index.html>.2004.
- [8] 乐全明,郁惟壖,杜俊红.基于J2EE结构的分布式电网故障计算系统的实现[J].电网技术,2004,28(11):23-27.
- Yue Quanming, Yu Weiyong, Du Junhong. Implementation of distributed power network fault calculation system based on J2EE structure[J]. Power System Technology, 2004, 28(11): 23-27(in Chinese).
- [9] 王滨,黄永锋.基于SOA的应用程序框架研究与实现[J].计算机工程与设计,2006,27(7):1198-1200.
- Wang Bin, Huang Yongfeng. Research and realization of application framework based on SOA[J]. Computer Engineering and Design, 2006, 27(7): 1198-1200(in Chinese).
- [10] 邓武,杨鑫华.基于J2EE设计面向服务体系结构框架[J].计算机系统应用,2005,(12):5-8.
- Deng Wu, Yang Xinhua. Design service-oriented architecture frameworks with based on J2EE[J]. Computer Systems and Applications, 2005, (12): 5-8(in Chinese).
- [11] 曲朝阳,谢光强,赵晓彤.面向服务结构的发电设备可靠性厂级监控信息系统的开发[J].电网技术,2004,28(20):23-27.
- Qu Zhaoyang, Xie Guangqiang, Zhao Xiaotong. Development of service-oriented architecture of supervisory information system for power plant generating equipment reliability[J]. Power System Technology, 2004, 28(20): 23-27(in Chinese).
- [12] 丁明,冯永青.发输电设备联合检修安排模型及算法研究[J].中国电机工程学报,2002,22(5):18-23.

(下转第87页 continued on page 87)