

基于 J2EE 的实验室信息管理系统的设计与开发

吴 琼, 章文宇

(浙江省机电设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310002)

摘要:为解决实验室管理普遍存在的数据量大、数据形式复杂、分析效率低等问题,提出了采用 J2EE 架构设计与开发的实验室信息管理系统(LIMS)。该系统按功能划分为合同管理、样品管理、检验管理、报告管理、客户管理、资源管理、质量管理和文件管理等模块,在 Web 层使用了 JSP 技术,通过 Servlet 控制业务流程,运用 JavaBean 处理业务数据逻辑,并建立了 J2EE 4 层架构。该系统已在某低压电器实验室投入运行。研究结果表明,该系统在实现信息资源共享方面起到了关键性作用,可以显著提高实验室的工作效率和管理水平。

关键词:实验室信息管理系统; Web; J2EE

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)11-1358-05

Laboratory information management system based on J2EE

WU Qiong, ZHANG Wen-yu

(Zhejiang Institute of Mechanical & Electrical Engineering Co., Ltd., Hangzhou 310002, China)

Abstract: In order to solve the problems of large data volume, complicated data form, and low analysis efficiency, the design and development of laboratory information management system (LIMS) based on J2EE framework were presented. The system was composed of contract management, sample management, testing management, report management, customer management, resource management, quality management and document management. After the application of JSP in Web layer, Servlet in business flow, and JavaBean in business logic, the four-layer J2EE framework was established. The system has been tested in a low voltage apparatus laboratory. The results show that, the system plays a key role in sharing of information resources, and the work efficiency and management level of the laboratory are improved obviously.

Key words: laboratory information management system (LIMS); Web; J2EE

0 引 言

适应现代化发展的实验室必须要建立起完备的质量管理体系,因而需要一套科学的实验室管理软件,它应既能满足目前的业务状况,又能适应未来不断增长的业务需求。实验室信息管理系统(LIMS)是指利用计算机网络技术、数据存储技术、快速数据处理技术来对实验室进行全方位管理的计算机软、硬件系统。LIMS 通过建立以实验室为中心的分布式管理体系,实现检验数据网络化共享、无纸化办公、资源与成本管理、人员量化考核,为实验室的全方位管理提供先进的

技术支持^[1]。

本研究采用 J2EE 4 层架构,利用 Servlet 控制业务流程,运用 JavaBean 处理业务数据逻辑,按实验室需求划分功能模块,并通过在某实验室的实际运行,实现对该系统的验证。

1 LIMS 研究现状和发展趋势

LIMS 起源于 20 世纪 60 年代末,就其主要的特征来说,大致可以分为 3 个阶段:自行研发、完全商品化和完全客户化。随着计算机技术的飞速发展,LIMS 在西方发达国家得到迅速推广,某些 LIMS 产品已具有

比较高的成熟度,但是在将 LIMS 与实验室仪器和其他硬件设施完全融合、实现实验室的完全自动化控制以及系统之间的无缝集成方面仍然有不少问题需要解决。同时,LIMS 有一定的实施失败风险,怎样提高实施成功率是 LIMS 成功与否的关键因素之一。目前,国内的 LIMS 研究已经从最初的学习和借鉴国外产品和技术,发展到了结合国内实验室的实际情况和具体需求的专门研究,涉及到 LIMS 标准规范、质量控制、开发技术和商业价值等多个方面,并取得了一些不错的成绩^[2]。

LIMS 引发了实验室在管理机制、组织结构和测试技术方面的变革。与此同时,人们对于实验室的管理意识也有了质的提高,以“物联网”和“云计算”为代表的新技术变革将是 LIMS 未来发展的趋势。

2 系统架构

该系统按照 J2EE 规范进行构架,逻辑上划分为 4 层:客户层、Web 层、业务层、数据层。系统采用“JSP/Servlet + JavaBean”开发模式来处理 Web 层和业务层逻辑,Servlet 负责业务流程的控制,JavaBean 负责业务数据的逻辑处理,JSP 负责页面表示^[3],如图 1 所示。

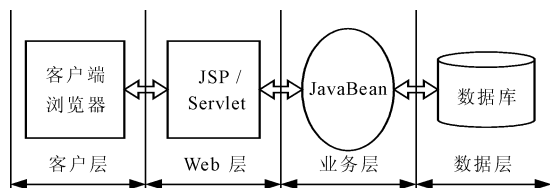


图 1 按逻辑划分的 J2EE 架构

(1) 客户层。实现人机交互和数据显示,负责向 Web 层请求应用处理。用户浏览器在客户层中运行,下载 Web 层中的静态 HTML 页面或由 JSP/Servlet 生成的动态 HTML 页面。

(2) Web 层。采用服务到工作者(Service to Worker)模式。接收从客户层传来的请求,将请求信息打包后发送给业务层的 JavaBean 组件处理,同时将请求处理结果返回客户层。

(3) 业务层。实现核心业务逻辑服务和对数据库的访问。使用 JavaBean 组件来处理业务逻辑,负责接收 Web 层传来的请求,并对它进行处理,同时将处理结果交给数据层进行存储。

(4) 数据层。负责数据管理,实现数据的物理存储和使用。客户层先向 Web 层上的 JSP/Servlet 发出请求,由 JSP 调用运行在业务层中的 JavaBean 来访问

数据库,并返回操作结果。

3 系统设计

系统按功能划分为合同管理、样品管理、检验管理、报告管理、客户管理、资源管理、质量管理和文件管理等模块,功能模块结构如图 2 所示。

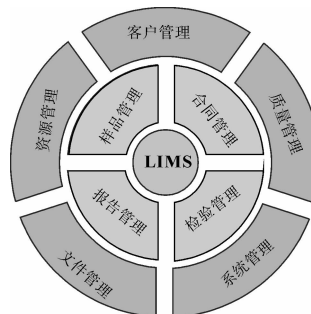


图 2 按功能模块划分的 LIMS 系统

3.1 合同管理

合同管理模块对合同的整个生命周期进行全程管理。利用该模块,用户可以提交合同、查询合同状态、查询合同结果。

(1) 合同受理。用户通过 LIMS 填写检验合同,记录下客户信息、样品信息、检验要求、报告发送要求、费用支付方式等相关信息。系统根据检验要求确定检验项目与样品数量,生成样品和资料清单。

(2) 合同评审。在收到样品后,需要进行合同评审。合同审核人员审核送检样品是否和样品清单有偏离,与检验项目有关的检验方法与该产品标准或技术条件是否发生偏离。系统自动计算检验费用并估算合同完成时间。评审通过后将合同送入检验调度中心,进入合同实施阶段。

(3) 合同反馈。将合同实施结果及时反馈给客户。

3.2 样品管理

样品管理模块贯穿整个检测流程,动态记录了样品从到达实验室到检测结束直至用户取回样品或由实验室处置的全过程^[4]。用户可以获得样品的状态信息(如样品所处的位置、测试的进展情况等)。

(1) 样品接收。样品进入实验室时,用户在系统中记录下来样日期、型号规格、样品数量、当前状态等信息,并检查样品与描述或规定的条件是否有偏离。

(2) 样品标识。LIMS 采用条码方式对样品进行标识,保证样品标识的唯一性,以便样品在整个检测过

程中的传递和查询。

(3)样品存储。系统根据产品标准提供样品存储条件信息,自动分配符合存储条件的存放位置。

(4)样品流转。LIMS 通过条码扫描的方式对样品执行领用和入库操作。

(5)样品退样。对于超过留样日期需要进行处置的样品,系统根据退样方式的要求对样品进行处置,并记录下相关信息,如退样日期、退样数量等。

3.3 检验管理

检验管理模块提供检验调度、实施、管理与监督等相应功能。利用该模块,用户能随时掌握检测任务的进展情况,了解检测人员当前的工作状态,并汇总各项检测任务的结果。

(1)检验调度。LIMS 根据提交的检验合同生成对应的检测任务,通过识别与检测任务相关的授权情况,对检测任务进行规划与分配,包括指派检测人员、建立试验程序和指令、生成检测任务计划表等。

(2)检验实施。①执行检测。当检测任务下达后,检测人员将收到相关任务指令,包括检验项目、检验要求、要求完成时间等信息,检测人员按照任务指令执行检测;②检测结果录入。LIMS 可以提供很多实用的功能来辅助检测人员进行试验和结果的录入(如检测人员只需输入仪器测试结果就可以完成最终结果的计算等),当检测任务完成后,系统将自动汇总各项试验任务的结果。

(3)检验管理与监督。①仪器接口管理。对与 LIMS 集成的各类仪器接口进行管理,包括完成仪器控制、数据采集、数据处理和结果输出等功能^[5];②分包管理。LIMS 能对检测分包工作进行有效的控制和管理,它保存了被分包实验室的信息,包括其检测能力、质量体系情况、相关资质证明、联系方式等等,同时也保存了分包协议、分包商审核记录等文件的电子版,LIMS 在进行检测分包时可以提供分包样品的追踪功能(如邮寄方式、分包日期等);③检验监督。用户可以通过 LIMS 随时了解检测任务的进展情况,监督各项子任务的实施进度,以便及时对检测任务进行调整。

3.4 报告管理

报告管理模块主要完成报告模板的建立、自动生成检测报告、报告审核以及报告发送等工作。

(1)报告编制。LIMS 采用报告模板来自动生成检测报告,能有效监测结果数据的准确性、信息的完整性和格式的统一性。系统按照实验室要求定制报告模

板,可自动获取检测结果数据,并根据不同的标准值对检测结果数据进行校核。检测结果数据经过校核后,系统自动组织和生成检测报告。

(2)报告审核。报告审核人员通过 LIMS 进行检测报告的审核。审核人员除了可以查看和审核检测结果数据外,还可以查看检测过程中的相关质量信息,如实验所用仪器设备、检测人员等。检测报告的审核需要经过电子签名等安全手段的验证,以保证操作人员是合法授权的。

(3)报告发送。根据检验合同的要求,LIMS 可提供报告电子传送的功能,如通过 Web、自动发送邮件、电子传真平台等方式。

3.5 资源管理

资源管理模块将实验室本身所包含的人员、设备、耗材等资源纳入到 LIMS 中来进行管理^[6]。

(1)人员管理。①人员档案。记录人员基本信息,包括教育背景、专业和技术特长、岗位工作描述等;②人员培训。包含培训计划、培训实施和培训考核。LIMS 可以根据实际情况对培训计划进行评价与修订,通过系统向有关人员传达培训计划和安排,并对培训内容和结果等情况进行记录,参与培训人员也可以通过系统对培训进行反馈以提高培训的针对性和有效性;③岗位授权。LIMS 根据人员检测能力考核情况设置操作检测项目和设备的上岗权限,检测人员只有通过培训考核,在确认其具有某检测项目、检测方法的检测能力和正确掌握某种设备操作的情况下,才能授权进行某检测项目的检测工作。

(2)设备管理。LIMS 可以对设备进行动态管理,包括设备期间核查、日常维护、使用记录、设备检定、量值溯源计划等,可以随时了解设备状况,确保检测结果的准确性和有效性。①设备档案。该功能建立设备档案库,提供设备的基本信息,包括设备编号、型号规格、测量范围、精度等内容;②设备使用。该功能管理设备使用记录,包括每次试验所用的设备名称、使用人员、开始时间、总时长、设备运行情况等内容,提供各种设备详细的操作规程,以帮助检测人员正确使用设备;③设备检定。该功能设置检定日期,并按自动预警,确保设备状态正常,在设备领用和结果录入时进行控制,只有通过检定并在有效期范围内的设备才准予使用^[7]。

(3)耗材管理。对各种试验耗材进行统一管理,包括耗材购置、供应商评价、库存管理等功能,并可以

生成相关的统计报表,为耗材预算提供依据。①供应商评价。该功能对实验室认可的合格供应商进行管理,记录其基本资料,如地址、联系方式、供应品目录等,对于采购的每一批耗材均记录其供应商,以便进行追溯;②库存管理。该功能提供耗材的基本信息、入库记录、领用记录。对影响检测结果的耗材和供应品,系统在每次试验时通过条码扫描的方式记录所使用耗材的批号等信息。系统对每种耗材设置最低库存,及时提供需要采购或补充的供应品清单。

3.6 客户管理

客户管理模块能够对实验室客户进行统一管理,包括客户档案、抱怨处理、客户意见调查、客户评价和客户保密管理等功能^[8]。

(1)客户档案。客户首次在实验室进行委托检测,系统会记录下客户所有信息,建立客户档案。当客户再次委托时,系统能快速地表达其检测意图。

(2)抱怨处理。当客户对检测结果产生质疑时,可以通过书面、电话、传真、邮件、网上发布等形式提出抱怨请求。实验室人员根据抱怨的内容调出相关数据,包括检测结果、检验合同、检测标准、检测人员、仪器设备等信息,从而综合地对抱怨内容作出评判。

(3)服务客户。系统可以保护客户机密信息,对客户资料进行统计分析,从而更好地为客户提供优质服务。如建立客户意见反馈和投诉平台、通过互联网随时查询检测进度、检测报告完成后进行短信或邮件提醒、网上查询报告真伪等。

3.7 质量管理

质量管理模块用于对影响实验室检测结果的人员、设备、方法、环境等重要环节进行有效监控和管理,确保检测人员通过考核授权上岗、仪器设备检定合格、检测方法现行有效、实验室环境满足检测要求,保证检测数据可以溯源。

(1)质量活动。实验室的日常质量活动可以通过 LIMS 进行动态管理,如管理评审、内部评审、纠正措施、预防措施、不符合检测工作控制等。系统按照质量管理要求对质量活动进行计划、审批、实施、评价,实验室通过质量活动提出的持续改进措施也可以反映到 LIMS 上。

(2)质量控制。①实验室间比对,系统可以预先制定比对计划,有目的和有针对性地进行实验室间比对,包括对实验室的检测结果进行评价、对检测方法进行验证、对标准样进行考察等;②环境控制,实验室可

采用实时监控环境的设备(如温湿度记录仪),自动采集实验室环境数据。通过 LIMS 和这些仪器的结合,可以更为有效地监控、分析实验室的环境条件。例如,将实时监控仪器和检测项目进行关联,设置环境条件阈值,如果超过相应阈值时,系统会自动提醒检测人员,保证了检测结果的准确性和有效性^[9]。

3.8 文件管理

文件管理模块用于实现对各类文件的管理和监控,如质量文件、作业指导书、测试标准、检验方法等。LIMS 对文件进行严格的版本控制,当文件发生变更或超出有效期时,系统自动提醒相关人员确认新版文件,以保证实验室使用的文件是一致的并且是现行有效的。

4 关键技术

4.1 基于 Java 的跨平台开放式互联

Java 是 Sun 公司开发的一种程序设计语言,具有跨平台、面向对象、多线程、动态、安全等特点^[10]。

(1)跨越平台的限制。Java 虚拟机是一种抽象化的计算机,它屏蔽了与具体操作系统平台相关的信息,使得只要能支持 Java 虚拟机,就可运行各种 Java 程序。其设计原则是:“小而简单”,能够在各种平台上顺利执行,适合各种网络环境。

(2)面向对象的技术。面向对象技术是近年来软件开发中用得最为普遍的程序设计方法,它通过把客观事物进行分类组合、参数封装、用成员变量描述对象的性质、状态,用方法实现其行为和功能,具有继承性、封装性、多态性等众多特点。Java 在保留这些优点的基础上,又具有动态关联特性,更能发挥出面向对象的

优势。

(3)多线程机制。多线程机制使应用程序能并行执行,程序设计者可以分别用不同的线程完成特定的行为,而不需要采用全局的事件循环机制,这样就很容易实现网络上实时的交互行为。Java 不仅支持多个线程的统一运行,并且还提供线程之间的同步运行。

(4)动态性。Java 适合于在动态变化的环境中运行,它可以将需要的类和包经过动态的方法加入到运行环境中,还可以从类库和网络上调用和下载相关的类和包,载入到运行环境中运行。

(5)安全性。Java 具有防止病毒攻击的机制,可以实现对网络上下载的和包进行安全分析,构造出

无病毒、安全的系统。

4.2 基于 B/S 模式的远程操作

B/S 模式 (Browser/Server, 浏览器/服务器模式) 是基于 Web 技术的一种网络多级分布模式。与传统的 C/S 模式相比, B/S 模式具备极大的优越性, 简述如下:

(1) 操作简单。客户端只要安装有浏览器, 就可以随时随地对远端设备进行操作, 既节省了客户端的硬盘空间与内存, 也使得安装过程简便、网络结构灵活。所有的操作都和上网浏览网页类似, 使用者接受的培训也仅限于业务逻辑而无需将大量精力浪费在学习软件操作上。

(2) 易于维护和升级。软件系统的改进和升级越来越频繁, B/S 模式在维护和升级方面具备显著的优势。所有的维护和升级工作集中在服务器端, 无论用户的规模有多大, 分支机构有多少, 都不会增加任何维护升级的工作量。通过远程连接服务器, 异地的运维人员甚至于是可以做到远程维护和升级。

4.3 基于 LabVIEW 数据采集、控制及分析

LabVIEW 作为一种基于图形的虚拟仪器软件开发工具, 广泛应用于仪器控制、数据的采集与处理、自动化测量与测试、工业过程控制及自动化等领域。它提供了丰富的库函数和功能模块, 包括数据采集、GPIB、串行仪器控制、数据分析、数据显示、数据存储及网络功能, 被视为标准的数据采集和仪器控制软件。

(1) 具有强大的数据、可视化分析和仪器控制能力;

(2) 提供了传统的程序调试手段, 同时提供独具特色的执行工具;

(3) 保证数据采集、测试和测量方案的高速运行, 囊括了 PCI、GPIB、PXI、VXI 等各种仪器通信总线标准的所有功能函数;

(4) 提供了大量与外部代码或软件进行链接的机制, 支持常用的网络协议, 方便网络远程测控仪器的开发。

5 结束语

本研究通过采用 J2EE 架构设计的实验室信息管

理系统解决了实验室管理普遍存在的数据量大、数据形式复杂、分析效率低且易于出错等问题, 从而加强了实验室规范化管理, 提高了实验室管理效率, 降低了实验室运行成本。目前该系统已在某低压电器实验室投入运行, 以实现信息资源的共享。信息数据流在各个环节中通过业务逻辑层处理后直观显示出来并生成各类报表, 各环节人员能根据业务 workflow 到达的指令开展相关工作。

目前, 该系统仍面临的问题是如何进一步分解细化业务 workflow 以及提供一些个性化的管理需求, 如客户预约服务、业务语音服务、仪器设备远程维保等, 这些均有待二次开发。

参考文献 (References):

- [1] 毕玉春, 萧 亮. LIMS - 实验室管理未来展望[J]. 现代测量与实验室管理, 2009(4): 31 - 34.
- [2] 安 聪, 毛军文. 实验室信息管理系统 (LIMS) 的发展现状及趋势分析[C]. 第三届全国医学科研管理论坛, 2011: 78 - 81.
- [3] 陆 焱. J2EE 软件开发模式探讨[J]. 电脑知识与技术, 2008(3): 1464 - 1466.
- [4] 顾 琴, 谢初南, 罗旻泓. LIMS 在企业信息管理方面的应用研究[J]. 现代科学仪器, 2012(2): 164 - 168.
- [5] 黄莹波. 建立符合质量体系运行要求的实验室信息管理系统[J]. 质量, 2008(4): 21 - 22.
- [6] 钱爱萍. LIMS 系统的应用分析及展望[J]. 软件导刊, 2009, 8(12): 3 - 4.
- [7] ASTM Committee. ASTM E 1578 - 2006 Standard Guide for Laboratory Information Management Systems (LIMS) [S]. United States: ASTM Committee, 2006.
- [8] 中国实验室国家认可委员会. CNAL/AC01: 2005 (ISO/IEC 17025: 2005, IDT) 检测和校准实验室能力的通用要求[S]. 北京: 中国实验室国家认可委员会, 2005.
- [9] 张秋菊, 郭祖鹏, 崔世勇. 实验室信息管理系统 (LIMS) - 降低实验室风险的有效方法之一[J]. 中国卫生检验杂志, 2011, 21(8): 2080 - 2081.
- [10] 郭 辉, 陈松乔. 基于 J2EE 架构的 Java 语言学习平台的设计与实现[J]. 微型电脑应用, 2008, 24(9): 26 - 29.

[编辑: 李 辉]