文章编号:1674-7070(2010)04-0314-06

基于 SOA 的中小型企业制造执行系统设计

袁安富[1]　李玲[1]

摘要

针对中小型企业制造执行系统的需求以及信息交互较复杂和成本高的特点,对比传统制造执行系统(MES)架构,提出一种面向服务的信息系统架构. 该架构以 Web 服务技术为基础,实现了制造执行系统的信息共享与较强可扩展性;同时运用该架构结合实例说明了其部分功能的实现方法和调用过程.

关键词

SOA; Web 服务; 制造执行系统(MES); 中小型企业; 质量管理系统

中图分类号 TP315

文献标识码 A

0　引言

Introduction

在全球商业竞争日益激烈的今天,制造执行系统(Manufacturing Execution System,MES)已经成为国内外学术界和产业界的研究与应用热点. MES 的概念由美国的咨询调查公司 AMR(Advanced Manufacturing Research)于 1990 年首次提出并使用[1]. AMR 提出了企业 3 层体系结构并指出 MES 位于企业上层计划决策系统和底层过程控制系统之间,其任务是将业务系统生成的生产计划传递给生产现场,并将生产现场的信息及时收集、上传和处理. MES 要真正体现企业的实际生产状况,就必须能够将生产和管理信息通过统一的数据格式和标准的数据接口进行快速传递,从而"实时"地反映当前发生的事情,为决策层及时提供现场的生产信息,即必须有良好的信息共享.

传统 MES 系统的建设是由某一技术平台绑定(如. NET、J2EE)并且部署在不同的系统之上. 这种系统的成长方式在短期来看有着投入低、回报快的优势,但是从长远的角度来看不利于系统的集成和整合,将影响到信息的共享,同时增加整个企业 IT 系统的维护费用. 高效企业应当在建设 IT 系统时投入较大费用,而在 IT 维护方面设法减少费用,尤其针对资金投资相对受限的中小型制造企业,如何更有效地复用 IT 资产,提高投资回报率,实现高效、可靠、低成本的信息共享,成为制造执行系统研究的核心问题之一.

1　基于 SOA 的 MES 构架

MES architecture based on SOA

1.1　传统的面向对象的 MES 框架

典型的传统 MES 框架是基于 B/S 或 C/S 的 3 层架构(图 1),包括用户界面层、业务逻辑层和数据访问层. 为了充分发挥这一架构的优势,在系统设计时必须充分考虑层与层之间的交互方式以及各层本身的架构. 采用 3 层结构最重要的目标是获得足够的灵活性和组件重用能力,因此在设计系统时需要尽量遵守开放-封闭原则(Open-Closed Principle,OCP)、里氏替换原则(Liskov Substitution Principle,LSP)、依赖倒转原则(Dependence Inversion Principle,DIP)以及接口隔离原则(Interface Segregation Principle,ISP)来降低各层、各框架和各组件之间的耦合程度. 对于一些非业务但必不可少的操作,例如日志

收稿日期 2010-05-28

作者简介

袁安富,男,博士,副教授,研究方向为 CAE. charles-yuan@163.com

李玲(通讯作者),女,硕士生,研究方向为信息管理系统. ling_8682@126.com

1　南京信息工程大学　信息与控制学院,南京,210044

操作[2]、安全验证与授权等,MES 系统设计时可以采用面向切面的方法使其透明地贯穿于整个系统之中.

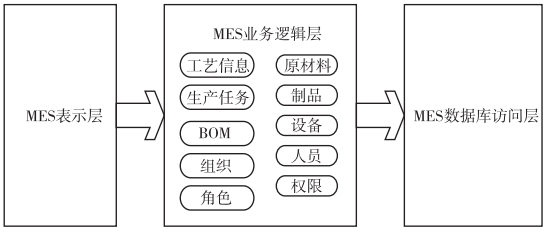


图 1 面向对象的 MES 3 层架构

Fig. 1 The three-tier object-oriented MES structure

传统基于面向对象技术的 MES 架构很好地满足了面对现有需求时系统灵活性、可复用性的要求,然而却没有更多地考虑企业未来发展的需求,也没有对于在不同机器系统间共享应用逻辑和应用数据给予足够的关注. 从图 1 中可以明显地看出表现层与业务对象的依存关系:客户代码必须与业务层的对象模型交互,这就加强了二者之间的耦合并且需要在层与层之间进行大量的调用,当业务对象驻留在远程机器上时,这种相互之间的频繁调用就会带来很大的问题;同样,表现层对业务对象的操作也降低了层与层之间的独立性,使得对业务层的调用变得很困难.

1.2 面向服务的 MES 构架

1.2.1 SOA

SOA(Service-Oriented Architecture)意为"面向服务的架构[3]",由 Gartner 在 1996 年的一篇报告中正式提出. SOA 是基于面向对象技术和面向组件技术之上更高级别的抽象,它提出了服务的概念,着眼于日常的业务应用,并将它们划分为单独的业务功能和流程,即所谓的服务. 服务之间具有松耦合、粗粒度、位置和传输协议透明的特性. 服务间这种松耦合关系给服务消费者带来的好处在于:当作为服务提供者的服务实现发生变化时,作为服务消费者的应用则无需改变,并且服务消费者可以在多个服务之间做出选择;同时,对服务提供者也是大有好处,松耦合系统的一次实现可以映射到更多的商业流程中. 除此之外,由 SOA 组装实现的应用和工作流程维护费用更低,更易于修改以满足业务的变化,这些好处无疑会增强企业的竞争力.

SOA 结构中共有如图 2 所示的 3 种角色[4]:服务提供者(Service Provider)发布自己的服务,并且对使用自身服务的请求进行响应;服务代理(Service Broker)注册已经发布的服务提供者,对其进行分类,并提供搜索服务;服务请求者(Service Requester)利用服务代理查找所需的服务,然后使用该服务. SOA 体系结构中的组件必须具有上述一种或多种角色. 在这些角色之间使用了 3 种操作:发布(Publish)使服务提供者可以向服务代理注册自己的功能及访问接口;发现(Find)使服务请求者可以通过服务代理查找特定种类的服务;调用(Call)使服务请求者能够真正使用服务提供者.

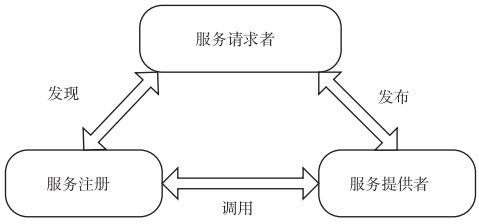


图 2 SOA 模型

Fig. 2 The SOA model

目前 Web 服务是实现 SOA 的重要手段. 企业通过 Web 服务可以将共享信息、外协信息对外发布,其信息可以被不同形式的客户端程序所使用. 因为 SOA 中的组件相互之间必须能够进行交互,才能进行上述 3 种操作. Web 服务的实现中使用了一些标准技术,包括服务描述(UDDI/WSDL)、通讯协议(HTTP/SOAP)以及数据格式(XML)等. 这样,开发者就可以开发出平台独立、编程语言独立的 Web 服务,从而充分利用现有的软硬件资源和人力资源.

1.2.2 基于 SOA 的 MES 构架

如图 3 所示,在表示层与业务逻辑层之间引入一个 MES 服务层,表示层不再直接调用业务对象,而是通过服务去访问业务对象. 对比传统 MES 框架,在图 1 所示模型中,层与层之间相互耦合,只能通过降低耦合度并且减少不同层中对象之间的直接调用以降低相互之间的依赖性,才能使得各模块更易于重用. 在对象模型中,不同的层在对象的整个生命周期中都是耦合的,而在 SOA 中并无此要求. 在 SOA 中,内部模块的调用必须支持异步模式或非连接模式. 在图 3 所示模型中,MES 服务层的引入,提供了公共的编程接口及相互操作协议,这样其他的外部系统也可以通过服务接口实现跨平台的服务调用. 在底层,业务组件被设计为更细粒度的接口,在其基础上提供一种较细粒度的服务,通过引入流程

建模(可以使用后 WS-BPEL 定义[5]),将细粒度的服务组合为对外的业务流程服务. 这样的一种架构方式,降低了系统层之间的耦合,上层服务不再关心下层组件的实现方式与技术,而只关心暴露的接口.

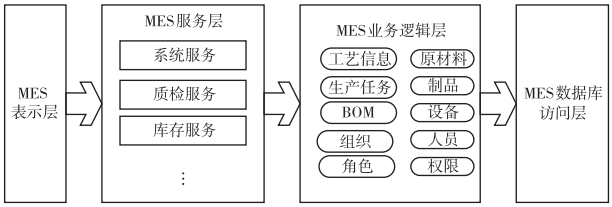


图 3　基于 SOA 的 MES 构架

Fig. 3　The SOA-based MES structure

实现以上架构需要采用 Web 服务技术,其包括了众多底层技术,如 UDDI、SOAP 和 WSDL 等. 在本系统开发中选用 Visual Studio. NET 的一个主要的原因在于,即使不懂任何一种 Web 服务的底层技术,也可以开发复杂的 Web 服务[6].

2　基于 SOA 架构的 MES 质量系统设计方案

Design scheme of MES for quality based on SOA

根据以上基于 SOA 的 MES 系统框架模型,针对某中小制造企业质量生产管理需求,采取定制开发满足企业实际的"质量检验数据管理和分析"软件系统. 它按照产品质量检验的操作流程进行公司管理、数据管理、出入库单的输出、业务分析、统计查询等一系列的业务过程,旨在以先进的信息技术和管理方法为桥梁,为企业提供系统的管理软件和全面的解决方案. 通过实施本系统可达到以下几方面的作用:

1) 在企业内部、企业合作单位间建立起一个良好信息沟通渠道,实现广泛的信息共享;

2) 降低手工操作的重复程度及质检管理的难度,提高业务办理的自动化水平及管理工作效率;

3) 不仅要满足当前的业务发展需求,还必须立足于企业发展空间,系统应当具备相当大的灵活性,能够依据企业业务需求的变化快速响应并进行相应调整.

2.1　系统功能设计

企业质量 MES 系统针对产品在生产过程中各个流程的质量检验以及售后管理,实现产品、客户、合同、货运、库存和统计等管理的功能,其功能模块如图 4 所示. 本系统各个功能模块下又包含若干子功能.

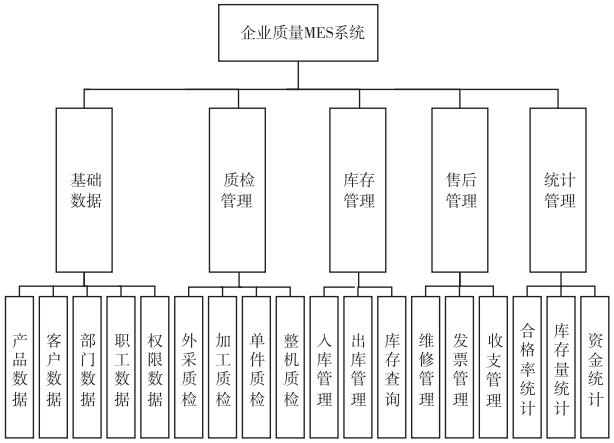


图 4　系统主要功能模块

Fig. 4　The main functional modules of system

1) 基础数据模块主要是对系统的基础数据的编码等详细数据进行维护,它包括产品数据、部门数据、客户数据、职工数据、权限数据 5 个模块,每一种基础数据的维护都包括数据的录入、修改和查询.

2) 质检管理是各部门在生产流程中的质量数据检测,主要包括外协采购质检管理、加工质检管理、单件质检管理和整机质检管理等 4 个模块.

3) 库存管理包括入库管理、出库管理、库存查询 3 个模块.

4) 售后管理包括售后维修管理、发票管理、加工及代理费收支管理 3 个模块.

5) 统计管理包括合格率统计、库存量统计、资金统计 3 个模块.

各个功能整合就实现了一个完整的企业质量 MES 系统.

2.2　基于 SOA 的系统框架设计

根据基于 SOA 的 MES 系统构架,按照面向服务思想将系统的所有功能都定义为服务,这些功能包括业务功能、由底层功能组成的业务事务和系统服务功能,并且所有的服务都是独立的,其接口都是可调用的. 企业质量 MES 系统可以细分为 5 层,如图 5 所示.

第 1 层为数据访问层,其为上层模型提供数据资源,完成数据的查询、更新等操作. 其中数据库是根据系统为用户提供的各类服务的需要而构建的可共享、公用的数据库.

第 2 层为组件层,该层映射各业务对象之间的关联关系,完成对于企业现有的业务系统业务逻辑的 Web 服务封装.

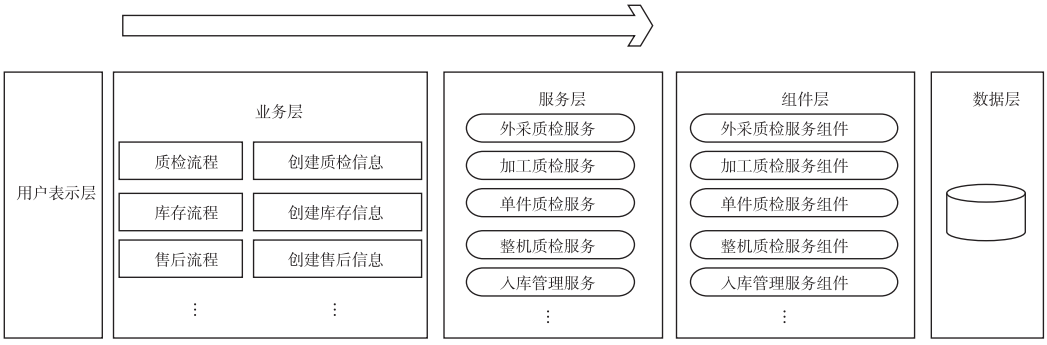


图 5　基于 SOA 的 MES 质量系统框架

Fig. 5　System framework schematic diagram of MES for quality based on SOA

第 3 层为服务层,实现为企业用户提供个性化服务所涉及的所有服务(主要完成与数据库的交互和业务逻辑功能的实现). 企业新开发的业务逻辑以 Web 服务的方式进行发布,并同业务组件层封装后的 Web 服务一起构成了信息资源使用者可用的服务集合.

第 4 层为业务层,其将服务层中的单一服务进行有效地编排与重组,形成复合的服务集合,从而构建出该企业现实的业务流程.

第 5 层为表示层,其面向用户提供服务接口,接收用户服务请求获取用户操作数据并在服务代理中寻找合适的 Web 服务来对数据进行处理,并显示 Web 服务层和数据层运行返回的结果.

基于 SOA 的企业质量系统架构设计,一方面通过 Web 服务封装,有效避免了企业为适应新的业务需求将原有系统推翻重来的做法,有效地保证了企业的现有投资;另一方面,在合理的 Web 服务粒度划分下,企业可根据复杂多变的业务需求灵活地进行服务编排,以较低成本对业务系统流程进行调整,具有很强的灵活性与扩展性.

2.3　数据层设计

数据库设计的主要任务是把对象及对象之间的关系映射成关系数据库中的表元素;把对象属性映射成关系数据库的列;将对象间关联、组成和聚合等关系映射成关系数据库中完整性等约束. 在本系统建设中,采用技术上相对成熟稳定的关系型数据库 SQL Server 2000.

业务对象包含多个属性,构成其状态集,反映静态特征和当前所处的状态. 业务对象的行为(流程动作)体现了它的动态特征,是业务对象完成其功能的基础,如入库、检测和出库等这些活动;同时,业务对象之间不是孤立的,它们之间存在各种联系,如库存管理过程中有大量的业务规则,这些规则对业务对象的属性、行为和关系产生了约束. 为了支持该业务功能,必须设置 2 种关键的表:业务表(主要体现业务对象静态特征)和流程表(反映实际业务流程信息,业务流程从逻辑上可以包括 0 个或多个子流程,一个流程或子流程由若干流程动作组成)来完整映射一个业务对象,并将某业务对象内部的流程关系以及各业务对象之间的业务规则关系通过业务逻辑层映射成表内或表间的关联关系或约束. 图 6 表示该系统数据库中各个表之间的关系,它显示了几个主要的表之间的关联关系,从而简化了数据库的设计,使得更新简单,维护方便.

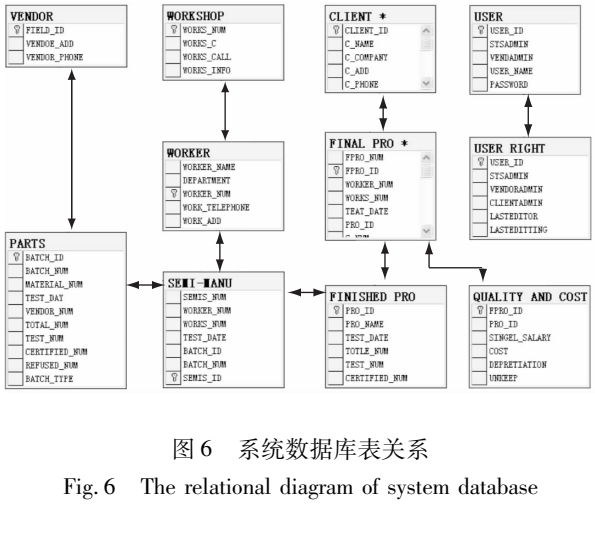


图 6　系统数据库表关系

Fig. 6　The relational diagram of system database

2.4　服务的实现

Visual Studio. NET 是 Microsoft 推出的一套完整的开发工具集合,利用它可以方便、快速地开发出桌面应用程序、Web 应用程序、Web 服务和移动程序等,并且所有的开发工具都使用相同的集成开发环境,这使得它们可以方便地共享应用工具,并用多种

语言开发同一个项目[7]. 本系统中,利用. NET 开发平台编码、调试、测试和部署 Web 服务,并使用 C#语言进行代码编写.

以下仍以库存管理服务为例来阐述企业质量 MES 系统部分功能的实现. 库存管理服务实现的主要功能包括入库、加工检测、出库管理,入库单、出库单输出,日志查询等. 为此在库存管理服务的服务器端代码类 CStorage 中添加若干方法与其功能相对应. 由于篇幅有限,在此仅以个人权限用户查询库存列表为例来说明服务的实现,下面提供了服务器端和客户端的主要代码.

服务器端的主要代码如下:

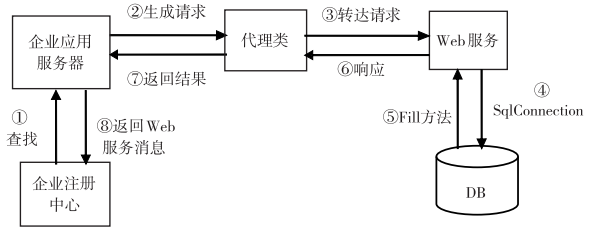
```
<%@ webservice Language = "c#" Class = "CStorage" %>
public class CStorage:System. Web. Service. WebService
{//此类的目的是完成库存管理服务的各项功能
private const string strConnection = "……";
//定义数据库连接字符串,内容略
[WebMethod(Description = "获取用户指定权限内可操作的库存列表")]
public DataSet GetList(int userID,string Tablename)
{//生成数据库连接对象
SqlConnection con = new SqlConnection(strConnection);
DataSet DS = new DataSet();
try{//sqlstr 仅用来获取库存统计列表
string sqlstr = "select * from Doc_Storage where fromUserID = "
 + userID + " and GetDate() < endTime";
//以下代码利用数据适配器执行 SQL 命令并将结果集放入数据集 DS 中
SqlDataAdapter adapter = new SqlDataAdapter();
adapter. SelectCommand = new SqlCommand(sqlstr,con);
adapter. Fill(DS,Tablename);}
catch(Exception e){throw e;}
finally{
if(con. State = = ConnectionState. Open)con. Close();
}
return DS;//返回已填充库存数据的数据集
}
//End of Method
……
//省略 CTransfer 的其他方法
}
//End of Class
```

客户端主要代码如下:

```
<script language = "c#" runat = "server" >
void GridBind(){//执行数据绑定
int userID = Convert. ToInt32(Session. Contents["userID"]);
//获取当前用户 ID
ProtoService_cs. CTransfer
transfer = new ProtoService_cs. CTransfer();
//通过代理对象 Storage 调用服务的 GetList 方法,返回的移交公文信息放入本地数据集 DS 中,
//userID 为当前用户 ID,表 result 用来存放符合条件的库存统计项目
DataSet ds = transfer. GerList(userID,result);
DataView dv = new DataView(ds. Tables["result"]);
DataGridList. DataSource = dv;
DataGridList. DataBind();
}
……
```

2.5 服务的发布与调用

企业及其成员根据功能需要开发并完成 Web 服务的部署后,要将其统一注册到企业 UDDI 注册中心,注册内容包括 Web 服务的访问入口描述和它的 WSDL 文档的访问信息. 下面仍以上述库存管理服务中查询库存任务列表为例来简单说明 Web 服务的调用,如图 7 所示.



注:①和⑧使用 UDDI 技术作为协议;②和⑦使用 WSDL 技术作为协议;③和⑥使用 SOAP 技术作为协议;④和⑤使用 XML 数据表示方式.

图 7 Web 服务调用

Fig. 7 Invocation of Web services

当某用户访问企业质量 MES 系统并递交查询库存任务的请求后,企业应用服务器经查询 UDDI 注册中心获得符合需求的 Web 服务的访问位置和绑定信息;此时,应用服务器通过一个 Web 服务的 SOAP 代理类来访问该 Web 服务,这个代理类根据查到的 WSDL 文档生成(即上述代码中的代理对象 Storage);代理类把客户的请求组成 SOAP 消息并向 Web 服务发送,该服务接到请求后调用 GetList 方法,依上述服务器端代码所示依次通过数据库连接 con 和数据适配器 adapter 的 Fill 方法打开库存任务列表 Doc_Storage 并进行查询,再把结果加载到数据集 ds 返回;企业服务器获取结果数据集后通过 GridBind 操作绑定到控件上并最终显示给用户.

3 结束语
Concluding remarks

SOA 提供了一种松耦合的企业信息化体系结构,Web 服务作为其基本实现方法,是一种理想的企业应用构建技术. 本文提出并实现了一个基于 SOA 的制造数据管理系统,将 SOA 架构应用到 MES 中,可以快速、方便地构建 MES 应用系统,通过其层次结构和大量可复用的柔性 Web 服务组件,使得 MES 具有较大的适应性,使得 MES 应用系统不仅对开发人员具有很大的柔性,而且在生产实施中,可以在一定程度上柔性地适应用户的一些隐性需求,从而极大地提高 MES 开发效率,减少其开发和维护成本.

参考文献
References

[1] 饶运清,李培根,李淑霞,等. 制造执行系统的现状与发展趋势[J]. 机械科学与技术,2002,21(6):1011-1015
RAO Yunqing,LI Peigen,LI Shuxia,et al. A review of the development of manufacturing execution systems (MES)[J]. Mechanical Science and Technology,2002,21(6):1011-1015

[2] 姚逵,梅中义. SOA 技术下的制造执行系统建设[J]. 制造业自动化,2007,29(12):89-93
YAO Kui,MEI Zhongyi. Build manufacturing execution system base on SOA[J]. Manufacturing Automation,2007,29(12):89-93

[3] 简斌,左荣国,闫光荣,等. 基于 SOA 的中小制造企业应用集成系统研究[J]. 计算机工程,2007,33(5):243-245
JIAN Bin,ZUO Rongguo,YAN Guangrong,et al. SOA-based application integration system of small and medium-sized manufacture enterprises[J]. Computer Engineering,2007,33(5):243-245

[4] 梁爱虎. SOA 思想、技术与系统集成应用详解[M]. 北京:电子工业出版社,2007
LIANG Aihu. The SOA thought,technology and the system integration application[M]. Beijing:Publishing House of Electronics Industry,2007

[5] 吕鸣剑,孟东升. 基于 WS-BPEL 的业务流程设计研究[J]. 计算机与数字工程,2009,37(11):189-192
LÜ Mingjian,MENG Dongsheng. Research on design of business process management based on WS-BPEL[J]. Computer & Digital Engineering,2009,37(11):189-192

[6] Freeman A,Jones A. Microsoft. NET XML Web services step by step[M]. Beijing:Tsinghua University Press,2003

[7] Watson K,Nagel C,Pedersen J H,et al. Beginning visual C# 2005 [M]. Hoboken:Wiley Publishing,2005

Design of small & medium-sized enterprises manufacturing execution system based on SOA

YUAN Anfu[1] LI Ling[1]

1 School of Information & Cybernetics,Nanjing University of Information Science & Technology,Nanjing 210044

Abstract Considering the demands of manufacturing execution system for small and mediumsized enterprises and the complexity and high cost of information exchanges,a service-oriented information system is proposed. Compared with the traditional MES architecture,this system is based on web service technology,and can realize information sharing and high scalability of MES. An instance on this architecture is introduced to demonstrate the realization and invocation of several system functions.

Key words SOA;Web service;MES;small and medium enterprise;quality management system