

[经营·管理]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.05.029

基于模块化的产品服务系统设计方法研究

张伟, 周俊

(上海工程技术大学 机械工程学院, 上海 201620)

摘要:为了实现基于模块化的产品服务系统设计方法,文中提出了定性分析方法:将产品服务系统包含的服务划分为产品相关性服务和产品无关性服务;通过建立产品各结构模块和各产品相关性服务之间的关联矩阵,找到两者之间的关系;再对每个产品相关性服务提出可量化指标,如经济性、灵敏性、效用性等,通过增加或修改相关的产品模块满足上述可量化指标的要求,最终实现产品和服务的集成设计。

关键词:产品服务系统;模块化;集成设计;关联矩阵

中图分类号:TBI15.2 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2014)05-0122-04

Design Method Research of Product Service System Based on Modular Methodology

ZHANG Wei, ZHOU Jun

(College of Mechanical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: In order to achieve the design of product service system based on modular methodology, this paper presented a qualitative analysis method: first divided the service set which was contained in product service system into product relevance service set and product irrelevant service set; found the relationship between each structural modules and various service through the establishment of correlation matrix; then made quantifiable indicators for each product relevance services, such as economy, agility, effectiveness, etc., by increasing or modifying related products modules to meet the requirements of quantifiable indicators, and ultimately integrated the design of products and services.

Key words: product service system; modular methodology; integrated design; correlation matrix

随着工业的迅速发展,人们的物质生活水平得到极大提高,但环境污染和资源短缺问题也日益凸显。在此背景下,联合国环境规划署(United Nations Environment Programmer, UNEP)于1994年首次提出了产品服务系统(Product Service System, PSS)的概念^[1],指客户可以直接享受产品而不需购买产品,如汽车共享^[2]、租赁服务等;甚至可以直接获得效益,如某集团为客户提供的一体化解决方案^[3]。

在传统的产品设计方法体系中,产品设计与服务设计有清晰的界限,主要是因为二者属性的差异,体现在产品是有形的,具有保值性;而服务是无形的,具有易逝性。但是在基于产品服务系统的设计体系中,二者的界限开始变得模糊,越来越多的企业也更倾向于

通过产品和服务的集成设计为客户提供一体化解决方案。产品提供模式的转变必然导致产品设计方法的转变^[4],需要一套全新的设计方法学来支持PSS模式下的产品设计。为了便于管理、设计、装配、运营等目的,将复杂系统按不同功能划分为多个独立的、可替换的组件,此方法称之为模块化方法^[5]。由于模块的共享性等优势,模块化设计方法已被广泛应用于产品设计中,但在产品服务系统的研究中应用还比较少。

本文首先分析了产品服务系统中的服务,建立服务集并提出了服务模块化设计方法,然后运用关联矩阵实现服务模块到产品模块的映射,定性地分析了服务模块与产品模块的关系,最后对服务模块提出可定性分析的指标,通过对产品模块的优化设计实现服务模块的功

收稿日期:2014-04-20;修回日期:2014-07-02

作者简介:张伟(1990),女,山东冠县人,硕士研究生,主要研究方向为基于产品服务系统的机械产品设计。E-mail:weiyi.shijie@163.com

能,实现产品服务系统下的产品和服务的集成设计。

1 研究现状和存在的问题

目前学者们已经对产品服务系统做了大量的研究工作,从 Wise 和 Baumgartner 的研究来看,许多制造业来自服务活动的收入是产品的 10~30 倍,这也进一步吸引了更多的学者围绕 PSS 展开研究^[6]。Morelli 提出利用 IDEFO 设计 PSS 总体功能并采用服务蓝图法表达 PSS 方案^[7-8];朱海华对客户需求驱动的产品服务系统在航空 MRO 领域的应用进行了研究^[9];Komoto 等提出了集成生命周期仿真的 PSS 设计工具—ISCLS (Integrated Service CAD With Life-Cycle Simulator)^[10];针对集成服务产品,Li 等提出采用“由顶向下”和“由底向上”的策略去支持产品与服务的模块划分过程,具体实现方法则利用质量功能展开和映射矩阵^[11];对于产品服务系统的模块化设计,李浩提出了从微观和宏观角度出发,基于系统学原理和 QFD 理论进行设计的思路^[12]。以上学者针对 PSS 的研究已有了初步的应用,但仍没有实质性的改变企业产品和服务的设计模式,尤其是在产品设计与服务设计之间的信息共享、产品功能与服务质量的匹配以及产品服务一体化解决方案的优化设计等方面,都还缺乏相应的研究。但由于产品功能和服务之间的相互影响,必须通过两者的集成设计而不是简单的排列组合来满足相关解决方案的要求^[13]。

2 服务模块划分

由于服务的无形性、易逝性等特点,利用传统的产品设计方法很难实现产品与服务的集成,因此本文在对产品服务系统中的服务进行设计时,根据服务和产品在 PSS 中的关系,把服务划分为产品相关性服务和产品无关性服务。如表 1 所示,产品相关性服务 (Product Relevance Service, PRS) 即需要特定的产品模块支撑才可以实现的服务,如在线故障诊断服务、远程质量监控服务等;产品无关性服务 (Product Irrelevant Service, PIS) 是指对绝大多数复杂产品通用,且不需要产品模块就可完成的服务,如产品配送、安装等服务。

表 1 基于服务属性的分类

Table 1 Classification based on service properties

属性	特征	举例
产品相关性服务 PRS	与产品结构或功能相关	在线故障诊断、远程监控等
产品无关性服务 PIS	通用性、与产品无关	配送、安装等

3 构造 P-PRS 设计关联矩阵

为了实现产品与服务的集成设计,首先需要找到与服务模块相关的产品模块。文中采用设计结构矩阵 (Design Structure Matrix, DSM) 的方法,利用布尔标示变量 0 和 1 来表示二者之间的关系。其中, P_j 代表某产品模块, P_{RS_k} 为服务的可定量分析指标,如公式(1)设计结构矩阵所示。由于 DSM 方法可以形象地表示系统各组成之间的关系,因此被广泛应用于产品设计过程^[14]。通过 DSM,可以定性地观察产品相关性服务和产品模块之间的关系,并找出与之服务相关的产品结构模块。由于服务具有无形性、差异性等特点,仅仅依靠上述定性分析结果仍难以实现服务与产品的集成设计,还需要用设计特性语言描述各服务模块及其属性。具体而言,还需要提出该服务的可定量分析指标 P_{RS_k} ,并逐一映射到与之相关的产品模块,最后通过产品模块的增减或优化来实现基于 PSS 的产品设计。

$$F(P_{RS_k}, P_j) = \begin{cases} 1 & \text{服务与产品设计相关} \\ 0 & \text{服务与产品设计无关} \end{cases}$$

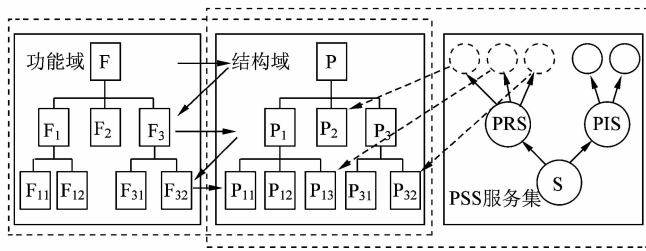
$$[F(P_{RS_k}, P_j)] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & 1 & \cdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

具体到产品设计过程,如图 1(a)所示,首先需要对原始产品利用模块划分方法,自上而下逐级划分得到产品的功能模块库 F 和产品结构模块库 P,然后从不同的产品服务系统中分别提取各自的服务要素,建立产品服务系统的服务集 S; $F_1, F_2, F_3, F_{11}, \dots, F_{31}$ 代表各级功能子模块; $P_1, P_2, P_3, P_{11}, \dots, P_{32}$ 代表各级结构子模块。再根据各服务与产品的关系划分为产品相关性服务 PRS(用虚线圈表示)和产品无关性服务 PIS(用实线圈表示)。最后将由产品相关性服务 PRS 构成的服务集合 $\{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ 与已划分好的产品结构模块进行映射得到产品基于 PSS 的结构域 P' (P-PRS),如图 1(b)所示。用虚线框表示经过产品与服务集成设计后发生改变的产品模块 P' ;而对于没有发生变化的产品模块及子模块,仍然用实线框表示。如 P'_{13} 就是集成 PRS 后,基于产品原功能模块进行的优化设计。

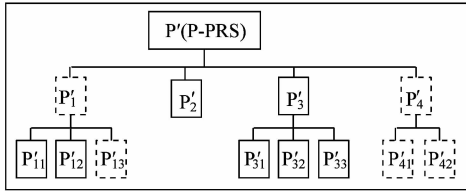
4 实例分析

以家用全自动洗衣机为例验证上述方案的可行性。由于洗衣机已经是一款非常成熟的复杂产品,因此直接通过查阅相关资料得到了洗衣机的产品模块库

P_j 。如图 2 所示。



(a) 模块划分和服务集的建立



(b) 基于 PSS 的结构域

图 1 服务和产品的集成设计流程图
Figure 1 An integrated design flow chart of services and products

1) 基于产品服务系统的服务分析

通过查阅一些资料,并且调研一些洗衣机品牌的销售人员了解目前存在的服务以及未来会开发的一些服务,据此创建了服务集,如表 2 所示。依据服务功能的实现或服务的优化设计与产品是否具有相关性,将服务模块分类汇总创建 PRS 服务集和 PIS 服务集:如表 2 中 S_1 所示,洗衣机的安装服务是需要根据洗衣机的产品结构布置进排水路和供电设施,该服务的完成不仅与产品功能结构相关,还与产品所处的工作环境相关,因此文中把安装划分为产品相关性服务。

2) 建立关联矩阵

为了实现产品和服务的集成设计,需要建立洗衣机结构模块图(图 2)和产品相关性服务集(表 2)之间的关联矩阵,找出与产品相关性服务相关的产品结构模块。通过上述关联矩阵,文章定性地分析了与服务相关的产品结构。选取表 3 所示的 S_3 (远程监控服务),即通过实时信号检测判断洗衣机的工作状况为进

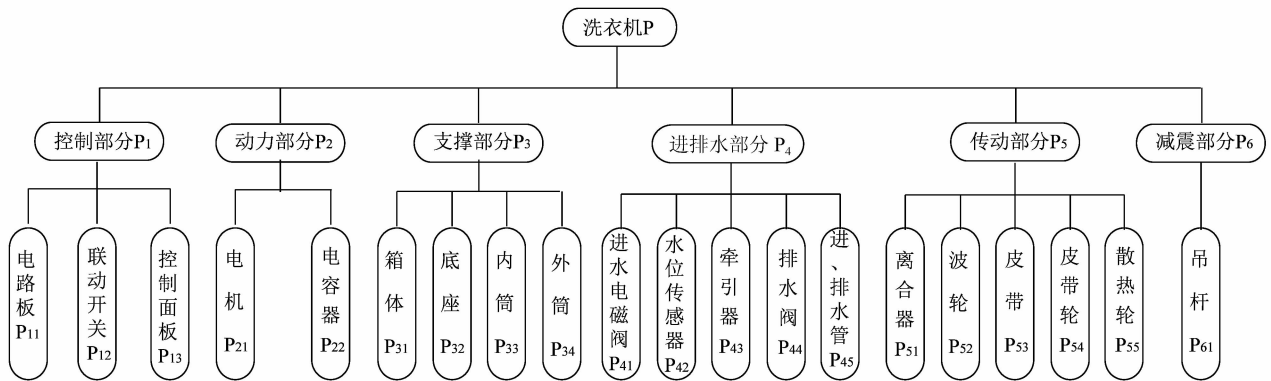


图 2 产品结构模块图

Figure 2 Product Structure module

表 2 基于产品服务系统的服务集
Table 2 Set of products and services based on the service system

序号	服务项目	属性	序号	服务项目	属性
S_1	安装服务	PRS	S_8	消费咨询	PIS
S_2	租赁服务	PRS	S_9	消费信贷	PIS
S_3	远程监控服务	PRS	S_{10}	定期消毒养护	PIS
S_4	回收再制造服务	PRS	S_{11}	在线预约服务	PIS
S_5	远程诊断服务	PRS	S_{12}	零配件供应	PIS
S_6	一体化解决方案	PRS	S_{13}	配套设施提供	PIS
S_7	定制服务	PRS	S_{14}	运送、维修	PIS

一步研究对象。若希望实现该服务,在洗衣机设计之初就应充分考虑系统的可监控问题,即与产品功能结构设计同步进行,完成监控系统的嵌入式设计。

远程监控服务的分析指标有:经济性、敏感性、适用性、有效性、可靠性等,转化为产品设计要求即为选择合适的传感器及传感器数目,确定监测点的数目及位置分配等。目前,机械系统监测点可划分为 5 类:性能参数监测点、瞬时转速监测点、油液监测点、振动监测点、其他类型监测点^[15]。文中主要关心洗衣机电机的转速、进出水口的流量、振动噪声等参数,因此,后续工作就是在上述服务分析指标下,完成系统监测设计方案。

5 结语

文中针对基于产品服务系统的设计方法问题,围绕产品与服务集成设计这一着眼点,提出了基于模块化的定性分析方法,创造性地将 DSM 和可定量分析

表3 洗衣机结构与产品相关性服务的关联矩阵

Table 3 Design Structure Matrix for washing machine structure and product-relevance services

序号	P ₁			P ₂		P ₃				P ₄					P ₅					P ₆
	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₂₁	P ₂₂	P ₃₁	P ₃₂	P ₃₃	P ₃₄	P ₄₁	P ₄₂	P ₄₃	P ₄₄	P ₄₅	P ₅₁	P ₅₂	P ₅₃	P ₅₄	P ₅₅	P ₆₁
S ₁	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
S ₂	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₃	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
S ₄	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S ₅	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
S ₆	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
S ₇	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0

指标应用到产品服务系统的设计过程中。通过在洗衣机远程监控服务设计中的应用,验证了该方法的有效性,具有一定的现实指导意义。目前,基于产品服务系统的设计方法理论还比较少,如何将成熟的传统设计理论继承到 PSS 设计方案中是后续的研究方向。

参考文献:

[1] ROY R. Sustainable product-service systems [J]. Futures,2000,32(4):289-299.

[2] WHITELECG J, BRITTON E. Car sharing 2000: a hammer for sustainable development [J]. Journal of World Transport Policy and Practice,1999,5(3):129-138.

[3] 林文进,江志斌,李娜.服务型制造理论研究综述[J].工业工程与管理,2009,14(6):1-6.

[4] 杜鹤民.基于系统化思想的产品服务系统设计方法研究[J].现代制造工程,2013(8):42-46.

[5] 侯亮,唐任仲.产品模块化设计理论、技术与应用研究进展[J].机械工程学报,2004(1):56-61.

[6] WISE R, BAUMGARTNER P. Go downstream: the new profit imperative in manufacturing [J]. Harvard Business Review, 1999(9):133-141.

[7] MORELLIN N. Developing new product service systems (PSS): methodologies and operational tools [J]. Journal of Cleaner Production,2006,14(17):1495-1501.

[8] 张在房,于伟,刘园.产品服务系统设计问题分析与研究进展[J].河北科技大学学报,2013,34(5):381-421.

[9] 朱海华.客户需求驱动的产品服务系统在航空 MRO 领域的研究[D].南京:南京理工大学,2013.

[10] KOMOTO H, TOMIYAMA T. Systematic generation of PSS concepts using a service CAD tool [M]. London:Springer,2009.

[11] LI Hao,JI Yangjian, GU Xinjian, et al. Module partition process model and method of integrated service product [J]. Computers in Industry,2012,63(4):298-308.

[12] 李浩,祁国宁,纪杨建,等.面向服务的产品模块化设计方法及其展望[J].中国机械工程,2013,24(12):1687-1695.

[13] 李浩,乔东平.复杂集成服务型机械产品模块化结构建模综述[J].河北科技大学学报,2013,34(2):102-107.

[14] 程贤福,陈诚.基于设计关联矩阵与可拓聚类的产品模块划分方法[J].机械设计,2012,29(1):5-9.

[15] 张月雷.机械系统可监测性设计理论及在船舶机械中的应用研究[D].武汉:武汉理工大学,2011.

2015 年度《中国特种设备安全》杂志征订启事



(原《中国锅炉压力容器安全》)

主管单位:国家质量监督检验检疫总局
 主办单位:中国特种设备检测研究院、中国特种设备检验协会、中国锅炉水处理协会
 出版单位:中国锅炉压力容器安全杂志社

刊 号:ISSN 1673-257X
 CN 11-5345/TK
 单本定价(元):20.00
 邮发代号:82-411
 出版日期:每月 30 日
 刊物版式:大 16 开
 发行范围:全国

《中国特种设备安全》自 1985 年创刊以来,始终坚持宣传国家安全生产方针,服务特种设备安全监管职能部门和检验检测机构,服务基层用户,为社会各界提供技术交流平台的办刊宗旨,在特种设备安全监察检验研究领域获得了良好的声誉。

《中国特种设备安全》杂志读者对象:从事锅炉、压力容器、压力管道、电梯、起重机械、场(厂)内机动车、客运索道、大型游乐设施等特种设备相关行业监察、检验检测人员;科研、设计、制造、安装、产品

销售、管理人员;使用、维修、检验人员;工程院校的教学和管理的人员;中高级技术工人。

《中国特种设备安全》杂志主要栏目:政策导向、科技视点、法规标准、试验研究、安全分析、检测技术、管理技术、节能监督、事故分析、行业动态等。

订阅方法:直接向中国锅炉压力容器安全杂志社订阅,也可通过全国各地邮局订阅。

订费汇至:

开户银行:交通银行北京和平里支行
 帐号:110060224018001067649

户名:北京劳安特种书刊服务部
 地址:北京市朝阳区和平街西苑 2 号楼 邮编:100029

联系人:袁龙妹 手机:13691535228
 电话:(010)84279798 传真:(010)84273124 59068615

欢迎访问 www.csespub.org 中国锅炉压力容器安全杂志社 查阅订购指南