

基于 Web2.0 的产品配置知识管理*

董建峰, 代 风, 白福友, 顾新建*, 纪杨建
(浙江大学 现代制造工程研究所, 浙江 杭州 310027)

摘要:在产品配置系统日益网络化的环境下,为了满足产品配置知识在企业知识网络中更好地共享与重用的需求,将 Web2.0 的思想和方法引入到产品配置知识管理中。提出了一种基于适配器模式的产品配置知识描述模型,以大众参与的方式来实现企业产品配置知识的积累及其有序化。在此基础上,构建了基于 Web2.0 的产品配置知识管理系统基本框架,描述了系统在知识管理各个阶段的特点,并结合标签技术及产品结构模型详细研究了产品配置知识的自组织技术及智能推送技术。最后开发了相应的软件系统,应用于某装载机配置设计的知识管理。研究结果表明,基于 Web2.0 的产品配置知识管理促进了配置知识在企业中的共享与重用。

关键词:产品配置; Web2.0; 知识管理; 知识共享

中图分类号:TH166

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)05-0509-07

Web2.0-based product configuration knowledge management

DONG Jian-feng, DAI Feng, BAI Fu-you, GU Xin-jian, JI Yang-jian

(Institution of Manufacturing Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: In order to meet the requirements for better sharing and reuse of product configuration knowledge in enterprise knowledge network when the product configuration systems are more Web-based, the ideas and methods of Web2.0 were introduced into product configuration knowledge management. A description model of product configuration knowledge based on adapter pattern was put forward to bring the staff of enterprise into the accumulation and ordering process of product configuration knowledge. Furthermore, the framework of Web2.0-based product configuration knowledge management system was presented, the characteristic of the system in all phases of knowledge management was described. The self-organization technology and intelligent recommendation technology of product configuration knowledge were researched based on the production structure model and tagging. Finally, a software system was developed for the knowledge management of loader configuration design. The research results indicate that Web2.0-based product configuration knowledge management promotes the sharing and reuse of configuration knowledge in enterprise.

Key words: product configuration; Web2.0; knowledge management; knowledge sharing

0 引 言

知识创新正成为企业在“知识经济”时代取得竞争优势的新要素。产品配置设计作为一种典型的基于知识的设计活动,通过可配置的产品来满足客户对产品个性化日益增长的需求。产品配置知识的共享与重

用,可以提升产品配置的效率,促进企业的知识型创新,在剧烈多变的市场竞争中快速响应客户个性化的需求。

人们对产品配置知识管理开展了大量的研究。有学者通过本体及语义网等技术进行产品配置知识及产品配置建模,以此来促进产品配置知识在网络化环境下的共享与重用^[1-5]。也有学者研究产品配置模型及

收稿日期:2010-12-09

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60974083);国家高技术研究发展计划(“863”计划)资助项目(2009AA04Z146);国家科技支撑计划资助项目(2011BAB02B01)

作者简介:董建峰(1986-),男,浙江嘉兴人,主要从事知识管理、产品配置等方面的研究. E-mail: djf_zj@163.com

通信联系人:顾新建,男,教授,博士生导师. E-mail: xjgu@zju.edu.cn

产品配置知识的动态性,并通过一定方式实现产品配置知识的维护、更新与再组织^[6-8]。这些方法为产品配置知识管理研究提供了较好的思路。但传统的产品配置知识管理仍存在如下问题:①产品配置知识维护代价高^[9];②配置过程缺乏有效的粗粒度知识整合手段;③产品配置知识推送功能较弱;④隐性产品配置知识积累难。

针对上述问题,笔者提出将 Web2.0 的思想和方法引入到产品配置知识管理系统中,利用企业员工的智慧,协同完成产品配置知识的积累、维护、有序化和主动推送等工作,促进产品配置知识在企业中的共享与重用。

1 概述

近年来,Web2.0 网站及其技术得到了快速发展。

表 1 基于 Web2.0 的产品配置知识管理与传统的配置知识管理比较

	传统的配置知识管理	基于 Web2.0 的配置知识管理
知识获取	知识获取手段单一,主要依靠专家建立配置规则	多元化的知识获取手段,发挥全体企业员工的作用,通过多种渠道获取知识,挖掘企业隐性知识
知识建模	特殊的知识模型形式,主要是规则型配置知识	通过知识适配器模式,集成不同粒度、不同结构化和规范化程度的配置知识,促进知识的共享与重用,扩展产品配置知识的应用范围
知识转移	对知识转移没有关注,配置知识在异质系统间共享困难	配置知识在企业组织中、在人与机之间及在不同过程和产品之间转移
知识利用	单一的应用平台,多用于产品配置器的求解	多种知识应用平台,可以对产品的人机交互配置过程提供知识支持

2 系统框架

基于 Web2.0 的产品配置知识管理系统框架如图 1 所示。

2.1 产品配置知识的获取

产品配置知识的获取是产品配置知识管理的第一阶段,是一切产品配置信息的来源。若配置知识库能够及时有效地获取客户对产品的需求信息、产品零部件的供求情况及产品配置人员的经验知识等,并在产品配置设计过程中有效帮助设计人员快速完成配置,且准确地体现用户对产品的需求,对产品配置系统获得成功具有重要意义。

企业产品配置知识以其高度的规范化而成为企业中较为孤立的知识库,知识来源面窄,知识更新速度慢。在如今瞬息万变的市场环境中,知识信息的时效性受到越来越多关注,这对配置知识的获取提出了新的要求。及时有效的信息能够帮助企业时刻把握市场动向,在竞争中处于有利地位。

目前业界比较认可的 Web2.0 概念是 Blogger Don 在“Web2.0 概念诠释”中的定义:Web2.0 是以 Flickr、Craigslis 等网站为代表,以 WIKI、SNS、Blog、Tag 等社会软件的应用为核心,依据六度分隔、XML、Ajax 等新理论和技术实现的互联网新一代模式^[10]。基于 Web2.0 的系统具有自组织、可增长、可观察等特点,为用户带来个性化、去中心化和信息自主权。

本研究将 Web2.0 的思想和方法引入到产品配置知识管理中:利用维基的方式,挖掘企业员工的隐性配置知识;利用标签及大众评价的方式促进配置知识的有序化;通过维基的方式支持产品配置知识版本的快速更新;引入客户的社交网络,根据客户的评价建议推出主流配置方案等。

基于 Web2.0 的产品配置知识管理与传统的配置知识比较如表 1 所示。

基于 Web2.0 的产品配置知识管理系统提供多方面的知识获取途径,扩展产品配置知识的知识来源,并提升知识的时效性:

(1) 系统从指定网站自动抓取相关知识。以装载机配置为例,可以对中国装载机网、中国路面机械网装载机频道、佳工机电网装载机频道等进行监测,实时更新,抓取网站上的最新内容。在抓取的同时,可以根据具体的专业领域进行知识分类^[11]。

(2) 集成企业文档管理系统,如设计手册、技术标准等文档。

(3) 系统提供一定的方式集成企业现有的产品配置知识,这将在下一节论述。

(4) 整合外部公开的专利、文献等知识。

(5) 采用维基共建的方式,让企业参与配置的人员方便地共享自己的部分可以显性化的隐性配置知识。

(6) 可以实时通过网络获取零部件供应商的供应信息。

(7) 为千变万化的客户需求信息构建客户需求知识库。

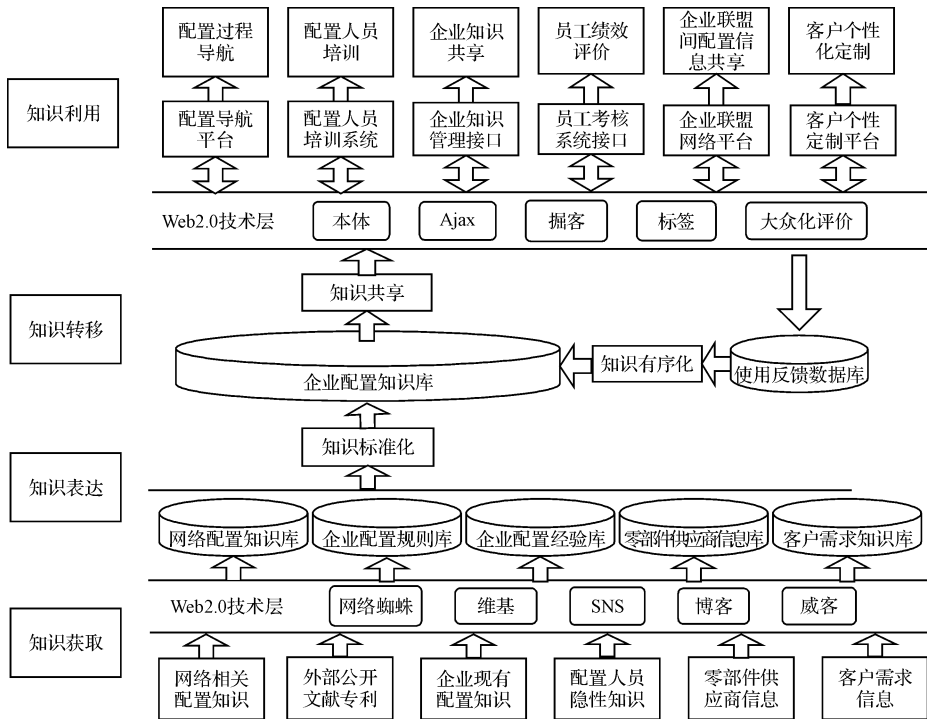


图1 基于 Web2.0 的产品配置知识管理系统框架

2.2 产品配置知识模型

构建知识模型的目的是使人能够更快速地掌握和利用知识,使计算机能够有效地理解和应用知识^[12]。产品配置知识模型主要分为两类:①面向计算机的产品配置知识模型,主要包括:基于连接的知识模型,基于规则的知识模型,基于资源平衡的知识模型等等。其中基于规则的知识模型较为常用,这类模型高度规范,形成企业的设计标准,更新慢,建模难度大。②面向设计人员的产品配置知识模型,主要表达形式为文献、专利、标准、企业内部的各种文档及相关人员的经验等。这类模型形式多样,不需要进行特别处理。

传统的基于规则的产品配置知识模型更适于产品配置器的利用,擅长于推理操作,而不适合知识的表述,只有少数的配置系统专家及计算机专家能够理解,造成知识库难于共享扩充,知识库维护代价昂贵。而传统的文献等知识虽然能够被配置人员很好地理解,但对于配置系统却没有直接用处。

为此,笔者提出一种适配器的模式。适配器模式是一种程序设计模式,其 UML 图如图 2 所示^[13]。产品配置知识适配器模型的 UML 图如图 3 所示。

传统的配置规则知识通过相应的知识适配器,添加恰当文字表述及相应的参考文献、专利标准等等,获得相应的知识展示能力,提升知识的表述能力及可理解性,降低了知识维护的门槛,进而利用 Web2.0 的优势,让普通的企业知识型员工参与其中,进行大众化的

知识维护与升级,而不仅仅是依靠配置系统专家。

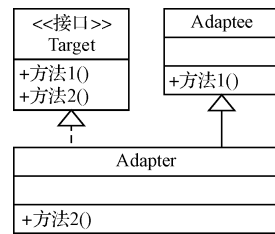


图2 适配器模式的 UML 图

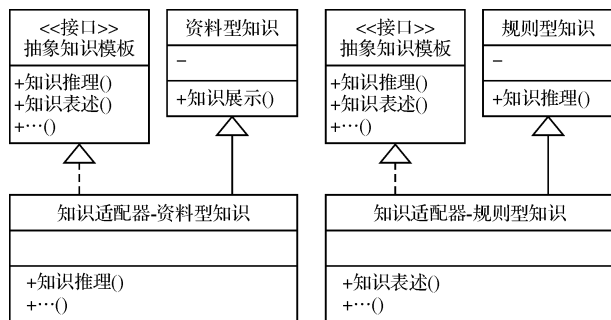


图3 知识适配器模型

知识适配器模式也为传统的粒度较大的资料型知识转化为粒度较细的配置规则知识提供了便捷的途径。配置人员从某篇文献、专利或某员工的经验分享中总结出某条配置规则,此时可以通过知识适配器模式,给该篇知识添加相应的规则,实现知识推理接口。采用维基式规则编辑模式,依靠广大员工一起编辑规则,提高了规则产生的效率及准确性,也清楚地展示了规则形成的来龙去脉。企业在具体应用时,可以建立

一定的规则实施审批机制,验证其一致性,以保证配置规则的严谨性。

显然,知识适配器可以促进各种知识类型之间的转化与共享。

2.3 产品配置知识的转移

在企业的产品设计过程中,特别是在复杂产品的设计过程中,设计人员需要不断获取各个阶段的知识,并不断将设计数据与设计知识进行相互转化。

基于 Web2.0 的产品配置知识管理系统促进各种知识在企业组织中的转移、在人与机之间的转移及在不同过程和产品之间的转移:

(1) 产品配置知识在企业组织间转换。产品配置涉及产品生命周期的各个阶段,也与企业各个部门相关。产品生命周期是一个循环往复的过程,通过标准化的知识模型,产品配置知识也将随着这一过程在企业各个部门间得到循环利用。

(2) 产品配置知识在人与机之间转换。通过上述的知识适配器模式,系统方便地实现了知识在人与机之间转换,通过不同的知识适配器使配置知识能够更好地被企业员工理解,或更好地被计算机识别。

(3) 产品配置知识在不同过程和产品之间转换。例如,通过记录配置过程中采用某个零部件的频次,生成的配置实例等等数据,并进行数据挖掘,发现其中的知识,使其成为产品配置知识库的一部分,反过来指导产品配置过程。

2.4 产品配置知识的利用

知识管理的目标是知识的共享与重用。在基于 Web2.0 的产品配置知识管理系统中,知识的复用过程也是知识的有序化过程。系统通过记录用户在使用知识过程中各种细微的行为数据,从中挖掘有效信息,为用户提供更加精准的知识,让用户更加愿意使用系统,从而达到一种良性循环。系统扩展了产品配置知识的应用范围,可以支持以下的知识应用:

(1) 配置过程导航。系统在配置人员进行配置设计时,智能推送相关的配置知识,为配置过程提供导航。

(2) 企业知识共享。系统通过标准化的知识模型,使产品配置知识能够融入企业知识网络的不断共享与重用过程中,促进了产品配置知识在企业异质系统间的共享。

(3) 配置人员培训。系统集成产品生命周期各个阶段的配置知识,结合认知地图等工具的辅助,方便对企业新员工进行培训。

(4) 员工绩效评价。系统提高了普通员工在系统中的参与度,且记录了员工在系统中的一举一动,每个员工对知识共享的贡献一目了然,可以作为企业员工绩效考核的一部分。

(5) 企业联盟间共享配置知识。当联盟企业间的配置知识库都以标准化的形式存在,则可以通过 Web Service 等方式在企业联盟间共享企业的配置知识库。

(6) 客户个性化定制平台。系统以企业配置知识库为依托,开放某些产品的客户个性化定制平台,以浅显易懂的配置知识指导客户完成产品配置,增强客户的参与感,进一步收集用户需求信息。

3 系统关键技术研究

3.1 产品配置知识自组织技术

随着产品零部件数目的增多和设计复杂度的增加,配置知识库中的配置知识也随之快速增长。但知识的质量往往良莠不齐,分类混乱无序。系统需要对知识库中的知识进行有序化,即对知识进行分类、评价等操作。产品配置知识的组织方式直接影响到产品配置的效率 and 正确性^[14]:

(1) 基于标签的产品配置知识分类。标签分类法又称大众分类法(Folksonomy),是通过大众协作的方式创建和管理标签从而对信息内容进行标注的分类方法^[15-16]。基于 Web2.0 的产品配置知识管理系统采用标签分类方法,系统用户都可以为配置知识添加适当的标签以方便检索。由于知识库庞大,对于暂时没有添加标签的知识,系统抽取该知识的关键词作为默认标签。当对某篇知识添加标签时,大众使用较多的标签会被推荐给用户,标签也会越来越准确地描述知识,使系统的知识“搜准率”和“搜全率”得以提高。而且标签分类技术与产品结构树结合,使得产品配置知识能以结构化的方式组织。

(2) 基于知识使用的产品配置知识有序化。要在海量的产品配置知识库中,获取有价值的知识,需要对知识进行评价。但配置知识因其专业性强、数量多、变化快,仅靠少数专家进行评价,显然难以满足需要。若要求广大工作在一线的员工进行专门的知识评价,将会耗费较多的工作时间。

配置知识的日常使用行为本身及使用效果或多或少体现了一种对知识的有意识或无意识的评价。如配置知识在配置过程中较多地被采用,则说明其价值较大,配置规则在使用中获得较高的配置成功率也体现了该配置知识价值较大。知识的日常应用行为还包

括:知识阅读、下载、推荐、打分、关联、评论、引用等。若对这些行为及使用效果进行记录并给予不同的分值,则知识被使用的越多,该知识的得分就越高。通过统计各个平台的知识使用行为,积少成多,就有可能得到关于知识较准确的评价,减少知识评价的时间和成本。通过相应的激励机制,可以提高员工参与知识共享和知识评价的积极性、主动性和创造性。最终有利于形成一种员工积极知识共享和评价、知识库中的知识越来越完善和有序化、员工利用知识库的积极性越来越高的正反馈循环机制和系统。

(3) 面向知识应用平台的知识有序化。基于 Web2.0 的产品配置知识管理系统中的配置知识可以在企业不同应用平台中使用,但是各个平台使用知识的侧重点不尽相同。如果仍以统一的标准来衡量知识权重,对知识进行评价及有序化,势必不能很好地满足用户在不同应用环境下的需求特点:在配置导航过程中,用户更关注配置知识能够带来更好的配置求解结

果;在需求分析中,用户更关注客户的需求知识,重视客户对产品的反馈信息;在工艺设计中,用户更关注产品中零部件的特殊工艺要求等信息;在产品装配中,用户更关注零部件间的相对位置,配合精度等知识;在产品维修中,用户更关注产品的维修历史,维修案例等信息;在产品报废回收中,用户更关注产品结构,零件材料成分等知识;在配置人员培训系统中,用户则更关注配置知识的全面性及可理解性;在企业知识共享中,用户更关注知识在整个产品生命周期中的通用性;在员工绩效评价系统中,则更关注员工所贡献知识所带来的价值,如重用程度;在客户个性化定制平台中,则更关注知识的通俗性及产品在客户中的受欢迎程度;等等。

定义知识应用平台 j 中的知识使用活动相对于知识应用平台 i 的权重系数为 $R_{ij}(0 \leq R_{ij} \leq 1)$,知识应用平台知识使用活动相对于自身的权重为 1, 根据企业实践经验建立系统中各个知识应用平台间的权重关系矩阵,如表 2 所示。

表 2 知识应用平台间的权重关系矩阵

	知识应用平台 1	知识应用平台 2	...	知识应用平台 i	...	知识应用平台 n
知识应用平台 1	$R_{11} = 1$	R_{12}		R_{1i}		R_{1n}
知识应用平台 2	R_{21}	$R_{22} = 1$		R_{2i}		R_{2n}
...						
知识应用平台 i	R_{i1}	R_{i2}		$R_{ii} = 1$		R_{in}
...						
知识应用平台 n	R_{n1}	R_{n2}		R_{ni}		$R_{nn} = 1$

本研究使用 P_j 表示知识应用平台 j 中某项知识使用活动的分值,则该行为相对于知识应用平台 i 的分值 $P_{ij} = p_j R_{ij}$,知识在知识应用平台 i 中的权重综合了各个知识应用平台间的知识使用反馈 $\sum_{j=1}^n p_j R_{ij}$ 。

如某篇知识在企业培训平台被下载,假设这一行为使该知识的价值增加 5 分,若企业培训平台对配置导航平台的权重为 0.8,则该篇知识在配置导航平台中的价值增加 $5 \times 0.8 = 4$ 分。这种方式使得知识在有序化过程中既利用了知识在各个平台间的知识使用信息,又能够很好地适应每个知识应用平台。综合各个方面的用户反馈信息,产品配置知识经过不断的自组织,更加适合各个平台的使用。面向知识应用平台的知识有序化模型如图 4 所示。

3.2 产品配置知识智能推送技术

产品配置涵盖了产品生命周期的各个阶段,包括产品的需求分析、设计开发、工艺规划、生产制造、售后服务等阶段^[17-18]。而对于比较复杂的产品,如 MTO、ETO 及 RTO 产品,配置系统只能进行大致的方案设

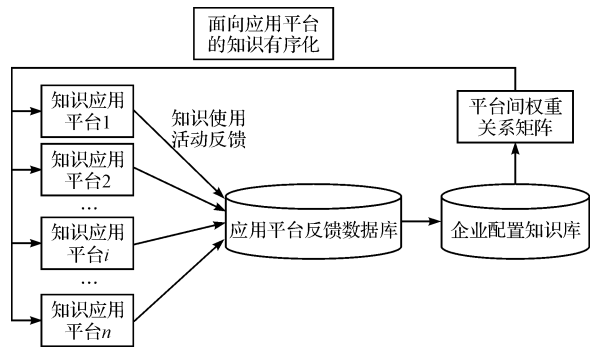


图 4 面向知识应用平台的知识有序化模型

计,很难全自动地工作^[19]。这时就需要配置人员进行大量的交互设计。在成千上万条的产品配置知识中,如何获取当前所需的产品配置知识是一个亟需解决的问题。

笔者提出一种以产品结构树关联产品配置知识,并在产品配置的不同阶段进行知识映射的配置知识智能推送技术:

(1) 以产品结构树关联产品配置知识。产品配置往往与产品结构树紧密相关。产品结构树描述了一个可配置的、包括所有标准构件的模块化产品系统的组

成情况。产品配置过程依据产品结构树,结合用户需求及零部件供应信息对产品进行重新组织。产品结构树是产品配置过程中的核心对象。用户可以在查看知识过程中为其添加相应的标签,也可以为产品结构树中的某个节点添加相应的标签。系统根据产品配置知识及产品结构树节点的标签情况及相关名称、关键词实现配置知识与产品结构树的关联。这种方式克服了目前标签使用中标签间关系不明确,无法进行结构化表示的缺陷。当配置知识关联至产品结构树后,可以进行结构化表示,借助图形化展示工具,实现图形化展示。配置知识可以根据关联节点间的影响深度计算知识间的相关程度,当用户在关注产品结构树中某个节点的配置时,系统推送给用户的配置知识不仅包括与该节点直接关联的配置知识,也包含与其相关程度较高的配置知识。

(2) 以产品配置阶段映射知识。产品结构树在产品配置的不同阶段,往往被映射成不同的产品结构树视图。这种映射实际上是基于一定查询条件的过滤。针对产品结构树的映射情况,系统将产品配置知识库也进行相应的映射过程,实际上是经过一定的查询规则过滤不相关的知识,使知识推送更加精确。如产品结构树中与设计阶段相关的某节点在面向装配的结构视图中被系统过滤,同时与该节点相关联的配置知识也被知识库过滤,用户在面向装配的配置设计中不会得到该知识。由于过滤是基于查询条件的,很可能出现这样的情况,即某子节点在过滤后被视图选中,但其父节点却在筛选过程中被过滤。为了不破坏产品结构树的完整性,系统会将父节点作为虚节点显示,而其相关联知识依然不可用。系统可以为配置知识建立相应的过滤规则,明确限制其可被获取的范围。这种过滤机制同时也实现了一定程度的配置知识权限控制,使用户无法看到与他无关的产品配置知识,实现用户与知识的隔离。如在客户个性化定制平台中,就可以提供较少的配置选项,而系统推荐给用户的知识也将仅仅是与该部分相关的配置知识,从而确保企业核心知识不外泄。产品配置知识关联及映射模型如图 5 所示。

4 系统实现

本研究以某轮式装载机配置为案例,基于 J2EE 技术构架,使用 MySQL 作为系统数据库,采用 Tomcat 服务器部署系统,开发了基于 Web2.0 的产品配置知识管理系统。

系统包括网络新闻模块、知识共享模块、产品配置

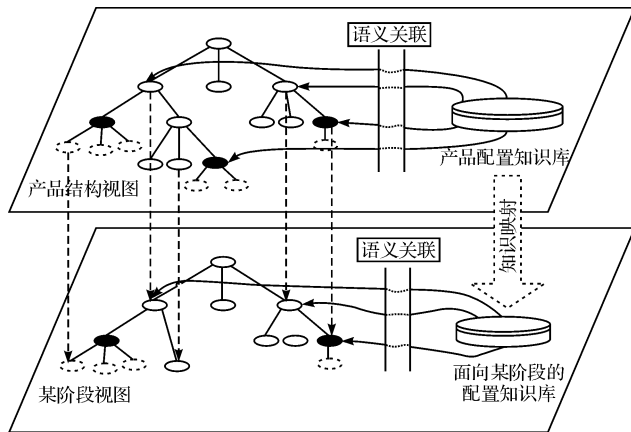


图 5 产品配置知识关联及映射模型

模块、知识检索模块、基础数据模块及系统管理模块。在网络新闻模块用户可以定制相关配置知识,系统将自动定时从网络相关信息源抓取至系统知识库。在知识共享模块,用户可以以维基的方式分享相关的配置知识,也可以上传相关源文档。在产品配置模块,用户可以根据客户订单信息,进行装载机交互配置。系统会根据配置过程及产品主结构树智能推送相关的知识信息及实例使用信息等等。用户可以点击查看知识的详细信息,进行推荐、评分等操作,也可以为知识添加相应的知识适配器,同时可以为知识或产品结构树相应节点添加标签。基础数据模块提供对产品结构树、零件库等的查询、维护功能。知识检索模块提供配置知识检索引擎,方便用户查找知识。系统管理模块主要用于系统用户管理及配置系统的相关权限设置。该模块也提供根据系统记录的用户在系统中的行为,进行相关的统计分析功能。该系统实现界面如图 6 所示。

5 结束语

基于 Web2.0 的产品配置知识管理系统通过维基的方式外化企业员工的产品配置经验,解决隐性产品配置知识获取难的问题。通过引入知识适配器模式来融合产品配置过程中不同粒度的产品配置知识,使大众参与到产品配置知识的维护过程中,提高了知识维护的效率。利用大众评价的方式,结合标签分类技术及知识使用过程中的自组织技术完成对产品配置知识的有序化。研究了基于标签技术及产品结构树的产品配置知识智能推送方法。系统拓宽了企业产品配置知识积累的来源,促进配置知识在企业中的转移,且为企业中多种知识应用门户提供知识支持。研究表明,基于 Web2.0 的产品配置知识管理方式可以有效促进配置知识在企业中的共享与重用。

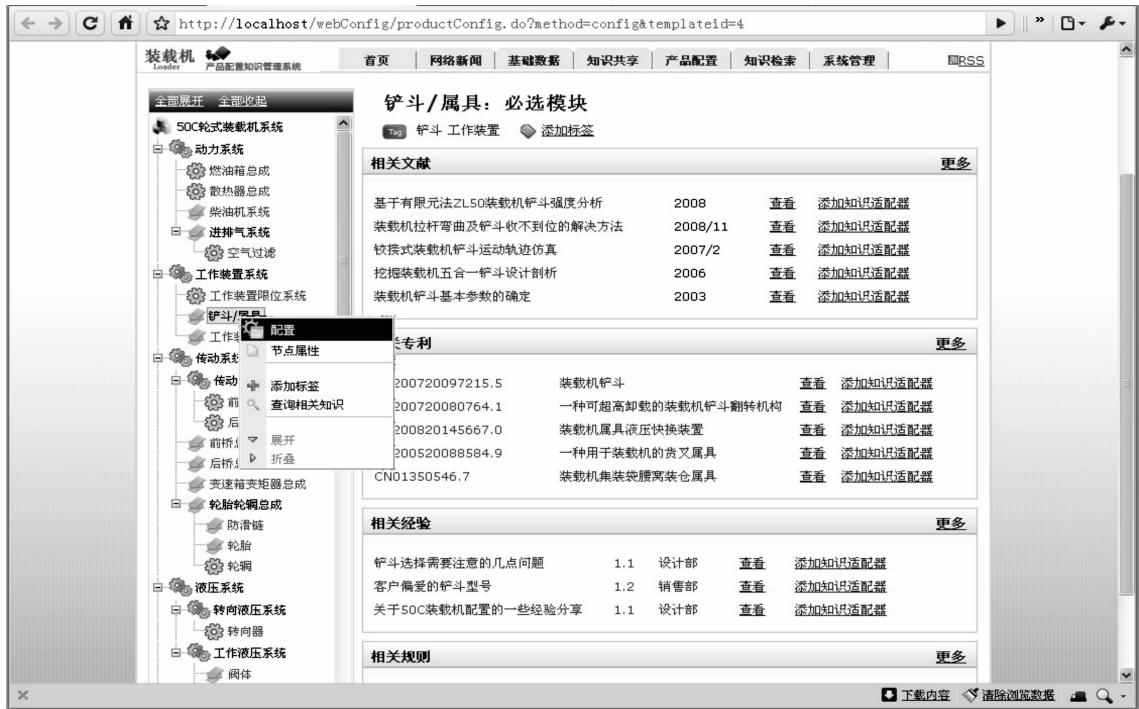


图6 产品配置知识管理系统界面

本研究中以产品结构树来组织和推送知识,但产品结构树本身的建立也需要大量的知识支持,进一步的研究可以面向产品结构树建立过程的知识组织与推荐方法。

参考文献 (References):

[1] 吴健,陈刚,尹建伟,等. 基于本体的产品配置知识共享[J]. 浙江大学学报:工学版,2004,38(4):478-494.

[2] YANG D, MIAO R, WU H W, et al. Product configuration knowledge modeling using ontology Web language[J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36(3):4399-4411.

[3] FELFERNIG A, FRIEDRICH G, JANNACH D, et al. Configuration knowledge representations for semantic Web applications[J]. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 2003, 17(1):31-50.

[4] 张劲松,王启富,万立,等. 基于本体的产品配置建模研究[J]. 计算机集成制造系统, 2003, 9(5):344-350.

[5] WANG Shi-wei, TAN Jian-rong, ZHANG Shu-you, et al. Case-based product configuration and reuse in mass customization[J]. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 2004, 17(2):233-236.

[6] 纪杨建,祁国宁,顾巧祥. 机械产品配置知识自适应方法研究[J]. 浙江大学学报:工学版, 2006, 40(4):560-566.

[7] 王世伟,谭建荣,张树有,等. 产品配置模型的演化与再配置[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(2):347-352.

[8] 邵伟平,郝永平,魏永合,等. 产品配置领域本体学习方法

研究[J]. 计算机工程, 2009, 35(15):190-192.

[9] BARKER V E, O'CONNOR D E. Expert systems for configuration at digital: XCON and beyond[J]. *Communications of the ACM*, 1989, 32(3):298-318.

[10] Blogger Don. Web2.0 概念诠释[EB/OL]. [2005-06-19]. http://www.360doc.com/content/05/0901/14/1083_9819.shtml.

[11] 胡恒杰,顾新建,暴志刚,等. 面向行业网络的知识发现及共享服务平台研究[J]. 浙江大学学报:工学版, 2008, 42(8):1445-1451.

[12] 顾新建,祁国宁. 知识型制造企业[M]. 北京:国防工业出版社, 2000.

[13] 阎宏. Java与模式[M]. 北京:电子工业出版社, 2002.

[14] CARNDUFF T W, GOONETILLAKE J S. Configuration management in evolutionary engineering design using versioning and integrity constraints[J]. *Advances in Engineering Software*, 2004, 35(3-4):161-177.

[15] ISABELLA P. Folksonomies: Indexing and Retrieval in the Web 2.0[M]. [S. l.]: K G Saur Verlag, 2009.

[16] DANIEL H. Folksonomy[N]. *New York Times*, 2009-07-14.

[17] 张和明,熊光楞. 制造企业的产品生命周期管理[M]. 北京:清华大学出版社, 2006.

[18] 任岫云,李平. 面向产品全生命周期的服务质量管理[J]. 机械, 2010, 37(B06):54-56, 58.

[19] 祁国宁, [德] 赫塔纳, 顾新建, 等. 图解产品数据管理[M]. 北京:机械工业出版社, 2005.