

家电产品设计知识的语义共享方案研究

常万军¹ 杨亚楠² 郭祖华¹

(河南机电高等专科学校计算机科学与技术系 新乡 453000)¹

(河南新飞电器集团冰箱事业部 新乡 453002)²

摘要 在家电企业的生命周期管理实践中,产品设计方面存在着手工建档、查询与协同性困难的状况。将本体理念引入家电领域,研究顶层本体及其语义扩展方法,提出功能语义扩展方法 is-a,构建功能本体。采用 OWL 标准对家电企业的设计知识进行表达,构建以用户需求为导向的索引知识库。以相关度匹配方法和映射方法为支撑,实现用户需求与本体知识索引的转换,达到语义共享。最后通过某家电企业设计知识共享平台的建立来验证文中的索引知识构建方案的可行性。

关键词 语义,共享,产品设计,扩展,相似度

中图分类号 TP311 **文献标识码** A

Study of Semantic Sharing Scheme for Household Electrical Appliance Design Knowledge

CHANG Wan-jun¹ YANG Ya-nan² GUO Zu-hua¹

(Department of Computer Science and Technology, Henan Mechanical and Electrical Engineering College, Xinxiang 453000, China)¹

(Freezer Career Ministry, Henan Frestech Electric Appliance Group, Xinxiang 453002, China)²

Abstract In life cycle management practice of the household electrical appliance enterprises, it still has some insufficient that the product design needs manual archiving and it is difficulty for query and cooperative. The ontology theory was introduced into the field of home appliances. The functional semantic extending method for is-a was presented and used to construct a function body based on studying the top-level ontology construction method of home appliances and extension method of ontology semantic. The index knowledge repository model of user demand-oriented was constructed. The home appliance product design knowledge is expressed by using OWL language. The user needs and ontology knowledge index were transformed to realize the sharing of semantic based on the method of ontology mapping and matching. Final, to verify the correct of the index knowledge model, the semantic sharing plat of refrigerator enterprise design knowledge was established.

Keywords Semantic, Share, Product design, Extension, Similarity

1 引言

在家电制造企业,产品生命周期管理(PLM)已经成为家电企业提高制造技术和管理水平的核心竞争手段^[1]。而关乎 PLM 成败的产品设计创新方面还存在着手工建档、查询困难和协同性差的状况,产品设计知识仍停留在领域专家的经验中。一些企业引入产品数据管理(PDM)系统来对产品设计知识进行管理。然而,现有 PDM 系统既不能对设计过程中的设计方法和设计经验等进行合理的组织,也不能从简单的关系数据库中挖掘蕴含的设计知识,使设计人员能够快速有效地获取设计经验与设计结果^[2]。而本体因其对逻辑推理和语义共享的支持功能,已经成为构建知识库的骨架与核心。因此,将本体理论引入家电领域,构建家电领域本体,实现产品设计知识的语义共享,对家电企业的设计创新与产品创新来说是十分必要的。

2 本体

2.1 本体的定义与分类

对本体的定义,不同领域的研究人员有不同的见解。但从内涵角度,本体具有概念化、明确性、形式化和共享性这 4 层含义,对于这点,学者们的看法是一致的^[2]。根据领域依赖程度高低,可将本体分为顶层本体、领域本体、任务本体和应用本体 4 种^[3]。

2.2 本体的构建与存储

自本体理论诞生至今,其构建方法一直就是相关领域研究人员关注的热点。目前比较流行的构建方法有:企业建模法、IDEF-5 法、基于螺旋模型的原型法、七步法、骨架法和 METHONTOLOGY 循环过程法^[4]。

本体的存储方法,与信息技术的发展相辅相成。按照存储介质的不同,可分为内存存储法、文件存储法和关系数据库

本文受河南省教育厅科学技术研究重点项目资助计划(13A520220),河南省高等学校青年骨干教师资助计划(2011GGJS-198)资助。

常万军(1978—),男,硕士生,讲师,主要研究方向为人工智能与数据库技术;杨亚楠(1985—),男,主要研究方向为计算机软件与理论;郭祖华(1977—),女,硕士,副教授,主要研究方向为人工智能与虚拟现实。

存储法等3种方法。由于内存法和文件法的先天不足性,关系数据库存储方法成为本体研究人员首选的存储方法。在以关系数据库构建本体数据的基础上,相关学者提出了基于属性分解模式、基于类的分解模式和混合的存储模式,以提高本体存储的效率^[5]。

3 领域本体构建与知识表达

3.1 本体构建方案

家电领域本体的构建,采用“领域本体、索引知识库和数据资源”的三层结构来对领域知识和设计知识进行层次表达,用关系数据库对本体知识进行存储。其本体构建与知识表达模型如图1所示。这种构建方法可以实现两个方面的功能:一是能够对家电领域本体的设计知识进行合理表达,形成能被计算机理解的、包含语义信息的设计知识体系;二是能够建立提供语义知识检索、语义分析和处理的功能体系,实现设计知识的重用和继承^[6]。

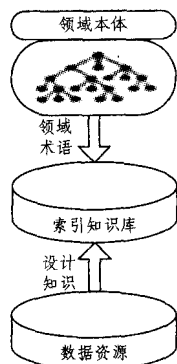


图1 本体构建与知识表达模型

3.2 顶层本体建立

顶层本体,主要用来表达常识性概念的术语,包括空间、时间、事件和行为等与具体应用无关的形为^[7]。顶层本体可以使异构的系统共享同一知识库。用RDF三元组将产品设计知识的顶层本体表示为:顶层本体= \langle 本体概念,概念间的关系,概念的层次结构 \rangle ,其中的本体概念也称为类,是由对象、属性和实例等本体术语构成的概念集合,概念间的关系是由主体、客体及其有向关系的二元组表示。

3.3 顶层本体语义扩展方法

为满足产品设计知识共享要求和隐性设计知识发现需要,需要对顶层本体的语义功能表达进行扩展,用于语义扩展的关系有同义(synonymy_of)、包含于(part_of)、子类(kind_of)、同类(sibling_of)、属性(attribute_of)、实例(instance_of)和功能(is-a)等7种类型^[8]。语义扩展有一个基本的思路就是,要建立领域术语关键词与本体概念之间的映射关系,方便不同本体概念和本体术语之间的联系。

3.4 家电产品功能本体建立

日常生活中,人们不仅关注家电产品的本质功能,还很关注产品的节能性、环保性、舒适性和人性化这些附加外延功能。因此,在构建家电领域本体时,应该充分考虑家电产品的功能特性,对家电领域本体从功能特性角度进行语义扩展^[9]。例如,我们在查询家电领域(冰箱类)的资料时,可采用功能语义扩展方法 is-a,根据图2所示的某企业冰箱制冷功能循环原理提出取冰箱的制冷功能。然后采用自上而下的方法将冰箱制冷功能细扩展成一个继承关系的模型结构图,如图3所示。

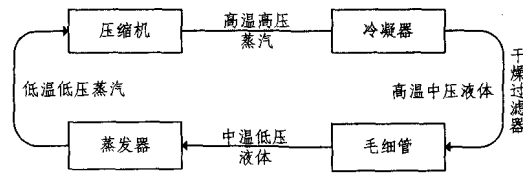


图2 某企业电冰箱制冷功能循环原理图

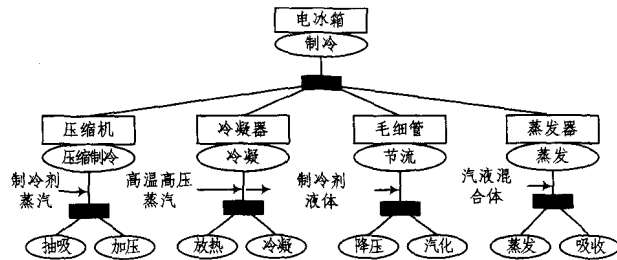


图3 冰箱制冷功能扩展模型图

同样,我们还可以对冰箱的节能、环保、人性化等功能属性进行细化与扩展。如图4显示了“节能”特性功能的扩展模型。

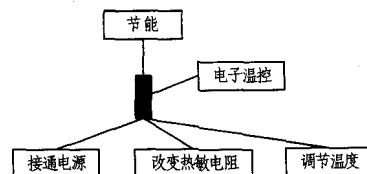


图4 冰箱节能特性功能扩展模型

4 家电本体的索引知识库构建

采用RDF三元组对索引知识进行表示:〈索引知识,知识描述,知识源地址〉。由于索引知识只对产品设计知识进行管理和规范,它并不关注数据源的内容与结构,因此,可通过索引知识查询在PDM系统中直接实现知识的无缝存取。

4.1 本体索引知识模型

从产品模型中提取设计知识,建立索引知识模型,可采取用户需求的本体查询和检索结构,其不仅可以实现本体库的查询与检索,而且支持XML数据库的查询与检索。用户需求分企业内部用户需求和企业外部用户需求两种。企业内部需求包括产品的设计知识、制造知识和服务知识等,设计知识包括设计方法、规则等,制造知识包括冷热加工、特种加工知识等,服务知识包括产品的专利、文献、准则和故障诊断等具有知识产权的知识。用户的外部需求主要是指市场和消费者对产品功能、性能、外观、安全和人机关系等功能方面的需求^[10]。以用户需求为导向的索引知识库模型如图5所示。

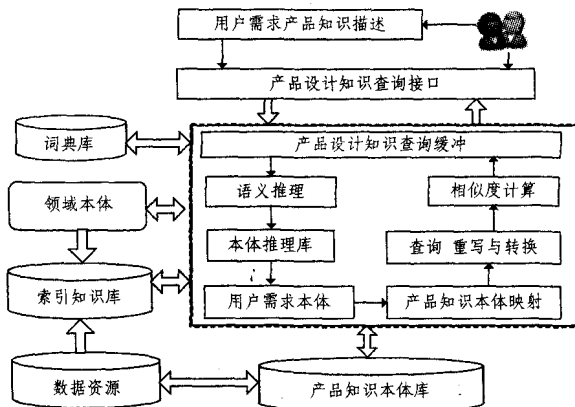


图5 用户需求为导向的索引知识库构建模型

由图5可以看出,以用户需求为导向的索引知识库模型包括查询需求输入、产品知识本体库、索引知识库、数据资源、词典库和查询转换等主要模块。在这些模块中,产品知识本体库、索引知识库、数据资源、词典库为本体构建和产品设计知识查询与创新提供服务支持。图5中虚线标出的部分为查询转换模块,是索引知识库中的核心。其主要包括表达用户需求、用户需求语义推理转换、产品知识与本体概念之间的映射建立、用户需求查询存储与交流等功能。

4.2 用户需求与本体知识的匹配转换方法

由于产品知识与用户需求之间的异构性,当用户对产品知识进行读取和处理时,采用 OWL 语言对产品知识和用户需求进行解析,建立产品设计的知识本体和用户需求之间的匹配转换方法,为用户查询提供统一的接口。

4.2.1 本体知识与语义关键词的映射关系

对用户的查询进行转换,要建立包含输入查询、本体语义知识关键词和本体语义知识之间的映射关系表,为用户查询与本体知识之间的匹配查询服务。由于在 OWL 标准中,对索引知识和本体知识库的描述都是采用文本形式,因此可以通过文本相似度的计算来建立用户查询与本体知识的映射关系。当用户输入查询条件 Q1 时,系统通过对 Q1 与本体语义知识关键词之间的相似度来测算它们是否具有映射关系,然后再根据关键词与本体知识之间的映射关系,向用户反馈查询结果。

4.2.2 用户需求与语义关键词的语义相似度计算

对文本数据来说,采用 Jaccard 给出的方法进行语义相似度的计算比较合适^[11-13]。

用 $P(a,b)$ 表示概念同时属于知识 a 和知识 b 的概率, $P(\bar{a},b)$ 表示概念属于知识 b 但不属于知识 a 的概率, $P(a,\bar{b})$ 表示概念属于知识 a 但不属于知识 b 的概率, $P(\bar{a},\bar{b})$ 表示概念既不属于知识 a 也不属于知识 b 的概率。这样,可以得出知识 a 和知识 b 的语义相似度为:

$$SIM(a,b) = \frac{P(a,b)}{P(a,b) + P(a,\bar{b}) + P(\bar{a},b) + P(\bar{a},\bar{b})}$$

对于图3所示的制冷功能来说,当出现不制冷现象时,设属于压缩机和冷凝器故障的概率均为 0.15 和 0.3,由此得 $P(a,b) = 0.45$, $P(\bar{a},b) = 0.3$, $P(a,\bar{b}) = 0.15$, $P(\bar{a},\bar{b}) = 0.55$, $SIM(a,b) = \frac{0.45}{0.45 + 0.3 + 0.15 + 0.55} = 0.31$ 。可得压缩机与冷凝器的相似度为 0.31。

5 家电产品设计知识语义共享平台的建立

为验证上面所提模型的合理性,在某冰箱企业产品设计知识收集的基础上,采用 MVC 程序开发模式建立了产品设计知识语义共享平台,如图6所示。该平台系统用 Tomcat 作为 Web 服务器, eclipse 为编程工具,以 OWL 的 Jena 框架为语义解析与推理工具,用 Protege4 对冰箱产品的知识进行分析与表达,用 MySQL 数据库存储产品设计本体知识。图7为在共享平台上对制冷功能查询的结果实验,由图7可以看出,该系统能够实现产品设计知识的共享与全面快速查询。



图6 冰箱设计知识语义共享平台

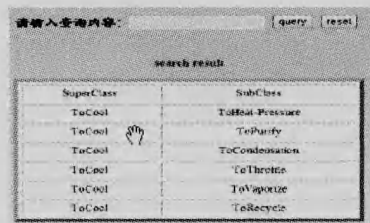


图7 冰箱制冷功能语义检索示例

结束语 针对家电企业 PLM 中产品设计存在着手工建档、查询困难和协同性差的状况,将本体理论引入家电领域,研究了家电领域顶层本体构建的方法和本体语义扩展方法,提出了家电领域本体功能属性的扩展方案,构建以用户需求为导向的索引知识库构建模型。用 OWL 语言对本体知识进行表达,通过建立用户需求与产品设计知识之间的映射关系,实现了基于语义的设计知识查询转换方法。最后通过建立实电冰箱设计知识共享平台,验证了文中所提知识库的构建模型的效用性。实验表明,文中提出的产品设计知识共享方案是可行的。同时,该方案的提出也为家电企业产品创新能力的提高和企业信息化建设提供了一种新的解决办法。

参考文献

- [1] 刘勇. 基于本体的家电领域功能知识表达研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2011
- [2] Mizoguchir, Kitamura. A functional ontology of artifacts[J]. The Monist, 2009, 92(3): 387-402
- [3] 蒋秀林, 谢强, 丁秋林. 基于领域本体的用户模型的研究[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(2): 606-608
- [4] 汪断林, 油廷金, 施毅. 基于顶层本体的电子对抗领域本体构建方法[J]. 计算机工程, 2008, 34(22): 22-24
- [5] 万立, 侯添元, 熊体凡. 面向重用的产品设计过程知识建模与检索[J]. 计算机工程与设计, 2012, 33(8): 3177-3183
- [6] 余旭, 刘继红, 何苗. 基于领域本体的复杂产品设计知识检索技术[J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(2): 225-231
- [7] Cost R S, Finin T, Joshi A, et al. ITTALKS: A case study in DAML and the semantic Web[J]. IEEE Intelligent Systems, 2002, 17(1): 40-47
- [8] 刘哲, 吴健. 基于本体规则的模型转换的研究[J]. 计算机工程与科学, 2010, 32(4): 75-78
- [9] 熊品, 刘勇, 徐建良. 基于功能本体的设计知识共享平台[J]. 计算机应用, 2011, 31(10): 2804-2807
- [10] 张太华. 机电产品知识模块本体的集成及应用研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2009
- [11] 李鹏, 陶兰, 王弼佐. 一种改进的本体语义相似度计算及其应用[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(1): 227-229
- [12] 张功杰, 赵向军, 陈克建. 面向本体的语义相似度计算及在检索中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(29): 131-133
- [13] 刘宏哲, 须德. 基于本体的语义相似度和相关度计算研究综述[J]. 计算机科学, 2012, 39(2): 8-13