

本体在产品知识表达中的应用研究

高在伟,吴江,刘卫红

(西北大学 信息科学与技术学院 陕西 西安 710127)

摘 要 随着全球化竞争的日趋激烈,当代企业必须更加灵活、有效地生产用户所需的产品,而在产品设计中,缺乏对产品功能设计的描述,这就限制了产品的知识表达、传播、共享。文中从产品知识表达存在的问题出发,提出了基于本体的产品知识表达四层模型,即结构层—行为层—基本功能层—元功能层,给出了各层本体的表示模式。最后以洗衣机为例,给出它在四层模型中的表示和 OWL 描述。结果证明把本体引入产品知识表达中是合理的,四层模型中各层知识表达模式的相互补充,更加完善了产品的知识表达。

关键词 结构;行为;基本功能;元功能;OWL

中图分类号:TP18

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)02-0023-04

Research on Application of Ontology in Product Knowledge Representation

GAO Zai-wei, WU Jiang, LIU Wei-hong

(College of Information Science and Technology, Northwest University, Xi'an 710127, China)

Abstract Globalization of market competition becomes increasingly drastically, so enterprise has to produce products more vividly and effectively to meet the customer's needs. But the lacking of the description of product function design in the product design limits the product knowledge representation, dissemination and share. Because some problems are in the product knowledge representation, so gives the four layers to solve it, which contains the structure layer, behavior layer, basic-function layer and meta-function layer. It provides the representation scheme for the ontology of four layers. Finally, take washer as an example to give its model of representation of the four layers and describe it with OWL. The result proves that it is reasonable that ontology is introduced. The each scheme of knowledge representation complement mutually in four layers of models, which makes the product knowledge representation more perfect.

Key words structure; behavior; base-function; meta-function; OWL

0 引言

随着全球化竞争的日趋激烈,当代企业必须更加灵活、有效地生产用户所需的产品,这就需要一个强健的知识管理系统。对于新产品的的设计过程通常包括功能设计、基本设计和详细设计三个阶段,而功能设计阶段最为重要^[1]。但是传统的 CAD 技术仅与几何数据和几何信息相关而与功能无关,而大多数关键的设计信息是非几何性质的,所以在几何设计阶段之前的信息非常重要。

为了解决上述问题,有很多企业和研究机构展开了相关的研究工作。最具代表的是 Osaka 大学的 MI-

ZLAB,他们基于 S-B-F 模型的产品知识表达应用相当成熟,但却忽略了流在模型中的作用。国内的一些研究机构也开展了相关的研究,但对于基于本体的产品知识表达的研究相比较而言起步较晚。他们参考了 S-B-F 模型,但其描述语言为 XML,限制了其推导能力^[1]。

文中给出了产品知识表达的四层模型,即结构层—行为层—基本功能层—元功能层,给出了各层本体的表达模式,同时结合语义 Web,对 Web 上的资源进行语义描述,支持机器的识别和理解。它有力地支持了产品的表达、共享、存储和集成。

1 理论介绍

1.1 本体概述

本体(Ontology)最早是一个哲学上的概念,从哲学的范畴来说,本体是有关存在的本质^[2]。后来随着

人工智能的发展 ,被人工智能界赋予了新的定义。在人工智能界 ,最早给出 Ontology 定义的是 Neches 等人 ,其中被大多数人认可的定义是由 Gruber 提出的“本体是概念模型的明确的规范说明”。概念模型是通过抽象出客观世界中一些现象的相关概念而得到的模型 ,其表示的含义独立于具体的环境状态 ,形式化是指本体应该是机器可读的 ;共享则反映了本体是共同认可的知识 ,反映的是相关领域中公认的概念集 ,它所针对的是团体而不是个体。

本体由概念类、关系、函数、公理和实例 5 种元素构成 ,其中概念可形成一个分类层次 ,并通过关系、函数、公理来表达概念之间或函数之间的关联、约束。因此本体能够明确地描述领域概念的定义 ,通过概念之间的关系反映概念的语义信息 ,并为简单的术语赋予明确的背景知识 ,从而使隐含的关系明晰化 ,保障语义的一致性。本体能够在语义和知识层次上描述信息 ,其本身具有良好的概念层次结构 ,支持逻辑推理 ,因此本体特别适合于智能搜索中对概念及其语义的处理。

1.2 OWL 概述

近年来 ,Web 技术为全球信息共享提供了便捷手段 ,以共享为特征的本体论与 Web 技术结合是必然趋势。传统使用 Web 的方式主要是通过搜索关键字并利用 Web 文件中的超链接来查询到需要的资料 ,这样的使用方式有很多缺点 :需要过多人工干预、效率低下 ,不容易选取合适的关键字 ,返回过多的无关信息。为了提高信息的检索率 ,必须有一个机器可处理的语言 ,用于描述网络信息的内容 ,这种需求促成了网络本体描述语言 OWL 的产生。

2002 年 7 月 ,W3C 在提交的 DAM + OIL 基础上发展了 OWL^[3]语言 ,以使其成为国际通用的标准本体描述语言。OWL 建立在 XML/RDF 等已有标准基础

上 ,通过添加大量的基于描述逻辑的语义原语来描述和构建各种本体。OWL 根据表示和推理能力分为 3 类 :OWL Full 与 RDF 保持最大程度的兼容 ,具有最大的表示能力 ,但不能保证计算性能 ;OWL DL 是以描述逻辑为基础 ,在不失掉计算完全性和可判定性条件下 ,支持最大的表示能力 ;OWL Lite 则局限于对概念(类)的层次分类和简单的约束等进行描述。

2 基于本体的产品知识表达模型

描述产品能力所制定的三个原则 :唯一性、完全性和最小性。结构(S)、行为(B)和功能(F)可以各自满足不同的原则 ,从而通过互补完全可以表达在产品的设计、模拟和生产等过程中的所有信息^[4]。文中引入 Osaka 大学的 MIZLAB 实验室提出的元功能层^[5] ,它是对功能的近一步抽象 ,更有利于产品知识的分类。如图 1 所示 ,图中有三个轴 ,水平轴为层次关系从结构层到元功能层。垂直的轴表示实体的粒度大小 ,都是整体与部分的关系。最后一个轴表示具有相同粒度的实体间的关系。在目标系统中 ,集中于构件的基本功能间的协作 ,构件协作工作是为了使整个系统更好地运转。

2.1 结构层和行为层

结构层描述产品构件之间的拓扑结构 ,即它描述了构件间的物理连接和结构层次。行为层反映构件状态随时间而发生变化^[6]。对于产品的结构和行为一般从设计文档和领域知识可以很容易获得 ,但是这些都不能表现出设计者的意图^[7]。比如 ,在计算机中 CPU 的二级缓存 ,从结构图中很容易发现它 ,对于它的用途 ,从结构图中表现不出设计者的目的 ,但对于功能的描述——缓存 ,是可以理解的。

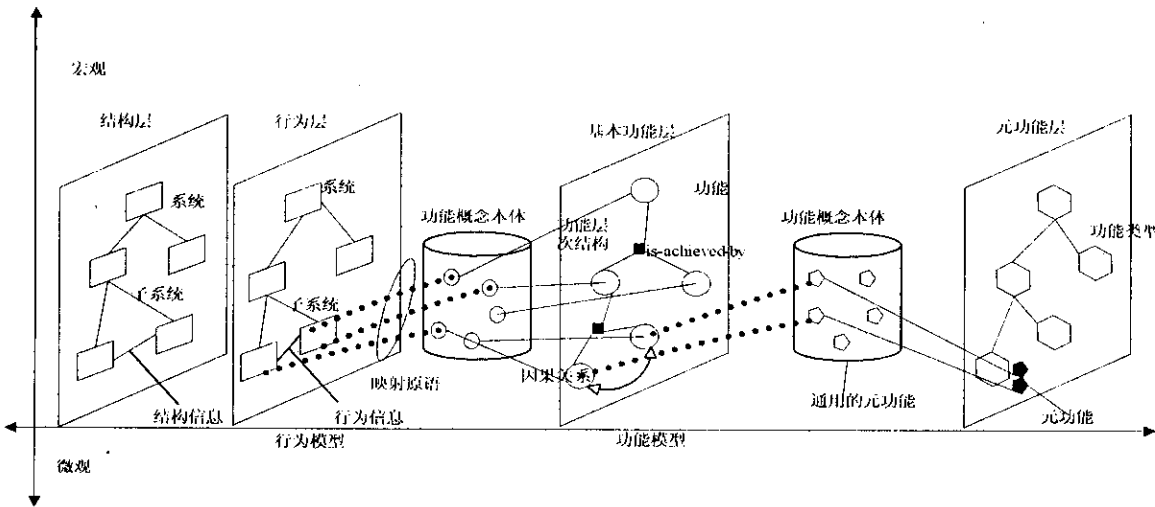


图 1 产品知识表达的四层模型

2.2 基本功能层

基本功能层^[5]定义为预定目标下构件的行为解释结果。虽然功能模型被描述为同目标相关联的部分状态,但是它不仅仅只包含一种状态。例如,热量转换器中的“热量转换”功能,包括加热器的“提供热量”功能和散热器的“移除热量”功能。基本功能层的关系分为两类:Causal-type 和 Structural-type。前者的定义是基于行为模型的解释之上,即不同的子功能的功能参数之间存在着因果关系,则认为这两个子功能之间也存在着因果关系,具体可分为 4 种:Proportional-type, Precondition-type, Efficiency-type 和 Preventing-type。而后者是直接定义在结构信息之上的,其类别可进一步细分为序列、并行、连续、并发和反馈等。

2.3 元功能层

元功能层^[5]描述每个功能相对于其它功能的角色和功能类型,其中的角色称为元功能。例如,锅炉的“蒸发”功能被描述为“ToMake”类型(达到某一特定的局部状态)和元功能“ToEnable”(使能)。其中功能类型分为:制造(ToMake)、维持(ToMaintain)、阻止(ToPrevent)和控制(ToControl)。元功能包含如下几种类型:提供(ToProvide)、驱动(ToDrive)、使能(ToEnable)、允许(ToAllow)、防止(ToPrevent)、促进(ToImprove)、增强(ToEnhance)、控制(ToControl)。元功能层提供了功能分组的标准,这样就可以进行功能的合并,同时根据元功能可以在抽象的层次上捕获功能之间的依赖关系。这样的元功能层没有涉及这些构件对象的变化,仅仅涉及构件功能的变化,而对于其他三层都考虑对象的存在和变化。

功能概念本体是为人类和基于知识的系统提供丰富的可理解的词汇而被设计的。对于行为和功能之间的映射原语是便于推理和行为解释的。结构和行为之间为直接的物理对应关系。行为与功能之间的区别在于,行为模型独立于所表示产品的外部环境,而功能是行为在特定外部环境下的解释,是在特定的需求下对系统的抽象解释。

3 模型中的本体

文中引入流,将流从产品知识描述中抽取出来,因为流是产品知识表达中的重要媒介,且流的分离可使行为和功能所描述的复杂度降低,下文给出了流的表示模式^[8]。

元功能层并未给出表示模式,原因是元功能层提供了功能的类型和功能角色,功能层表示中涉及到元功能提供的功能的类型。对于功能的角色,在建立功能本体时,以规则的形式给出,便于功能知识的推理。

元功能层在功能的合并中起着很重要的作用。

3.1 结构层的表示模式

Structure

Name	string
Component - type	[Generic - component - type]
Component - material	string
Component - view	string
SubComponent	{ component }(or NULL)
Structure - Relations	{ Generic - component - relation }

其中 Name 类型为字符串,其必须唯一;Component - type 为部件的型号;Component - material 为部件使用的材料;Component - view 为部件的几何视图;SubComponent 表示不同层次部件间的从属关系且可传递。Structure - Relations 表示同层部件间的相互关系。其中“[]”表示其内部的值是对另一个数据结构的引用;“{ }”对数据结构序列的引用,对于上述标注为 NULL 的项其值可以为空。下述涉及的符号都采用此解释。

3.2 行为层的表示模式

Behavior

Name	string
Type	[Generic - Behavior - class]
Input - flow	{ Flow }(or NULL)
Output - flow	{ Flow }(or NULL)
SubBehavior	{ behavior }(or NULL)
Flow - Relations	{ Generic - flow - relation }
Referring - component	[Component]

其中 Name 类型为字符串,其必须唯一;Type 是引用行为本体中的标准词汇;Input - flow 和 Output - flow 中的 Flow 表示对某一特定流的引用;SubBehavior 表示为不同层次部件间的从属关系;Flow - Relations 引用流本体的标准词汇;Referring - component 说明了行为涉及的部件。

3.3 基本功能层的表示模式

Function

Name	string
Type	[Generic - function - class]
Description	string (or NULL)
Methods	string (or NULL)
Input - flow	{ flow }(or NULL)
Output - flow	{ flow }(or NULL)
Subfunctions	{ Function }(or NULL)
Subfunction - of	{ Function }(or NULL)
Referring - component	[Component]

其中 Name 类型为字符串,其必须唯一;Type 为功能本体中的标准词汇,文中采用的是对应于基本功能层上的元功能;Description 是字符类型用来描述功能,

其中可以为文件目录或是 Web URL ;Methods 也是字符类型 ,对应的也是文件目录或是 Web URL。不同于 Documentation ,它包含计算机可处理的信息(如计算机程序或程序代码等);对于 Flow 同上述 ;Subfunctions 和 Subfunction - of 表示功能的从属关系 ,不过 Subfunctions 是指被描述功能的子功能 ,而 Subfunction - of 是指被描述功能的父功能。Referring - component 表示功能实现的承载部件。

3.4 流的表示模式

Flow	
Name	string
Type	[Generic_flow_class]
Documentation	string (or NULL)
Source	{ { Artifact } } (or NULL)
Destination	{ { Artifact } } (or NULL)
Properties	{string } (or NULL)
Referring_functions	{ { Function } }

其中 Name 类型为字符串 ,必须惟一 ;Type 是引用

流本体中的标准词汇 ,描述流在特定领域的通用含义 ,其中流本体分为基本的三类 :Material ,Energy ,Signal ;Documentation 是字符类型用来描述流 ;Source 和 Destination 说明了某一功能中流的来源和目的物理部件 ;Properties 是对 Flow 属性的描述 ;Referring_functions 表示流所涉及的某一特定产品的功能。

4 应用实例

文中以洗衣机为例 ,给出了洗衣机对应的结构、行为、功能、元功能模型分解图 ,如图 2 所示。图中有三个轴 ,垂直轴为层次关系 ,从结构层到元功能层。水平的 Z 轴表示实体的粒度大小 ,都是整体与部分的关系。X 轴表示具有相同粒度的实体间的关系。其中的结构层、行为层比较好理解 ,对于基本功能层中功能的因果关系 ,它基于行为模型的解释之上 ,即不同的子功能的功能参数之间存在因果关系 ,则认为这两个子功能之间也存在着因果关系。其中比例关系是因果关系的一种。而元功能为其他功能描述每个功能的角色和功能类型 ,是对功能的进一步抽象。

根据上面介绍的本体表达模式 ,使用 protege3.0 编辑了上述本体 ,由于篇幅原因 ,这里只给出了相应的部分功能本体。该功能本体的部分 OWL 描述如下 :

```
<Function rdf:ID="washing_clothes">
.....
<Subfunctions>
  <Function rdf:ID="Provide_kinetic_energy">
    <Referring_component rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/structure.owl#electromotor"/>
    <Type rdf:resource="#ToMake"/>
    <Output_flow rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/flow.owl#Electromotor-rotation"/>
    <Input_flow rdf:resource="http://www.owl-ontologies.com/flow.owl#Electromotor-current"/>
    <Subfunction_of rdf:resource="#washing_clothes"/>
  </Function>
</Subfunctions>
.....
</Function>
```

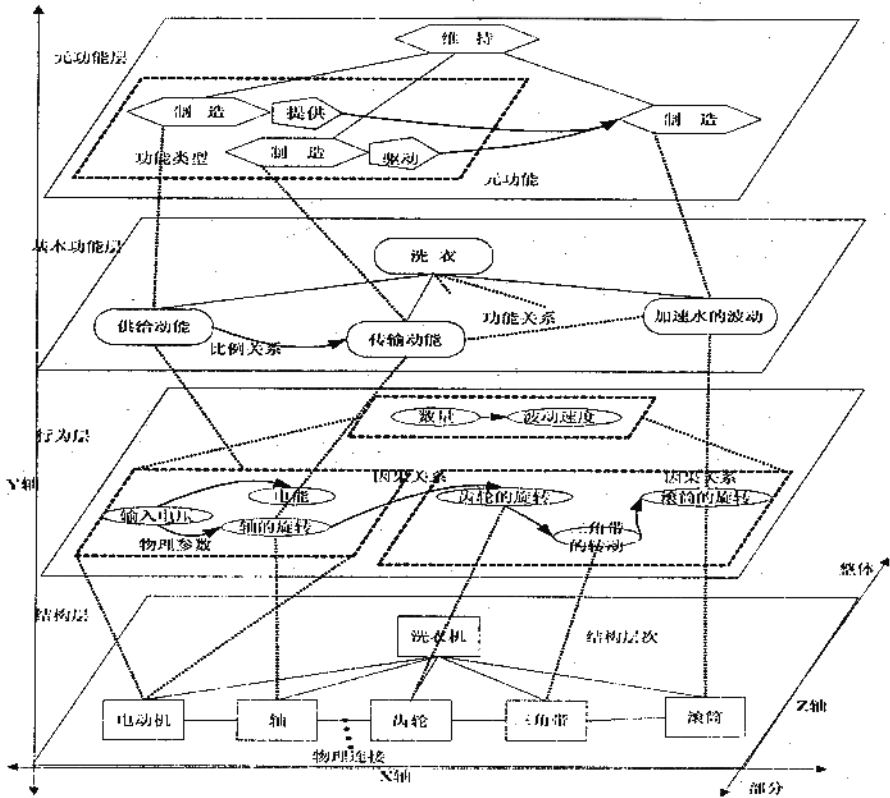


图 2 基于本体的洗衣机的层次模型

OWL 提供了 sameClassas ,subClassof ,inverseOf 等属性 ,可以通过这些属性进行推理 ,比如在上述构建的本体中 ,把 Subfunctions 同 Subfunction - of 设为 inverseOf 属性 ,如果有“ washing_clothes Subfunctions Provide_kinetic_energy ”,很容易推出“ Provide_kinetic_energy Subfunction - of washing_clothes ”,这是对于一般的关键字查询所不能的。(下转第 30 页)

在实践应用中被证明是非常有效的 ,对企业的决策具

有良好的指导作用 ,有较高的现实意义。

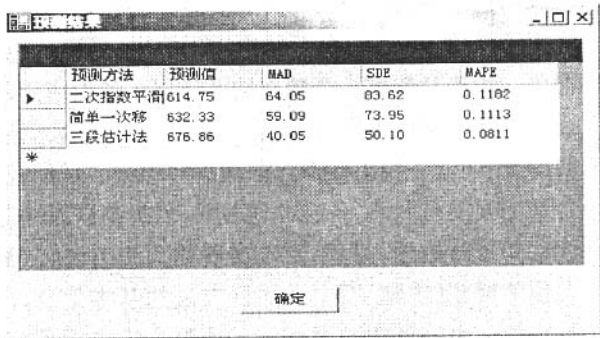


图3 预测精度比较

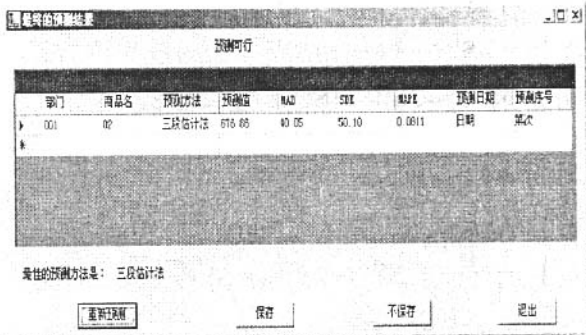


图4 最终的预测结果输出界面

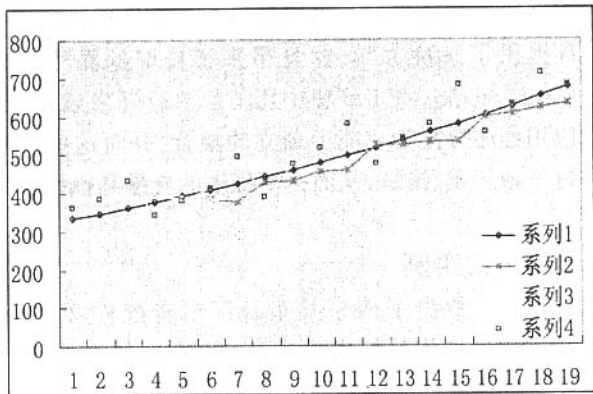


图5 销售数据曲线以及预测趋势图比较

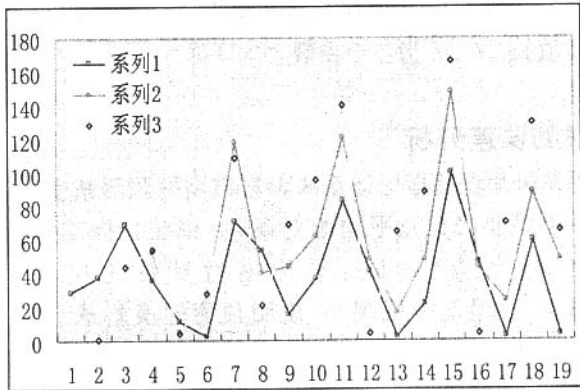


图6 预测误差曲线比较

参考文献 :

[1] 李 勇 肖 智 陈 玲.汽车销售分析与预测系统的设计与开发[J].重庆大学学报 2002 25(9):146-149.
[2] Thomassey S ,Happiette M ,Castelain J M. A Global Forecasting Support System Adapted to Textile Distribution[J]. International Journal of Production Economics ,2005 ,96(1):81-

95.
[3] 王玉荣.商务预测方法[M].北京:对外经济贸易大学出版社 2003.
[4] 杨桂元,唐小我.预测模型中参数估计的最优化方法[J].系统工程理论与实践 2002(8):85-88.
[5] 朱广宇,严洪森.一种基于预测模型库评价遴选的组合预测方法[J].控制与决策 2004,19(7):726-731.

(上接第 26 页)

5 结 论

文中通过分析现今产品知识表达中存在的问题 ,即产品知识如何表示、共享、重用 ,研究了产品知史表达的模型 ,即结构—行为—基本功能—元功能。并结合本体和语义 Web 描述语言(OWL)给出了产品的知识表达的模型 ,使得产品知识在语义层面很好地弥补了上述缺陷。从而提高了产品的设计效率 ,使得产品从研发到生产的周期大大缩短。

参考文献 :

[1] 齐元胜,方 兴.基于 XML 的产品功能表达研究[J].机械科学与技术 2003 22(3):351-357.
[2] 邓志鸿,唐世渭,张 铭.Ontology 研究综述[J].北京大学学报 2002 38(5):730-738.
[3] Van Harmelen F. OWL Web Language Overview[EB/OL].

2006-01. <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
[4] Luca B. More than just shape :a representation for functionality[J]. Artificial Intelligence in Engineering ,1998 ,12:337-354.
[5] Kitamura Y ,Mizoguchi R. Ontology - based systematization of functional knowledge[J]. Journal of Engineering Design , 2004 ,15(4):327-351.
[6] Brown D C. Functional ,behavioral and structural features[EB/OL]. 2005-12. <http://web.cs.wpi.edu/dcb/Papers/KIC5/KIC5-Features.html>.
[7] Lind M. Modeling goals and functions of complex industrial plants[J]. Applied Artificial Intelligence ,1994 ,8(2):259-283.
[8] Szykman S ,Racz W ,Sriram R D. The representation of function in computer - based design[C]//In :Proceedings of the 11th International Conference on Design Theory and Methodology. Las Vegas ,NV [s.n.],1999.