

基于本体的产品知识表示方法研究^①

Product Knowledge Representation Methods Based on Ontology

申 妍 魏小鹏 王建维 (大连大学 辽宁省智能信息处理重点实验室 辽宁 大连 116622)

摘 要: 知识表示方法在表达、传递和共享过程中,不能同时满足表示能力、可理解性、可操作性以及可实现性的要求。针对上述问题,本文采用本体的知识表示方法,根据产品概念设计的特点,提出了基于本体的产品知识 F-B-S 表达模型,使各模块之间建立了清晰的联系。各模块分别用各自的领域本体进行形式化定义,采用 BNF 范式对领域本体进行统一的描述和表达。最后,以某一系列吸尘器为例,验证了基于本体的产品知识表示方法的可行性和有效性,从而实现了产品知识表达的共享与重用。

关键词: 本体 概念设计 知识表示 功能-行为-结构(F-B-S)

1 引言

产品竞争日益激烈,世界各国普遍重视新产品的开发。概念设计作为产品设计中极其关键的阶段,对于非结构化知识的组织和表达是实现计算机辅助概念设计最为关键的技术之一。不同层次的功能、行为和载体之间的关系信息是概念设计非结构化知识的基本组成部分^[1]。当前的产品知识表达大都集中在产品结构,即几何模型上,缺乏进一步对产品功能、行为等的语义信息描述,因此无法满足不同客户对产品不同级别抽象的需要。

随着知识表示方法的深入研究,采用一种恰当的数据结构来表达知识至关重要。比较常用的知识表示方法:语义网、产生式规则、框架、面向对象知识表示^[2]等。国内外学者提出了多种概念产品表示方法,Zou^[3]通过定义零件和连接器,建立了基于 P/T 网的产品概念层次结构模型,但该模型中没有表示产品的层次结构关系;Tay^[4]采用面向对象方法建立了产品概念模型,该模型包含功能域和物理域,未包含行为域;Hsiao-chen You^[5]等研究了语义描述的需求在产品概念设计过程中进行用户与产品间交互所起的重要作用,但仅从理论上给予验证,没有具体应用;文献^[6]采用面向对象的知识表示方法对产品知识进行分类,利用了该方法中抽象性、封装性、继承性等特性;文献^[7]

提出了扩展产生式规则知识表示方法,将产生式规则的前提、结论和处理分别用概念图表示。但这些知识方法在对关系的描述、阶层性、概念与实体的分离上都存在着一些不足,如何将领域知识表达的充分、有效以及操作简单、易维护将成为首要解决的问题。

基于本体的知识表示方法表达简洁、明确、可理解和可扩充。本体作为知识的一种良好载体,在语义层面很好地弥补了上述缺陷,不但提供了形式化描述知识的基础,而且使系统之间的知识级共享和集成成为可能。因此,本文采用本体的知识表示方法,将本体引入到产品知识 F-B-S 模型中,给出了领域本体在功能、行为、结构三个方面的形式化定义。对领域本体进行统一的描述和表达时,大多采用 BNF 范式。BNF 范式可以转换成计算机语言,对领域知识进行操作和维护,实现领域知识表达的共享和重用。

2 基于本体的F-B-S的层次关系

2.1 F-B-S 模型

功能、行为、结构分别描述了产品的不同类型特征,并形成了因果关系链。其中,功能是行为的目的,行为是功能的实现原因,结构是行为的载体。F-B-S 模型能够有效支持概念设计过程,不仅易于实现创新,且更为符合设计思维习惯。在模型中,功能相关部件

^① 基金项目:国家自然科学基金(50575026,50805010);辽宁省优秀青年人才培养基金(3040014);辽宁省科技计划(20082190131);辽宁省高校科研计划(20060072,2008S007)

收稿时间:2008-11-14

和行为相关部件都来源于结构模型中的部件，因此各个模块之间建立了联系。F-B-S 模型结构如图 1 所示。

(1) 功能模型

功能模型包括一个类：功能；四个基本属性：功能目标、子功能、功能类型、功能相关部件。其中，功能表示与部件联系的功能；功能目标表示功能的预定目标；子功能描述功能间的层次关系；功能类型提供对行为/功能本体中词汇的引用；功能相关部件将功能与对应部件关联起来。

(2) 行为模型

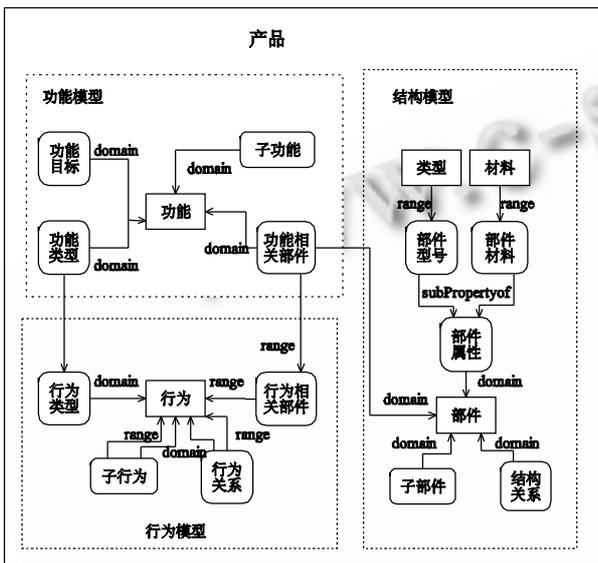


图 1 基于本体的 F-B-S 模型结构

行为模型包括一个基本类：行为；四个基本属性：子行为、行为关系、行为类型、行为相关部件。其中，行为表示与部件相联系的行为；子行为表示不同层次行为间的从属关系，可传递；行为关系描述同层行为间的相互关系；行为类型则提供了对行为/功能本体中词汇的引用；行为相关部件将行为与对应部件关联起来。

(3) 结构模型

结构模型包括三个基本类：部件、型号和材料；五个基本属性：子部件、结构关系、部件属性、部件型号和部件材料。其中，部件表示产品部件实体概念；子部件表示不同层次部件间的从属关系且可传递；结构关系表示同层部件间的相互关系；部件型号、部件材料将部件分别与型号、材料关联起来，它们都隶属于部件属性。

2.2 模型中的本体

本体的构建必须满足以下要求：目标领域或世界的清晰描述；内部概念或概念之间关系的明确定义。而本文的目标是依据上述原则，结合产品知识表达模型的特征，对产品的各个层面进行分析，以描述相关的产品知识。

在构建方法上，主要参考了文献[8]的方法学，具体框架如下：

(1) 确定本体的目的和范围。

(2)构造本体：①确定领域中关键的概念和关系，给出精确定义，并确定有关术语；分析概念间关系，对概念及关系进行属性提取。②选择合适的表示语言表达概念和术语。③本对已定义好的概念属性形成属性库；定义好的概念关系形成关系库；概念的实例化形成实例库，从而实现对已有本体的共享和修改。

3 领域本体中的作用

(1) 知识的共享

开发领域本体的主要目的之一就是对知识的理解提供一种可共享的、共同的概念集合。在实现知识共享的过程中，将产品概念按功能-行为-结构纵向分类，抽取 F-B-S 模型中概念的属性和关系，建立相应的概念属性库和关系库，这将是实现领域知识共享和重用的基础。根据设计需求的具体属性和条件约束，搜索概念属性库，确定查找范围。最后根据属性号映射到相同属性号的概念实例库中，查找到所需产品知识，实现产品知识的共享与重用。

(2) 知识的标准化

领域本体为描述该领域知识提供了一组通用词汇，而这种通用词汇正是实现知识系统化的基础。通用词汇和知识的系统化有利于实现知识的标准化。

4 领域本体的形式化描述与表示

为了表示概念设计中的产品知识，必须采用合适的方法描述产品知识模型，本文采用 BNF 范式，它是对上述 F-B-S 模型的形式化描述，是对领域本体的知识表示，也是本体构建的基础。

其形式化定义如下：

(1) 〈产品概念设计领域本体〉 ::= (〈功能模型〉, 〈行为模型〉, 〈结构模型〉)

(2) 〈功能模型〉 ::= (〈类〉, 〈基本属性〉, 〈关

系))

〈类〉 ::= (〈功能〉)

〈基本属性〉 ::= (〈功能目标〉, 〈子功能〉, 〈功能类型〉, 〈功能相关部件〉)

〈关系〉 ::= (〈A part of〉, 〈A congener of〉, 〈A coequality of〉)

(3) 〈行为模型〉 ::= (〈类〉, 〈基本属性〉)

〈类〉 ::= (〈行为〉)

〈基本属性〉 ::= (〈子行为〉, 〈行为关系〉, 〈行为类型〉, 〈行为相关部件〉)

(4) 〈结构模型〉 ::= (〈类〉, 〈基本属性〉, 〈关系〉)

〈类〉 ::= (〈部件〉, 〈型号〉, 〈材料〉)

〈基本属性〉 ::= (〈子部件〉, 〈结构关系〉, 〈部件属性〉, 〈部件型号〉, 〈部件材料〉)

〈关系〉 ::= (〈A part of〉, 〈A congener of〉, 〈A coequality of〉)

5 实例验证

结合上述产品知识表达模型的特征,以具有一系列零部件的真空吸尘器为例,采用 BFN 范式对吸尘器的 F-B-S 知识模型进行形式化定义,验证基于本体的产品概念设计知识表示方法的可行性和有效性。表 1 为基于功能的吸尘器概念属性库,表 2 为基于行为的吸尘器概念关系库,表 3 为基于结构的吸尘器概念库,表 4 为吸尘器实例库。

产品知识的表达。列举出吸尘器的相关术语,即抽取领域概念。按功能、行为、结构添加到 F-B-S 模型中,构造产品知识 F-B-S 模型。功能、行为、结构三个模块所描述的产品知识采用 BNF 范式进行定义,如表 1~表 3 所示。其中,功能模块中的部件与行为模块中的部件相对应,功能模块中的部件和行为模块中的部件都来自于结构模块的部件,三个模块通过属性号和部件号产生了关联,减小了数据的冗余度。在表 4 中,给出了所抽取概念的实例化形成实例库。其中,概念的属性有:功率(W)、转速(r/s)、吸尘效果、吸力(kpa)、集尘容量(L)、集尘方式、排灰量(m²/s)、电源线长(m)、提手、机重(kg)、排风方式等。从而完成了吸尘器知识的表示过程。

产品知识的共享与重用。通过表 1~表 3 可以便捷地查询出某一概念与哪些概念有关,具有哪些属性和

关系。例如电动机这个概念,它与抽风机是同级,与吸尘器就是父子关系,它具有一些属性,根据属性的取值不同,可在实例库中查找到相应属性所对应的实例。根据设计需求,查找功率在 1200W 左右,容积为 3L 的产品实例,我们知道功率和容积都属于部件的属性,由表 1 可知属性对应的属性号为 A1 和 A5,对应着表 4 中的属性号,可以检索到实例 CG461 和 CG667 符合设计需求的产品知识。

由此可见,从本体的思想出发,把产品知识看作领域本体,从功能、行为、结构三个方面将产品知识描述概念、属性、实例,形成实例库,非常方便地就可检索到所需的领域知识,更为重要的是,有利于实现产品知识的共享。

6 结束语

(1) 设计了一种基于本体的 F-B-S 知识表达模型,对模型中各个模块进行了分析,叙述了模型中本体的构造方法。

(2) 为了表示概念设计中产品知识,采用 BFN 范式领域本体进行统一的描述和表达。从而,使知识的表达简洁、明确、可理解和可扩充。

(3) 以吸尘器为例,完成了产品知识的表达过程,说明了基于本体知识表示方法的有效性,该方法有利于实现产品知识的共享。

表 1 基于功能的吸尘器概念属性库

Fuction Concept	ID_Attribute	Name	Type	ID_Component
提供能量	A1	功率	Integer	C1
传输动能	A2	转速	Float	C2
吸尘	A3	吸尘效果	String	C3、C4 C5
	A4	吸力	Float	
集尘	A5	集尘容量	Float	C6、C7
	A6	集尘方式	String	
滤尘	A7	排灰量	Float	C8
外观配件	A8	电源线长	Float	C9
	A9	提手	String	
	A10	机重	Float	
	A11	排风方式	String	

表 2 基于行为的吸尘器概念库

Behavior Concept	Type	ID_ Attribute	ID_ Component
输入电压	直流、 交流	1	C1
轴的转动	旋转	2	C2
...

表 3 基于结构的吸尘器概念关系库

Structure Component	ID_ Componet	relation
电动机	C1	A part of (部分与整体)
抽风机	C2	
软管	C3	A congener of (同类)
长接管	C4	
弯管	C5	如: 3 与 4 3 与 5 A coequality of (同级)
布袋	C6	
纸袋	C7	如: 1 与 2
电源线	C8	
吸尘器	C9	

参考文献

1 Deng YM, Tor SB, Britton GA. Abstracting and exploring functional design information for conceptual mechanical product design. Engineering with Computers, 2000,16(1):36 – 52.

表 4 吸尘器本体实例库

ID_Instance		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Type		CG461	CG463	CG465	CG661	CG663	CL673	CG677	E7111	E7113
ID_ Attribute	A1	1300	1500	1500	1600	1600	1800	1200	1200	1300
	A2	500	650	650	700	700	750	450	450	500r/s
	A3	好	好	好	好	好	一般	好	一般	一般
	A4	18	18	20	25	25	30	15	15	15
	A5	3.0	3.0	3.0	3.2	3.2	2.5	3.0	1.8	1.8
	A6	袋型	袋型	袋型	袋型	袋型	旋风型	袋型	袋型	袋型
	A7	6.0	7.5	7.5	8.0	8.0	9.5	5.5	5.5	5.5
	A8	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.0	5.0
	A9	双	双	双	双	双	单	双	单	单
	A10	4.5	4.5	4.5	5.1	5.1	6.7	5.1	4.1	4.1
	A11	斜上	普通							

2 年志刚,梁式,麻芳兰,等.知识表示方法研究与应用. 计算机应用研究, 2007,24(5):234 – 237.

3 Zou GM, Hu YJ, Wang XL, et al. The representation of conceptual product based on component-connector design features with P/T net approach. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2004.

4 Tay FEH, Gu JX. Product modeling for conceptual design support. Computers in Industry, 2002,48:143 – 155.

5 You HC, Chen K. Applications of affordance and semantics in product design. Design Studies, 2007,28 (1):23 – 38.

6 冯豪,何玉林,麻芳兰,杜静. 面向对象知识表示方法在摩托车设计中的应用.重庆大学学报(自然科学版), 2005,28(1):1 – 4.

7 刘培奇,李增智,赵银亮.扩展产生式规则知识表示方法.西安交通大学学报, 2004,38(6):587 – 591.

8 Uschold M, Gruninger M. Ontologies: principles, methods and applications.The Knowledge Engineering Review, 1996,11(2):93 – 155.