

基于产品知识模块本体的产品知识集成*

张太华¹ 顾新建² 白福友²

(1. 贵州师范大学机械与电气工程学院, 贵阳 550014; 2. 浙江大学现代制造工程研究所, 杭州 310027)

【摘要】 对产品知识模块本体进行定义,给出了基于产品知识模块本体的产品知识集成思想,提出了基于结构-语义-特性的产品知识模块本体集成方法。该方法从结构、语义和特性 3 个层次分别进行关系桥规则的构建、集成规则的确定和集成实现,并给出了集成过程的流程图,通过集成实例和企业应用说明了集成实现过程。

关键词: 产品知识模块本体 关系桥规则 推理 集成规则

中图分类号: TP391; TH122 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)05-0214-08

Integration of Product Knowledge Based on Modular Ontologies of Product Knowledge

Zhang Taihua¹ Gu Xinjian² Bai Fuyou²

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Guizhou Normal University, Guiyang 550014, China

2. Institution of Contemporary Manufacturing Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract

The definition of modular ontology of product knowledge was given. The idea of the product knowledge integration based on modular ontology of product knowledge was presented. An integration method based on structure-semantics-specific product knowledge modular ontology was proposed. In the method, construction of the relation bridge rules, identification of the integration rules and integration implementation were established through structure, semantics and specific levels. The flow chart of the integration process was given. The achievement of the integration process was showed through examples and enterprise application.

Key words Modular ontology of product knowledge, Relation bridge rule, Reasoning, Integration rule

引言

产品知识是产品创新与开发的基础。但是,相关产品知识呈现多、乱、散的特点,且分布于不同的知识库(如专利库、文献库、模型库等)中,本体技术能对多、乱、散的各种知识进行组织^[1~2]。但是,随着知识数量的增多,本体的构建就变得更复杂,知识集成难度加大,对知识进行增、删、改等维护变得越来越困难,知识的可重用性大打折扣。因此,模块本体应运而生^[3~4],其作用是识别和利用本体内在的关联性,通过模块化处理,集成相关本体,简化本体

应用,从而实现对多、乱、散的知识组织管理和集成,提高知识的模块性、可维护性和重用性。

在产品知识领域,现有研究主要涉及到产品模型的本体表达^[5~6]、制造工艺和设备的本体描述^[7~8],研究过程中没有考虑专利、文献、手册、规范、准则、模型、材料和经验等知识,也没有产品知识方面的模块本体相关研究文献资料。

本文选择模块本体作为产品知识集成的依据,先通过构建产品知识模块本体,然后采用关系桥规则^[9]把各产品知识模块本体集成起来,并通过动态描述逻辑对集成过程的可满足性和一致性进行检

收稿日期: 2010-07-13 修回日期: 2010-08-23
* 贵州省自然科学基金资助项目(黔科合J字[2010]2258)、国家自然科学基金资助项目(71061004)、贵州师范大学博士科研启动基金资助项目和“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAF01A02)
作者简介: 张太华,副教授,博士,主要从事制造业信息化、工业工程和知识管理研究, E-mail: zhangth542@sohu.com

查,最后通过实例说明集成的实现过程。

1 集成技术基础

1.1 集成原理

产品知识模块本体的集成不但要完成产品知识(如专利、文献、模型等)结构层次和语义层次的集成,还必须完成特性层次上的产品知识集成。特性层次的知识包括设计知识、制造知识和服务知识等,且分布于不同产品知识库中。

产品知识模块本体的集成由两个阶段构成:第一阶段是采用模块化方法对产品知识进行模块划分,根据划分的产品知识模块构建对应的产品知识模块本体。第二阶段是采用关系桥规则(bridge rules, 简称 BR)进行产品知识模块本体集成(或叫联接),完成产品知识的集成任务。

(1) 产品知识模块本体的构建

定义 1(产品知识模块本体):产品知识模块本体是对产品知识进行模块划分,然后对划分的产

品知识模块进行正规化处理,最后采用本体方法对正规化处理后的产品知识模块中各概念及关系进行语义建模所得到的产品知识结构化的语义概念模型。

一个产品知识模块本体 O 可用四元组的形式来表示: $O = \{C, P, A, I\}$ 。其中 C 表示产品知识模块本体所包含的概念集合,用于描述产品知识中产品、部件、零件及其特性的功能; P 表示概念属性集合,用于描述产品、部件、零件、特性等各概念之间的关系; A 表示公理集合,用于描述概念、对象属性、数据类型属性及实例之间的各种约束规则; I 表示概念的实例集合。

产品知识模块本体的构建包括产品知识的模块划分^[10]、正规化处理^[11]、语言选择、本体构建和本体进化等步骤。由于篇幅原因,本文不再展开讨论。

(2) 产品知识模块本体的集成

产品知识模块本体的集成原理如图 1 所示(图中 $BR_1 \sim BR_4$ 为关系桥规则)。

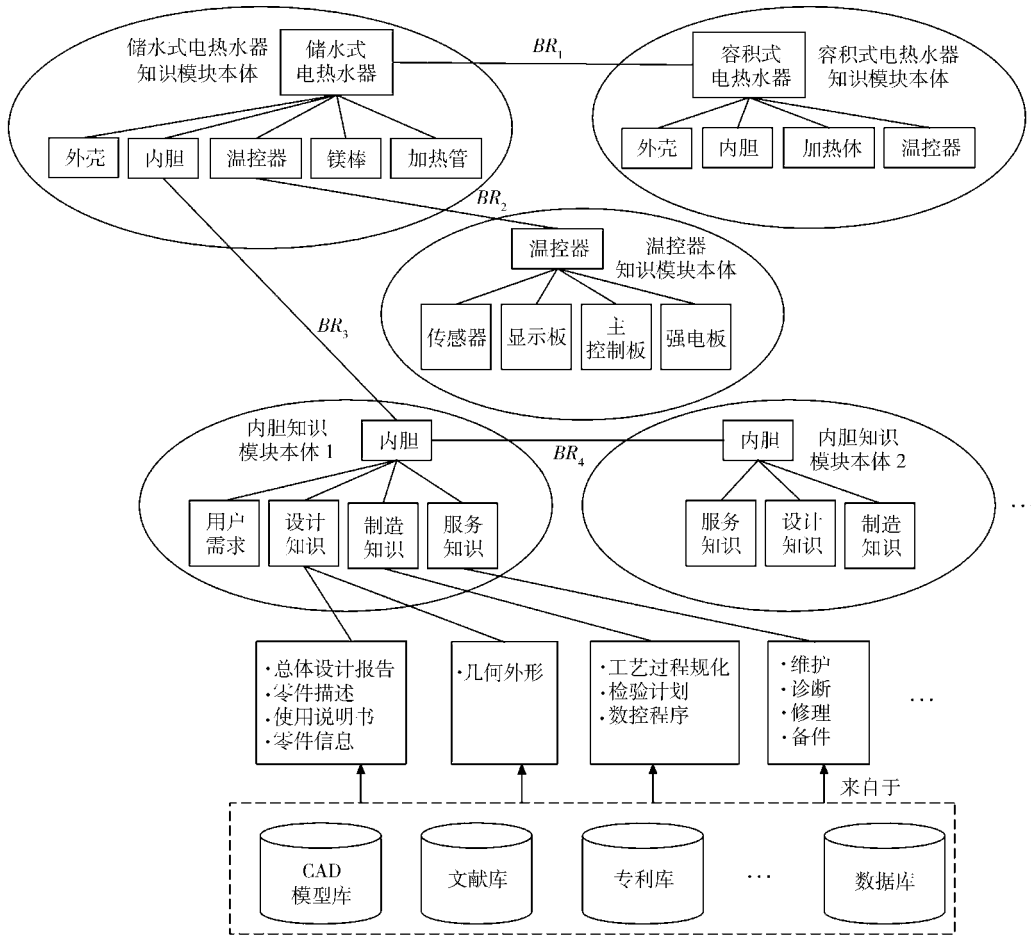


图 1 产品知识模块本体的集成原理

Fig. 1 Integration principle modular ontology of product knowledge

产品知识模块本体的集成是由关系桥规则对本体的概念、属性和关系桥公理来描述:①产品知识模块本体与其子知识模块本体的关系(图 1 中储水式

电热水器知识模块本体 1 与内胆知识模块本体 1 的关系)。②同内涵的不同知识模块本体之间的关系或其他不同知识模块本体之间的关系(图 1 中储水

式电热水器知识模块本体 1 与内胆知识模块本体 2 的关系)的规范。

定义 2(产品知识模块本体关系桥规则):设 O_i 和 O_j 分别为两个不同的产品知识模块本体,它们的关系桥规则可用一个七元组来表示

$$BR = \{ID_i, ID_j, \{C_i\}, \{C_j\}, \{P_i\}, \{P_j\}, R_{ij}\}$$

其中 ID_i 和 ID_j 分别表示产品知识模块本体 i 和 j 的统一资源标志符(unique resource identifier, 简称 URI); $\{C_i\}$ 和 $\{C_j\}$ 分别表示产品知识模块本体的概念集合; $\{P_i\}$ 和 $\{P_j\}$ 分别表示产品知识模块本体属性集合; R_{ij} 表示概念的关系桥公理。

概念关系桥公理包括“INTO”和“ONTO”,其形式如下:

$$(1) \text{ INTO 概念关系桥规则公理: } i: C_i \xrightarrow{\subseteq} j: C_j.$$

$$(2) \text{ ONTO 概念关系桥规则公理: } i: C_i \xrightarrow{\supseteq} j: C_j.$$

概念关系桥公理是覆盖产品知识模块本体的一个最重要方面。但不能像概念包含一样能读入。因此,需要将其转换成概念类的 DL 公理来进行读写。转换后的形式如下:

$$(3) \text{ INTO 概念关系桥公理转换: } i: C_i \xrightarrow{\subseteq} j: C_j \text{ 转换为 } i: C_i \subseteq j: C_j.$$

例如“ i : 内胆 $\xrightarrow{\subseteq}$ j : 储水式电热水器”转换为 i : 内胆 $\subseteq j$: 储水式电热水器。

$$(4) \text{ ONTO 概念关系桥公理转换: } i: C_i \xrightarrow{\supseteq} j: C_j \text{ 转换为 } i: C_i \supseteq j: C_j.$$

在图 1 中设储水式电热水器为 O_i 的概念,内胆为 O_j 的概念,则有 i : 储水式电热水器 $\subseteq j$: 内胆。

根据具体的关系桥规则,再构建相应的集成规则,即可完成对产品知识模块本体的集成。

1.2 集成推理

产品知识模块本体的集成推理是对产品知识模块本体集成过程中的术语集合和个体断言集合进行推理,以检查集成过程的可满足性和一致性。产品知识模块本体集成过程中的推理包括推理功能、推理任务^[12]过程等内容。

推理功能是用于判断产品知识中概念和关系的可满足性,并进行实例检测和实例检索。

推理任务是对产品知识中概念的一致性检查、等同实体概念的判断和概念间的包含关系判定。

推理实现是对分布式、异构的产品知识集成过程中的概念和关系的可满足性、一致性检及包含关系的“真”或“假”进行判断,提供统一的形式化逻辑框架,为产品知识集成提供合理的逻辑基础。

在产品知识模块本体的集成过程中,集成推理

需要对分布式、异构和动态的产品知识及其各种关系进行推理,而在各种推理方法中,能很好支持分布式、异构和动态推理过程的 D3L^[13],因此,本文采用 D3L 来对产品知识模块本体的集成过程进行推理,并给出一个基于分布式描述逻辑的推理过程结构,如图 2 所示。同时,采用 FaCT^[14] 检验产品知识模块本体的一致性。FaCT 是一个基于描述逻辑的分类器,它支持任意知识库,具有优化的 tableaux 算法,并支持 CORBA 客户-服务器体系结构。

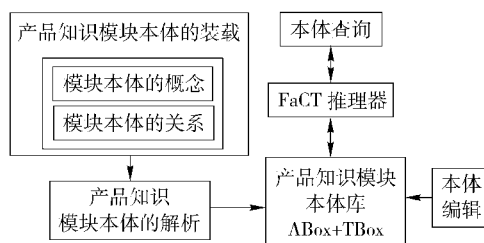


图 2 产品知识模块本体集成中的推理

Fig. 2 Reasoning in integration for modular ontology of product knowledge

在实际推理过程中,通过分布描述逻辑对产品知识模块本体中的概念、属性和实例等进行装载解析,生成产品知识模块本体的临时 ABox 和 TBox,然后通过 FaCT 提供的 CORBA 接口提交给 FaCT,并把要判定的类型询问提交给 FaCT, FaCT 经过推理,返回“真”或“假”的推理结果。

2 基于结构-语义-特性的产品知识模块本体集成方法

产品知识模块本体的集成是通过关系桥规则从结构、语义和特性 3 个层次对分布式的各产品知识模块本体进行集成,有利于实现对产品知识的更好集成、维护、共享和重用。

2.1 关系桥规则

在产品知识模块本体的集成过程中,结构层次的关系桥规则实现产品知识模块本体中父概念、子概念及其子概念个数等在结构表示上的集成(或连接);语义层次的关系桥规则实现产品知识模块本体中概念语义表达的一致;特性层次的关系桥规则实现产品知识模块本体中零件的设计知识、制造知识和服务知识等的集成,提供语义一致和更完整的产品知识服务。

设 i 为待集成的源产品知识模块本体的编号, j 为待集成的目标产品知识模块本体的编号,则从产品知识模块本体 i 到产品知识模块本体 j 的结构层次关系桥规则为 $BR_{STR(i,j)}$, 语义关系桥规则为 $BR_{SEM(i,j)}$, 特性关系桥规则为 $BR_{FEA(i,j)}$, 有如下定义:

定义 3 $BR_{STR(i,j)} = \{ID_{STR(i)}, ID_{STR(j)}, \{AC\}_i,$

$\{AC\}_j, \{AP\}_i, \{AP\}_j, R_{STR(i,j)}\}$, 其中 ID_{STR} 表示产品知识模块本体的 URI; $\{AC\}_i$ 和 $\{AC\}_j$ 分别表示产品知识模块本体 i 和 j 结构上的概念集合, 与产品知识模块本体中产品、部件、子部件和零件的基本概念相对应; $\{AP\}_i$ 和 $\{AP\}_j$ 分别表示产品知识模块本体 i 和 j 在结构层次上的属性集合; $R_{STR(i,j)}$ 为产品知识模块本体 i 和 j 的结构层次关系公理。

定义 4 $BR_{SEM(i,j)} = \{SID_i, SID_j, \{SC\}_i, \{SC\}_j, \{SP\}_i, \{SP\}_j, BR_{SEM(i,j)}\}$ 。 SID_i 和 SID_j 分别为产品知识模块本体 i 和 j 的 URI; $\{SC\}_i$ 和 $\{SC\}_j$ 分别表示产品知识模块本体 i 和 j 在语义层次上的概念集合; $\{SP\}_i$ 和 $\{SP\}_j$ 分别表示产品知识模块本体 i 和 j 在语义层次上的属性集合; $BR_{SEM(i,j)}$ 表示从产品知识模块本体 i 到 j 的语义关系公理。

定义 5 $BR_{FEA(i,j)} = \{FID_i, FID_j, \{FC\}_i, \{FC\}_j, \{FP\}_i, \{FP\}_j, R_{FEA(i,j)}\}$, 其中 FID_i 和 FID_j 为产品知识模块本体 i 和 j 的 URI; $\{FC\}_i$ 和 $\{FC\}_j$ 分别表示产品知识模块本体 i 和 j 的设计、制造和服务知识概念集合; $\{FP\}_i$ 和 $\{FP\}_j$ 分别表示产品知识模块本体 i 和 j 的属性集合; $R_{FEA(i,j)}$ 为产品知识模块本体 i 和 j 的特性关系公理。

2.2 产品知识的集成规则

根据产品知识模块本体的结构、语义和特性的实际, 集成过程中如下规则:

(1) 结构集成规则

规则 1: 在结构层次上, 当产品知识模块本体 i 和 j 的名称相同时, 如果各子概念名称及个数都对应相同, 则 i 和 j 在结构相同; 如果各概念名称不完全相同或个数不同, 则需要对各概念进行“ $AC_i \vee AC_j$ ”的合取运算。

如图 1 中, 内胆知识模块本体 1 中的概念“内胆”与内胆知识模块本体 2 中的概念“内胆”, 前者有 4 个子概念, 后都有 3 个子概念, 集成时需要进行合取运算, 并有 $AC_i \vee AC_j = \{\text{用户需求, 设计知识, 制造知识, 服务知识}\}$ 。

规则 2: 当产品知识模块本体 i 和 j 的名称相同时, 在结构上如果 AP_i 的父概念和子概念与 AP_j 父概念和子概念相同, 则有 $\text{equivalentProperty}(i: AP_i, j: AP_j)$, 即 AP_i 和 AP_j 相等; 反之, 则有 $\text{disjointWith}(i: AP_i, j: AP_j)$, 即 $i: AP_i$ 和 $j: AP_j$ 不相关。

(2) 语义集成规则

规则 3: 在语义层次上, 如果产品知识模块本体 i 和 j 中的概念 SC_i 和 SC_j 的内涵满足 $i: SC_i \subseteq j: SC_j$ 和 $j: SC_j \subseteq i: SC_i$, 则这两个概念的内涵相等, 即 $i: SC_i \equiv j: SC_j$ 。

图 1 中, 储水式电热水器知识模块本体中的概

念“加热管”与容积式电热水器知识模块本体中的概念“加热体”两个概念的内涵相等, 即满足 $i: \text{加热管} = j: \text{加热体}$ 。

规则 4: 在语义层次上, 如果产品知识模块本体 i 和 j 中的概念 SC_i 和 SC_j 的内涵满足 $i: SC_i \subseteq j: SC_j$ 或 $j: SC_j \subseteq i: SC_i$, 则这两个概念的内涵之间存在包含或包含于关系。

图 1 中, 容积式电热水器知识模块本体中的概念“容积式电热水器”的概念包含于储水式电热水器知识模块本体中的概念“储水式电热水器”中。

规则 5: 在语义层次上, 如果产品知识模块本体 i 和 j 中的概念 SC_i 和 SC_j 的内涵满足 $i: SC_i \cap j: SC_j \neq \perp$ 且 $i: SC_i \cap j: SC_j \neq i: SC_i$ 且 $i: SC_i \cap j: SC_j \neq j: SC_j$, 则这两个概念的内涵之间存在交集, 即存在交叉关系。

规则 6: 在语义层次上, 如果产品知识模块本体 i 和 j 中的概念 SC_i 和 SC_j 的内涵满足 $i: SC_i \subseteq j: SC_j$ 和 $j: SC_j \subseteq i: SC_i$ 都不成立, 则这两个概念的内涵之间没有任何关系, 称这两个概念无关。

规则 7: 在语义层次上, 如果产品知识模块本体 i 和 j 中的属性 SP_i 的父概念和子概念内涵与 SP_j 的父概念和子概念内涵的语义对应相等, 则有 $\text{equivalentProperty}(i: SP_i, j: SP_j)$, 即 SP_i 和 SP_j 的内涵相同; 反之, 则有 $\text{disjointWith}(i: SP_i, j: SP_j)$, 即 $i: SP_i$ 和 $j: SP_j$ 不相关。

(3) 特性集成规则

规则 8: 在特性层次上, 如果产品知识模块本体 i 和 j 中的特性的概念内涵满足 $i: FC_i \subseteq j: FC_j$ 和 $j: FC_j \subseteq i: FC_i$, 则 FC_i 和 FC_j 的知识内涵相等, 即 $i: FC_i \equiv j: FC_j$; 如果 FC_i 包含于 FC_j 的知识内涵中, 即 $i: FC_i \subseteq j: FC_j$, 如果 FC_j 包含于 FC_i 的知识内涵中, 即 $j: FC_j \subseteq i: FC_i$ 。

图 1 中, 内胆知识模块本体 1 的概念集合为 $\{\text{用户需求, 设计知识, 制造知识, 服务知识}\}$, 内胆知识模块本体 2 的概念集合为 $\{\text{设计知识, 制造知识, 服务知识}\}$, 后者的知识都能在前者的知识集合中找到, 即满足 $j: \text{内胆知识模块本体 2} \subseteq i: \text{内胆知识模块本体 1}$ 。

规则 9: 在特性层次上, 当产品知识模块本体 i 和 j 中的特性的概念内涵满足 $i: FC_i \equiv j: FC_j$ 时, 如果 FP_i 的父概念和子概念与 FP_j 父概念和子概念内涵对应相等, 则有 $\text{equivalentProperty}(i: FP_i, j: FP_j)$, 即 FP_i 和 FP_j 相同; 反之, 则有 $\text{disjointWith}(i: FP_i, j: FP_j)$, 即 $i: FP_i$ 和 $j: FP_j$ 不相关。

2.3 产品知识模块本体的集成过程

根据产品知识模块本体的集成规则, 可实现从

结构、语义和特性 3 个方面对产品知识模块本体进行集成。具体的集成过程如下:

输入:源产品知识模块本体 i 中的概念 AC_i 、 SC_i 、 FC_i 、属性 AP_i 、 SP_i 、 FP_i 和目标产品知识模块本体 j 中的概念 AC_j 、 SC_j 、 FC_j 和属性 AP_j 、 SP_j 、 FP_j 。

输出:概念 AC_i 和 AC_j 相等和无关关系,概念 SC_i 和 SC_j 内涵的相等、包含或包含于、交叉和无关关系;属性 AP_i 和 AP_j 的相等和无关关系,属性 SP_i 和 SP_j 的相等和无关关系,属性 FP_i 和 FP_j 的相等和无关关系。

(1)对源产品知识模块本体 i 和目标产品知识模块本体 j 的关系进行判断,如果 i 和 j 的名称满足相同或同义关系,则 i 和 j 的集成为同级产品知识模块本体的集成,并指定 i 和 j 的同义关系;如果 i 和 j 的名称满足父子关系,则 i 和 j 的集成为父子产品知识模块本体的集成,并指定 i 和 j 的父子关系;如果 i 和 j 不满足上述两种关系,则需要为 i 和 j 指定共同的父产品知识模块本体名称。

(2)从 i 中选择一个概念 AC_i ,遍历 j 中的所有概念 $\{AC_j\}$ 与 AC_i 的结构关系,如果满足 $i: AC_i \sqcup j: AC_j \equiv j: AC_j$,则 AC_i 包含于 AC_j ;如果满足 $i: AC_i \sqcup j: AC_j \equiv j: AC_i$,则 AC_j 包含于 AC_i ;如果满足 $i: AC_i \equiv j: AC_j$,则 AC_i 与 AC_j 相等;如果不满足上述条件,需手工指定 AC_i 的 AC_j 的关系;把上述 AC_i 和 AC_j 关系写入产品知识模块本体映射文件中。

(3)从 i 中选择一个属性 AP_i ,遍历 j 中的所有属性 $\{AP_j\}$ 与 AP_i 的结构关系,如满足 $i: AC_i \equiv j: AC_j$ 且 $\text{equivalentProperty}(i: AP_i, j: AP_j)$,则 P_i 和 P_j 为相等关系;反之, AP_i 和 AP_j 为无关关系;把上述 AP_i 和 AP_j 的关系写入产品知识模块本体的映射文件中。

(4)从 i 中选择一个概念 SC_i ,遍历 j 中的所有 $\{SC_j\}$ 与 SC_i 的语义关系,如果满足 $j: SC_j \subseteq i: SC_i$,则 SC_j 包含于 SC_i ;如果满足 $i: SC_i \subseteq j: SC_j$,则 SC_i 包含于 SC_j ;如果满足 $i: SC_i \cap j: SC_j \neq \perp$ 且 $i: SC_i \cap j: SC_j \neq i: SC_i$ 且 $i: SC_i \cap j: SC_j \neq j: SC_j$,则 SC_i 和 SC_j 存在交叉关系;如果不满足上述条件,需手工指定 SC_i 的 SC_j 的关系。

(5)从 i 中选择一个属性 SP_i ,遍历 j 中的所有 $\{SP_j\}$ 与 SP_i 的语义关系,如果满足 $i: SC_i \equiv j: SC_j$ 且 $\text{equivalentProperty}(i: SP_i, j: SP_j)$,则 SP_i 和 SP_j 语义相同;反之,则 SP_i 和 SP_j 语义无关。

(6)从 i 中选择一个零件概念 FC_i ,遍历 j 中的所有零件概念 $\{FC_j\}$ 和 FC_i 的特性关系,如果 FC_i 和 FC_j 满足 $i: FC_i \equiv j: FC_j$ 的关系,则 FC_i 和 FC_j 为相等关系;如果满足 $i: FC_i \subseteq j: FC_j$,则 FC_i 包含于 FC_j ;如果满足 $j: FC_j \subseteq i: FC_i$,则 FC_j 包含于 FC_i ;如果不满足上述关系,需手工指定 FC_i 的 FC_j 的关系。

(7)从 i 中选择一个零件概念的属性 FP_i ,遍历 j 中的所有零件概念属性 $\{FP_j\}$ 和 FP_i 的特性关系,如果满足 $i: FC_i \equiv j: FC_j$ 和 $\text{equivalentProperty}(i: FP_i, j: FP_j)$,则 FP_i 和 FP_j 为相等关系;反之,则 FP_i 和 FP_j 为无关关系。

(8)在产品知识模块本体映射关系文件中写入 C_i 和 C_j 、 P_i 和 P_j 、 SC_i 和 SC_j 、 SP_i 和 SP_j 、 FC_i 和 FC_j 及 FP_i 和 FP_j 的集成关系,同时返回步骤 2,选择 i 中的下一个概念。

(9)循环执行步骤(2)~(7),直到遍历 i 中的所有概念,结束集成。

根据产品知识模块本体结构层次、语义层次和特性层次的集成情况,可得到如图 3 所示的产品知识模块本体的集成流程图。

2.4 产品知识模块本体的集成推理过程

推理是对产品知识模块本体集成的可满足性和一致性进行检查。具体的推理过程如下:

输入:产品知识模块本体的多个动态描述逻辑系统 $\{DDL_i\}_{i \in I}$ 、桥规则集合 $\{BR\}_{i,j \in I}$ 、需要判断的概念包含 $i: B \subseteq j: D$ 。

输出:“真”和“假”的布尔值。

(1)如果 $T_i \models i: B \subseteq i: D$ 成立,转步骤(6);否则转步骤(2)。

(2)对任意的 $j \in i, j \neq i$,判断 DDL_j 与 DDL_i 之间是否满足条件:①存在从 j 到 i 的 ONTO—概念桥规则 BR_{ji}^1 ,该规则将 DDL_i 中的概念 B 对应到 DDL_j 的概念 E 。②存在从 j 到 i 的 INTO—概念桥规则 BR_{ji}^2 ,将 DDL_i 中的概念 D 对应到 DDL_j 的概念 F 。

(3)如果存在 DDL_j ,满足步骤(2)中的条件,则利用推理机制判断 $i: E \subseteq j: F$ 是否成立。

(4)如果存在 $i: E \subseteq j: F$ 成立,转步骤(6),否则转步骤(5)。

(5)判断是否存在 $k \in i, k \neq j \neq i$,使得 DDL_k 满足步骤(2)中的条件,如果存在,转到步骤(2);否则,转到步骤(7)。

(6)返回“真”,结束推理过程。

(7)返回“假”,结束推理过程。

图 1 中,设储水式电热水器知识模块本体为 i ,内胆知识模块本体 1 为 j ,则输入为 j 到 i 的 INTO—概念桥规则 BR_{ji}^2 。故有 $j: \text{内胆} \subseteq i: \text{内胆}$,把 i 中的概念“内胆”对应到 j 中的概念“内胆”上,输出为真值,结束推理过程。

3 产品知识集成实例及企业应用

3.1 集成实例

为了说明产品知识模块本体的集成实现过程,

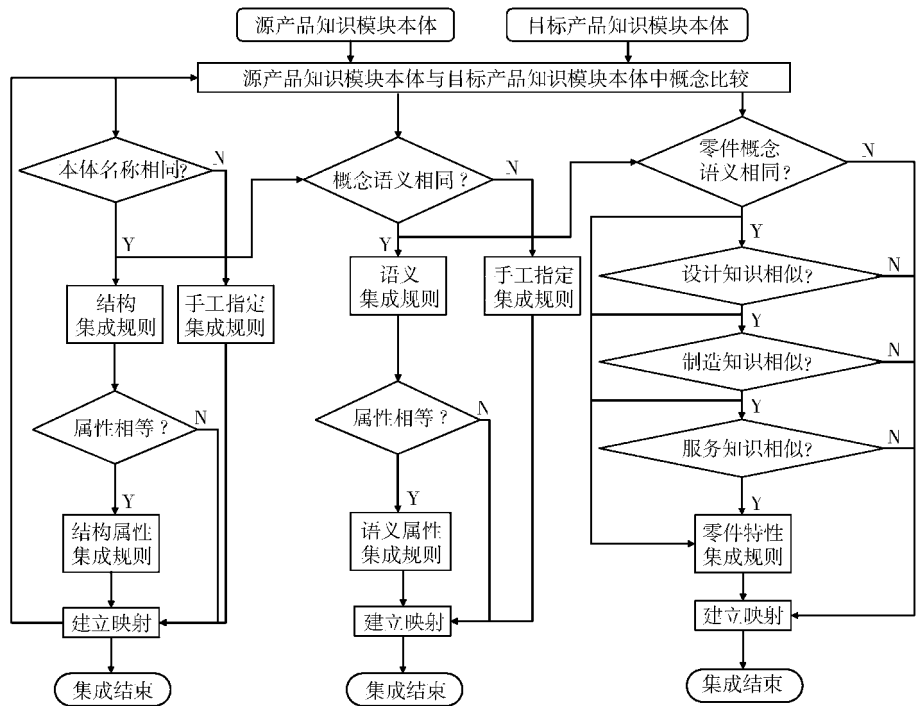


图 3 基于模块本体的产品知识集成流程

Fig. 3 Integration process of product knowledge based on modular ontology

以某储水式电热水器知识的集成为例,如图 4 所示。由于不同企业的本体构建人员对该电热水器知识理解的不同,得到储水式电热水器知识模块本体 1 和储水式电热水器知识模块本体 2 两个不同的知识表达结构。为了达到对该电热水器知识的共同理解,提供更完整的电热水器知识服务,需要对这两个本体进行结构、语义和特性层次的集成。

(1) 结构层次集成

依据定义 3、规则 1 和规则 2 进行结构集成,集成后在结构上为储水式电热水器知识模块本体 1 提供温度传感器、显示板、主控制板和强电板的相关知识,为储水式电热水器知识模块本体 2 提供外壳的相关知识。

(2) 语义层次集成

依据定义 4、规则 3、规则 4、规则 5、规则 6 和规则 7 进行语义集成,帮助对概念“加热管”、“加热体”、“镁棒”和“牺牲阳极棒”的共同的理 解,使这些知识表达在语义保持一致,便于共享和重用。根据少数服从多数的原则,集成时用概念“加热管”取代“加热体”。同理用“镁棒”概念取代“牺牲阳极棒”,完成语义集成过程。

(3) 特性层次集成

依据定义 5、规则 8 和规则 9 进行特性的集成,从而帮助对搪瓷内胆设计知识、制造知识和服务知识的共同的理 解和完善,便于更好的共享和快速重用。集成后在特性层次上为储水式电热水器知识模

块本体 1 的搪瓷内胆提供维修和保养方面的知识,为储水式电热水器知识模块本体 2 的搪瓷内胆提供强度方面的性能知识及成型和焊接方面的制造知识,完成特性的集成。

在完成集成后,得到图 5 所示的结构-语义-特性的集成结果,完成整个集成过程。

(4) 集成推理实例

为了对图 4 所示的产品知识集成过程中的可满足性和一致性检验,采用 2.4 节的推理过程进行推理:先采用 D3L 对推理过程进行描述,接着启动 FaCT 推理器,调用 tableaux 算法对可满足性和一致性检查,结果说明集成是无矛盾的。

3.2 企业应用

为了及时获取用户需求和新知识以加速新产品开发,快速抢占市场,海尔集团与本课题组联合开发了基于产品知识模块本体的产品知识集成系统,通过集成系统可实现对产品知识的及时准确查询,为企业产品创新与开发、快速响应市场和客户需求做出及时反应。集成系统选用 Windows XP 操作系统为开发平台, Tomcat 5.0 为 Web 服务器,微软 SQL Server 2005 为后台数据库, Protégé 2000 构架作为产品模块化本体编辑器,系统采用了 JSP、JavaBeans 和 Servlet 等相结合的网络开发技术。由于篇幅的原因,本文只给出产品知识模块本体集成实现过程的界面(图 6)和基于产品知识模块本体的产品知识集成系统的主界面(图 7)。

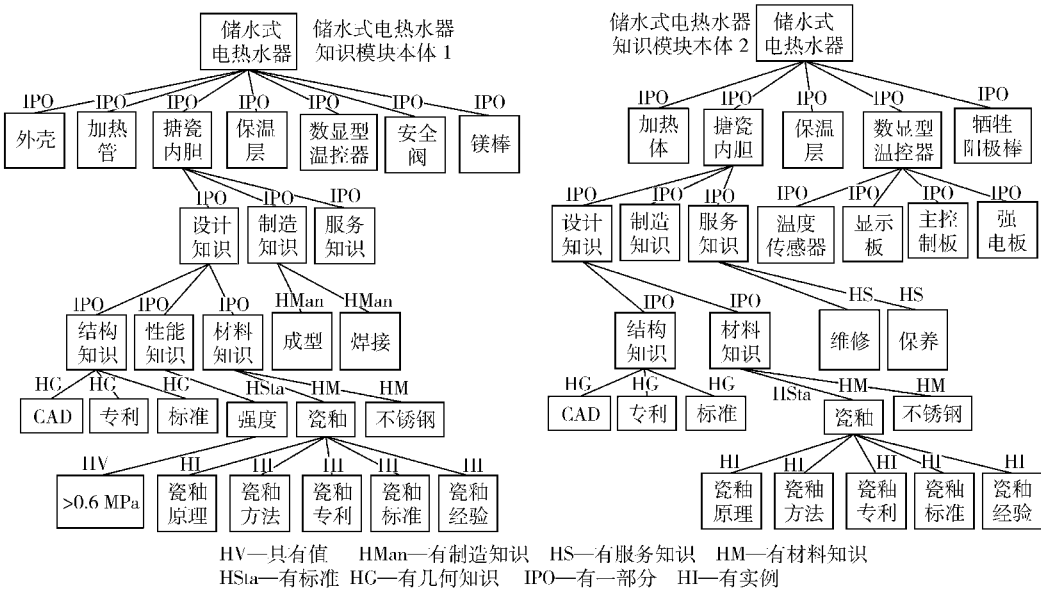


图 4 储水式电热水器知识模块本体和容积式电热水器知识模块本体

Fig. 4 Modular ontology storage-type electric water heater and modular ontology capacity electric water heater

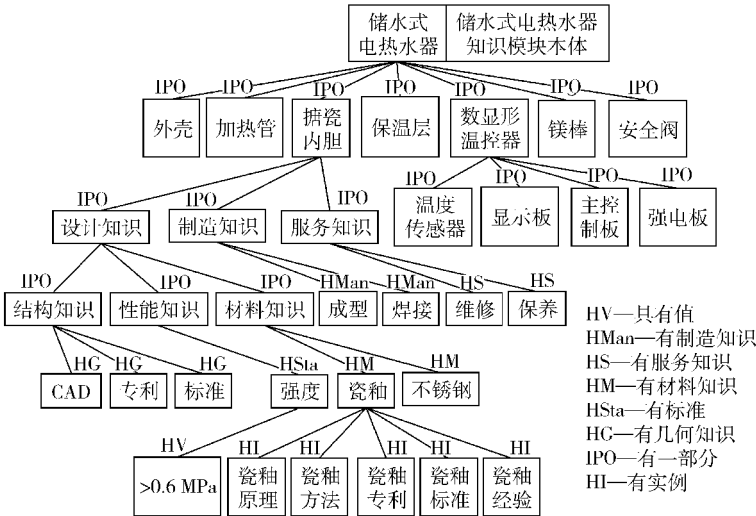


图 5 储水式电热水器模块本体结构-语义-特性集成

Fig. 5 Structure-semantics-specific integration for modular ontology storage-type electric water heater

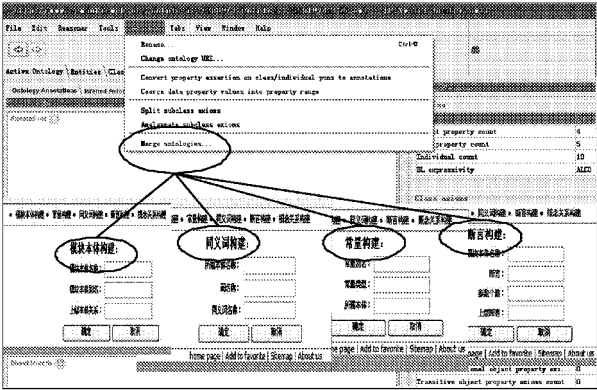


图 6 产品知识模块本体的集成实现

Fig. 6 Integration realization for modular ontology of product knowledge



图 7 基于产品知识模块本体的产品知识集成系统

Fig. 7 Integration system of product knowledge based on modular ontology of product knowledge

4 结论

(1) 根据模块本体的思想, 对产品知识模块本体进行定义, 提出了通过关系桥规则和集成规则实现产品知识模块本体集成的原理。

(2) 采用分布式动态逻辑和 FaCT 结合的推理

方法, 检查产品知识集成过程中的可满足性和一致性。

(3) 提出了基于结构-语义-特性的产品知识模块本体集成方法: 即从结构、语义和特性 3 个层次对产品知识进行集成, 给出集成实现的流程图, 并通过集成实例和企业应用说明集成过程。

参 考 文 献

- 1 Wache H, Vögele T, Visser U, et al. Ontology-based integration of information-a survey of existing approaches [C] // International Joint Conference on Artificial Intelligence, Seattle, Washington, USA, 2001: 108 ~ 117.
- 2 Courses E, Surveys T. Ontology-based integration of data sources [C] // International Conference of Information Fusion. Canada: ICIF, 2007: 1 ~ 8.
- 3 Rector A. Modularisation of domain ontologies implemented in description logic and related formalisms including OWL [C] // Proceedings of the International Conference on Knowledge Capture. Sanibel Island: ACM Press, 2003: 121 ~ 128.
- 4 Grau B, Kutz O. Modular ontology languages revisited [C] // IJCAI Workshop on Semantic Web for Collaborative Knowledge Acquisition, India: Hyderabad, 2007.
- 5 赵燕伟, 胡坚, 张国贤. 基于 OWL 本体建模的概念产品配置[J]. 中国机械工程, 2004, 15(19): 1 725 ~ 1 728.
Zhao Yanwei, Hu Jian, Zhang Guoxian. OWL-based ontology modeling of conceptual product configuration [J]. China Mechanical Engineering, 2004, 15(19): 1 725 ~ 1 728. (in Chinese)
- 6 Chen Y, Chen Y, Chu H. Development of a mechanism for ontology-based product lifecycle knowledge integration[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(2): 2 759 ~ 2 779.
- 7 朱文博, 李爱平, 刘雪梅. 基于本体的冲压工艺知识表示方法研究[J]. 中国机械工程, 2006, 17(6): 616 ~ 620.
Zhu Wenbo, Li Aiping, Liu Xuemei. Research on knowledge representation for stamping process based on ontology [J]. China Mechanical Engineering, 2006, 17(6): 616 ~ 620. (in Chinese)
- 8 倪益华, 顾新建, 吴昭同. 基于本体的企业知识管理平台的构建 [J]. 中国机械工程, 2005, 16(15): 1 954 ~ 1 958.
Ni Yihua, Gu Xinjian, Wu Zhaotong. Exploitation of knowledge management platform faced to manufacture corporations based on ontology [J]. China Mechanical Engineering, 2005, 16(15): 1 954 ~ 1 958. (in Chinese)
- 9 Giunchiglia F. Contextual reasoning [C] // Proceedings IJCAI'93 Workshop on Using Knowledge in Its Context. Chambéry, France, 1993: 39 ~ 49.
- 10 童时中. 模块化原理设计方法及应用 [M]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- 11 史忠植, 董明楷, 蒋运承, 等. 语义 Web 的逻辑基础[J]. 中国科学(E 辑), 2004, 34(10): 1 123 ~ 1 138.
Shi Zhongzhi, Dong Mingkai, Jiang Yuncheng, et al. Logic basis of semantic Web [J]. Science in China (E), 2004, 34(10): 1 123 ~ 1 138. (in Chinese)
- 12 Borgida A, Serafini L. Distributed description logics: directed domain correspondences in federated information sources [M] // Meersman R, Tari Z. On the move to meaningful internet systems, LNCS 2519. Berlin: Springer, 2002: 36 ~ 53.
- 13 蒋运承, 史忠植, 汤庸, 等. 一种分布式动态描述逻辑[J]. 计算机研究与发展, 2006, 43(9): 1 603 ~ 1 608.
Jiang Yuncheng, Shi Zhongzhi, Tang Yong, et al. A distributed dynamic description logic [J]. Journal of Computer Research and Development, 2006, 43(9): 1 603 ~ 1 608. (in Chinese)
- 14 Horrocks I. The FaCT system [C] // Proceedings of TABLEAUX-98. Oisterwijk, Netherlands, 1998: 307 ~ 312.
- 15 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.
Zhang Taihua. Research of integration and application for knowledge module ontology of electromechanical product [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2009. (in Chinese)