

基于本体的航空制造企业异构知识集成研究*

Research on Ontology-Based Heterogeneous Knowledge Integration of Aviation Manufacturing Enterprise

西北工业大学机电学院 刘闻韬 齐乐华 周计明
中国航天科技集团 707 研究所 侯俊杰

[摘要] 在分析军工制造企业的知识需求的基础上,提出了基于本体的制造企业知识集成架构,并在集成开发环境中构建了制造企业初步本体。研究了基于本体的企业知识建模、知识在知识库中的存储模型以及基于概念的知识检索等关键技术。原型系统的初步验证表明,基于本体的知识集成可以有效解决飞行器制造企业异构知识源的语义集成问题。

关键词: 本体 知识集成 知识建模 知识检索

[Abstract] On the basis of analyzing the knowledge requirement of manufacturing enterprise, the knowledge integration framework based on ontology is put forward and a primary ontology of manufacturing enterprise is built in the integrated development environment. The key realization technologies such as ontology-based knowledge modeling, storage model of repository, and knowledge retrieval based conception are presented. The prototype system indicates that the knowledge integration based on ontology can solve the problem of semantic integration of heterogeneous knowledge source in aviation manufacturing enterprise.

Keywords: Ontology Knowledge integration Knowledge modeling Knowledge retrieval

航空产品制造是知识密集型的生产活动,各阶段需要不同的专业知识,而知识资源的分布与语义异构,导致专业数据库间缺乏有效的互操作。因此,集成相对独立的专业化知识库,实现企业内制造知识集成是 CIMS 的深层需求。文献[1]详细论述了知识集成与学习型组织间的关系;文献[2]运用知识地图描述相似知识实体及属性间的关联,建立面向工程的案例知识库;文献[3-5]讨论通过建立产品语义模型的方法,实现面向产品协同设计知识的集成与交互。上述研究对

制造企业知识管理的应用做了有益探讨,但大都只关注于单个环节,缺乏从企业整体角度面向不同制造阶段的知识集成。语义网的出现,为知识集成提供了新的方法。文献[6]基于本体技术,开展了面向生产设计流程的企业知识地图分层模型的研究,建立企业集成知识视图。而对基于本体面向航空制造过程的知识集成系统的研究尚不多见。

本文在现有 CAD/CAM 系统的基础上,提出面向航空制造企业的知识集成框架。该框架以知识本体为核心,采用基于 OWL 的知识表示、基于概念的知识检索方法,为实现航空制造企业异构知识集成奠定基础。

1 航空制造知识集成需求与知识本体

航空制造企业在长期的生产过程中积累了大量的文档类知识,但分布于各专门知识库中,其描述方式、存储方式及用户接口都有很大差异。这些差异导致知识的快速检索困难,知识管理脱离业务流程,特别是由于语义异构、结构异构而缺乏互操作性,给知识的有效集成和协同造成很大障碍。

本研究将本体应用于航空制造企业知识集成,使企业中与生产制造技术相关的知识术语、概念、认知通过统一的框架得以分享,保证对知识认知的完整性和一致性。本体支持基于概念的知识检索,它的体系分类功能使知识库中的知识更加有序化,为建立整个制造企业的分布异构知识集成视图奠定基础。在文献[7]的基础上将本体扩充为一个 8 元组结构:

$$O: = \langle C, P^C, \leq_C, R, P^R, \leq_R, A \rangle$$

式中, (1) C 是概念集合; (2) P^C 是由多个概念属性集合组成的集合; (3) \leq_C 是概念集合上的偏序; (4) R 是关系集合,其元素 $R: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n$, 且 $C \cap R = \emptyset$; (5) P^R 是由多个关系属性集合组成的集合; (6) 函数 $\sigma: R \rightarrow C^+$ 称为签名; (7) \leq_R 是关系集合 R 上的偏序,当 $r_1 \leq_R r_2$, 对每一个 $i: 1 \leq i \leq n$, $|r_1| \leq |r_2|$, $\sigma_i(r_1) \leq \sigma_i(r_2)$; (8) 设 L 是一种逻辑语言,对本体 O 的 L

* 国防科技工业技术基础科研项目(Q032006C005)。

公理系统 A 为一对偶 $A := (AI,)$ 式中, AI 是公理标识符的集合; $:AL \rightarrow L$ 是一个映射; $A := (AI)$ 中的元素称为公理。

2 基于本体的航空制造知识集成框架

为实现上述航空制造企业知识集成需求,本研究设计并构造了基于本体的企业知识集成框架,如图1所示。该框架以企业本体库为核心,呈现了相关制造知识的获取、表示、存储及运用的全过程。

(1) 资源层。

包括制造企业现有的各种知识源,如各种产品制造技术文档、工程数据库、工艺案例和制造领域专家黄页等。

(2) 知识描述层。

提取各类知识对象的特征数据,以 RDF/RDFS 知识描述语言对抽取的元数据进行语义描述。

(3) 知识仓储层。

存储经过语义编码后的各种知识,记录了结构化(字段映射信息)和非结构化(通过内容抽取器抽取信息)数据源的信息。

(4) 语义推理层。

本体概念网络包括多 ontology 的管理、本体视图生成、多 ontology 映射及进化等。知识检索模块将用户的检索需求转换为多 ontology 查询语句,检索概念网络,形成概念扩展。

(5) 可视化层。

提供给知识工作者具体的应用,如知识资源地图、专家地图将本体知识集成系统以图形化界面的方式展现出来,同时提供了知识维护界面。

3 知识集成框架关键技术及实现

3.1 制造知识本体构建及实现

本研究通过骨架法,构建粗粒度顶层知识本体,逐步细化知识粒度,最终形成面向航空制造企业知识

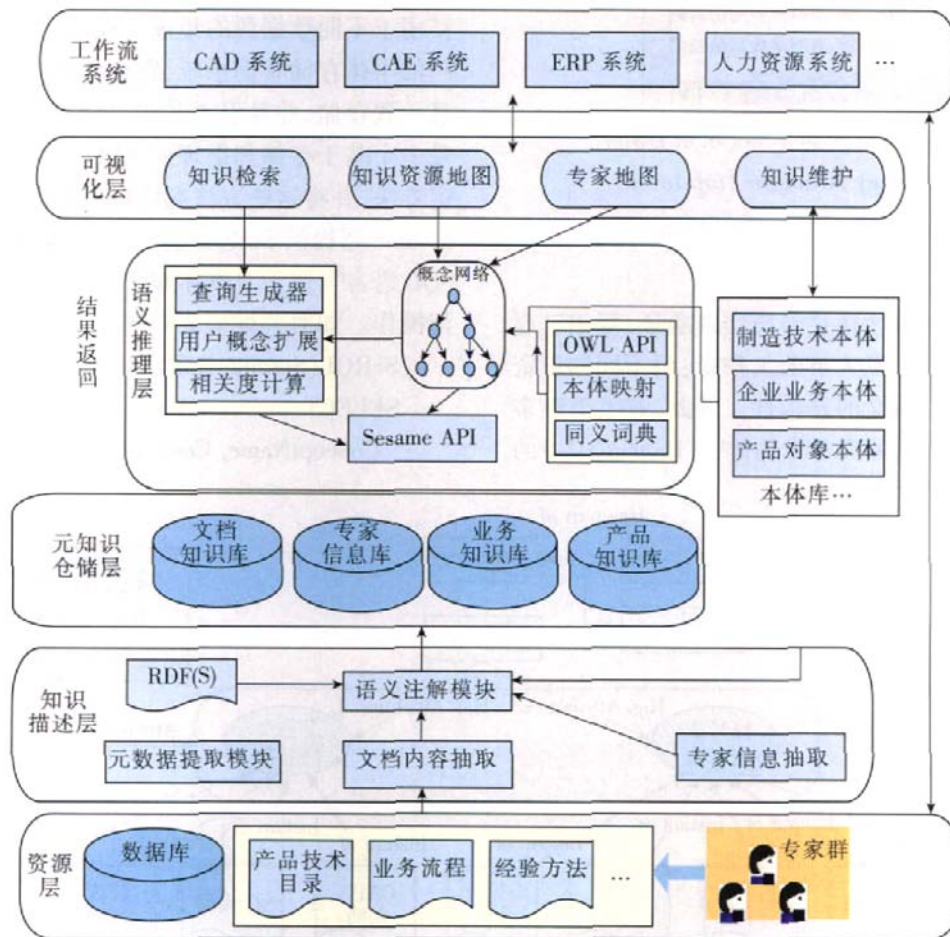


图1 基于本体的制造企业知识集成框架

Fig.1 Ontology-based knowledge integration framework of manufacturing enterprise

集成的本体体系。根据制造企业对知识的需求,归纳了4大顶层本体:制造技术领域本体、企业业务知识本体、产品工艺知识本体和专家网络本体。

采用 Protégé 2.1 构建的知识本体类和类的层次结构如图 2 所示。Protégé 2.1 作为航空制造知识本体开发环境,将本体封装成 OWL 语法。OWL 语言作为知识库节点间通信、资源描述与匹配的基本语言,使知识具有了计算机可以理解的语义。



图 2 航空制造知识本体(顶层)结构
Fig.2 Ontology structure (top level) for aeronautical manufacturing

已有本体的有效性往往经历实践验证,复用已有本体可以有效减轻开发人员的工作量;但不同知识资源的本体往往存在语义的异构性。因此,有效消除多本体融合带来的语义冲突非常关键^[9]。Protégé 2.1 的

prompt 插件提供了多本体的语义融合功能。

3.2 基于本体制造知识建模

在制造企业知识集成中,按载体不同知识对象主要涉及两种类型,即计算机可处理的各类文档和计算机不可处理的知识载体(如专家),这两类载体可以分别描述为:

- (1) 计算机文档: 文档<文档 ID, 标题, 关键词, 创建者, 创建时间, 文档类型>;
- (2) 专家作为隐性知识载体, 可描述为: <专家 ID, 姓名, 领域, 岗位, 成果, 联系方式>。

知识实体之间相互关联形成知识网络, 其有 4 种常见实体关系: kind of, part of, attribute of, instance of。本研究统一采用基于遵循 RDF 语法的 OWL 语言描述知识语义关联, 以产品工艺知识对象为例, 其语义建模如图 3 所示。

3.3 知识的存储模型

尽管采用 RDF 模式来存储数据的物理模型, 但该模式并不能提供规范化的术语查询, 同时也不能直接用于不同数据源的集成。Sesame 是一个开放源代码的本体存储查询系统, 它允许 RDF 数据和构架信息一致存储, 并且引入 SAIL 来实现信息查询。SAIL 是一个基于存储和推理的 API, 它为用户提供 RDF 特定方法, 并将这些方法翻译成对指定 DBMS 的调用。Sesame 还提供 SeRQL 查询转换语言, 这是一种类 SQL 语言^[9], 用于对本体知识库进行增、删、改以及查询操作。如对关键词 KW_i 的概念查询描述如下:

SeRQL (Sesame Rdf Query Language, SeRQL):
SELECT
ConceptName, Concept

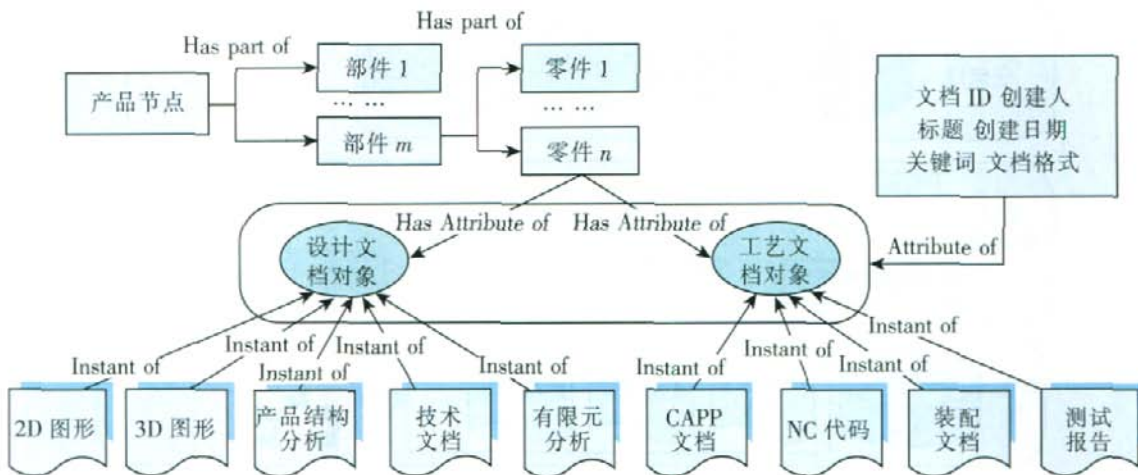


图 3 产品知识对象语义建模
Fig.3 Semantic modeling for product knowledge

FROM

```
{Concept}<jgzlike>{' KWi '};
<rdfs:label>{Conceptname} ...
```

3.4 知识的语义查询

知识检索是实现知识共享和重用的关键技术。根据本文提出的集成知识库体系框架,其最大特色在于突破以往仅限于关键词的检索,采用基于概念的检索。本文采用动态启发式概念检索算法建立基于概念的语义检索过程(见图4):

(1) 查看本体库,选择相关本体,指定查询范围。

(2) 用户输入检索描述向量,这里采用关键词集合 $KW=(kw_1, kw_2, \dots, kw_n)$ 。查询转换模块将输入的查询请求打包成类 SQL 查询语言。

(3) 对 KW 中的概念进行首次扩展,在概念知识本体中获取与用户关键词 KW_i 匹配的概念 C_i ,并赋予初始权重 w_i ,构成初始概念向量列表:

$LISP(<C_1, w_1>, <C_2, w_2>, \dots, <C_m, w_m>)$ 。

(4) 对 $LISP$ 中的概念进行二次扩展,并赋予不同权重:主要包含同位概念扩展(权重与根概念相等)和上下位概念扩展(权重小于根概念权重)。将新概念及其权重加入 $LISP$ 中,若已经存在此概念,则将其权重累加。直至没有新概念被扩展(设定语义距离为 1,即每个概念只扩展 1 次)。

(5) 系统根据扩展过后的概念集对知识库进行

检索,根据知识的重要程度对其进行排序。

本研究引入推理引擎实现基于知识、语义的推理,根据现有系统所存储的信息集合,挖掘和推理出信息集合中的隐含知识。借助领域本体和语义词典实现知识的智能获取,提高知识检索的全面性和可用性。

4 结束语

根据航空制造企业普遍存在的多知识源语义异构问题,本文提出一种基于本体的航空制造知识集成方法。该方法运用基于本体的知识表示,为工程技术人员及航空企业管理人员提供了统一的企业知识视图,采用基于语义概念的知识检索方法,方便了对知识资源的快速、准确、全面的检索。初步原型系统验证了基于本体的企业异构知识集成的可行性。

参 考 文 献

- [1] Born R P. Knowledge integration: its relation to organizational learning to knowledge management methods and to measuring the benefits of KM. IEEE, 2002: 188-192.
- [2] Yu Chenglin, H. Ping Tserng. Enhancing knowledge exchange through web map-based knowledge management system in construction: Lessons learned in Taiwan. Automation in Construction, 2006: 693-705.
- [3] Wang Shengfa, Gu Xinjian, Cui Liangping, et al. Study on knowledge integration system oriented to product design. Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation, 2006. IEEE, 2006: 6 880-6 884.
- [4] 赵建勋,张振明,田锡天,等.本体及其在机械工程中的应用综述.计算机集成制造系统,2007, 13(5): 727-735.
- [5] Heiner Stuckenschmidt, Frank van Harmelen, Anita de Waard, et al. Exploring Large Document Repositories with RDF Technology. The DOPE Project. Geoscience and Remote Sensing, 2004. IEEE, 2004, 19(3): 24-40.
- [6] 苑忠磊,张成洪,张诚,等.面向流程的企业知识地图及其本体实现.计算机集成制造系统,2006, 12(9): 1524-1530.
- [7] Stumme G, Preese A D, Hui K J, et al. The Karlsruhe View on Ontologies. Technical report, University of Karlsruhe, Institute AIFB, 2003.
- [8] Bouzeghoub, Elbyed. An Ontology Mapping Algorithm to Share Learning Resources. Information and Communication Technologies, 2006 IEEE, 2006: 616-621.
- [9] Franzioni Stefano, Mazzoleni Pietro, Valtolina Stefano, et al. Towards a Fine-Grained Access Control Model and Mechanisms for Semantic Databases. Web Services, 2007. ICWS, 2007. IEEE International Conference on 9-13 July 2007: 993-1000.

(责编 侧卫)

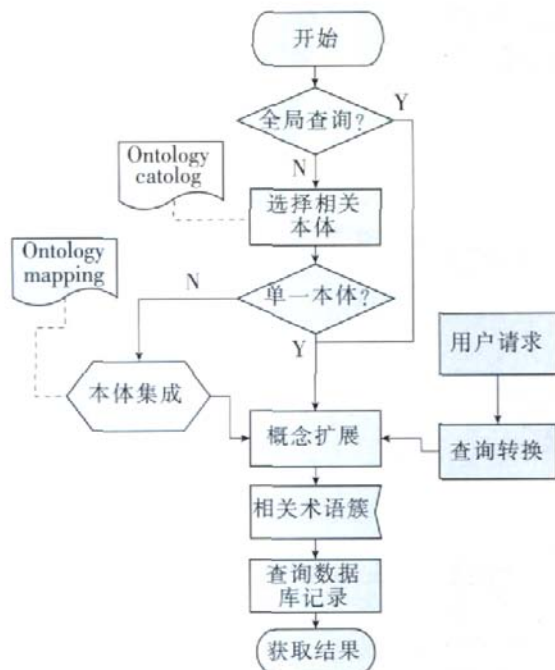


图4 基于本体的概念检索流程

Fig.4 Ontology-based concept retrieval processing