

供应链系统异构知识集成方法研究^{*}

徐 琪¹ Robin Qiu²

(宁夏大学数学计算机学院 银川750021)¹

(Dept. of Information Sciences, Pennsylvania State University, Malvern, PA 19355, USA)²

摘 要 供应链系统流动着大量的异构信息和知识,为了有效地利用现有知识对供应链进行优化管理和运作,供应链不仅要实现信息系统的集成而且需要实现知识集成。本文运用领域本体论(Ontology)、多 Agent 等技术研究供应链系统异构知识集成的方法,应用资源描述框架模式(RDFS)作为信息和知识的核心转换技术,实现异构知识的转换和集成,为供应链系统异构知识集成提供一个切实可行的技术解决方案。该方案可以保证全程信息数据和知识的正确性、及时性和完整性,进一步促使信息流为决策人员提供及时、可靠和科学的有效决策支持。

关键词 供应链,知识集成,异构,Agent,Ontology,RDFS

Heterogeneous Knowledge Integration for Supply Chain Systems

XU Qi¹ Robin Qiu²

(School of Math and Computer, Ningxia University, Yinchuan, 750021)¹

(Dept. of Information Sciences Pennsylvania State University, Malvern, PA 19355, USA)²

Abstract In supply chain systems, it becomes high necessary to extract pertinent information and apply consistent and current knowledge to assessing buying and selling information that comes from a variety of heterogeneous sources of supply chain system. This paper addresses knowledge synthesis in facilitating integration for supply chain. We discuss an agent-based and ontology-based innovative architecture to provide a computing framework for ease of knowledge syntheses by taking into consideration the state-of-the-art software technologies. Using the system, agent can delegate variety of tasks to interact in a integrated mean. Formal models of domain ontology and knowledge base are elucidated, which aim at creating the foundation for representing information using a desirable common semantics. Resource description framework schema is proposed as the vehicle of data transformation so that heterogeneous knowledge syntheses can be performed effectively by taking advantage of emerging computing technologies. By doing so, necessary information and data are promptly accessible and retrieved knowledge from the deployed supply chain system is consistent, pertinent, and current.

Keywords Supply chain, Knowledge integration, Heterogeneity, Agent, Ontology, RDFS

1 引言

供应链是物流、资金流和信息流三者有机结合的系统,它对相关企业的入力、资金、产品、信息、技术、知识等各类资源进行计划、协调与控制,对企业经营过程重构,形成了一个利益一致、优势互补、资源共享的供需功能网络。供应链系统涉及多个企业、多种资源、多个业务环节,各节点系统之间或系统内部流动着大量来自多源的异构信息和知识流。显然,如果没有一个有效的机制促使信息或知识集成,这些流动于各系统间的信息及知识仍可能是相互没有关联的、前后没有感知的、甚至是多余的^[1~3]。为此,供应链系统中的各节点企业不仅要实现业务应用系统的集成,还要实现企业内及企业间知识的集成,以通过知识积累、管理和重用来提高企业经营和管理水平。为实现这样的目标,供应链系统依赖良好定义的、可扩展的、集成的信息系统。然而,现有的信息系统大多是使用专门的或者说与平台相关的而不是用良好定义的、集成的方法开发并部署的,这种专有技术开发的系统存在很多局限性,如不同企业数据格式的不同、数据传输方式的不同而造成数据交换的局限,一个企业发送的数据格式另一个企业无法接受,如果要使得两个基于不同技术的系统协同工作,就必须创

建某种“桥”,以便将一个系统消息格式翻译成为另一个系统消息格式,然而翻译这两种格式通常是很困难的,因此这些系统很难实现知识共享和集成。而且,由于缺乏系统的和标准的方法实现信息和知识集成,因而常常会导致不完全的、不相关的和过时的知识库的建立^[4]。

知识集成是一个新的研究领域,它是企业集成的高级阶段。企业集成从最初的信息集成扩展到现今的过程集成和即将到来的知识集成。一般来说,知识集成是从多个不同的知识源融合信息和概念的过程,这些知识源往往是分布和异构的。其集成分为两个方面,即集成不同的知识库和集成同一知识的不同形式化程度的表示^[5]。目前,国内外学者对企业集成的研究主要集中在技术支持和数据表示方面。例如应用分布式网络技术(CORBA、DCOM、J2EE等)实现信息传输、数据访问并支持异构信息的共享和重用方面的研究;应用企业建模的方法确定集成内容,实现基于公共语法和语义模型的信息交换的研究;利用集成平台和产品全生命周期管理(PLM)为异构分布环境下的应用提供信息访问和交互手段,及支持产品全生命周期中的产品定义管理,实现企业实时协同和产品设计制造全过程的集成管理的研究等等。这些研究有效地支持了企业信息共享,提高了制造效率。但随着供应链系统信息

^{*} 国家教育部优秀青年教师资助计划项目(教人司[2003]355号)、宁夏自然科学基金(D1003)及宁夏大学科研基金(032504)项目资助。徐 琪 教授,博士,主要研究方向是供应链管理、企业系统集成等。Robin Qiu 教授,博士生导师,主要研究方向是企业应用集成、计算机系统应用等。

的几何级数的增长,相关信息的抽取及应用一致的知识对系统进行访问已变得越来越困难,已有的研究在知识层次的集成方面还存在局限性。本文运用 Agent 技术、Ontology(本体论)及 RDF(Resource Describe Framework--资源描述框架)技术研究供应链系统异构知识集成问题,通过应用一致的、共享的知识,实现企业信息的访问,为供应链系统异构知识的集成提供一个切实可行的方案。

2 供应链系统概述

供应链是由供应商、制造商、经销商等共同构成的功能网络系统,涉及节点企业内及企业间的各种信息系统,系统间流动着信息、资金、物质等各式各样的信息知识流(如图1所示)。各节点企业信息系统一般分为办公计划、运作控制管理及执行等几个层次,运作控制管理及执行层的实时数据为办公计划层提供决策依据。一个信息系统往往包含几个子系统。例如,制造商信息系统包括办公计划管理系统、生产控制系统和车间生产执行系统等。其中生产控制系统是办公计划管理系统和车间生产执行系统之间的一个桥梁。在实际运作过程中,

生产控制系统一方面从办公计划系统获取相关运行计划,并下达到车间生产执行系统进行有效的执行;另一方面,生产控制系统综合车间层的数据,整理成企业生产管理有用的信息和知识,实时准确地把这些生产状态信息传送到办公计划层。车间生产执行系统实时地采集有关生产机器、设备、装置、运行状态等原始数据^[6~8]。这些原始数据在送往车间控制层及办公计划决策层时,需经过过滤、融合或集成等数据处理过程。由于,我们可以总结出供应链系统存在四种类型的异构性,即软、硬件环境不同或不兼容造成的系统异构性、不同的编程语言及数据表示方法带来的语法异构性、不同的数据模型产生的结构异构性及知识表示的词语和概念在不同的上下文中有不同的含义而造成的语义的异构性等^[9]。因此,为了有效地利用和共享信息及知识,来自供应链系统各类异构的信息或知识需要一种有效的知识集成方法。目前,数据及信息融合技术为更好地描述和形式化相关信息、整合不同源的数据提供了一种方法和工具^[10~12]。数据或信息融合本质上是采用一种信息协同的方式,根据信息的相关性、联系性,跟踪、整合各类数据,获取高质量的信息或知识,实现数据的有效利用。

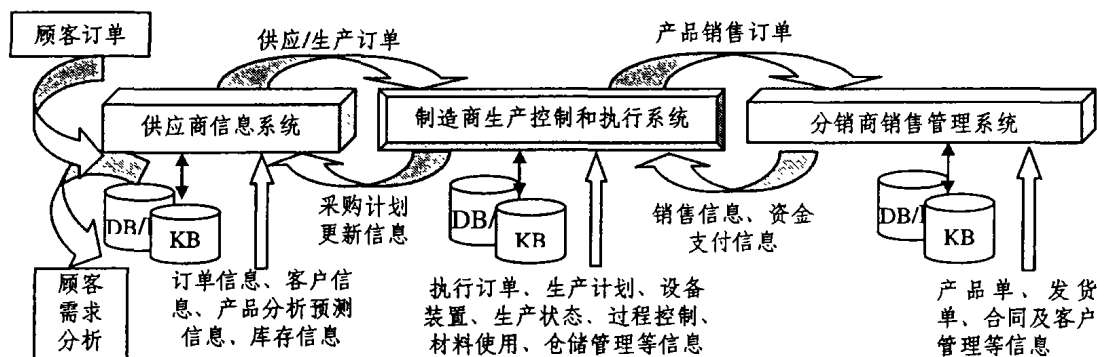


图1 制造企业供应链系统信息知识流

3 供应链系统异构知识集成方法

3.1 基于 Agent 协作的供应链系统知识集成方法

Agent 是分布式人工智能的概念,一般的理解可认为它是一种体现信念(belief)、愿望、(desire)、能力(capability)、意图(intention)和承诺(commitment)等心智状态的自主实体。它在某一环境中可以不需外界干涉,持续自主独立地运行。在基于 Agent 的供应链系统知识集成中,每个节点子系统都可看作具有一定问题求解能力的 Agent,每一个 Agent 具有一定的功能,可为它们建立功能索引,包括系统的功能描述、能力评价、输入/出参数、推理规则等,然后对要解决的问题进行分解,直到每个子任务都有一个或多个 Agent 协作完成,Agent 的问题求解空间即是由协作的多 Agent 组成的供应链系统功能网络,这样整个供应链可以看作由各种属于不同企业或部门的 Agent 所构成的多 Agent 系统。由于 Agent 所特有的自主性、智能性等,每个 Agent 之间不存在隶属关系,各 Agent 具有自身独立的目标、意愿和行为。可以自主地选择任务对象,接受或拒绝任务。Agent 之间是一种“点对点”的关系,每个 Agent 对环境有较多的知识。

Agent 之间通过协作实现知识交换和集成。而协作是建立在消息通讯和交互的基础上的。交互包括消息服务层次和符号层次的内容,符号同消息中所隐含的知识相关。因此,Agent 之间的交互需要一个共同的通讯语言和共享的本体。目前用于 Agent 之间进行知识共享和知识交换的协议性语言是 Agent 通信语言(ACL-Agent Communication Language)。

ACL 是一种包含专用于支持多 Agent 系统的协调、协商、消息传递和合作等活动的通信命令和有关结构的高级语言,这些通信命令和结构又由一些不同的所谓“子语言”组成,它们分别定义通信内容、消息参数(如发送方、接收方等)和发送方关于通信内容的观念、态度及目的等。ACL 由三个部分组成,一是知识交换格式(KIF-Knowledge Interchange Format);二是本体论(Ontology),使用本体论目的是当 Agent 进行通讯时,以保证正确地解释语句。当 Agent 自主地处理供应链系统中的信息交换时,上下游企业节点之间信息语义的不一致问题将随之出现,使用 Ontology 明确领域概念、定义词汇表等,可以消除 Agent 之间信息交换的语义差别问题。第三部分是知识查询和操作语言(KQML-Knowledge Query and Manipulation Language)。KQML 既包括消息格式又包括消息操作协议,可以使 Agent 独立地不同领域间通讯,它支持知识共享和 Agent 合作,集成供应链上的各种知识。

KIF 语言规定了一套语法和语义,包括一组多样的逻辑数来帮助对逻辑信息进行编码,能够通过利用复杂的术语来表示复杂的信息,因此,它可作为一种通用的中性的知识表示格式,充当不同知识表示语言之间的“翻译”^[10],完成 Agent 之间的交互,实现知识集成。例如,在供应链系统中,对于一个欲了解产品价格,以确定供应商的事件,Agent 的协作模块的 KIF 语言描述为:

```
(=>(AND(AND(EventName"Supplier: SupplyPriceEvent")
(GetSupplyEventCount ?count))(IntegerCompare ?count "=" 2))
((AND (AND (AND(TurnOff "DEALER")
(SupplierShow "Turned off the alarm."))
(SetIdentifiedAlarm "LThink" 20 "minutes"))
```

(SupplyShow “Started an alarm for LThink”))

即,判断“供应商(DELER)的价格事件是否为第二次从同一个供应商发出,如果是,则结束该事件,并给出显示信息,同时开始下一个供应商(LThink)价格事件”。这个 KIF 语言描述表示了通过价格判断,选择供应商这样一个命题。因此,一个 Agent 的知识在使用前先要将知识用 KIF 规定的格式表示,然后将其发送到另一个 Agent,该 Agent 再将 KIF 知识转变为自身的知识,从而实现知识的交换和集成。

3.2 供应链系统领域 Ontology 及其知识库的形式化表示

Ontology 是对概念化对象的明确表示和描述。它通过定义描述领域知识的概念、概念的关系、表示概念与关系的词汇等作为知识表示的约定。其定义不仅是一系列类别,而且还描述这些类别的结构和关系。

Ontology 具有生命周期,包括本体领域知识的获得、概念化、形式化、实现及维护等过程。构造 Ontology 的目的是为了实现知识共享和集成,消除系统应用之间存在模糊不清或模棱两可的概念或定义。一般而言,为了更好地理解领域问题,常用 Ontology 来提供一个由原因和结果集构成的阶层结构,从而清晰了领域知识的结构,并可避免重复进行领域知识分析,这为描述知识库中的知识和实现多 Agent 之间的互操作提供了公共基础。领域 Ontology 形式化定义可表示为:

$$O = \{C, R, H^C, A^O\}$$

其中 C : 领域中知识概念的集合或词汇集; R : 概念之间的关系集,满足 $C \cap R = \emptyset$ 和函数 $\gamma: R \rightarrow C \times C$; H^C : 概念层, $H^C \subseteq C \times C$, $H^C(C_1, C_2)$ 定义了 C_1 是 C_2 的子概念; A^O : 特定领域本体论中用形式逻辑语言描述的本体定律。

在本体结构中,除了概念、关系被定义外,还明确地显示出该领域中事物如何被关联及如何被结构化。如图2所示, GEM 被用来作为通信协议, $H^C(c_4, c_2)$ 和 $H^C(c_4, c_3)$ 说明 c_4 是 c_2 和 c_3 的子概念, $\gamma_1(c_4, c_1)$ 指明 c_4 是用 GEM 来定义的;逻辑信息 $c_2 \rightarrow c_3$ 是一个 Ontology 定义的例子,对于 c_2 和 c_3 来说,只有当 c_2 完成后 c_3 才能被初始化。很明显,通过定义一个应用领域的 Ontology,应用中的领域标准词汇和关系就可以被明确地定义。而且根据上述 Ontology 的形式化定义,一个对

Ontology 具体状态进行详细说明的知识库也可以形式化地定义:

$$KB = \{O, I, \rho, \pi\}$$

其中 O : 领域本体论,即: $O = \{C, R, H^C, A^O\}$; I : 概念物体化后的表示集; ρ : 概念物体化函数, $\rho: C \rightarrow 2^I$, $2^I = \{X: X \subseteq I\}$; π : 物体化函数, $\pi: R \rightarrow 2^{I \times I}$, 即: $\pi(R) = \{I_1, I_2\}; I_1 \subseteq I \text{ and } I_2 \subseteq I$ 。

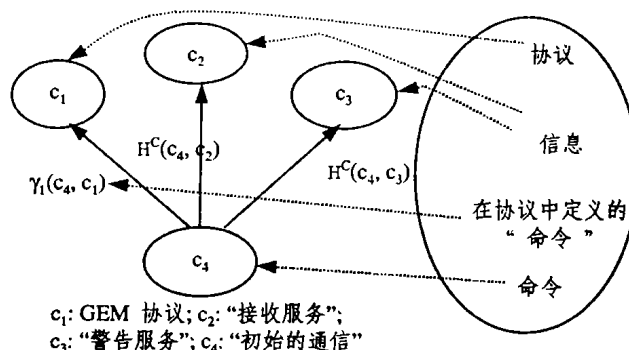


图2 领域本体论结构示意图

这种基于领域本体论的知识库的结构被定义后,其动态的实例知识库即是相关的和一致的。这样的知识库提供了形式化知识表示、明确的领域词汇和语义,及对领域的共同理解,消除了知识表示法的差异及知识模型的差异,因而克服了过去不同组织之间知识库的知识共享和重用的困难。

3.3 供应链系统基于多 Agent 和 Ontology 的知识集成模型结构

图3是基于 Agent 与 Ontology 的知识集成框架结构。在该结构中各 Agent 由任务管理、协调和通信三大模型组成。任务管理模块负责接受、分解来自其它 Agent 或客户的任务,并按要求执行 workflow 任务活动;任务协调模块主要负责监控任务的执行过程,当任务完成或当意外情况出现时它将通知任务管理模块。通信模块通过接受和发送消息完成 Agent 的各种交互活动。这些交互是基于消息交换机制的,每一种消息都包含了关于某种活动的一种明确的描述。同时,交互又是基于共同的 Ontology,这样就消除了不同系统的 Agent 间交互时语义和结构的二义性。

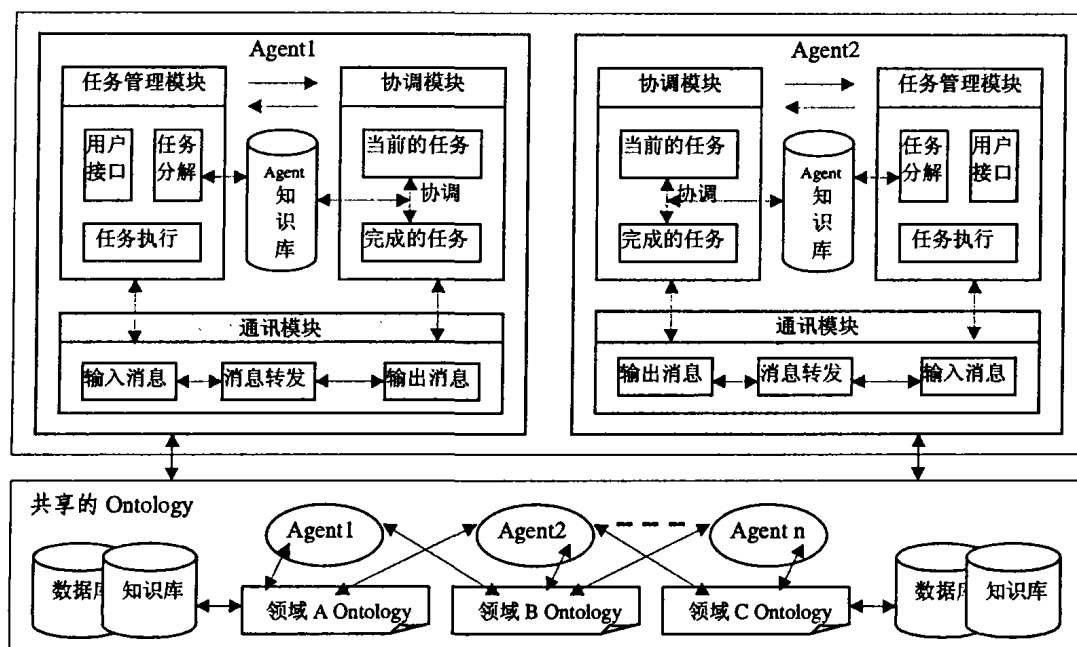


图3 基于 Agent 与 Ontology 的知识集成模型结构

4 知识模型的转换和集成

4.1 知识模型转换和集成结构

信息或知识从每个异构知识源获取后,由 RDFS 转化为和 RDFS 中定义的一种通用知识表示相一致的知识。当各种异构知识均转化为通用的知识表示之后,利用组合规则进行知识集成(如图4所示)。这个过程有两个分离的系统层活动。一个是在具体的生产领域建立一个概念模型,定义领域 Ontology 及其学习算法,并以此开发一个相应的 RDFS。另一个是设计、开发一个基于 RDFS 的通用知识集成引擎。通过该引擎,相关的、实时的数据、信息及知识可以分别存入数据库和知识库中,为高层决策提供支持服务。其中领域 Ontology 根据具体的领域环境而定义,并通过 Ontology 的学习能力时常更新。而 RDFS(Resource Description Framework Schema)是基于各种分类的领域本体论开发的。

4.2 基于 RDFS 的知识转换

资源描述框架(RDF - resource description framework)是 W3C 推荐的用于描述和处理元数据的一个方案,能为结

构化的元数据编码、交互及再用提供机器能理解(处理)的信息。它独立于任何语言,适用于任何领域,是处理元数据的基础。元数据是关于数据的数据,也就是对所描述对象结构或内容所做的规范说明。在 RDF 中除字符串等基本类型外,所有的信息都被定义为资源,它可以通过属性和其他资源或基本类型建立联系,构成语义网。RDF 是 XML 的一种应用,它对语义的表述可使用必要的结构化的约束以提供明确的方法。此外,它还提供一种方法发布人和机器都可理解的词汇,以利于异构信息体间元数据语义的再用和扩展。RDFS 是在 RDF 基础之上定义了一组可清晰描述 Ontology 的元语集合^[12-13]。在本文中我们用 RDF 做工具将来自多个异构知识源的知识表示转变为一种通用的知识表示。RDFS 的创建是基于一个已开发的领域本体论,它是可再配置和可扩展的。RDF 中所描述的实例信息可以序列化 XML 文档,相应的 RDFS Ontology 定义可以构造出该 XML 文档的 Schema。领域 Ontology 和 RDFS 都将通过自学习而不断更新和修改。图5给出了基于 RDF 的知识转换示意图。特定的应用或模块具有动态可修改的配置,这个配置用 XSLT 语言编写。

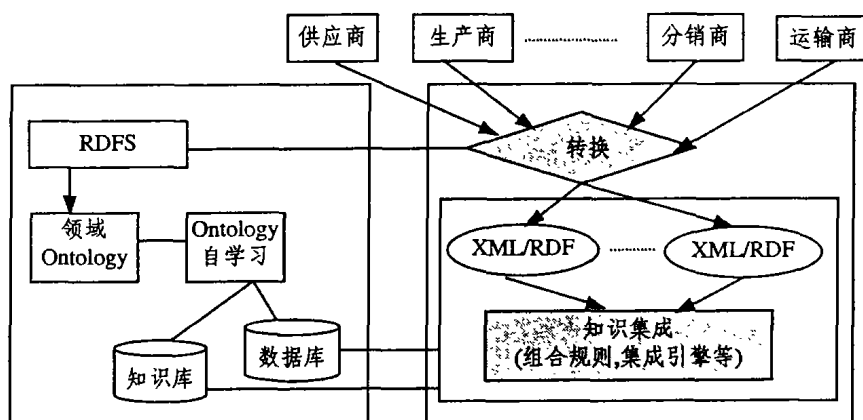


图4 知识转换与集成

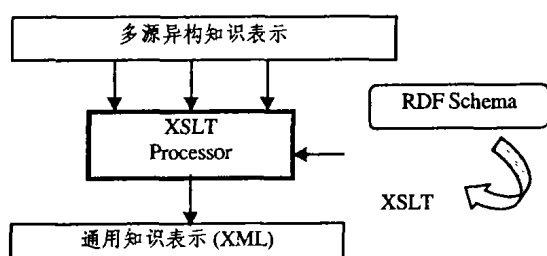


图5 基于 RDFS 的知识转换示意图

在图6所示的实例中,两种来自不同知识源的数据经 RDFS 转变为标准的知识表示。其中,来自系统1的消息含有产品名和产品标识号等信息。来自另一个知识源的消息含有产品名、生产状态、产品标识号、产品数量及当前的缺货数等信息。这两类信息各自有不同的表示方式,经 RDFS 转换后通用的知识表示数据都是基于 XML 文档格式的,可以在任何平台下使用。

结束语 在信息时代,如何有效地利用、共享信息和知识已成为供应链企业提高核心竞争力、实现共赢目标的关键。供应链系统流动着大量来自多源异构的信息和知识流,为了实现以信息流指挥并带动物流、资金流的供应链管理策略,供应链企业不仅要实现应用系统的集成,还要实现知识集成。本文在分析供应链系统特点的基础上,研究了基于 Agent 技术和

领域本体论的供应链异构知识集成方法,给出了领域 Ontology 和知识库的形式化模型,准确、完整地描述供应链系统的知识,并应用资源描述框架模式作为信息和知识的核心转换技术,实现基于通用语义的异构知识的转换、融合和集成。

参考文献

- 1 Koch C. Why Your Integration Efforts End Up Looking Like This [J]. CIO, 2001, 15(4): 98~108
- 2 Howells R. ERP Needs Shop-Floor Data[J]. Manufacturing Engineering, 2000, 10: 54~62
- 3 Qiu R. A Data Fusion Framework for an Integrated Plant-wide Information System [C]. In: The 5th Intl. Conf. on Information Fusion, Annapolis, MD, July 2002. 101~107
- 4 Hinman M. Spme Computational Approaches for Situation Assessment and Impact Assessment[C]. In: The 5th Intl. Conf. on Information Fusion, Annapolis, MD, July 2002. 687~693
- 5 杨涛,王支莉,肖田元,等. 虚拟产品开发中的知识集成方法研究[J]. 机械科学与技术, 2003, 22(4): 525~527
- 6 Maedche A. Ontology Learning For the Semantic Web [M]. Kluwer Academic Publishers, 2002
- 7 Blose D, Pillai D. E-Manufacturing in Semiconductor Processing [J]. Semiconductor International, 2001, 7: 88~96
- 8 Qiu R, Joshi S. A Structured Adaptive Supervisory Control

Methodology for Modeling the Control of a Discrete Event Manufacturing System[J]. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, 1999, 29(6): 573~586

9 和延立, 杨海成, 何卫平, 等. 信息集成与知识集成[J]. 计算机工程与应用, 2003, 4: 38~41

10 Masters J. Structured Knowledge Source Integration and Its Applications to Information Fusion[C]. In: The 5th Intl. Conf. on Information Fusion, Annapolis, MD, July 2002. 1340~1346

11 Salerno J. Information Fusion: A High-Level Architecture Overview[C]. In: The 5th Intl. Conf. on Information Fusion, Annapolis, MD, July 2002. 680~686

12 凌玲, 王学林, 胡于进, 等. 基于知识生命周期的知识集成模型[J]. 华中科技大学学报, 2002, 30(10): 23~28

13 刘炎禄, 俞勇. 面向语义 Web 的知识表示框架[J]. 上海交通大学学报, 2002, 36(9): 1309~1312

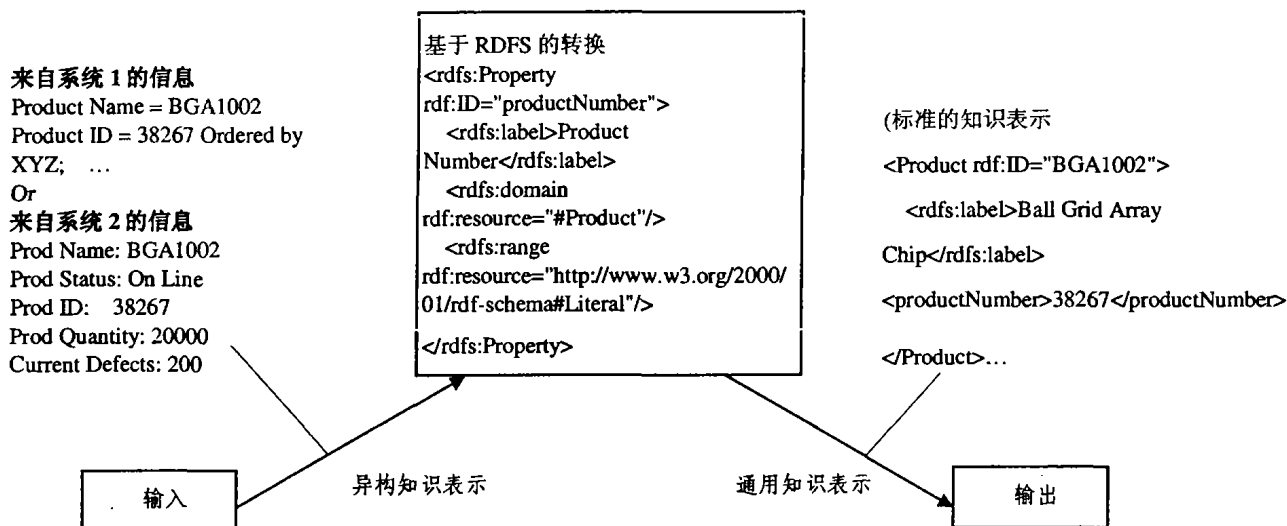


图6 基于 RDFS 的知识转换实例

(上接第187页)

③ 存在其他, 计算

$Value = \max\{Value | BidValue, i=1, 2, \dots, n\}$ 中标。

同时, 调整 KU 的参数, 赋值

$$\begin{cases} p_1 = p_1 + \delta_1 \\ p_2 = p_2 - \delta_2 \\ p_3 = p_3 - \delta_3 \\ \lambda = \lambda + \delta(\delta_1, \delta_2, \delta_3) \end{cases}$$

式中, $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ 为调整值。可根据影响程度建立相应的系数取值算法或数值表。

通过对知识资源的评估, 就决定了知识库中知识资源的淘汰机制。

结束语 当今, 国际管理信息发展从信息管理走向知识管理, 从信息资源开发走向知识资源开发^[8]。知识链模型则是研究知识资源的开发和管理, 即由知识生产链和知识应用链组成的知识资源的开发和管理^[10], 同时, 传统的业务过程价值链也将转化、提升为知识价值链。可以想象, 一个完善的知识链管理系统, 才是真正使企业全面增值的核心动力。本文研究有以下阶段性的成果:

1) 提出了知识链模型, 它由知识生产链和知识应用链两个部分组成。

2) 在知识生产链中, 给出了一个统一的、全局的知识表示方法, 即 UKR; 给出了基于数据仓库的知识挖掘的过程模型; 论述了知识资源的存储方式。

3) 在知识应用链中, 给出了知识集成过程定义、方法及知识链评估体系。

由于知识资源研究涉及的领域和学科很多, 还有许多值

得进一步研究的工作如下: 1) 进一步完善知识生产链中所涉及的知识资源的表示、挖掘和存储; 如知识的表示语法、共享语义的规范(如本体, 领域本体的概念抽取、具体知识的表示、领域本体库的建立等); 知识资产库的构建; 知识挖掘算法的研究, 算法库的建立。

2) 进一步完善知识应用链中知识资源集成机制。

3) 将知识链模型转化为可实现的知識链系统。

参考文献

- 徐焕良. 企业知识资源计划及其关键技术研究: [南京航空航天大学博士论文]. 2003. 12
- 陆汝钊. 世纪之交的知识工程与知识科学. 清华大学出版社, 2001. 9
- 徐焕良, 丁秋林. 知识管理的平台-企业知识资源计划的研究. 软科学, 2003. 6
- 金芝. 基于本体的自动需求获取. 计算机学报, 2000(5)
- Tom Finneran -CIBER, Inc. A Component-Based Knowledge Management System. <http://www.tdan.com/i009hy04.htm>
- 顾新建, 祁国宁. 知识集成初探. 计算机集成制造系统, 2000, 6(1)
- Han Jiawei, Kamber M. 数据挖掘概念与技术. 机械工业出版社, 2002. 5
- Davenport T H, et al. Successful Knowledge Management Projects. Sloan Management Review, Winter 1998. 43~57
- 徐焕良, 丁秋林. 企业知识资源计划系统的集成研究. 计算机工程, 2004(2)
- Schreiber C. 等著, 史忠植, 等译. 知识工程和知识管理. 机械工业出版社, 2003. 4