

**Abstract** With the development of the Internet, virtual organizations are becoming an important form for cooperation among regular organizations (or persons) which needs the support of integrative information infrastructure. In this paper, from the view point of Agent-based technology, information infrastructure, organizations architecture, correspondence mechanism and the method of information retrieval of the virtual organization are discussed.

**Keywords** Agent, Virtual organization, Information infrastructure, Information retrieval Agent

## 一、虚拟组织的信息基础

随着全球企业生产复杂性的不断增加,制约一个企业发展的根本已不是劳动力和资本,而是信息,而对于制造业,其信息非常的多,一般来说,这类有关的信息有MIS、MRP、CAPP、CAD、CAM等,但这些数据很少是集成的,大多是分布独立的,甚至开发平台等大多是异构件,而作为一个企业的决策者来说,这些数据均为领导层所共同关心,这种组织内部成员间的关系协调是贯穿虚拟组织生命周期的主线,这就要求信息基础具有高度的开放性、可重构性和可伸缩性。因此简单地依赖现行互联网通信技术集成虚拟组织各成员间的信息系统是远远不够的,就是近年来开始流行的群件技术也难以适应虚拟组织的敏捷建立和在很短时间内集成各成员异构信息系统的需求,这些技术尚不能支持合作和协调机制的有效开发,更不支持成员信息系统间的语义互操作。

应用和环境层
·合作、信息、制造、联邦服务
·处理模式:并行、工程、制造、软件
使能、服务层
·领域封装、能力配置、通信机制
·多媒体、电子商务、分布计算
·交换标准: PDES/STEP, IGES, MIME, CFP
网络/平台操作层
·互联网络、原有信息系统
·协议: FTP, HTTP, NNTP, KQML, Z39-50

图1 虚拟组织信息基础参考体系结构

语义互操作和合作协调是知识密集型计算活动,

与知识库(KB)技术紧密结合的软件 Agent(SA)技术能较好地加以支持。SA技术的显著优点是将传统意义上被动的软件模块转变为主动的SAs调用的模块,并基于领域和合作知识智能地协调SAs间的合作行为。清晰地定义通信内容的本体论则促进了SAs间的语义互操作,SA的另一个优点在于能提供有效的框架去包装原有的信息系统,从而可以在重用各成员原有软件的基础上、快速建立面向虚拟组织经营活动的应用系统,如支持成员间的联合设计、供应链管理、价值链管理以及成员内部的各种虚拟工作组管理等。

为充分发挥SA技术优势,将虚拟组织的集成化信息基础视为由三个层次构成:网络操作层、使能服务层和应用环境层(图1),操作层为由互联网络和常规组织的原有信息系统构成的分布计算环境;使能层为信息基础的使用层提供开发环境和运行环境;应用层则是面向特定虚拟组织各成员的SA松散耦合。

## 二、虚拟企业组织结构

设计产生一个敏捷制造的民族基础结构,集中表现在快速原型和较快的转变生产,如AIMS将被引入精密机器领域,以后会扩展到其他的制造和集成操作中。我们的目标是创建一个集成的网络服务,使围绕着敏捷制造业的关键活动从采购到装运是在本企业(厂)或转包他人完成之间没有差异。

一个有保证的制造业服务网络(图2),跨过许多的公司,经由互联网连结,一个有保障的供应商是一个雇用标准商业过程,买主与这些供应商打交道使用结构信息、咨询有关代价成本、能力、性能(有效性)、购买价、出售订单等信息,他们可以直接与供应商通信或经

由第三方指导或代理服务。

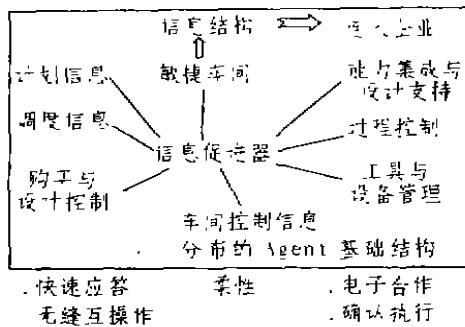


图2 一个有保障的制造服务

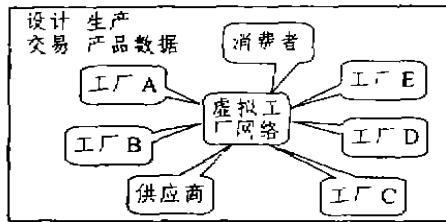


图3 虚拟组织结构

在虚拟环境里,一个供应商提供的产品服务是一个横跨全球的多民族的公司还是某车间的某个工作室生产的已没有什么差别。为操作这种抽象,我们介绍 Agent 的概念,Agent 在任何(包装)层封装产品资源,并将它们传输给能够应答服务请求的供应商。

最大化敏捷性,一个产品服务自身可能是一个虚拟企业,依赖其他网络服务从事它的工作,如合作层 Agent 指派工作到车间(工厂)层 Agent 实际执行工作,车间层 Agent 同样可能会转移到其他车间,Agent 能定位合适的供应商,或为自己下达工作任务,他们也能电告供应商制造支持服务,如调度和处理计划。

五个团队成员中每一个都将要在网上建立标准化的精密机器服务,这些服务将利用已有的生产设备,他们原有的制造系统被 Agent 封装,编程去适应(努力赶上)一个有保证的供应商的应答,每个团队成员将决定自己在哪一层封装自己的生产资源。图3描绘了一个提供敏捷生产服务的 Agent,一个公司的服务由 Agent 提供,描绘特殊的分割或工厂,这些分割的 Agent 能被进一步分解成 Agents 表现特殊的生产资源,连接大量的敏捷制造服务。

虚拟组织基础结构提供制造业主无比的柔性和应答,服务可以在任何时候添加,随着生产力增加的冲击,简易地告知适当的管理者和经济人,通过打开命令

• 30 •

进程,资源可以按需要被重新定位和调入并再度平衡,这些是一个敏捷基础结构的标志。

### 三、通信机制

随着 TCP/IP 协议的流行和基于该协议的各种通信机制的开发,尤其是 CORBA 和 DCOM 等分布对象技术的开发,异构软硬件平台上应用软件之间的通信已基本消除障碍,然而信息和服务交互的最大障碍——通信内容的语义失配问题却始终没有有效解决。

语义失配问题的根源是本体论失配——人们观察和处理事务时采用的术语(概念和关系)和处理方法不一致。由于本体论隐含于应用软件的程序中,使得服务请求、返回结果和交换的信息易于误解。

我们认为,清晰地表示通信内容的本体论是克服语义失配问题的唯一出路,包括为虚拟组织成员间协作提供清晰表示的共享本体论,并让其能由虚拟组织信息基础的应用层——SA 社会方便地参考和使用。为此,IFVO 提供了面向本体论设计的表示语言和开发工具,并在此基础上制定了封装通信内容的消息表示语言和作为通信促进器的 SAs,这些构成支持 SAs 间语义互操作的通信机制。

#### 3.1 领域本体论和表示语言

本体论和通信内容需要用适当的表示语言描述,它应具备以下特点:

- 便于定义描述领域世界的术语,以促进本体论的设计。
- 术语能精确和灵活地用于表述通信内容,以消除语义失配。
- 易于理解和翻译为其它流行的表示语言,以扩大适用范围。

我们在综合 KIF(知识交换格式)KL-ONE(一种面向认识的表示语言)和 Express(一种 STEP 工程数据交换语言)之长的基础上,设计了一简明、表述力强的表示语言 CRLE(Concept Representation Language for Exchange),它提供了一种灵活、方便和精确地描述结构化概念的手段,可作为定义领域世界本体论和信息模型的有效工具。

CRLE 以面向对象的描述方法用框架形式定义概念,概念包括对象类、对象间关系和函数(函数视为特殊关系,最后一参数为函数值,前面所有参数作为函数变量)。概念定义,连同变量、常量和聚合数据(可嵌套列表)构成对领域本体论的定义,而本体论及其定义之概念的实例联合构成信息模型。概念的定义构成本体论设计的核心,其 BNF 语法表示如下:

(Concept)::=Concept<概念名>  
[Super:{(超类名)};]

```

{<Slot> : {<侧面名> : <侧面内容>}, ...}
{Constraint : {<真值表达式>}, ...}
End<概念名>
<侧面名> ::= Val | Type | Number | Derive |
             Restriction | Unit | Source

```

其中,超类有三种,对象类(可分层,顶层为 Object)、关系(可分层,顶层为 Relation)、函数(不分层、只能是 Function)。Slot(槽)用于定义对象类拥有的属性或关系和函数的参数。每个槽的 Type 和 Mode 侧面必须定义,分别指示概念实例槽的类型(类型可以是另一概念)和提供方式(必要、典型、推导三种),在概念的实例中,必要值必需出现,典型值可以缺省(继承 Val 侧面提供的缺省值),推导值可由 Derive 侧面提供的计算公式或规则组推出。Restriction 侧面定义槽的取值约束或限制。Constraint 槽不同于槽的 Restriction 侧面,它表示不同槽(槽值)间的约束关系。

鉴于槽值的类型可以是另一概念,CRLE 可以用于定义领域世界中任何概念间的关系,而 Super 槽的定义,则形成分类体系(尤其是对象分类体系)。CRLE 的一个突出优点是严格区别了概念实例槽值的三种提供方式,从而在保持传统特性继承方法的灵活性的同时,免除了因不清晰分离这些方式而易引起的二义性。CRLE 的另一优点则是把对象类间的关系定义为概念,以便能象自然语言理解中采用的格文法那样清晰而严格地定义任意想要传送的信息,既便于人理解,又利于计算机操作。允许函数、Constraint 槽和 Restriction 及 Derive 侧面的定义,则给传统上面向认识论的本体论增加了计算和推理能力,可显著促进本体论的可操作性。

一旦为虚拟组织各成员间的协同工作定义了共享本体论,SAs 间、用户和 SAs 间、甚至用户(成员)间的消息传送就可只包括概念实例,并通过参考共享本体论来免除语义失配问题,进而实现语义正确的互操作。

### 3.2 消息表示语言

消息表示语言是封装通信内容的外部语言,只定义消息的传送方式和处理要求,并不在意通信内容以什么形式表示。CRLE 和消息表示语言一起构成支持 SAs 间语义互操作的通信语言 ACL。

美国斯坦福大学知识系统研究室研制的 KQML(知识查询和操作语言)是一个基于点对点消息传送机制的知识级消息表示语言。KQML 不仅定义消息的传送,而且能通过提供丰富的消息类型(每类对应于一个消息传输协议)及其语义去指导接收者处理消息封装的通信内容和适当应答,以促进 SAs 间互操作的协调。由此,从 SAs 间交互消息的角度,每个 SA 可视为管理了一个虚拟知识库(尽管 SAs 自身不必是 KB 系统),并能通过 ACL 去查询,增减和修改其他 SAs 虚

拟知识库中的消息和知识,而不管消息和知识实际上以什么形式表示和处理。

IFVO 中就采用类似于 KQML 的消息表示语言来封装用 CRLE 表示的通信内容,以增强 CRLE 提供的语义互操作能力。

### 3.3 通信促进服务

当虚拟组织成员较多时,SAs 和 SA 联邦的数量大增,势必导致通信的复杂度增加。为降低通信的复杂度和减轻通信负载,各种通信促进服务纷纷出现,如 CORBA 的对象请求代理 ORB,基于 KQML 和 KIF 的路由促进器等。然而 ORB 不能为交互信息的生产者和消费者提供内容匹配检查;为路由促进器提供内容匹配功能,但由于 KIF 是一阶谓词演算的一个扩展文本,其表示方式无法用以简明、精确地定义概念的结构化语义。

作为对照,IFVO 提供的表示语言 CRLE 十分便于简明方式精确定义概念的结构化语义,从而强化了通信促进服务中的内容匹配功能。例如,在面向分布式产品联合设计的虚拟组织中,任一成员对负责设计的部件作方案修改时,都会影响到其他相关成员的设计方案,所以,精确表示影响成员设计方案的外来因素十分重要,以便及时发现这种外来因素的出现。

以 CRLE 提供的结构化概念来定义关于成套配置的共享本体论和其他相关工作的本体论,不仅为消除人机间和 SAs 间通信中语义失配问题奠定基础,也为路由促进器对生产者和消费者间的交互内容匹配提供了有效手段,包括将生产者发布的消息传送给感兴趣的消费者,以及依据能力和兴趣为互不了解的信息及服务的提供者和消费者作沟通介绍。

## 四、信息采集

伴随着网络的发展有价值信息源在不断增长,对于如何捆绑分布异构的信息源问题变得越来越突出,有价值的资源包括传统的数据库、平面文件、知识库、程序等,传统的建立分布和集成系统的方法不怎么有效。搜索引擎或在 WWW 上的论题指南,提供的仅是有限的定位、链接、处理和信息组织的能力,一种解决方法是通过组建信息 Agent 网络来提供存取大量的信息资源,每个 Agent 通过从其它信息 Agent 描述相关信息而提供专门知识。

许多复杂的 Agents 能较广泛、深入地处理随着时代发展出现的新知识,其使用能带来较大的利益,开发出逼真有用的知识库,与当前的信息资源构造方法类似,信息 Agents 也是独立构造的,而且其开发和维护是分开的,围绕一个已有的库来建立一个适当的包使其成为一个简单的信息 Agent,一个包是一种允许与

组织协议相一致的接口代码,通常,这样的包对任何给定的信息资源(如关系数据库、面向对象数据库、平面文件)仅需建立一个,因为它们只需处理一种已经熟悉的语言和协议,这就大大简化了个体 Agents,并使得

一定范围内的网络转变成多 Agents 和拥有存取许多不同类型的信息资源成为可能。图4给出了一个制造业信息网络 Agents 的应用实例。

每一个信息 Agent 是专门的单一应用领域,并在其

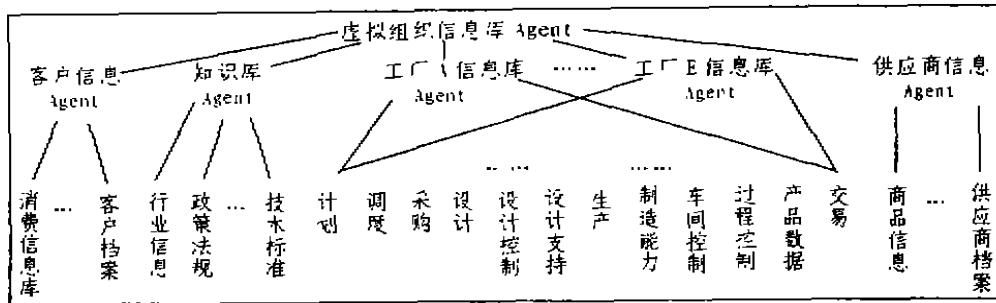


图4 虚拟组织的 Agent 信息采集网络

内存取有价值的信息资源,每个 Agent 包含一个领域内专门知识的本体论——域模型——其它能提供相关信息的模型——信息资源模型。域模型建立了 Agent 交互中的术语。每个信息资源模型有二个部分组成,资源的满足包括将被用于通信的资源的阶段性理解的描述;资源和域模型概念之间的关联描述,系统用这些位图描述将域模型的查询转换成一系列适当的信息资源的查询。所有模型将用一种能充分表现资源里捕获所有相关差异的适用语言来阐述。

信息 Agent 的一个重要性能就是柔性地、有效地获取和处理数据。查询处理需要开发一个平台以求重用,这包括选择提供数据的信息源、处理操作、操作所在位置及执行它们的指令。查询处理的一些期望特征是具有执行并发操作的能力,当执行其它查询失败时可重新讨论和设计查询,更为有趣的是在运行时,可以采集额外的信息来帮助查询处理。

Agents 组织需要有一个适用的通信语言和协议,否则,一个  $O(n)$  Agents 网络将需要  $O(n^2)$  的双边转换,每个 Agent 需处理至少一个子集的通用协议并能执行适用于数据模型和自身数据模型之间的句法转换。一个信息 Agent 查询是根据它的域模型来表示的,所以不必让其它的 Agents 或用户知道,或者甚至

知道用在基础信息源中的术语。

**结束语** 智能信息 Agent 应能提高它的准确性和超时性能,并能处理环境的变化。首先,Agents 能隐藏频繁的或困难的取回信息。其次,Agent 能了解信息资源内容最少化取回代价,特别地,Agent 能执行最优化语义查询,基于它的陈述模型和规则从信息源中学习,以较低的代价重构查询计划,但语义不变。最后,Agent 能分析信息资源的内容来提炼它的域模型并较好地反映当前有价值的信息,由于信息的动态性和 Agents 的自治性,Agent 的资源模型不能准确地代表实际的资源内容。如果可能,我们需要能自动地识别其差异解决它们,所有的学习形式能提高系统的有效性和正确性。

## 参 考 文 献

- 1 高济 基于 Agent 技术的虚拟组织集成框架 IFVO. 计算机研究与发展, 1999, 35(12): 1409~1416
- 2 Park H. et al. Agile Infrastructure for Manufacturing System. Available at: [Http://www.sir.com](http://www.sir.com)
- 3 Luis J. et al. Agents for Information Gathering. IEEE Expert, 1997(Sept/Oct), 2~4
- 4 Tan Gok Woo, et al. An Intelligent-Agent Framework for Concurrent Product Design and Planning. IEEE Trans. on Engineering Management, 1996, 43(3): 297~306

(上接第49页)

发。同传统的面向功能的开发方法和面向数据的开发方法相比,采用 I&F 方法,既克服了对于功能扩展的不足,又避免了在描述客观世界人工系统时的欠缺,使从对客观世界人工系统的描述到把这种描述转换成为软件系统的这一过程更加快速、高效和高质。

某军区警备管理综合信息系统目前已在某军区内的三十多个单位推广使用,水电生产行业生产过程综

合应用系统也运行良好。

## 参 考 文 献

- 1 仲萃豪, 丁茂顺, 等. 应用软件的开发方法. 计算机科学, 1991, 18(1): 5~15
- 2 程景云, 倪以泉, 等. 人机界面设计与开发工具. 北京: 电子工业出版社, 1994
- 3 Roberts D, Berry D. Developing Software Using OVID. IEEE Software, 1997(July/August), 54~57