

文章编号: 1002-0411(2000)06-0541-07

基于 CORBA 的多 agent 供应链管理系统的研究

李群明 张士廉 王成恩

(中国科学院沈阳自动化研究所 沈阳 110015)

摘要: 本文从现代供应链管理概念及要求出发, 指出协调与合作在供应链管理中的重要作用, 应用分布式人工智能理论及分析方法, 提出了基于多 agent 的供应链管理结构, 定义了各功能 agent 的作用和职能, 研究了基于多 agent 的供应链管理协作内容、特点及解决方法, 介绍了基于 CORBA 的分布式系统开发方法, 提出了基于 CORBA 规范及 KQML 协议的支持供应链管理协作研究及开发的软件结构。

关键词: 供应链管理, CORBA, 多 agent 系统, 协作

中图分类号: TP14

文献标识码: B

1 引言

供应链是描述商品从物料获取并加工成中间件或成品, 并将最终产品销售到用户手中的供应—生产—销售过程中所涉及到的各功能实体的集合。供应链管理就是对在企业的各种业务活动中所形成的供应链网络进行有效的控制与管理。供应链管理的研究在企业的业务活动中受到极大的重视。企业为了有效地管理好供应链, 使整体性能达到最佳, 供应链中的各功能单元的活动必须以高度集成的方式协调一致地进行。过去, 供应链中的三个基本环节(物料的供应、产品生产及销售)均是独立进行的, 生产是面向库存的。随着竞争压力的加剧, 全球化市场的形成和信息技术的迅猛发展, 新的市场环境是不断变化和难以预测的。企业的生产经营活动逐渐转为面向市场订单。为满足市场需求, 供应链中各种组织和功能单元必须加强合作和信息交互。目前有关协调与合作的研究非常引人注目, 如 Thomas 等^[8]提出了协调的供应链管理结构。Bhatnagar 等^[2]建立了多工厂协作模型。Cohen 等^[5]对具有树状网络结构的分布式制造企业开发了较完整的供应链分析评价模型, 包括四个子模型: 物料控制、生产、最终产品库存和销售子模型。Chandra 等^[3]分别分析了有协调和无协调的生产调度/销售计划管理方法, 指出有效的协调将给企业带来巨大的效益。这些协作研究都是从运筹学、管理科学的角度, 运用线性规划, 最优化理论, 库存理论等数学方法对协作的作用进行了优化分析, 并没有解决如何实现企业的协作问题。

agent 是分布式人工智能的概念, 一般的理解可认为 agent 是在某一环境中能持续自主运行的独立的功能实体, 可以是一物理的或抽象的对象。其重要特点是具有自主性和相互合作性, 能作用于自身和环境, 并与其它 agent 通讯。而多 agent 系统 MAS(Multi-Agent System) 则是由这种自主 agent 组成的集合, 其研究不仅涉及智能体的知识、目标、技能和规划, 更主要的是研究在协作、共存或竞争环境下如何协调多智能体的行为, 即协作与系统控制的机理。基于多 agent 的理论及实现方法在工程技术领域得到了广泛的应用。在供应链管理中利用多 a-

收稿日期: 1999-12-17

基金项目: 国家 863 资助课题(资助号: 863-511-944-013)

gent 理论的建模与仿真研究也已受到人们的高度重视. Swaminathan 等^[7]用多 agent 方法构建了用于供应链仿真的框架. 美国制造科学研究中心“车间 agent”项目组搭建了 agent 开发环境(ADE). 加拿大多伦多大学企业集成实验室^[9]应用 Lisp 语言建立了多 agent 开发环境, 并利用它进行了供应链管理系统的全面研究.

现代企业供应链是由遍及全球的供应商、工厂、仓库、配送中心、零售商组成的复杂网络, 是典型的异地异构分布式系统. 如何有效地管理这种复杂的网络成为多 agent 应用研究的重要课题. 信息技术的发展为开发多 agent 应用系统开辟了崭新的领域, 特别是分布式对象计算和 Internet 技术的成熟, 为企业的集成和协作提供了新的解决方案. 企业管理思维也从 MRP、ERP、CIMS 逐渐转向面向电子商务(E-Business)的供应链管理发展. CORBA 是 OMG(对象管理组织)在现有技术基础上开发的面向对象编程规范, 是设计基于 Web 网络的电子商务软件的重要工具, 在开发虚拟企业管理、分布式数据库、网上交易中得到了广泛应用. 它把系统中的所有应用程序都看成是对象及其相关操作的集合, 并在传统客户/服务器模式下, 在客户与服务器之间加入了新的一层——ORB 代理器, 从而实现了客户机与服务器程序的完全分离, 使得 CORBA 成为开放的、基于客户/服务器模式的、面向对象的分布式计算工业标准. 而 agent 可看作是具有主动行为能力的实体, 是面向对象方法的智能外延. 把 agent 通过一定的通信转换接口链接到 CORBA 环境中, 可望开发出实用的供应链管理软件系统. 本文首先应用多 agent 理论对多级供应链网络进行建模, 把供应链中各功能单元, 如供应商、客户、制造厂、物料及最终产品等的库存管理、生产计划、采购、销售、订单管理等均看成是独立自主的智能代理, 通过各代理间的协调和合作实现企业的供应链管理, 然后对基于 CORBA 的多 agent 供应链管理应用系统的开发研究进行了探讨.

2 基于多 agent 的供应链系统结构模型

通常供应链管理的业务活动分为三个层次: 战略级、战术级和作业级. 战略级是决策级, 具有长期性和相对稳定性, 决定企业总的方针、政策和供应链总体规划及设计, 包括位置、生产、库存、销售、运输等的决策. 战术级和作业级是执行级, 制定中短期决策, 具有作用周期短、动态性强等特点. 战术级活动是对战略决策的详细规划和具体落实, 包括: 预测、调度、销售计划、物料订购、生产计划等. 作业级则与日常业务活动有关, 如库存管理、生产活动、设备管理、具体的作业调度等等. Fox 等^[6]把供应链的这些活动表示为如图 1 所示的功能结构. 本文主要研究战术级及作业级活动.



图 1 供应链管理的功能结构

供应链中的这些活动必须协调一致. 但企业内的复杂情况及面临的世界性市场环境瞬息万变, 难以预料, 使得原计划很难按部就班地进行: 客户可能会中途改变或取消订单; 原材料不能准时到达; 生产过程中设备突然发生故障等等. 这些突发事件的发生迫使企业计划的修订和

变更. 通常这些事件涉及许多功能单元, 它们必须相互协商共同修订计划. 多 agent 理论为分布式系统提供了一种抽象的分析方法, 它把网络中人、组织和机器间的交互合作、共同完成工作任务的各种活动描述为智能 agent 间的自主作业活动. 供应链是典型的分布式系统, 我们把供应链视为由合作的智能 agent 组成的网络, 每个 agent 具有一定的功能, 并可与其它 agent 进行协作. 图 2 是一多级供应链管理模型, 包括企业级和工厂级两类, 其中的主要 agent 功能如下:

客户 agent: 负责客户的订货工作, 体现需求信息及反馈意见, 与后勤 agent 进行价格、交货时间、技术咨询等方面的谈判协商工作, 修改或取消各自的订单. 它把有关订货的信息报告给后勤 agent. 当调度计划(如交货期延误等)与用户要求发生冲突时, 它与后勤 agent 协商以获取一可行解.

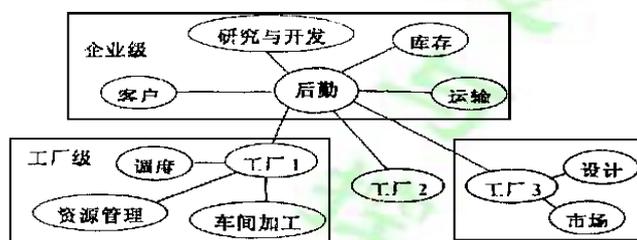


图 2 多级供应链管理模型

后勤 agent: 是企业的核心, 负责协调管理整个供应链中多个工厂、多个供应商、多个配送中心的作业活动, 力求获取最佳解. 它负责管理从原材料供应到最终产品交付用户的整个过程中的物流活动. 输入参数是客户订单, 影响订单交付的工厂调度计划的变更, 资源的可利用性. 输出是按订单情况分配给各工厂及相关功能单元, 并为重要的零部件争取订货(重点考虑紧缺、关键、急需零部件的供应). 当工厂调度不能进行时, 负责任务转包及供应链重构事宜.

调度 agent: 负责工厂生产的调度及异常情况下的再调度, 并把调度计划交付车间执行, 并对新的生产任务进行“what-if”分析. 输入参数为来自后勤的新的生产任务的申请, 来自资源管理 agent 的资源可利用信息, 来自车间的当前调度的变动情况. 它的输出是一详细的可执行的调度计划. 它能从零开始生成新的调度计划, 也能在运行过程中发生约束冲突时修正正在执行的原调度计划.

资源管理 agent: 负责工厂的库存管理和物料采购. 它动态管理调度 agent 所需的可用资源, 决定订购批量和周期. 它负责选择供应商并尽量降低成本, 确保交货质量. 资源 agent 的输入是来自调度 agent 的调度计划, 来自供应商的资源可用量, 来自工厂的资源到货量, 来自车间的资源消耗量. 输出是资源的到达, 资源的可利用性, 发送给供应商的订单. 资源 agent 生成采购清单并监督资源的交付. 当资源不能按期到达而影响生产时, 它帮助调度 agent 重新调度生产计划.

车间 agent: 具体实现工厂的生产调度计划, 完成实时车间控制, 直接受调度 agent 指挥. 它监控车间作业和设备运行状况, 并能决定下一步该做什么. 它的决策受调度 agent 的约束. 当出现异常时, 它与调度 agent 协商进行修订. 其输入为来自调度 agent 的生产计划及进度, 车间的工作状态, 可利用的资源量. 输出为当前调度的进展情况和生产作业的执行. 当调度计

划给出一定的自由度时, 车间 agent 能决定下一步该做什么. 在决定下一步如何行动时, 它必需估计完成该活动所需费用、时间及车间生产中的不确定因素.

运输 agent: 负责资源的分配和规划, 满足由后勤 agent 指定的工厂间的资源流动要求. 它能考虑大量的运输资源和运输路线, 形成较佳的运输计划.

研究与开发 agent: 是企业的技术支持与服务部门, 负责产品的设计、物料表 BOM 的生成与管理、新产品开发及定型试验研究等, 为后勤 agent 提供技术咨询服务.

3 供应链中协作的特点

协作通常被定义为行为之间相互作用的管理过程. 基于多 agent 的供应链管理系统中, 协作普遍存在而又相当复杂. Bhatnagar 等[1993]在回顾了过去有关协作的研究基础上, 提出了供应链的两种协作层次: 普通协作和多工厂协作. 普通协作实现企业内不同功能单元的集成, 如库存和生产计划、销售、配送等的集成. 这些协作可概括为三类: 供应与生产计划间的协作, 即原材料的采购及零部件的供应与生产计划间的协调, 包括采购周期及批量大小, 交货方式、时间及物料库存情况等; 生产与销售计划间的协作, 包括如何把产品发送到配送中心、零售商或工厂, 如何选择最佳运输路线及运输批量等; 库存与销售计划间的协作. 多工厂协作实现纵向集成制造企业中多个制造厂的生产计划的协调. 这是考虑到许多大型企业的制造活动是由多家工厂及装配厂甚至跨国企业分别完成的, 其中某些厂的输出产品是另一些厂的输入物料, 其生产计划会直接影响到其它工厂的生产. 这些工厂间的生产决策必须相互协调以完成总目标. 这种协调必须考虑最终需求的不确定性, 每个厂生产的不确定性和各厂生产能力的限制等因素. 这两级协作间也存在重叠和相互影响, 统一的协作模式有待进一步的研究.

供应链的协作从客户向后勤的订购活动开始. 在订货过程中, 客户与后勤需进行有关产品名称及类型、技术性能、价格、数量、付货方式、售后服务等方面的信息交互, 就增订、退订、缓订、欠货等问题进行协商, 对于新产品及有特殊要求用户, 后勤还需与研发部门讨论新的技术问题. 签订购货合同后, 后勤 agent 需把任务分解成制造、装配、运输等活动, 因而需与相关的制造、装配、运输、库存等 agent 协商并确定这些活动的分别执行. 目前常利用合同网协议、部分全局规划或黑板控制结构等方法处理任务的分配与协调. 当执行计划达成一致后, 相应的功能体将对它们的任务承担责任. 当执行过程中发现某些 agent 已无法完成任务时, 后勤 agent 将设法寻找可替换的 agent 并与客户 agent 协商以便对情况变化后的计划的执行达成一致, 并及时修改合同. 在工厂级, 接受任务的工厂 agent 同样需计划其作业活动, 包括物料采购, 现有库存的可利用资源, 车间设备的调度等. 当不可预料事件或设备故障发生时及时报告工厂 agent 进行处理, 当工厂已无法解决时, 有关信息返回企业级 agent. 可以看出, 供应链中的协作具有动态、复杂、时变、不确定等特点.

建模并实现这种协调的关键是如何获取、表示并利用这种知识. 为此, 加拿大多伦多大学做了大量的工作, 开发了 TOVE 企业模型, 建立了企业信息结构, 搭建了多 agent 应用系统的构造外壳, 建立了基于 KQML 结构的多 agent 协作语言 COOL, 并用供应链作为其应用实例进行了验证. 对其中情况突变时供应链的动态重构问题提出了一些实用的求解算法^[1]. 他们的研究只是一种仿真实验研究. 随着通讯和信息技术的发展, 基于电子数据交换 EDI 及因特网技术的协作模式加速了供应链中物料及信息的流通, 国内外正在迅猛发展. 另外, 计算机支持的协同工作(CSCW)的开发和研究也为多 agent 的协作开辟了新的研究途径. 目前利用符

合 CORBA 规范的中间件产品进行多 agent 供应链管理系统的开发研究是研究的重点和热点. 利用多 agent 结构和 CORBA 编程环境建立分布式智能供应链管理系统, 可望在企业中得到应用和推广.

4 基于 CORBA 的供应链管理系统的开发

CORBA 是一种标准的面向对象应用程序体系规范. CORBA 的实现提供了开发可重用软件的基础, 具有跨平台的互操作性、可扩展性, 解决了在分布式计算环境中系统互联的技术问题. 特别是新的 CORBA 规范(2.0 以上)发展了与 Internet、Java、DCOM、实时技术等集成, 使得系统远程透明互操作成为可能. CORBA 将客户机和服务器都封装在对象内部, 对外提供简单的接口, 可被其它对象以静态或动态的方式调用, 对象间的通信通过 ORB 代理器实现, 应用程序不必关心细节. CORBA 中客户和服务器的关系是灵活的. 由于 CORBA 使用了 OMG 的 IDL 接口定义语言来定义接口和数据结构, 克服了特定编程语言的限制, 用户可用 C、C++、Java、Cobol 等不同编程语言来编写客户机和服务器应用程序, 具有较好的跨平台性. CORBA 对象申请作业时, 客户机只需知道对象的 IDL 定义, 而不必关心对象的实现细节. CORBA 应用系统结构如图 3 所示. 其中客户桩及服务器框架是接口定义经 IDL 编译器编译后生成的 CORBA 构件, 接口仓库、ORB、对象适配器、实现仓库等均是 CORBA 系统构件. ORB 的角色是作为客户机发送请求给服务器的中间件, 负责发现对象的实现、让实现为接收作好准备并提供在请求中进行数据通信所需要的各种机制. 具体开发时首先用 CORBA IDL 定义接口, 经 OMG IDL 编译器编译后生成客户桩和服务器框架文件及相关的联编文件. 然后编写客户应用程序. 客户应用程序上对象操作的请求可选用两种激发类型: 桩类型激发和动态激发. 桩类型激发使用由接口定义生成的客户桩, 只能用于在客户桩编译时就已经完全可知的接口. 动态激发允许对象的请求在运行时建立和激发. 动态激发在运行时从 CORBA 的接口仓库发现定义并用它来创建和激发对象的请求. 当客户端发送请求给 ORB 时, ORB 选择一个实现来满足请求并使用 BOA(基本对象适配器)控制请求到达实现. BOA 则使用服务器框架以调用实现内部的方法. 服务器框架包含把一个对象上的操作映射到合适的实现和方法上的必要信息, 提供了 BOA 与对象上各操作之间的连接. 实现仓库包括一些使 ORB 能定位及激活对象的实现信息.

KQML(Knowledge Query and Manipulation Language)是一种用于软件 agent 间交换信息和知识的语言和协议, 为表达消息和处理消息提供了标准的格式, 用于支持 agent 间的实时知识共享, 是对分布式计算体系结构在传送层的补充. KQML 包含了一系列可扩充的行为原语(performatives), 定义了 agent 对知识和目标的各种操作, 规定了它们的意义的使用方法. 把 CORBA 和 KQML 结合起来可方便地实现供应链中多 agent 间协作任务的处理, 各功能代理可相互传送比较高层的、抽象的概念知识. 基于 CORBA 的多 agent 应用系统的主要特点在于它的访问请求可以是基于知识层次和功能描述的, 而不象 CORBA 那样只能是基于接口语言的. 这样各功能代理可设计成传统的结构, 而不必关心其具体实现方法. 系统集成结构如图 4 所示. 应用程序用 Java 语言编程实现.

系统中, agent 间交互合作的请求和知识表示采用 KQML 格式描述, agent 向 KQML 通信转换代理传递信息, 转换代理负责实现 CORBA 客户机及服务器应用程序设计, 将 KQML 语义映射为 CORBA 对象中的操作和方法, 与通过 IDL 编译生成的客户桩 Stub、服务器框架

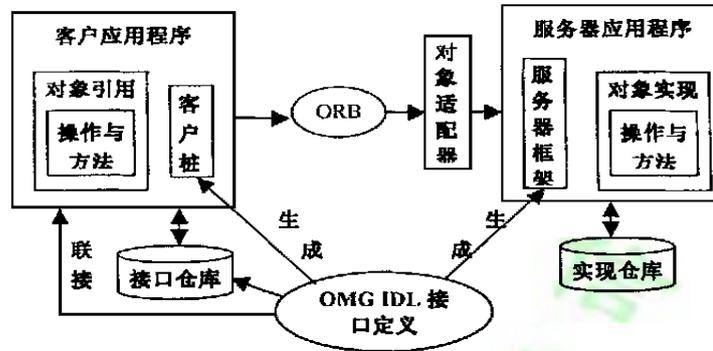


图3 CORBA 应用程序结构



图4 基于CORBA的供应链管理系统

Skeleton 和 SII、DSI 等静态或动态 CORBA 调用方式相对应的对象访问进行转换, 把来自 agent 的消息发送给基于异构平台的代理. 目前有关供应链中 agent 与数据库、KQML、CORBA 等的集成开发研究正在国家 863/CIMS 主题支持的基础研究课题“供应链管理协作机制及方法研究”中作进一步的试验和探讨.

5 结论

供应链管理中, 协作环境的开发是个重要而又相当复杂的问题, 涉及的范围非常广泛, 研究内容非常丰富. 多 agent 系统理论为供应链中各功能单元之间的组织协调研究提供了有效的建模及分析方法. 本文提出的基于多 agent 的供应链管理系统, 可用于模拟实际的系统, 其中每一 agent 相当于一功能组件. 基于多 Agent、CORBA、KQML、数据库的供应链管理软件的研究及开发, 对支持并加速供应链的协作具有重要意义, 真正体现了供应链中人、组织、机器的集成, 具有重要的发展前景.

参 考 文 献

- 1 Beck J C, Fox M S. Supply Chain Coordination via Mediated Constraint Relaxation, Proceedings of the First Canadian Workshop on Distributed Artificial Intelligence, Banff, AB, May 15, 1994
- 2 Bhatnagar R, Chandra P. Models for Multipplant Coordination, European Journal of Operational Research, 1993, 67: 141- 160
- 3 Chandra P, Fisher M L. Coordinated Production and Distribution Planning, European Journal of Operational Research,

- 1994, 72: 503~ 517
- 4 李师贤等译. CORBA 教程. 清华大学出版社, 1999
 - 5 Cohen M A, Lee H L. Strategic Analysis of Integrated Production- distribution System: Models and Methods, Operational Research, 36/2(1988), 216~ 228
 - 6 Fox M S, Chionglo J F, Barbuceanu M. Integrated Supply Chain Management, Technical Report, University of Toronto, April, 1992
 - 7 Swanm inathan J M, Smith S F, Sadeh N M. A Multiagent Framework for Modeling Supply Chain Dynamics, Technical Report, Carnegie Mellon University, 1996
 - 8 Thomas D J, Griffin P M. Coordinated Supply Chain Management. European Journal of Operational Research, 1996, 94: 1~ 15
 - 9 URL: <http://www.ie.utoronto.ca/EIL>
 - 10 汪 涛等. 基于 KQML 语言的系统集成及应用, 华中理工大学学报, 1999, 27(3): 110~ 112

DEVELOPMENT OF THE CORBA-BASED MULTI-AGENT SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

LI Qun-ming ZHANG Shi-lian WANG Cheng-en

(Lab. No2, Shenyang Institute of Automation, Academia Sinica 110015)

Abstract: Based on the concept and requirement of supply chain management in manufacturing enterprises, this paper emphasizes the importance of coordination in supply chain, introduces relative researches, presents a supply chain management framework based on multi-agent theory and its analysis methods in DAI (Distributed Artificial Intelligence), defines the agents' functionalities, and responsibility and studies the contents, features and solutions of coordinated supply chain. In the end, the paper introduces development method of distributed systems based on CORBA and presents a software architecture to develop a coordination environment based on CORBA and KQML protocols.

Keywords: supply chain management, CORBA, multiagent system, coordination

作者简介

李群明(1968-), 男, 博士生. 研究领域为制造自动化、供应链管理理论与应用、人工智能多代理系统.

张士廉(1944-), 男, 高级工程师. 研究领域为现代管理系统工程、计算机集成制造系统, 供应链管理理论与应用、人工智能多代理系统等.

王成恩, (1964-), 男, 研究员. 研究领域为计算机集成制造系统、可重构制理论.

《制造系统重构理论与技术》

征文通知

目前,全球制造业已逐渐融合为统一的大市场,国际竞争异常激烈。为了加快我国制造业的发展,提高我国制造科学的研究水平,促进相关单位科研工作的不断深入,本刊将组织探讨和研究制造系统的重构理论与技术,以此指导制造企业的经营与重组,提高我国制造企业适应市场竞争的敏捷能力,使大中型企业能快速开发满足客户个性化需求的新产品,抢占国内外市场,并由此而获得跳跃式发展,赶上并跃居世界先进水平。

征文范围:可重构制造系统基础理论、可重构产品设计技术、可重构设备与装置、可重构加工装配系统、信息系统可重构方法与技术。

• 截止日期:2001年3月15日

• 投稿地址:辽宁省沈阳市东陵区南塔街114号(中国科学院沈阳自动化研究所可重构制造系统研究室)

• 邮政编码:110015 • 联系人:李 甘 • 联系电话:(024)23970032 • 电子邮件:lg@mail.sy.cims.edu.cn