

基于面向对象 Petri 网的动态合同网协议通用模型

李 丹, 陈 利, 李功丽, 王光伟

(华中师范大学 计算机科学系, 武汉 430079)

(lindazimu@yahoo.com.cn)

摘 要:传统的合同网协议模型通过管理 Agent 和承包商 Agent 之间招投标进行交互和协商以共同完成目标任务。但传统合同网协议模型也存在一些如协作过程中通信量大、通用性不强等问题。为此,采用面向对象 Petri 网,引入对象 Agent,对动态合同网协议进行建模,并采用 Petri 网的数学分析方法对模型进行了分析,表明模型具有通用性、并发性、活性的特点且通信量减少。

关键词:动态合同网协议;对象 Petri 网;信任度

中图分类号: TP18 **文献标志码:** A

General model for dynamic contract net protocol based on object-oriented Petri net

LI Dan, CHEN Li, LI Gong-li, WANG Guang-wei

(Department of Computer Science, Huazhong Normal University, Wuhan Hubei 430079, China)

Abstract: The traditional contract net protocol model which works on bids invitation between a manager Agent and contractor Agents can successfully realize the cooperation and complete the goal task among Agents. But it also faces many problems such as the high traffic and weak general availability. Therefore, the Object-Oriented Petri net and the concept of object Agent were used to describe the dynamic contract net protocol. The analysis shows that this new model is live, concurrent and can lighten the traffic and enhance the general availability.

Key words: dynamic contract net protocol; object-oriented Petri net; confidence factor

0 引言

在多 Agent 系统中,合同网协议是一种非常重要的协作方式^[1]。合同网协议借鉴商业活动中合同招标的运作模式,在一组 Agent 之间进行任务的合理分配,实现合作问题的求解。

目前,已有众多研究人员对合同网协议进行了研究,并取得了一些成果。如文献[2]结合群体智能提出的动态合同网协议,引入信任度以充分利用过去有用的知识,更好地适应环境及 Agent 能力的动态变化。文献[3]采用面向对象 Petri 网(Object-Oriented Petri Net, OOPN)对合同网协议进行了形式化的建模。本文采用 OOPN 对动态合同网协议进行建模。与文献[3]相比,引入对象 Agent^[5],将知识的表示结构与处理方法封装起来,使 Agent 的内部结构模块化,可以在不同的环境中扮演不同的角色,从而使模型具有通用性。通过信任度^[2]进行有效任务分配,减少通信量,提高其处理大规模集任务的综合性能。引入 OOPN 能很好地体现面向对象的封装、继承、多态等特性,有效地避免了用 Petri 网建模时单个模型过大、状态爆炸等问题^[7]。利用 Petri 网^[4,6]的数学分析方法对动态合同网协议进行仿真,可以消除建模过程中的人为错误,缩短建模周期并借助其图形直观地表达多 Agent 之间的交互。

1 Agent 的对象 Petri 网模型

1.1 对象 Petri 网

在 OOPN 中,系统由相互通信的对象和它们之间的关联关系组成。一个 OOPN 系统包含许多子网对象。子网对象由两部分组成:外部接口位置(External Interface Place)和内部结构(Internal Structure)。外部接口位置包含对象所有的方法、属性和变量的全局描述,是和其他子网对象通信的唯一接口;内部结构用 Petri 网描述模块内部的细节设计。子网对象之间通过方法调用和托肯(token)的转移进行通信。

1.2 对象 Agent 模型

在开放的多 Agent 系统中,Agent 外部的系统环境以及 Agent 的任务、知识、能力和策略在问题的求解过程中会动态变化,多个 Agent 需要实时的获取本身的状态和环境信息,通过通信协议进行交互完成共同的目标任务。本文在对象 Petri 网中引入任务库、知识库和信任度对 Agent 进行设计,任务库用于描述多个 Agent 需要共同完成的目标任务。知识库是一般性常识和知识的抽象,用来描述环境和 Agent 本身的状态。信任度是其他 Agent 对其执行任务能力的相信程度。在 Agent 社会中,所有的 Agent 为一个 Agent 类,具有具体角色的 Agent,即对象 Agent,是 Agent 类的实例化。如图 1 所示。在系统初始化的时候,为每个 Agent 生成一个唯一的标识 ID,放在外部接口位置。Agent 的内部结构是核心模块。为达到共同的目标制定调度策略并执行相应的操作,内部结

收稿日期:2007-02-13;修回日期:2007-04-28。

作者简介:李丹(1981-),女,湖北当阳人,硕士研究生,主要研究方向:多 Agent 系统、Petri 网理论; 陈利(1961-),女,湖北武汉人,教授,主要研究方向:移动 Agent 技术、计算机体系结构; 李功丽(1981-),女,河南信阳人,硕士研究生,主要研究方向:分布式控制系统、网格计算; 王光伟(1978-),男,湖北孝感,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式系统。

构由三部分组成:输入消息处理部分、动作选择与执行部分和输出消息处理部分。输入消息处理将外部消息转化为内部消息;动作选择与执行根据内部消息选择相应的动作并执行,得到执行结果,修改任务库、知识库和信任度;输出消息处理根据动作的执行结果与外界进行通信。

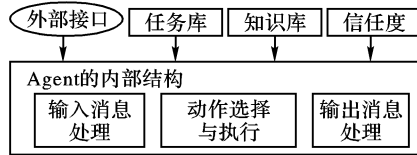


图1 对象 Agent 的结构

对象 Agent 的形式化的描述为一个五元组:

$$AG = (ROLE, EI, TASK, KB, CF, IS)$$

ROLE 为角色的集合;EI (External Interface) 为 Agent 与其他 Agent 的外部接口;TASK 为任务;KB (Knowledge Base) 为知识库;CF (Confidence Factor) 为信任度;IS (Internal Structure) 为内部结构。

其中, $ROLE = \{\text{管理者, 承包商, 空闲者}\}$ 。IS 定义为一个三元组 $IS = (IMP, TCE, OMP)$, IMP (In Message Process) 为输入消息处理, TCE (Task Choose and Execute) 为动作选择与执行, OMP (Out Message Process) 为输出消息处理。

IMP, TCE, OMP 定义为一个五元组 (P, T, F, W, M_0) , P 是位置的集合, T 是变迁的集合, F 是弧的集合, W 是弧上的权函数, M_0 是初始标识。

为描述方便,将任务库、知识库和信任度简化为位置(place),对象 Agent 的模型如图2所示。

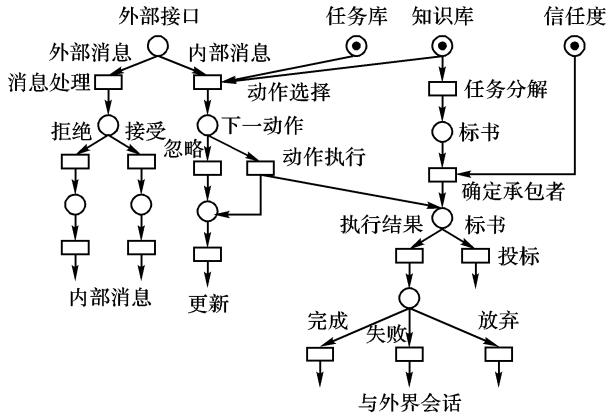


图2 对象 Agent 的模型

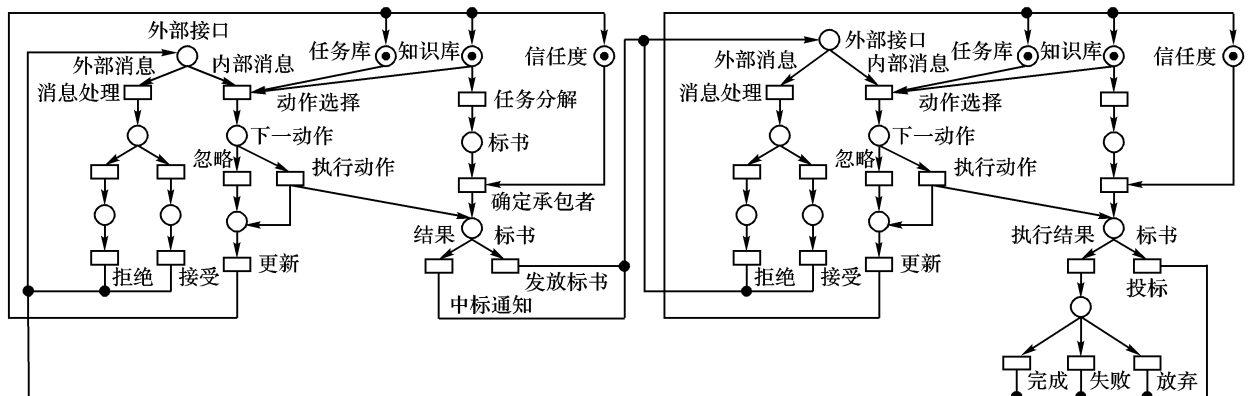


图3 动态合同网协议的通用模型4 模型分析及验证

根据最小支持 T 不变量的定义,对于每一个最小支持 T 不变量 x_i ,存在一个初始标记 M_0 ,经过一个变迁触发序列 σ 后,重新回到初始标记,从图4可知, Petri 网的初始标记

2 动态合同网协议建模

动态合同网协议在传统合同网的基础上引入信任度,即合同网中管理 Agent 对各个承包商 Agent 能够完成某类任务的相信程度,以充分利用过去有用的知识,适应 Agent 能力及环境的动态变化,减少通信量。

动态合同网协议的协商过程为:

步骤1:当一个 Agent 有任务需要其他 Agent 协助完成时,它作为一个管理 Agent。管理 Agent 对任务进行分解并制定标书;

步骤2:管理 Agent 根据各承包商 Agent 的信任度,选中承包商 Agent 发放标书;

步骤3:承包商 Agent 收到标书后,根据任务、自身和当前环境的情况决定是否投标,并回复信息;

步骤4:管理 Agent 收到回复信息后,决定其是否中标,并返回信息;

步骤5:承包商 Agent 中标后,就开始执行任务,并返回执行结果;

步骤6:管理 Agent 根据承包商 Agent 的执行任务情况修改其信任度,同时修改本身的任务库和知识库的相应内容;

步骤7:会话结束。

以两个对象 Agent: Agent A 和 Agent B 为例,对象 Petri 网的动态合同网协议通用的模型如图3所示。

为了验证模型的正确性,对模型进行了简化,不考虑变迁点火的具体细节,将输入消息和输出消息的处理单元分别简化为一个变迁,如图4。

由图4以及 Petri 网的基本知识得模型4的关联矩阵是一个 18×18 维的矩阵,其矩阵元素 $C(P_i, T_j) = W(T_j, P_i) - W(P_i, T_j)$,具体这里不再给出。计算得最小支持 T 不变量^[4,8]为:

$$x_1 = (111010011000111101)$$

$$x_2 = (000111101111000000)$$

$$x_3 = (111111101001111011)$$

$$x_4 = (001111011111111101)$$

四个最小支持 T 不变量的对应变迁触发序列为:

$$\sigma_1 = \langle t_1 t_2 t_3 t_{13} t_{15} t_{14} t_{16} t_{18} \rangle$$

$$\sigma_2 = \langle t_{10} t_{11} t_{12} t_4 t_6 t_5 t_7 t_9 \rangle$$

$$\sigma_3 = \langle t_1 t_2 t_3 t_{13} t_{15} t_{14} t_{17} t_{18} t_{12} t_4 t_6 t_5 t_7 t_9 \rangle$$

$$\sigma_4 = \langle t_{10} t_{11} t_{12} t_4 t_6 t_5 t_8 t_9 t_3 t_{13} t_{15} t_{14} t_{16} t_{18} \rangle$$

$M_0 = (110000010110000010)$,说明从初始标记出发 Petri 网模型4都能回到系统的初始标记,说明图4的 Petri 网模型具有活性。

对于图4, Agent A 或 Agent B 可以是管理 Agent, 也可以是承包商 Agent。Agent 所扮演的角色不同, 它对消息的处理, 动作的选择, 任务的执行都可能不一样, 具有通用性。当 p1、p2 中有托肯时, Agent A 为管理 Agent, 在某一时刻, 动作选择变迁 t5 所选择的动作就是确定承包商 Agent 是否中标, 动作执行变迁 t8 就执行这一动作。下一时刻, 如果承包商 Agent 返回执行结果, 动作选择变迁 t5 所选择的动作就是确定执行结果是否正确合理, 若合理, 动作执行变迁 t8 就修改对承包商 Agent 的信任值, 同时更新任务库和知识库。若在系统运行的某个状态下, p1 中没有托肯, Agent A 的角色变为承包商 Agent, 动作选择变迁 t5 所选择的动作就是确定其是否投标, 动作执行变迁 t8 则执行这一动作, 假设其决定投标。下一时刻, 如果管理 Agent 确定其中标后, 动作选择变迁 t5 所选择的

动作就是确定其是否执行任务, 若执行, 则动作执行变迁 t8 点火, 任务被执行, 并将执行结果返回给管理 Agent。这样, 无论系统处于什么状态下, 无论 Agent 当前有没有任务, 该模型都适用, 即具有通用性。

同时, 管理 Agent 在确定承包商 Agent 时, 根据其他 Agent 的信任度来将标书发放给管理 Agent 所信任的承包商 Agent, 避免了向所有的 Agent 发放标书, 从而减少了 Agent 之间的通信量, 也有效地利用了历史信息, 提高了通信效率和质量。

由图4可以看出, 只要 Agent 有任务, 即 p1 和 p2、p10 和 p11 中有托肯, 变迁 t1 和 t10 可以根据需要触发多次, 表明无论是哪个 Agent, 都可以并发的发起一个会话, 为了完成共同的任务, 两个 Agent 可以协商多次。

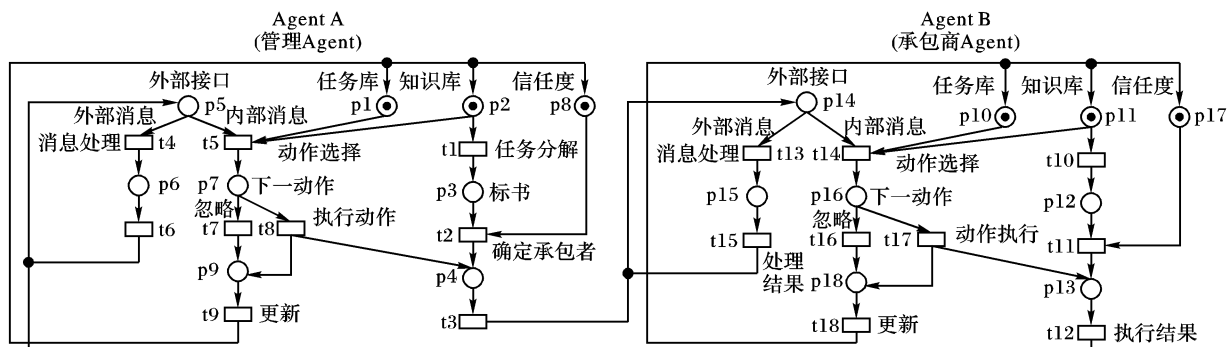


图4 动态合同网协议的简化模型

4 结语

本文采用对象 Petri 网, 对动态合同网协议的通用模型进行了研究, 与以前的模型相比, 该模型的优点是:

1) Agent 可以根据环境和任务的动态变化改变其角色, 使模型具有通用性;

2) 记录 Agent 完成任务的情况, 动态地更改对其他 Agent 的信任度, 可以减少协商时的通信量, 提高协商质量和效率。

进一步的研究工作是将历史决策信息和经验与当前问题有效、充分地结合起来, 使 Agent 在协商过程中获得更多更全面的有效信息, 以利于多 Agent 更好更快地交互完成目标任务。

参考文献:

[1] 毛新军. 面向主体的软件开发[M]. 北京: 清华大学出版社,

2005.

- [2] 张海俊, 史忠植. 动态合同网协议[J]. 计算机工程, 2004, 22(10): 44-57.
- [3] 于振华, 蔡远利, 韩九强. 基于面向对象 Petri 网的多 Agent 系统交互协议建模[J]. 计算机集成制造系统, 2005, 11(8): 1064-1068.
- [4] 袁崇义. Petri 网原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [5] 王怀民, 陈火旺. 对象作为智能主体[J]. 电子学报, 1995, 23(11): 105-108.
- [6] MURATA T. Petri nets: properties, analysis, and application[J]. Proceedings of the IEEE, 1989, 77(4): 541-580.
- [7] 丛佩政, 任爱华. 基于面向对象 Petri 网的模型驱动开发方法的研究[J]. 微计算机信息, 2006(28): 175-177.
- [8] 曾小伟, 陈吉红, 向华. 计算 Petri 网 S 不变量和 T 不变量算法[J]. 华中科技大学学报, 2001, 29(11): 1-3.

(上接第 1969 页)

参考文献:

- [1] 欧阳森, 王建华, 宋政湘, 等. 一种新的改进遗传算法及其应用[J]. 系统仿真学报, 2003, 15(8): 1066-1068, 1073.
- [2] 蔡良伟. 基于距离测度的实数编码自适应遗传退火算法[J]. 深圳大学学报理工版, 2004, 21(4): 291-294.
- [3] 蔡良伟, 李霞. 基于距离测度的改进自适应遗传退火算法[J]. 模式识别与人工智能, 2006, 18(3): 380-384.
- [4] 田小梅, 龚静. 实数编码遗传算法的评述[J]. 湖南环境生物职业技术学院学报, 2005, 11(1): 25-31.
- [5] 魏平, 熊伟清. 一种改进的实数编码遗传算法[J]. 计算机应用研究, 2004, 21(9): 87-88, 91.
- [6] 刘冀成, 胡雅毅. 带基因修复策略自适应遗传算法[J]. 计算机应用, 2006, 26(6): 1401-1402, 1405.
- [7] 邢桂华, 朱庆保. 模拟退火自适应大变异遗传算法及其应用[J]. 计算机工程, 2005, 31(3): 170-172.
- [8] SRINIVAS M. PATNAIK L M. Adaptive probabilities of crossover and mutation in genetic algorithms[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1994, 24(4): 656-667.
- [9] 刘勇. 非数值并行算法(第二册)——遗传算法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [10] 汪灵枝, 周优军. 一种有效的全局优化算法——模拟退火算法[J]. 柳州师专学报, 2005, 20(2): 120-123.
- [11] 康立山, 谢云. 非数值并行算法(第一册)——模拟退火算法[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [12] 董颖, 刘欢杰, 许宝栋, 等. 一种基于实数编码的改进遗传算法[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2005, 26(4): 321-323.