

文章编号:1008-1542(2012)02-0157-04

基于 Agent 的分布式决策支持系统框架

张明磊¹, 刘立骞², 任飞飞³

(1. 河北科技大学党政办公室, 河北石家庄 050018; 2. 河北科技大学科研处, 河北石家庄 050018; 3. 河北九易庄宸工程设计公司, 河北石家庄 050031)

摘要:实现组织支持需要协调各分布式决策单元,并能有效整合局部模式。提出一种包括交互系统、协调器、问题处理系统、知识获取系统、知识系统的决策支持系统框架,并给出该框架的功能组件架构。从整体到局部的问题分析、方案设计、处理单元协调、局部模式整合等功能均由赋予各种功能的 Agent 实现,演绎和归纳则是主要的推理方法。设计的专用控制算法可以保证该框架系统的有效实施。

关键词:分布式决策支持系统; Agent; 演绎法; 归纳法

中图分类号: TP311 文献标志码: A

Framework of distributed decision support system based on Agent

ZHANG Ming-lei¹, LIU Li-qian², REN Fei-fei³

(1. Administration Office, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050018, China; 2. Department of Scientific Research, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050018, China; 3. Hebei Jiu Yi Zhuang Chen Engineering Design Company Limited, Shijiazhuang Hebei 050031, China)

Abstract: To realize organizational support, the actions of multiple distributed decision making units should be coordinated and the local models should also be integrated validly. A novel framework of distributed decision support system is proposed, which consists of interaction system, coordinator, problem processing system, knowledge acquisition system and knowledge system. The functional component architecture of the framework is also presented. Agents with different functions are responsible for problem analysis, solution design, coordination among processing units and integration of local models. Deductive and inductive approaches are the main tools for problem solving. The proposed specified control algorithm can effectively guarantee the implementation of the system based on the framework.

Key words: distributed decision support system; Agent; deductive approach; inductive approach

决策支持系统(decision support system, DSS)的任务需求通常分为 3 类:个人支持、群体支持、组织支持^[1-2]。个人支持面向辅助决策者根据个人经验作决定的需求,例如产品价格的制定;群体支持面向辅助一组决策者共同决定的需求,例如,由选举委员会推选候选人;与前 2 种需求相比,大多数决策任务都包括多个相互依存的子任务,并且需要由若干决策单元按照特定顺序处理,可归类为组织支持的范畴,因此,需要多种工具辅助求解问题、制定决策、管理分布的决策单元间的通信、协调从局部到整体的行为。

笔者研究面向组织支持的分布式决策支持系统(distributed decision support system, DDSS),提出一种新型 DDSS 框架及其组件架构,用于支持组织机构的决策制定、决策单元间的联系和协作。

收稿日期:2011-11-16;责任编辑:陈书欣

作者简介:张明磊(1974-),男,河北宁晋人,助理研究员,硕士,主要从事决策支持领域方面的研究。

1 DDSS 框架

演绎法和归纳法是 DDSS 框架设计中求解问题的常用方法,二者的“独立 Agent”或“独立专家”机制简单而直接,经常用于 DDSS 的框架设计^[3]。DDSS 的关键要求是其对问题进行分布式解构的能力和整合各 Agent 结果形成整体解决方案的能力^[4]。因此,DDSS 框架也是一个包括设计工具、模型、编程工具和共享数据的软件框架,见图 1。

DDSS 通常包括以下 5 个子系统。

1) 交互系统 该系统辅助终端用户与 DDSS 交互,包括一系列的人机交互组件和界面,辅助用户提交需求和展示结果。

2) 协调器 它是 DDSS 的核心组件,负责协调问题求解 Agent。协调工作以任务共享和结果共享为基础展开。协调器的设计动机源于对分布式计算环境中不同节点上的异构模式和数据的重用和共享。

3) 问题处理系统(problem processing system, PPS) 该系统包括演绎 Agent 和归纳 Agent 两类推理 Agent。演绎 Agent 使用基于推理算法的规则;归纳 Agent 使用基于案例的推理方法求解问题。

4) 知识获取系统(knowledge acquisition system, KAS) 该系统由学习 Agent 构成,每个 Agent 能从环境中获取知识。这些 Agent 既可以是归纳学习器(利用基于相似度的学习方法),也可以是演绎学习器(利用基于解释的学习方法)。通常而言,学习 Agent 获取知识,推理 Agent 应用既有知识解决问题。

5) 知识系统 该系统包括案例库、规则库和数据库。案例库存储既有问题的解决方案;规则库存储提取出规则形式的知识;数据库存储包括字段和记录的关系数据。

以上 5 个 DDSS 的概念级元素可以由以下公式表示:

$$DDSS = \langle P, E, \{SP_i\}, \{KS_j\}, \{PP_k\}, \{KA_l\}, IS, EV, GG \rangle,$$

其中:P 代表给定问题;E 代表一系列观测或为提供反馈的系统环境; $\{SP_i\}$ 代表第 i 个 Agent 提供的一系列方案; $\{KS_j\}$ 代表第 j 个 Agent 生成的一系列指示系统; $\{PP_k\}$ 代表第 k 个推理 Agent 上的一系列推理函数。这些函数利用当前目标、当前状态和当前知识系统生成解决方案。 $PP_k(LS(P), KS) = SP_i, i$ 代表推理 Agent; $\{KA_l\}$ 代表第 l 个 Agent 上的学习函数。 $KA_l(E) = KA_l, l$ 代表学习 Agent;IS 代表交互系统;EV 代表评价函数,从各 Agent 生成的解决方案中选择最优的。 $EV(SP_1, SP_2, \dots, SP_m) = SP_i$, 其中, $1, 2, \dots, m$ 代表 Agent, i 代表最优解决方案;GG 代表目标生成函数。 $GG(SP_i) = LS(P), i$ 代表选定的解决方案。

2 DDSS 组件

组织支持中的问题通常由部门专家和领域专家组成的团队来解决^[5], DDSS 系统产生的模式通常由表示和推理能力各异的分布式 Agent 协作生成^[6]。笔者提出一个新型 DDSS 的全局架构及构成要素。

在图 2 所示的 DDSS 组件架构中,处理模块间通过通信组件来发送和接收彼此的消息。消息被当成对象来处理,每个对象拥有自己的行为协议(方法)——一组它可以响应的消息,是其定义的一部分。该 DDSS 架构允许封装了代码和数据的 Agent 以分布式协作方式工作。

2.1 协调器

分布式多 Agent 系统中,一个 Agent 的行为会对其他 Agent 产生影响^[7]。设立 DDSS 分布式协调组件的目的是为了管控 Agent 间交互行为的时间和序列,因此,协调器是分布式计算和问题求解的关键组件,它为 Agent 提供了问题求解状态的全局视图。由于问

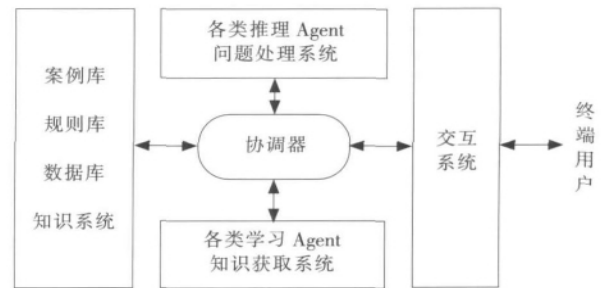


图 1 DDSS 框架
Fig. 1 DDSS framework

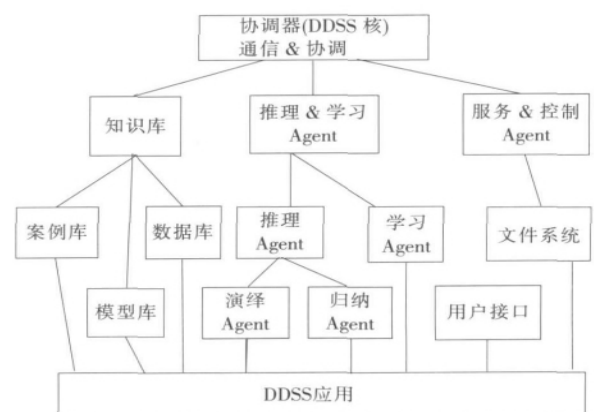


图 2 DDSS 组件架构
Fig. 2 DDSS architecture

题求解 Agent 仅处理局部视图和非完全信息,它必须与其他 Agent 协作以辅助协调器获得全局一致的解决方案。协调器的主要职责在于通过与各 Agent 的信息交流,发布各 Agent 的当前目标和状态、评估各 Agent 的解决方案、构建全局解决方案、发送命令给各 Agent 进行问题求解。

协调器遵从的计算模型通常称为行动者模型,负责表示为描述分布式系统而构造的元语言概念^[8]。该模型定义的行动者为分布于网络的并发对象(Agent),它们通过响应其邮件队列中的消息而改变自身的行为和状态,也可以向其他行动者发消息来促使对方改变行为和状态。每个行动者独立而活跃,接到消息后所做出的行动都是并发的。该模型与大多数传统对象模型的区别在于消息均以异步模式传递,即,当某行动者发送消息给其他行动者后,立即恢复到自身任务的处理而非等待对方的反馈消息,由此,行动者可以以异步方式处理连续消息。图 3 给出的行动者模型中,消息流发送给表示银行账号的行动者。邮件队列中的消息 k 根据支票从账户中提取出 9 个单位。

2.2 问题处理系统 (PPS)

PPS 由归纳推理 Agent 和演绎推理 Agent 组成。归纳 Agent 是基于案例的推理器,利用既有案例求解当前问题;演绎 Agent 利用包括领域理论的规则库来求解问题。

1) 归纳推理 Agent 归纳 Agent 采用的基于案例的推理方法利用既有经验解决新问题。当领域问题难以理解或者领域知识较难从专家处采集时,基于案例的推理是非常可行的方法。它通过比配新问题与解决的旧案例的重要特征来求解问题。基于案例推理可以在以下 3 个方面提高问题求解能力:

- ①通过利用既有经验,可以改善问题求解过程中的策略选择;
- ②帮助问题求解器判定重要方面并聚焦于重要问题的求解;
- ③避免选择可能的错误求解方向和重蹈覆辙。

2) 演绎推理 Agent 演绎 Agent 在演绎推理方法中使用的领域理论通常表示为 if-then 形式的、定义了问题领域中概念间逻辑关系的规则。该类系统利用专家的领域知识求解问题,求解过程包括在知识库中查找能指导问题求解器实现目标状态的知识集。

2.3 知识获取系统 (KAS)

KAS(knowledge acquisition system)由具备知识获取和学习能力的 Agent 组成。学习行为在需要补充新知识或既有知识需要更新时执行。不同学习 Agent 可能采用不同的学习方法,但所有 Agent 均从外部环境提取可以输入并生成完善知识系统的知识。以下给出各类学习 Agent 的具体描述。

1) 基于相似度的学习(similarity based learning, SBL)Agent 作为一种归纳学习方法,SBL 定义为根据某个类的对象集描述该类的过程。训练集以案例集形式给出,并由特征向量表示。通常,概念表示可以通过检查此类概念的实例而实现,同时,由于概念表示通过样例间的相似度检查来实现,该方法也称为基于样例的学习。为了获得与样例集一致的正确概念表示,会选择一个假设概念表示来覆盖正例排除反例。随着过程推进,新样例被增补并且学习器将更新假设来与新样例保持一致,直至所有训练集中的样例与学到的概念一致。此类学习系统广泛用于分类任务中的知识获取。

2) 基于解释的学习(explanation based learning, EBL)Agent EBL 方法包括应用既有知识解释和泛化某个既有实例,并由此获得具有可操作性概念表示和求解问题的知识。一个 EBL 程序利用某单个正例作为训练样例,并利用既有的称为领域理论的知识库解读该样例,并生成通用概念表示作为最终输出。此类学习方法的效用在于,与其他 SBL 需要多个样例相比,它能根据单个样例生成通用性概念;其缺陷在于对解释的构造和分析要求非常细致的问题领域知识。

3) 环境学习(environmental learning, EL)Agent EL Agent 基础性的实施学习算法,利用环境反馈生成规则。现实中一个常见现象是学习者通过逆环境的行为获得改进系统的反馈,例如,如果你要学习游泳,朋友的建议是一方面,当你实际在水中时,往往首先会划动四肢进行观察,手臂的划动能带来身体的前移等。当然,你也许会因错误的换气而呛水,但是你会因此懂得水中呼吸会呛水,正确的游泳方式是“在水中向后划

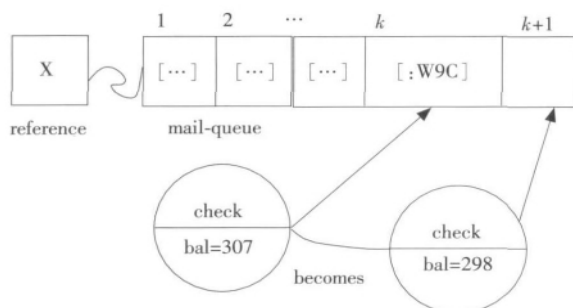


图 3 行动者模型中的消息传递

Fig. 3 Message passing in the actor model

动手臂并且屏住呼吸”。探索、错误和两者间的互动构成了环境学习的过程。

2.4 知识系统

知识系统包括规则库、案例库和数据库。规则库包括产生式规则以支持演绎 Agent;案例库包括既有解决方案以支持归纳 Agent;数据库包括用于支持解决方案的数据。

1) 案例库 案例库包括既有问题的解决经验,以支持 PPS 中的归纳 Agent。此外,当一个问题被求解后,规则库会被 KAS 更新。

2) 规则库 规则库存储产生式规则包括既有问题的解决经验,以支持 PPS 中的归纳 Agent。此外,当一个问题被求解后,规则库会被 KAS 更新。

3) 数据库 数据库以关系数据模式存储信息,支持 PPS 和 KAS 求解问题和获取知识。因此,数据库可以为学习 Agent 提供原始数据以生成有用规则,或者为推理 Agent 提供各种数据以支持其求解问题。

2.5 交互系统

交互系统(interaction system, IS)通过 3 个组件构成完整的人机接口:表示组件、对话控件和应用接口模型。表示组件负责生成和传递标志,对应于 DDSS 接口的词汇层;对话控件负责用户使用的命令和对话的结构,对应于 DDSS 的句法层;应用接口模型定义了用户接口和 DDSS 其他部分间的接口,是由句法层唤醒的、实现系统功能要求的过程集合,对应于接口的语义层。因此,IS 系统的构成单元包括:1) 编程接口(由某类编程语言提供的例程和类型库,用于和 Windows 操作系统交互);2) 应用接口(与用户交互,其可视化界面因 DDSS 而异);3) 管理接口(与用户交互,控制桌面和输入设备)。该接口定义了 DDSS 任务如何在屏幕上排列,以及用户如何在任务间切换。

3 DDSS 的控制算法

求解问题需要从目标状态(由协调 Agent 发布)和当前状态出发,通过利用既有知识构建模型来达到目标状态。若该模型可以利用当前知识构建,系统便可将模型输出给学习 Agent 作进一步检查;倘若该目标状态无法通过对当前知识的利用来实现,系统将:1) 触发环境学习 Agent 来考察环境并扩展知识库;2) 触发归纳 Agent 利用既有经验校正当前规则。

在构造模型的过程中,通过利用规则或案例替换当前目标,可以生成子目标。每个子目标将在系统内公布;协调器也会要求演绎 Agent 或归纳 Agent 提供子目标的解决方案。评估函数将用于从 Agent 中选择最优方案。

DDSS 系统控制算法对于给定的问题描述,首先将其表示为关系数据文件、一个目标和初始状态集。输入分布式决策制定问题后,系统输出的方案可以即时应用于数据库中的真实数据集,并生成最终的问题解决方案。

4 结 语

笔者提出一个 DDSS 的框架,此类系统能够协调利用多种表示和推理 Agent 构建解决方案。未来将继续拓展这个概念模型,赋予其计算架构规范的语义。当前的 DDSS 的计算架构构建于分布式面向对象的编程系统之上,而一个正式规范的语义模型也许会赋予该 DDSS 更多的理论和实用价值。

参考文献:

- [1] PÉREZ I J, CABRERIZO F J, HERRERA-VIEDMA E. A mobile decision support system for dynamic group decision-making problems [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 2010, 40(6): 1 244-1 256.
- [2] MANSMANN S, SCHOLL M H. Decision support system for managing educational capacity utilization [J]. IEEE Transactions on Education, 2007, 50(2): 143-150.
- [3] KHALIL M A T, DOMINIC P D D, FADZIL B H M. Decision support system framework for implementation of Enterprise Resource Planning (ERP) system [A]. International Symposium in Information Technology (ITSim) [C]. Kuala Lumpur: [s. n.], 2010. 1 439-1 443.

(下转第 183 页)

温度越高,解吸时间越长,对 SO_2 的解吸越有利。

4) 通过本试验可知,有机胺烟气吸收的最佳工艺条件如下:自制有机胺浓度为 1.0 mol/L , pH 值为 8, 吸收温度为 $50 \text{ }^\circ\text{C}$, 解吸过程中最佳解吸温度为 $110 \text{ }^\circ\text{C}$, 最佳解吸时间为 60 min 。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国环境保护部. 2010 年中国环境状况公报[EB/OL]. <http://house.ifeng.com/rollnews/detail,2011-06-03>.
- [2] 隋建才. 我国烟气脱硫技术现状与建议[J]. 能源技术(Energy Technology), 2008, 29(5): 277-280.
- [3] 韩永嘉. 烟气脱硫二氧化硫技术现状与发展趋势[J]. 过滤与分离(Journal of Filtration & Separation), 2009, 19(2): 23-27.
- [4] 刘征建. 烧结烟气脱硫技术的研究与发展[J]. 中国冶金(China Metallurgy), 2009, 19(2): 1-5.
- [5] MENG H, ZHANG S, LI C X, et al. Removal of heat stable from aqueous solutions of *N*-methyldiethanolamine using a specially designed three-compartment configuration eletrodialyzer[J]. Journal of Membrane Science, 2008, 322(2): 437-441.
- [6] 张彦锋. 国内外主流烟气脱硫技术现状及发展趋势[J]. 辽宁城乡环境科技(Liaoning Urban and Rural Environmental Science & Technology), 2004, 24(5): 53-56.
- [7] HAGHTALAB A, SHOJAEIAN A. Modeling of acid gases in alkanolamines using the nonelectrolyte Wilson-nonrandom factor mode[J]. Fluid Phase Equilibria, 2010, 289(1): 6-14.
- [8] TANG Z G, XU W Q, ZHOU C C, et al. A nonequilibrium stage model to simulate the chemical absorption of SO_2 [J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2006, 45: 704-711.
- [9] JESSICA L A, JANEILLE K D, EDWARD J M. Measurement of SO_2 solubility in ionic liquids[J]. The Journal of Physical Chemistry B, 2006, 110(31): 1 559-1 562.
- [10] 翁淑容. 有机胺湿法烟气脱硫试验研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2007.
- [11] 刘金龙. 可再生烟气脱硫吸收剂及工艺研究[J]. 炼油设计(Petroleum Refinery Engineering), 2002, 32(8): 37-40.
- [12] 王伟峰, 张亚通, 李达志. 新型可再生有机吸收剂“秦治-1 号”脱除烟气中二氧化硫工艺技术的研究[J]. 除尘·气体净化(Precipitation and Gas Cleaning), 2010(5): 16-19.
- [13] 王智友. 有机胺烟气脱硫现状[J]. 云南冶金(Yunnan Metallurgy), 2009, 38(1): 39-41.
- [14] 张 龙. 气体脱硫过程分析方法[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [15] 周长城, 汤志刚. 乙二胺 / 磷酸溶液吸收 SO_2 的试验研究[J]. 精细化工(Fine Chemicals), 2003, 20(8): 142-147.
- [16] 杨会龙, 刘宝友, 王园园. 氨基功能化离子液体表征及吸收 SO_2 的实验研究[J]. 河北科技大学学报(Journal of Hebei University of Science and Technology), 2011, 32(3): 220-224.

(上接第 153 页)

参考文献:

- [1] 刘 芳. 基于 CBR 的智能决策支持系统研究与应用[D]. 兰州: 兰州大学, 2008.
- [2] 陆汝钊. 世纪之交的知识工程与知识科学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [3] 陈文伟. 决策支持系统及其开发[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [4] 周 勇, 贾瑞玉. 范例推理在智能决策系统中的应用研究[J]. 电脑知识与技术(学术交流)(Computer Knowledge and Technology(Academic Exchange)), 2007(3): 824-829.
- [5] 王 伟, 许云峰, 高 凯. 基于哈希表的动态向量降维方法的研究及应用[J]. 河北科技大学学报(Journal of Hebei University of Science and Technology), 2011, 32(4): 360-365.

(上接第 160 页)

- [4] SARKAR B B, CHAKI N. High level net model for analyzing agent base distributed decision support system [A]. International Association of Computer Science and Information Technology - Spring Conference (IACSITSC) [C]. Singapore: [s. n.], 2009. 351-358.
- [5] ZAKARIA N, COGBURN D L. A culturally-attuned distributed decision making model of global virtual teams in world summit on the information society [A]. The 44th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) [C]. Hawaii: [s. n.], 2011. 1-10.
- [6] SUN X L, HUANG M, WANG X W. The distributed decision making risk management model for virtual enterprise based on principal-agent theory [A]. Chinese Control and Decision Conference (CCDC) [C]. Mianyang: [s. n.], 2011. 467-472.
- [7] CHENG L, HOU Z G, TAN M, et al. Necessary and sufficient conditions for consensus of double-integrator multi-agent systems with measurement noises [J]. IEEE Transactions on Automatic Control, 2011, 56(8): 1 958-1 963.
- [8] XU H K, GUO J, ZENG H T, et al. Study on distributed cooperative maintenance decision supporting system for hydropower plant [A]. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics [C]. Montréal: [s. n.], 2007. 2 296-2 301.