

文章编号: 1001-0920(2006)01-0056-04

软件人群的自律分散组织模型与协调控制

卢庆龄^{1,2}, 曾广平², 张威¹, 尹怡欣², 涂序彦²

(1. 装甲兵工程学院 技术保障系, 北京 100072; 2 北京科技大学 信息工程学院, 北京 100083)

摘要: 在智能自律分散系统 IADS 及软件人概念的基础上, 设计了软件人社区的组织结构模型, 阐述了管理软件人的管控功能、管控策略及协调运行机制。分析了软件人群的协调控制特点及形式, 提出了部分-全局规划 (PGP) 协调控制策略。通过不同局部计划间的交互, 可避免节点间的任务冗余, 每个节点都维护自身的 PGP, 独立且异步地使用 PGP 来协调各自的行为, 从而实现全局任务。

关键词: 软件人群; 组织模型; 协调策略; 本地社区; 远程社区

中图分类号: TP301.6 **文献标识码:** A

Autonomous Decentralized Organization Model and Coordination Control of SofMan Crowd

LU Qing-ling^{1,2}, ZENG Guang-ping², ZHANG Wei¹, YIN Yi-xin², TU Xu-yan²

(1. The Department of Technical Support, Academy of Armored Forces Engineering, Beijing 100072, China; 2. Information Engineering School, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China
Correspondent: LU Qing-ling, E-mail: qinglinglu@126.com)

Abstract: Based on intelligent autonomous decentralized systems (IADS) and SofMan, an organization structural model of softMan community is designed. SofMan management function, management and control strategy and coordination running mechanism are expounded. Characteristics of coordination control and forms of SofMan Crowd are analyzed and partial-global planning (PGP) coordination control strategy is put forward. PGP may avoid task redundancy between nodes through intercommunism. Each node maintains its PGP and coordinates their behavior by PGP independently and asynchronously so as to accomplish the global task.

Key words: SofMan crowd; Organization model; Coordination strategy; Local community; Remote community

1 引言

在大系统分散控制理论和计算机网络技术相结合的基础上, KinjiMori 提出了自律分散系统 (ADS) 的概念。ADS 由许多子系统构成, 这些子系统具备如下两个基本特点:

1) 自律控制性: 系统中任何子系统出现故障时, 都不能影响其他子系统的自我管理和功能的正常实现。

2) 自律协调性: 系统中任何子系统出现故障时, 其他子系统之间能够协调各自的任务并以协作方式实现各自功能。

这两个特点保证了系统的在线扩展、在线容错和在线维护等功能。

在自律分散系统、分布式人工智能、大系统控制论以及智能管理系统相结合的基础上, 涂序彦教授提出了智能自律分散系统 IADS^[1], 并给出了基于“智体”(Agent) 的 3 种智能自律分散系统: 联盟式智能自律分散系统 (Union-IADS)、市场式智能自律分散系统 (Market-IADS) 和集团式智能自律分散系统 (Group-IADS)。在此基础上, 又最新提出了拟人自律分散系统的概念^[2]。

软件人^[3]的概念是曾广平教授和涂序彦教授在

收稿日期: 2005-01-04; 修回日期: 2005-04-22

基金项目: 国家自然科学基金项目 (60375038)。

作者简介: 卢庆龄 (1969—), 女, 吉林双辽人, 副教授, 博士生, 从事人工智能及其应用、人工生命的研究; 涂序彦 (1935—), 男, 江西南昌人, 教授, 博士生导师, 从事人工智能及其应用、人工生命等研究。

智体、智能机器人和人工生命等技术研究的基础上提出的, 他们给出了软件人的状态描述模型, 为软件人的研究奠定了良好的基础

本文在此基础上对基于软件人群的组织模型和协调控制方案进行了研究, 不仅软件人自身有很好的自律协调性, 软件人群也有很好的自律控制和自律协作性, 而且具有人性化的DAI, 如: 主动性、移动性、感知性、反应性和社团性等

2 软件人群组织模型

软件人群生存在网络世界中, 充当各种职员角色, 它们之间相互协调、相互协作共同完成指定的任务, 从而构成软件人群系统

组织即系统的结构, 在一般系统中通称为系统结构或系统结构模型。系统结构模型即为组织模型。由于软件人社区是拟人系统, 因而其组织具有人类社会的某些形态。组织的目的是让系统中的元素有序, 从而提高系统的全局效益。遵照大系统理论^[9]的思想, 应使系统可观、可达、可控、可扩(伸)、可裁(缩), 并使系统可行、可靠、可变(灵活性)、可升(升级)和有效。组织的复杂度和关系的复杂度是系统组织优化的重要指标

2.1 组织模型

软件人群组织模型是一个递阶分层结构, 整个网络的软件人组成一个软件人社会, 软件人社会下面是若干个软件人社区, 每个社区在一台结点计算机上, 每个软件人社区拥有若干个软件人组。图1是由2个结点(或2个软件人社区)组成的一个软件人社会示意图。其中: SMC代表软件人社区; SM.f1, SM.f2, ..., SM.fn代表任务软件人个体; SM.mov代表监听、迁移、装配软件人; SM.man代表管理控制软件人。

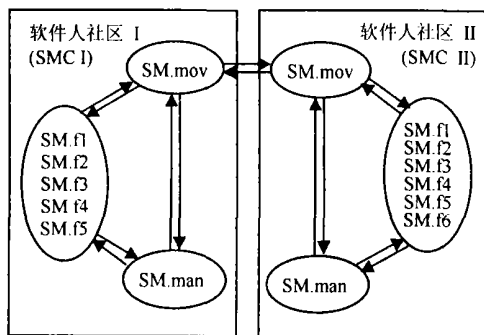


图1 软件人社会示意图

2.2 管控功能

管控是管理控制软件人(SM.man)的主要职责和任务。其管理和控制对象由4部分构成, 即功能软件人组、迁移软件人、任务和消息管理, 如图2所示

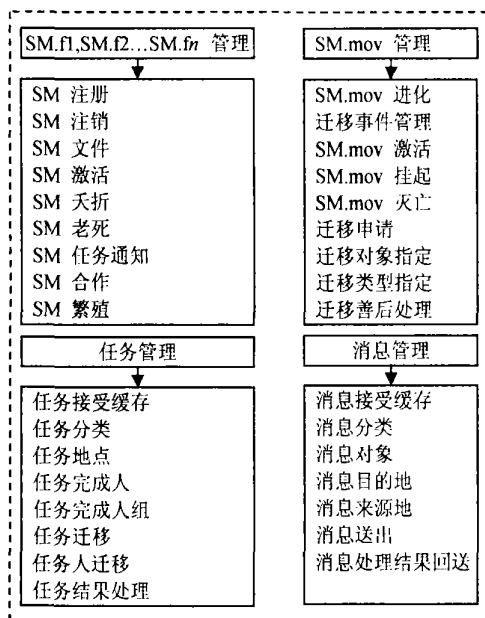


图2 SM.man 管控功能

2.3 管控策略与机制

(1) 以SM.man为中心的集中管理策略

1) 其管理的依据是综合信息表, 此综合表分为若干子表。SM.man定时维护和刷新这些子表, 这些子表的信息又反过来决定SM.man的任务和行为。综合表主要包括: 活动SM表、静态SM表、SM繁殖树、CPU资源分配表、RAM资源分配表、中断事件表、消息表、任务表、任务分配表等

2) SM.man将任务首先分解为耦合度较低的任务, 在本地社区中的软件人之间进行协调分配。一旦远程社区软件人迁移到本地社区执行任务, 则被视为本地软件人社区的成员, 在本地社区SM.man的协调下, 相互协作共同完成任务。

3) 当本地社区任务繁重, 或因个别软件人出现异常难以完成任务时, 将由SM.man从远程社区调入软件人, 完成任务后再返回, 从而实现自律协调的功能。

4) 在不同社区间自由移动执行任务的软件人, 当其到达某个社区的同时也就把其所承担的子任务带到了当地。该子任务可在本地社区软件人之间进行进一步的协调分配, 这使得总任务间接的在网络上得到合理的分配, 却不需要在各社区间传送各子任务之间关系的描述。

5) 在各社区完成各自任务的多个软件人在回到宿主地后, 根据任务分配时子任务之间关系的描述, 在SM.man的协调下完成任务的汇集, 构成最终任务结果。

(2) 以SM.meg(消息软件人)为通道的分布协调运行机制

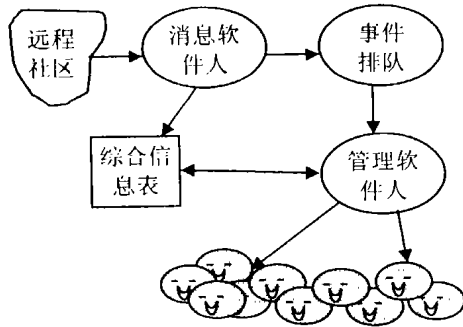


图3 以消息软件人为通道的分布协调运行机制

以SM. meg为通道,事件触发为引擎的分布协调运行机制

远程社区通道与任务信息:迁移请求、迁移会话、任务转发、负载平衡及社区间协调。一个系统组织得好与坏,决定了系统的有效性、可靠性和可演化性,也影响着系统内元素间的通信、交互、协作和协调。将网络中所有软件人按照社会的形式组织起来,并采用分层递阶结构。SM. man集中管理其他软件人及各类任务;实行以SM. meg为通道的分布协调运行机制。

这种组织模型可以方便地实现软件人群的多级递阶和集中管理,同时也突出了多软件人之间主动交互、自由迁移、相互通信、协调协作等特性,使得协调集中在本地社区内进行但却起到全局协调的作用,避免了大量通信资源的消耗。

3 软件人群的协调控制

3.1 软件人群协调控制的特点

由于软件人具有移动的特性,因此,各软件人可以位于不同的网络或主机上。由于网络的动态性和不确定性,以及存在网络传输中的延迟,过多的依赖通讯来完成软件人群的协调一致会出现很多的困难。因此,在软件人系统中不宜采取完全集中的控制方式,而应采取分散控制的方式,它具有以下特点:

- 1) 软件人对自身进行控制,达到自身的平衡稳定。
- 2) 软件人之间能够相互感知和通信,以快速及时地进行交互。

3) 软件人对于整个系统的全局状态在结构上是不可直接观测和控制的,但是它们能够感知外界环境,并动态地修改或调整系统变量和参数以协调系统的平衡。

3.2 软件人群协调控制的形式

当软件人群系统采用分散控制方式时,由于没有上级协调器,各软件人只能通过各自对外界环境的感知及信息交换,来自发地调节和控制自身的行

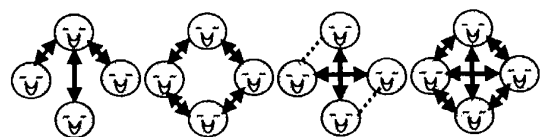
为,并按照其目的和需求采取行动,动态地协调系统的平衡。根据软件人之间相互通信的方式及信息通道结构的不同,可采用如下几种形式:

1) 导引协调:选取某一个软件人为主导子系统,而其他软件人为从属子系统。由主导子系统对各从属子系统的运行状态进行观测、评价、整定,发出导引协调信号,对各从属子系统进行导引协调控制,在主导子系统的引导下,共同实现系统的总目标和总任务,其相互通信的信道结构如图4(a)所示。

2) 循环协调:各软件人具有平等地位,无主、从之分。它们按照某种顺序,以串行方式依次进行循环式协调,其方向可顺可逆。在该环路中,相邻的软件人既是协调者,又是被协调者。该方式适宜于任务之间具有串行结构和前后有依赖关系的情况,其信道结构如图4(b)所示。

3) 分组协调:根据系统中各软件人之间所处的位置、耦合的强弱、相互通信的难易、对协调需求的差异等具体情况,将软件人群划分为若干组。各组并行地、独立地进行协调,可采用不同的协调方案。各组间的协调如虚线所示,表示组间协调的需求较低、耦合较弱,或其间的通信难以实现。这时,只能进行离线、非实时的协调,其信道结构如图4(c)所示。

4) 全息协调:各软件人之间具有完全的相互通信的通道,可以进行双向协调。在全息协调的软件人系统中,任何两个软件人之间,二者既是协调者,又是被协调者,因此,可以相互协调、相互配合、相互制约、相互促进,以达到协调控制的目的。全息协调方案可视为导引协调、循环协调、分组协调方案的集成方案,其信道结构如图4(d)所示。



(a) 导引协调 (b) 循环协调 (c) 分组协调 (d) 全息协调

图4 协调形式

上述4种协调方案是分散控制系统的典型控制方案。在实际系统中,它们可以相互结合,灵活应用。对于规模甚大的软件人群系统,直接采用全息协调方案可能难以实现,这时可以根据软件人所处的位置分组,采用分组协调方式。每个分组本身的协调控制可灵活采用导引协调、循环协调或全息协调方式,组间的协调也可选取导引、循环或全息协调。

3.3 软件人群协调控制的策略

软件人之间的协调采用部分-全局规划(PGP)策略,它是一种典型的分布协调技术,其特点是每个

节点都能收集目前的状态, 又能收集其他节点的目标信息 因此, 部分-全局规划提供了节点间的灵活协调, 保证了各节点间的交互 部分-全局规划通过不同局部计划间的交互, 可以避免节点间的任务冗余, 特别是当多个节点计划具有相同的中间目标时会发出通知 每个节点都维护自身的PGP, 独立且异步地使用PGP 来协调各自的行为, 从而实现全局任务

3.3.1 任务库

软件人任务之间的关系, 主要有行动相等关系和后承关系 行动相等关系是指多个软件人执行一个相同的任务, 如果相互认识到这一点, 则只需其中一个去独立完成, 从而避免了任务冗余; 后承关系是指一个任务的完成是另一个任务完成的先决条件, 只有在先决条件完成后, 任务才能顺利完成 软件人任务之间的依赖关系还反映在时间上, 对于实时性要求很高的软件人系统, 必须考虑任务的开始和截止时间 显然, 任务执行的顺序和时间会对软件人系统的性能产生影响 因此软件人必须能识别这些关系, 并且将它们作为其动作的组成部分来进行管理, 这就需要建立任务库

任务库中记录着整个系统的任务集、任务结构视图以及任务间的依赖关系 其中:

任务集 $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$, 记录了系统中所有的任务;

结构视图 $T_i = \{T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{im}\}$, 表示任务由哪些子任务构成;

依赖关系 $\text{Depend}(T_a, T_b)$, 表示任务 T_a 依赖于任务 T_b ;

$\text{Commitment}(t, T, A, B)$, 表示软件人 A 向软件人 B 承诺在截止时间 t 前完成任务 T .

每个任务都具有执行的优先级、截止时间, 软件人对执行任务的承诺, 承诺是软件人协调的关键

3.3.2 基本方法

1) 当驱动任务执行的激励产生时, 软件人从系统的任务库中获得本地任务集、结构视图以及任务间的协调依赖关系等 PGP 计划器根据任务的优先级、估计执行时间和截止期来完成任务的本地局部计划, 记入计划-行为队列, 并对执行任务做出承诺

2) 为了促进协调, PGP 计划器对行为成本、结果和实用性进行预测, 对计划-行为队列中的行为重新排序以找到更好的行为序列 例如, 如果软件人所承担的本地任务与远程软件人所承担的任务之间是时间约束关系, 且本地任务依赖于远程任务, 则软件人延迟本地任务的执行, 直到接收到远程任务的结

果 延迟时间取决于远程软件人所作的截止时间承诺

3) 根据重新排序的计划-行为队列, PGP 计划器修改局部计划, 以更协调的方式遵循各局部计划的主要步骤, 并建立表示节点间关系的结构图

4 结 语

本文对软件人群分散自律组织模型和协调控制方案进行了初步研究, 阐述了管理软件人的管控功能, 提出了以 SM.man 为中心的集中管理策略及以 SM.meg 为通道的分布协调运行机制, 并结合《大系统控制论》介绍了协调控制方案的特点和形式, 论述了部分-全局规划 PGP 策略 该策略提供了节点间的灵活协调, 保证了各节点间的交互 每个节点都维护自身的 PGP, 独立且异步地使用 PGP 来协调各自的行为, 从而实现了全局任务

参考文献(References)

- [1] Tu X Y, Tang T. Intelligent Autonomous Decentralized System (ADS) [A] *Proc of IWADS 2002* [C] Beijing, 2002: 10-15
- [2] 涂序彦, 曾广平. 广义软件人及其应用[A] *第二届全国数字人体学术会议*[C] 北京, 2004: 5-10
(Tu X Y, ZENG G P. Generalized SoftMan and Application[A] *Proc of the 2nd Digital Human National Conference*[C] Beijing, 2004: 5-10)
- [3] 曾广平, 涂序彦. 软件人[A] *中国人工智能学会第10届全国学术年会论文集*[C] 北京: 北京邮电大学, 2003: 567-572
(Zeng G P, Tu X Y. SoftMan[A] *Proc of the 10th CAAI National Conference* [C] Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Publishing House, 2003: 567-572)
- [4] Ferber J. *Multi-agent Systems* [M] MA: Addison-Wesley, Reading, 1999
- [5] 焦文品, 史忠植. 构造MAS的动态体系结构的模型[J] *计算机学报*, 2000, 23(7): 732-737.
(Jiao W P, Shi Z Z. Modeling Dynamic Architectures for Multi-Agent Systems [J] *Chinese J Computers*, 2000, 23(7): 732-737.)
- [6] Zhao H H, Tan Y D, Qian Q Q. A Kind of Autonomous Decentralized Train Area Network [A] *Proc of IWADS 2002*[C] Beijing, 2002: 42-47.
- [7] 曾广平, 涂序彦. 自适应混合表的结构及其算法思想[J] *小型微型计算机系统*, 2001, 22(1): 58-62
(Zeng G P, Tu X Y. Structure and Algorithm of Self-Adaptation Mixed Table [J] *MiniMicro Systems*, 2001, 22(1): 58-62)

(下转第 63 页)

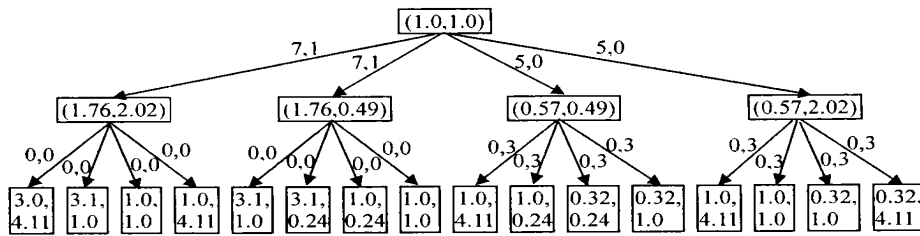


图 1 最优订购策略

为生产能力上限 7; 另外 3 棵 4 叉树中, 由于汇率组合中至少有一国汇率下降, 则第 1 阶段的最优订购量为该阶段的市场需求 5。另外, 由图 1 可知, 每棵 4 叉树的订购总量均为 8, 且第 1 阶段的订购量不小于 5, 订购量满足了市场需求

6 结 语

在汇率波动的情况下确定各阶段订购数量, 是外贸经营中的经常性问题。本文通过构造无风险投资组合的方法, 建立了制造商制造项目的价值的一般模型, 然后应用本文提出的适用于多供应商模型的算法, 得出实现整个经营周期利润最大化的多阶段国际订购策略。本文的研究为制造商在价格不确定环境中的订购决策提供了理论指导。

参考文献(References)

[1] Vidal C, Goetschalckx M. A Global Supply Chain Model with Transfer Pricing and Transportation Cost Allocation [J]. *European J of Operational Research*, 2001, 129(3): 134-158

[2] 马林, 钟昌标. 在供应链管理环境下“走出去”企业的汇率风险决策分析[J]. *中国软科学*, 2004, 7: 93-96
(Ma L, Zhong C B. A Decision-making Analysis on Exchange Rate Risk for “Going-out” Companies in Supply Chain Management [J]. *China Soft Science*, 2004, 7: 93-96)

[3] 李燕凤, 蒋云赞. 跨国供应链战术生产计划研究[J]. *计算机工程与应用*, 2004, 30: 225-229
(Li Y F, Jiang Y Y. Research of International Supply Chain Tactical Production Planning [J]. *Computer Engineering and Application*, 2004, 30: 225-229)

[4] Huchzemeier A, Cohen M A. Valuing Operational Flexibility Under Exchange Rate Risk [J]. *Operations Research*, 1996, 44 (1): 100-113

[5] Li Lode, Porteus Evan L. Optimal Operating Policies for Multiplant Stochastic Manufacturing Systems in a Changing Environment [J]. *Management Science*, 2001, 47(11): 1539-1551

[6] Li C, Kouvelis P. Flexible and Risk Sharing Supply Contracts Under Price Uncertainty [J]. *Management Science*, 1999, 45(10): 1378-1398

[7] Kamrad B, Siddique A. Supply Contracts, Profit Sharing, Switching and Reaction Options [J]. *Management Science*, 2004, 50 (1): 64-82

[8] Boyle P P, Evnine J, Gibbs S. Numerical Evaluation of Multivariate Contingent Claims [J]. *The Review of Financial Studies*, 1989, 2(2): 241-250

[9] Kamrad B, Ernst R. An Economic Model for Evaluating Mining and Manufacturing Ventures with Output Yield Uncertainty [J]. *Operations Research*, 2001, 49(5): 690-699

(上接第 59 页)

[8] 涂序彦, 尹怡欣. 广义人工生命及应用[A]. *中国人工智能学会第一届“人工生命及应用”专题学术会议论文集* [C]. 北京: 北京科技大学, 2002: 8-14
(Tu X Y, Yin Y X. Generalized Artificial Life and Application [A]. *Proc of the First CAAI Workshop on Artificial Life and Application* [C]. Beijing: University of Science and Technology Beijing, 2002: 8-14)

[9] 涂序彦. *大系统控制论* [M]. 北京: 国防工业出版社, 1994
(Tu X Y. *Large Systems Cybernetics* [M]. Beijing: National Defense Industry Publishing House, 1994

[10] Kinji Mori. Autonomous Decentralized Systems: Concept, Data Field Architecture and Future Trends [A]. *Proc ISADS 93* [C]. Kawasaki, 1993: 28-34

[11] 陈刚, 陆汝钤. 关系网模型基于社会合作机制的多 Agent 协作组织方法[J]. *计算机研究与发展*, 2003, 40 (1): 107-113
(Chen G, Lu R Q. The Relation Web Model—An Organizational Approach to Agent Cooperation Based on Social Mechanism [J]. *J of Computer Research and Development*, 2003, 40(1): 107-113)