

文章编号:1001-9081(2010)06-1682-05

基于移动 Agent 的维护联盟盟友选择研究

刘 坚,夏百战,于德介,李 蓉

(湖南大学 汽车车身先进设计制造国家重点实验室,长沙 410082)

(xiabzff@163.com)

摘 要:针对维护联盟盟友选择的搜索效率提升和逆向选择风险规避问题,构建了高效和高可靠性的盟友选择方法和相应系统。该方法首先对复杂的设备维护任务进行分解,采用移动 Agent 和 XML 技术在盟主和潜在盟友之间传递维护任务请求和业务信息,引入可信度评估技术确保维护备选盟友业务能力的客观描述,从而实现备选盟友的高效搜索和盟友能力的准确评价。

关键词:移动 Agent;维护联盟;可信度评估;盟友选择

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A

Study on ally selection in maintenance alliance based on mobile Agent

LIU Jian, XIA Bai-zhan, YU De-jie, LI Rong

(State Key Laboratory of Advanced Design and Manufacturing for Vehicle Body, Hunan University, Changsha Hunan 410082, China)

Abstract: Concerning the risk aversion of adverse selection and efficiency improvement in maintenance ally selection, an efficient and reliable ally selection system was proposed. The system employed Agents to break up complicated equipment maintenance tasks, and employed mobile Agents and XML technique to convey order and capacity information between the center factory and the potential allies. Reliability evaluation was introduced to ensure the objective description of the potential allies' capacity information so as to guarantee the efficient search and accurate assessment of the potential allies.

Key words: mobile Agent; maintenance alliance; reliability evaluation; ally selection

0 引言

随着先进制造模式的日益普及和设备复杂程度的不断提升,单纯依靠企业内部的维护资源高质量地完成设备维护工作日渐困难,应对上述挑战的举措是构建面向设备维护的企业联盟,借助外部的维护资源来提升企业的设备维护能力^[1-2]。

考虑到设备维护对企业经营的重要性,诸如石化、钢铁等流程制造业是组建维护联盟的重点领域。在维护联盟的构建过程中,最重要的工作是选择盟友,而盟友选择的研究重点是提高盟友搜索效率和规避逆向选择风险。前者是由于潜在盟友的集合太大,应力求在最短的时间内搜索并筛选出满足盟主期望的盟友集;后者因为盟主(设备用户企业)和盟友(设备维护企业)之间是一种委托-代理关系,仅依据盟友对自身业务能力的描述来选择盟友存在着逆向选择的危险,即盟友受利益驱动夸大自身的能力,从而导致合约实施失败。当前提高盟友选择效率的研究工作主要在于开发专用工具^[3-5]和改进搜索算法^[6-8],而逆向选择风险的规避则更关注于盟友的能力描述^[9-10]和可信度评估方法的改进^[11-14]。无论是提升盟友搜索效率还是规避逆向选择风险,其关键都是高效、准确和客观地评价潜在盟友的业务能力。解决上述问题的一个可行途径是采用移动 Agent 构建盟友自动选择系统(Automatic Ally Selection System, AASS),一方面借助移动 Agent 的分布式搜索策略缩短盟友的搜索周期,提高盟友的搜

索效率;另一方面在盟友的业务能力评估中引入可信度指标,促使潜在盟友对自身能力进行客观地评估,降低逆向选择的危险。

1 基于移动 Agent 的盟友选择流程

基于移动 Agent 的盟友选择流程分为以下 3 个阶段(如图 1 所示):1)盟主分解维护任务。盟主通过访问数据库,将复杂的设备维护任务分解为若干个子任务,并向潜在盟友发送合作请求和业务标准;2)潜在盟友反馈信息。潜在盟友在接到合作请求和业务标准后,核查自己的业务能力,决定合作意向,并将这些信息反馈给盟主;3)盟主选择盟友。盟主根据潜在盟友的反馈信息和可信度,评估出它们的综合能力,并据此选择综合能力最强的盟友。

2 基于移动 Agent 的盟友选择方法研究

2.1 复杂设备维护任务的分解方法

对于一些复杂设备的维护问题,很难由一家企业独立解决,即使解决了,它所消耗的资源和时间也不是最优化的。因此可以采用“分而治之”的原则,把一个复杂的设备维护任务分解为若干个相关的子任务^[15],进而通过分布式维护的方法,缩短维护周期,提高维护效率;通过专业化维护的途径,降低维护难度,提高维护质量。本文在文献[15]的基础上给出设备维护任务分解的定义。

定义 1 复杂的设备维护任务 T 表示为序偶 (Y, C') 。其

收稿日期: 2009-12-01; **修回日期:** 2010-01-25。 **基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(70601010); 国家 863 计划项目(2009AA04Z414); 湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室自主课题资助项目(60870002)。

作者简介: 刘坚(1975-),男,湖南长沙人,教授,博士,主要研究方向:工业工程、故障诊断、设备维护; 夏百战(1985-),男,湖南益阳人,硕士研究生,主要研究方向:工业工程; 于德介(1957-),男,湖南长沙人,教授,博士生导师,主要研究方向:设备维护; 李蓉(1977-),女,湖南长沙人,副教授,博士,主要研究方向:工业工程。

中 $dom(Y)$ 表示维护任务 T 的特征空间, C' 为任务分解约束的集合。

定义 2 给定一个复杂的设备维护任务 $T(Y, C')$, 按照某种原则 O , 将其分解为若干个子任务 $T_1(Y_1, C_1'), T_2(Y_2, C_2'), \dots, T_n(Y_n, C_n')$, 而且存在 $dom(Y_1), dom(Y_2), \dots, dom(Y_n) \subset dom(Y), C_1' \cup C_2' \cup \dots \cup C_n' = C'$, 则称 $T_1(Y_1, C_1'), T_2(Y_2, C_2'), \dots, T_n(Y_n, C_n')$ 为 $T(Y, C')$ 的一个分解, 将其记为 $T(Y, C', O)$ 。

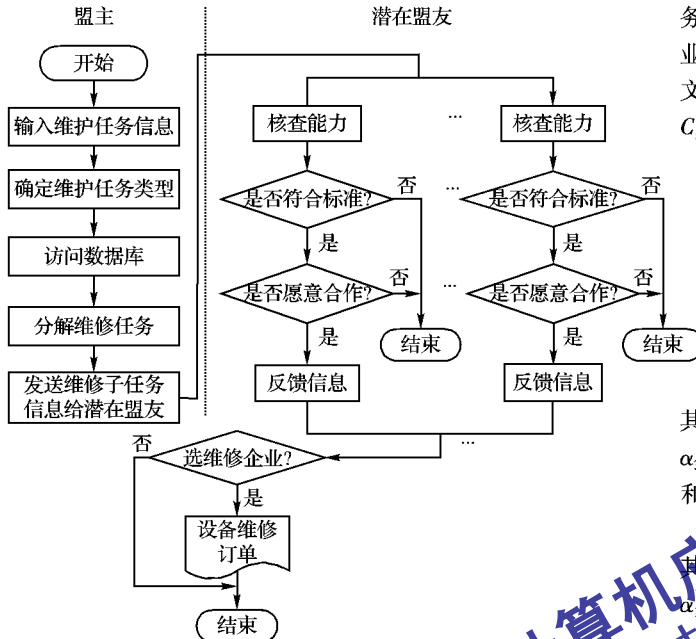


图1 维护联盟盟友选择流程

任何一个 $T(Y, C', O)$ 的结构都可以归约为一棵“与”树(见图2), 记作 $and-tree(T)$ 。树的根节点表示任务 $T(Y, C')$, 树的叶子节点表示可以被单个 Agent 独立完成的任务, 称为单元任务 $T_i(Y_i, C_i')$ 。

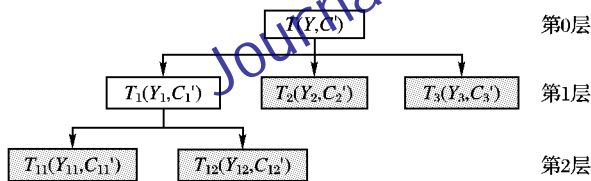


图2 任务 $T(Y, C', O)$ 的“与”树表示

定义 3 如果树上某个节点有子任务, 那么其子任务之间的执行逻辑全为“与”, 并记作 $and-F(T_1, T_2, \dots, T_n)$, 其中 F 是节点标识, T_i 是 F 的子节点。

2.2 潜在盟友的综合能力评估方法

在 AASS 中, 盟友的选择往往依赖于潜在盟友所反馈的能力信息, 所以部分潜在盟友可能没有能力在规定的时间内完成相关子任务, 却被选为合作伙伴。这种情况是由于盟友过高地评估自己的能力, 或相信自己拿到订单后可以在一定的时间内将能力提高到所需的标准所导致的。因此, 潜在盟友的能力评估方法应包括潜在盟友的业务能力和潜在盟友的可信度两个部分。

在假定订单成本等因素相等的情况下, 潜在盟友的综合能力得分为其业务能力和可信度的几何平均数, 其中得分最高的潜在盟友将被选做合作伙伴。例如, 对第 i 项子任务 $T_i(Y_i, C_i')$ 而言, 第 j 家潜在盟友的得分为:

$$S_{ij} = \sqrt{V_{ij}R_{ij}}; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m_i \quad (1)$$

其中: S_{ij} 为潜在盟友的综合得分, V_{ij} 为潜在盟友的业务能力得分, R_{ij} 为潜在盟友的可信度, n 表示维护子任务的总数, m_i 表示子任务 i 的潜在盟友总数。其中业务能力 V_{ij} 由式(2)确定:

$$V_{ij} = \begin{cases} 0, & C_{ij} \leq D_i \\ \frac{C_{ij} - D_i}{D_i}, & C_{ij} > D_i \end{cases} \quad (2)$$

其中: D_i 为规定时间内的完成子任务 $T_i(Y_i, C_i')$ 所要求的业务能力标准, C_{ij} 表示该子任务的第 j 家潜在盟友具有的实际业务能力。在对潜在盟友的实际业务能力进行评估时, 本文在文献[16]的研究基础上主要考虑3类因素: 1) 技术与方法类 C_{ij1} , 主要包括维护技术 C_{ij11} 、维护工作方法 C_{ij12} 和信息处理能力 C_{ij13} ; 2) 组织与人员类 C_{ij2} , 主要包括维护机构与人员 C_{ij21} 、维护的内部关系 C_{ij22} 、维护的外部关系 C_{ij23} 和维护管理与技能培训 C_{ij24} ; 3) 管理与控制类 C_{ij3} , 主要包括维护方案的合理性 C_{ij31} 、维护计划与时间 C_{ij32} 、维护预算与成本控制 C_{ij33} 、维护服务质量管理 C_{ij34} 、维护设施管理 C_{ij35} 和维护备件管理 C_{ij36} 。故 C_{ij} 可以表示为式(3)的形式:

$$C_{ij} = \alpha_1 C_{ij1} + \alpha_2 C_{ij2} + \alpha_3 C_{ij3} \quad (3)$$

其中: α_1, α_2 和 α_3 分别表示 C_{ij1}, C_{ij2} 和 C_{ij3} 的权重, 且 $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$; C_{ij1}, C_{ij2} 和 C_{ij3} 分别表示技术与方法类、组织与人员类和管理与控制类的得分。它们的计算方法如下:

$$C_{ij1} = \alpha_{11} C_{ij11} + \alpha_{12} C_{ij12} + \alpha_{13} C_{ij13} \quad (4)$$

其中: α_{11}, α_{12} 和 α_{13} 分别表示 C_{ij11}, C_{ij12} 和 C_{ij13} 的权重, 且 $\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{13} = 1$ 。对 C_{ij2} 和 C_{ij3} 有类似的计算方法, 在此不再赘述。

令 t 代表当前的时间节点, 则潜在盟友的可信度 R_{ij} 是最近一次完成维护任务的质量水平和先前可信度的凸函数:

$$R(t)_{ij} = \beta_i P(t-1)_{ij} + (1 - \beta_i) R(t-1)_{ij} \quad (5)$$

其中: $0 < \beta_i < 1$ 是权重参数, 反映了最近一次完成维护任务的质量水平和先前可信度之间的权重; β_i 的选择跟维护行为有关, 其取值应该使得 $R(t)_{ij}$ 和实际经济指标的差异最小。例如, 对于新设备的维护过程, 最近一次完成任务的质量水平显得更为重要, 因此 β_i 的取值较大。 $P(t-1)_{ij}$ 表示最近一次维护的质量, 它的取值分为优等 1 分、良好 0.8 分、中等 0.7 分、合格 0.6 分和差 0 分。

3 AASS 结构设计

3.1 AASS 结构框架

本文在文献[4,7]的基础上设计了 AASS 结构, 如图3所示。AASS 主要分为盟主和盟友两个部分, 其中盟主的 Agent 系统具有接受用户的请求, 检索数据库, 处理各种信息以及选择盟友的功能; 盟友的 Agent 系统则主要负责从本地数据库收集信息, 决定合作意向以及反馈信息等。

盟主 Agent 系统的具体描述如下。

1) 交互 Agent。这种类型的 Agent 负责收集来自用户的需求信息, 并将其传送给盟主 Agent 系统; 同时将盟主 Agent 系统所反馈的信息呈现给用户。

2) 服务 Agent。这种 Agent 主要分析用户的请求, 并根据请求按照一定的序列, 启动各种行为。在用户的请求实现后, 服务 Agent 将各种信息反馈给交互 Agent。

3) 管理 Agent。这种 Agent 由服务 Agent 激活。它的主要功能有两项: 一是检索数据库, 创建分解 Agent; 二是根据潜在盟友反馈的信息选择盟友。其中: ①管理 Agent 创建分解

Agent 时,主要检索设备维护知识数据库,获取设备维护任务的分解知识;检索潜在盟友信息数据库,获取潜在盟友的历史业务能力信息。②管理 Agent 选择盟友时,需将潜在盟友反馈的业务能力信息和它们的可信度结合起来,计算出具备相关业务能力且意愿合作的所有潜在盟友的综合能力。

4)任务分解 Agent。这种 Agent 由管理 Agent 根据具体的设备维护任务创建。它一般根据即定的分解原则将复杂的设备维护任务分解为若干个子任务,并创建相应的子任务 Agent。

5)子任务 Agent。这种 Agent 根据子任务创建协调 Agent,并将其派往潜在盟友的 Agent 系统。

6)协调 Agent。协调 Agent 在创建后,被派送去收集潜在盟友的业务能力信息和合作意向。

盟友 Agent 系统的具体介绍如下:

1)协调 Agent。协调 Agent 在被派送到远程客户端(潜在盟友)之前由盟主 Agent 系统控制,而协调 Agent 到达远程客户端后将由潜在盟友的 Agent 系统控制。协调 Agent 在获得潜在盟友 Agent 系统的许可后,激活潜在盟友的信息抓取 Agent。

2)信息抓取 Agent。这种 Agent 通过检索本地数据库系统,获取潜在盟友的业务能力信息和合作意向等。

通过上述分析还可以得知:盟主的数据库与潜在盟友的数据库是隔离的,且由博弈双方自己控制,因此这种机制能很好地保护双方数据的安全。

3.2 Agent 结构模型

AASS 的每种 Agent 都有自己的功能,而每一种功能的实现都对应着相应的结构模型。由于篇幅的限制,下面就以维护子任务 Agent 和协调 Agent 为例,详细介绍这两种 Agent 的结构模型及其功能,见表 1。

设 A_i 是盟主维护子任务 $T_i(Y_i, C_i')$ 的 Agent,名称为 $Name(A_i) = A_i$; 所属维护子任务为 $Task(A_i) = T_i(Y_i, C_i')$; 联系地址为 $Address(A_i) = A_i.Address.Port$; 工作状态为 $Status(A_i) = \langle A_i.Status.Y, A_i.Status.N \rangle$, 其中 $A_i.Status.Y$ 表示 $Agent_i$ 正在工作, $A_i.Status.N$ 表示 $Agent_i$ 正在等待命令; 通讯录为 $Contact_List(A_i) = \langle L_{i1}, L_{i2}, \dots, L_{im} \rangle$, 通讯记录 L_{ij} 存储有潜在盟友 L_{ij} 的基本信息,即 $L_{ij} = \langle Name, Task, Address, Capability_Standard, Due_Data \rangle$, 其中 $Name(L_{ij})$, $Task(L_{ij})$, $Address(L_{ij})$, $Capability_Standard(L_{ij})$ 和 $Due_Data(L_{ij})$ 分别为 A_i 的潜在盟友 L_{ij} 的名称、所属维护子任务、联系地址以及盟主对盟友的业务能力期望标

准和维修交付日期要求。 $Contact_List(A_i).Name$ 表示 A_i 的潜在盟友名称的集合,而 $Contact_List(A_i).Name(L_{ij})$ 表示 A_i 的潜在盟友 L_{ij} 的名称,其他属性也有同样的表示方法。通讯录的容量定义为通讯记录的条数,记为 $Size_of(Contact_List(A_i))$ 。

协调 Agent(L_{ij}) 由子任务 Agent(A_i) 根据通讯录 $Contact_List(A_i)$ 创建,它的属性为 $Coordinator = \langle Name, Task, Address, Status, Capability_Standard, Capability, Due_Data, Intend \rangle$, 其中 $Name(L_{ij})$ 、 $Task(L_{ij})$ 、 $Address(L_{ij})$ 、 $Status(L_{ij})$ 、 $Capability(L_{ij})$ 和 $intend(L_{ij})$, 分别表示潜在盟友的名称、所属维护子任务、联系地址、工作状态、实际业务能力和合作意向;而 $Capability_Standard(L_{ij})$ 和 $Due_Data(L_{ij})$ 表示盟主对盟友的业务能力期望标准和维修交付日期要求。 $Coordinator(A_i).Name$ 表示 A_i 创建的协调 Agent 名称的集合,而 $Coordinator(A_i).Name(L_{ij})$ 表示 A_i 创建的协调 Agent(L_{ij}) 的名称,其他属性也有同样的表示方法。其中实际业务能力

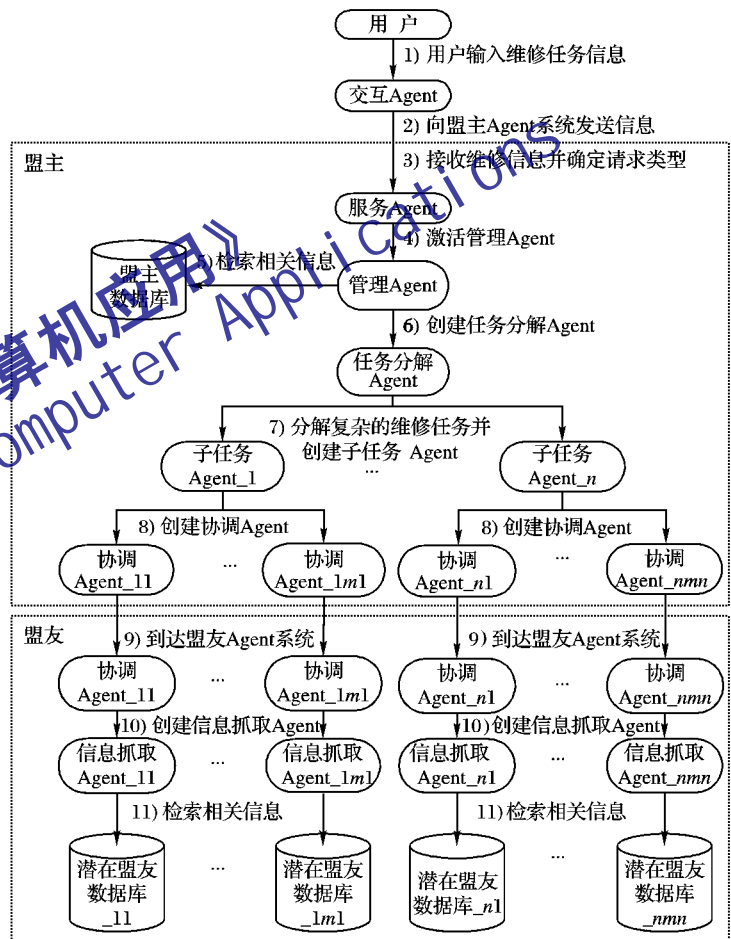


图3 系统的结构

表 1 维护子任务 Agent 和协调 Agent 的结构模型及其功能

名称	目标	属性	规划	行为	交互
维护子任务 Agent	创建协调 Agent	Name, Task, Address, Status, Contact_List	保存潜在盟友的基本信息; 创建协调 Agent; 派送协调 Agent 收集潜在盟友的业务能力信息和合作意向	存储潜在盟友信息、创建协调 Agent、派送协调 Agent	与任务分解 Agent 和协调 Agent 进行交互
协调 Agent	根据维护子任务的要求获取潜在盟友的业务能力信息和合作意愿	Name, Task, Address, Status, Due_Data, Intend, capability_Standard, Capability	保存潜在盟友的基本信息; 创建协调 Agent; 派送协调 Agent 收集潜在盟友的业务能力信息和合作意向	协调请求、信息收集、信息反馈和反馈信息标注	与子任务 Agent、信息抓取 Agent 和其他协调 Agent 进行信息交互

Capability (L_{ij}) 的默认值为 0, 只有在获取潜在盟友的能力信息后才会转变成具体的数值。

4 系统的实施和应用

由于 XML 具有精确、灵活和较强的适应性, 能存储和识别任何种类的信息结构, 具有便携开放的特性, 便于在不同的平台上存储原文信息^[18]。因此采用 XML 在 ASP 平台上开发了合作石化企业的设备维护联盟盟友自动选择系统的雏形。

选定合作企业的 5000H 设备大修作为研究对象具有较强的代表性: 一是按照企业的要求, 该装置两年要进行一次停机大修, 研究结果对企业的维护工作具有普遍的指导意义; 二是 5000H 设备主要由空气压缩机、氧化釜、烧塔、泵、分离釜、管道和仪表等构成, 维护任务的构成涉及多专业, 具有相当的复杂性。

当合作企业需要进行大修时, 设备管理人员将相关信息输入系统, 系统将自动选择最合适的盟友, 构建最优的维护联盟。其中输入的信息主要包括维护设备名称、设备所属部门、维护类型和支付日期, 截图如图 4 所示。维护信息输入后, 系统的各种行为将被逐一激活。

图 4 维护信息输入界面

1) 交互 Agent 将设备名称 (5000H)、设备所属部门 (化肥事业部)、维护类型 (大修) 和支付日期 (2009 年 3 月 23 日) 的维护信息传送给服务 Agent。

2) 服务 Agent 识别维护信息, 并据此激活管理 Agent。

3) 管理 Agent 检索盟主的本地数据库, 获取 5000H 设备的大修知识 (主要包括该设备的维护流程、维护内容、维护要求和潜在盟友的历史业务能力信息等), 并据此创建分解 Agent。

4) 分解 Agent 将 5000H 大修任务分解为空气压缩机、氧化釜、烧塔、泵、分离釜、管道和仪表等多个子任务, 并据此创建相应的子任务 Agent。各个子任务 Agent 记录有潜在盟友的名称和地址, 以及盟主对盟友的业务能力和支付日期要求等。

5) 子任务 Agent 根据各个具体的子任务创建协调 Agent。例如在盟主数据库内空气压缩机维护子任务 Agent_{A1} 的潜在盟友有 L_{11} 、 L_{12} 和 L_{13} 三家, 则空气压缩机子任务 Agent 创建协调 Agent_{L11}、协调 Agent_{L12} 和协调 Agent_{L13}。

6) 协调 Agent 根据地址访问潜在盟友, 并在潜在盟友 Agent 系统许可的前提下激活它的信息抓取 Agent, 获取该盟友的业务能力信息。例如空气压缩机的协调 Agent_{L11}、协调 Agent_{L12} 和协调 Agent_{L13} 到达潜在盟友 L_{11} 、 L_{12} 和 L_{13} 后, 在得

到相应潜在盟友 Agent 系统许可的前提下激活相应的信息抓取 Agent_{L11}、信息抓取 Agent_{L12} 和信息抓取 Agent_{L13}。接着被激活的信息抓取 Agent 检索本地数据库, 获取相应的能力信息, 如表 2。

表 2 空气压缩机的潜在盟友 L_{11} 、 L_{12} 和 L_{13} 的维护能力信息

维护能力类型		L_{11}	L_{12}	L_{13}
技术与方法类	维护技术	8.5	8.0	9.0
	维护工作方法	9.0	8.5	8.5
	信息处理能力	8.0	8.0	8.5
组织与人员类	维护机构与人员	8.0	8.5	8.0
	维护的内部关系	8.5	8.5	8.5
	维护的外部关系	8.0	7.5	8.0
	维护管理与技能培训	9.0	8.0	8.0
管理与控制类	维护方案的合理性	8.0	8.5	7.5
	维护计划与时间	9.0	9.0	9.0
	维护预算与成本控制	7.5	8.0	8.0
	维护服务质量管理	8.5	8.0	8.5
	维护设施管理	8.5	8.0	8.0
	维护备件管理	8.0	8.0	8.0

7) 协调 Agent 将达到业务能力标准且愿意合作的潜在盟友的业务能力信息反馈给管理 Agent。

8) 管理 Agent 访问盟主的数据库, 获取潜在盟友的最近一次设备维护质量和历史可信度信息。例如空气压缩机潜在盟友 L_{11} 、 L_{12} 和 L_{13} 的最近一次维护质量分别为优、良好和优, 历史可信度分别为 8.8、8.7 和 8.4。

9) 管理 Agent 结合协调 Agent 反馈的业务能力信息和盟主数据库记录的可信度信息, 按照 2.2 节所介绍的方法计算出潜在盟友的综合能力, 并以此为据, 选择综合能力最强的盟友。

10) 管理 Agent 将选择的潜在盟友信息反馈给服务 Agent。

11) 服务 Agent 综合处理这些信息, 并将其反馈给交互 Agent。

12) 交互 Agent 将这些信息以表格的形式呈现给系统管理者 (如图 5)。

图 5 系统选择的结果

5 结语

针对维护联盟盟友选择问题, 构建了盟友自动选择系统 AASS。该系统能利用移动 Agent 自动地获取潜在盟友的业务能力信息和曾经的表现, 并以此为依据从海量的潜在盟友中选择综合能力最优的盟友作为合作伙伴。该系统具有以下特

点:

1) 系统采用移动 Agent 分布式访问远程客户端(潜在盟友),减少了系统对潜在盟友的搜索时间,提高了盟友搜索的效率。

2) 系统对潜在盟友的能力进行评估时,加入了可信度指标,促使潜在盟友更加客观地评价自己的业务能力,避免了逆向选择的风险,有利于维护联盟的最优化。

3) 系统采用的 XML 数据结构,实现了不同组织之间的数据交互,有利于移动 Agent 的远程访问。

4) 系统具有很强数据保护功能。移动 Agent 的权限受到盟主和潜在盟友的共同控制,有利于博弈双方保护各自数据库。

系统的上述特性在合作石化企业的设备大修实践中得到了很好的验证。

AASS 的联盟构建思想与方法是在维护联盟的基础上提出的,但它的适用范围不局限于此,还包括了供应链联盟、销售联盟和医疗联盟等相关领域。在供应链联盟中,该方法论能帮助核心企业高效地搜索到附属企业,形成最优的供应链体系,降低采购费用和物流成本,提高物流配送效率,实现准时化生产;在销售联盟领域,该方法论能帮助核心企业寻找到销售业绩优秀的合作伙伴,构建区域甚至全球最优的销售网络,为企业的战略扩展提供技术支持;在医疗联盟领域,该方法论能帮助医院搜索到具备所需专业能力的医院,共同应对疑难病情,提高医院的服务水平。总之,本文中提出的维护联盟构建方法,具有较好的实用性,能适应不同领域的需求。

参考文献:

- [1] VOLKERTS S, LAUBNER O. Best-practice in plant maintenance shutdown requires long-term alliance between operator contractor [J]. *Oil and Gas Journal*, 2002, 100(17): 64-67.
- [2] McFARLANE W, ALLEN M. Effective use of an alliance to deliver pipeline maintenance services [C]// *Proceedings of the 4th International Pipeline Conference*. Calgary, Canada: [s. n.], 2002: 87-92.
- [3] 田力威, 尹朝万. 面向联盟企业的智能化专业搜索体系设计与实现[J]. *计算机科学*, 2002, 29(11): 79-82.
- [4] 许楚鑫, 于德介, 刘坚. 基于本体的设备维护知识表示研究[J]. *计算机应用研究*, 2009, 26(9): 3242-3248.
- [5] CHENG CHI-BIN, WANG CHE. Outsourcer selection and order tracking in a supply chain by mobile Agents [J]. *Computer & Industrial Engineering*, 2008, 55(1): 406-422.
- [6] IP W H, YUNG K L, WANG DING-WEI. A branch and bound algorithm for sub-contractor selection in agile manufacturing environment [J]. *International Journal of Production Economics*, 2004, 87(2): 195-205.
- [7] WU NAI-QI, SU PING. Selection of partners in virtual enterprise paradigm [J]. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 2005, 21(2): 119-131.
- [8] IP W H, HUANG MIN, YUNG K L, et al. Genetic algorithm solution for a risk-based partner selection problem in a virtual enterprise [J]. *Computers and Operations Research*, 2003, 30(2): 213-231.
- [9] 何汉武, 郑德涛, 陈新, 等. 面向虚拟企业构造的合作企业搜索方法研究[J]. *计算机集成制造系统*, 2005, 11(6): 861-868.
- [10] 毛宁, 陈庆新, 于兆勤, 等. 寻求合作伙伴的定性搜索算法[J]. *计算机集成制造系统*, 2001, 7(1): 35-40.
- [11] CHEN TANG-YI, CHEN YUN-MIN, WANG CHIN-BIN. Secure resource sharing on cross-organization collaboration using a novel trust method [J]. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 2007, 23(4): 421-435.
- [12] TANG XIANG-RONG, HUANG HOU-RUAN, ZHANG WEI. Agent long-term coalition credit [J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36(5): 9457-9465.
- [13] PATRICIA V, CHRIS C, MARTINE D C, et al. Gradual trust and distrust in recommender systems [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2009, 160(10): 1367-1382.
- [14] 赵书良, 蒋国瑞, 黄梯云. 一种 Multi-Agent System 的信任模型[J]. *管理科学学报*, 2006, 9(5): 36-43.
- [15] 贾利民, 刘刚, 秦勇. 基于智能 Agent 的动态协作任务求解[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 21-24.
- [16] 戈猛. 维护管理中维护方式选择与维护能力评估研究[D]. 天津: 天津大学, 2006: 100-102.
- [17] ADAM E, VERGISON E, MANDIAU R, et al. Interaction with Agent systems for technological watch [M]. London: Lawrence Erlbaum Associate Publishers, 2001: 489-493.
- [18] LU JUI-LIN, WU BO-CHAN, CHUANG PO-YUN. An empirical study of XML data management in business information systems [J]. *The Journal of Systems and Software*, 2006, 79(7): 984-1000.
- [2] REYNOLDS C. Big fast crowds on PS3 [C]// *Proceedings of the 2006 ACM SIGGRAPH symposium on Videogames*. New York: ACM Press, 2006: 113-121.
- [3] ZHOU B, ZHOU S. Parallel simulation of group behaviors [C]// *Proceedings of the 36th Conference on Winter Simulation*. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2004: 364-370.
- [4] QUINN M J, METOYER R A, HUNTER-ZAWORSKI K. Parallel implementation of the social forces model [C]// *Proceedings of the Second International Conference in Pedestrian and Evacuation Dynamics*. London: CMS Press, 2003: 63-74.
- [5] FUJIMOTO R M. Parallel and distributed simulation systems [M]. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2000: 11-20.
- [6] 赵会平, 潘刚, 徐心和. 并行仿真技术综述[J]. *计算机仿真*, 2003, 20(11): 1-5.
- [7] User's guide [EB/OL]. [2003-04-10]. <http://www.speedes.com/documentation.html>.
- [8] 刘奥, 姚益平. 基于高性能计算环境的并行仿真建模框[J]. *系统仿真学报*, 2006, 18(7): 2049-2051.
- [9] 国防科学技术大学计算机学院. 银河速跑(YH-SUPE)用户手册[M]. 长沙: 国防科学技术大学, 2008.
- [10] 姚益平, 张颖星. 基于并行处理的分析仿真解决方案[J]. *系统仿真学报*, 2008, 20(24): 6617-6621.
- [11] 国防科学技术大学计算机学院. 银河速跑(YH-SUPE)程序员手册[M]. 长沙: 国防科学技术大学, 2008.
- [12] SARMADY S, HARON F, TALIB A Z H. Modeling groups of pedestrians in least effort crowd movements using cellular automata [C]// *Proceedings of the Third Asia International Conference on Modeling and Simulation*. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2009: 520-525.
- [13] 罗批, 司光亚, 胡晓峰. Swarm 平台下构建特定民意模型的探讨[J]. *系统仿真学报*, 2004, 16(1): 5-7.

(上接第1681页)