

文章编号:1007-6735(2012)05-0447-05

基于 multi-agent 的装备综合保障数据交互研究

李 博^{1,2}, 徐宗昌¹, 张光明¹, 朱伟成¹

(1. 装甲兵工程学院 技术保障工程系, 北京 100072; 2. 63889 部队, 孟州 454750)

摘要: 为了更好地解决装备综合保障活动中所需的和所产生的数据之间的交互问题,提出了将 multi-agent(多智能体)技术引入到装备综合保障领域的方法。分析了装备综合保障数据的作用和种类,对数据之间的关系进行了研究。构建了基于 multi-agent 技术的装备综合保障数据交互模型,并对模型中不同 agent 的作用进行了分析。最后,通过实例对数据交互的过程进行了详细说明。

关键词: 装备综合保障; 多智能体; 数据交互
中图分类号: TP 311.13; N 94 **文献标志码:** A

Analysis on the Data Interaction of Equipment Integrated Logistic Support Based on Multi-agent Technology

LI Bo^{1,2}, XU Zong-chang¹, ZHANG Guang-ming¹, ZHU Wei-cheng¹

(1. Department of Technical Support Engineering, Academy of Armored Forces Engineering, Beijing 100072, China;
2. Troop No. 63889 of PLA, Mengzhou 454750, China)

Abstract: In order to solve the problem of interaction between the required and generated data of the equipment integrated logistic support, the multi-agent technology was introduced. The functions and kinds of the supporting data were analysed and the relationships between various data were studied. On this basis, the data interaction model of equipment integrated logistic support was constructed based on the multi-agent technology, and the different functions of agents in the model were analysed. The process of data interaction was illustrated via an example.

Key words: equipment integrated logistic support; multi-agent; data interaction

装备综合保障指的是在装备的全寿命周期内,为了满足任务需求和装备系统战备完好性目标,在可承受的寿命周期费用约束下,运用系统的方法对保障装备所进行的一系列管理与技术活动。在信息化技术不断发展的过程中,信息化的装备综合保障手段不断出现,其典型代表就是多样化的装备综合保障信息系统,为提高保障效率奠定了很好的基础。

但是,由于现有的信息化手段大都局限于装备综合保障的某一个具体方面,并且没有良好的顶层规划作为约束,导致各信息系统之间虽然存在业务集成的需求,但由于各个系统的运行原理、数据格式等方面存在很大差异,从而引发了装备综合保障领域“信息孤岛”现象的出现^[1]。

从短期来看,信息化的保障手段可以为装备综

收稿日期: 2012-04-18
作者简介: 李 博(1981-),男,博士研究生,研究方向:装备综合保障。E-mail:everlibo@sina.com

合保障活动提供良好的支撑,但是,由于不同信息系统处于一种相互隔离的状态,必然会对那些具有内在联系的装备综合保障活动产生不利的影响,例如,装备维修工作就与备件管理、维修人员管理等方面密切相关.如何顺应技术的发展趋势,构建一个能够顺畅、快捷地展开协作的装备综合保障体系,成为综合保障领域的研究热点之一.另外,智能化的保障手段也受到了广泛的关注,而要实现智能化保障的前提就是各个系统之间能够传递并理解彼此的数据,本文将系统之间传递并理解数据的过程称为数据交互.

1 agent 与 multi-agent 概述

agent 的概念来自于人工智能领域,目前已经被众多学科领域所借鉴,agent 理论得到了飞速的发展^[2].由于多学科和多应用领域相互融合的现状,不同领域的研究人员都在自己的研究工作中赋予了 agent 不同的结构、内容和能力.一般认为,agent 是一个计算实体、一种计算机程序或一种计算机系统,为了达到一个或多个目标,能够根据外部环境的变化自行决策并采取行动.agent 的标准化组织 FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) 对 agent 的定义如下:agent 是某一领域内具有完成一项或多项任务的能力,它可以与外部软件或通信设施进行交互,并为其实现其目标而表现出一致、完整的行为.

由于社会生产的各个领域之间存在着复杂的联系,各个领域与外界环境存在频繁、大量的信息交互和共享需求.由于专业知识的限制,需要多个 agent 之间的协作,才能解决系统范围内面临的困难, multi-agent 建模理论随之产生,目前已经成为解决开放式分布系统问题的重要途径.

multi-agent 建模理论以 agent 为基础,目的是提高系统之间的互操作水平,解决具有分布特性的问题,提高系统的效率和稳定性.利用 multi-agent 建模理论构建的系统被称为 multi-agent system (MAS),MAS 是由多个 agent 形成的松散耦合系统,其目标是将大而复杂的系统建造成小的、彼此相互通信及协调的、易于管理的系统,以弥补个体 agent 的不足,使整个系统能力超过任何个体 agent 的能力.这些 agent 在物理上或逻辑上是分散的,行为是自治的,在实现系统整体功能或目的的同时,每个 agent 也在交互过程中实现了自己的功能或目的.

这恰好符合目前对装备综合保障的需求,由多个相互独立的综合保障信息系统分别履行各自的职能^[3],通过交互功能实现它们之间的信息共享和功能共享,共同完成装备的综合保障活动,提高装备的可用度,而这一切都必须借助良好的数据交互作为基础.

2 装备综合保障数据

由于综合保障活动贯穿装备的全寿命周期,因此,对应于不同的寿命阶段,存在着不同类型的装备保障数据,它们之间既有区别,又有联系,只有对这些数据进行科学、合理地组织与使用,才能真正发挥数据的作用,为综合保障信息系统集成提供数据基础.

2.1 保障性分析记录与使用保障数据

以装备交付给用户的时刻作为基准,将装备寿命周期简单划分为交付前和交付后 2 个阶段.交付之前,装备综合保障活动主要包括各类保障性分析 (Logistics Support Analysis, 简称 LSA) 活动,其目的是提高装备可保障和易保障的程度,对保障资源进行规划,该阶段产生的保障数据主要是保障性分析记录 (Logistics Support Analysis Record, 简称 LSAR); 交付之后,装备综合保障活动主要包括各类使用保障活动,这也是开展装备综合保障研究与实践的重点,该阶段产生的数据与使用保障活动相关,因此,可以将其称为使用保障数据.

图 1 表示了保障性分析与使用保障之间的关系.可以发现,保障性分析活动是为后续的使用保障

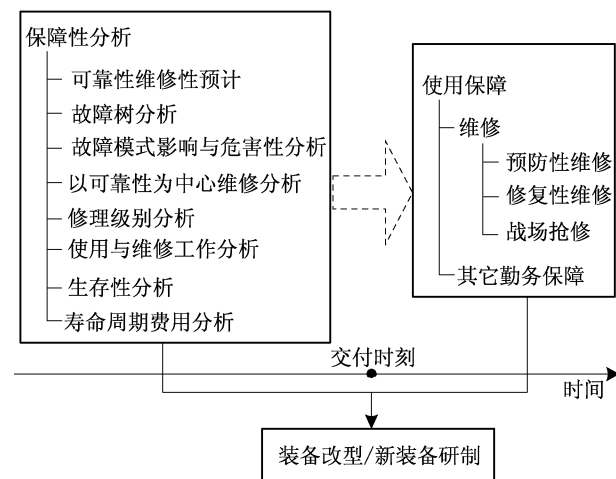


图 1 保障性分析与使用保障之间的关系

Fig.1 Relationship between logistics support analysis and operational support

活动服务的,通过在装备的设计研制阶段开展保障性分析活动,能够将保障性指标与装备及其保障资源的设计过程结合起来,确保在交付装备时已经具备相对完善、合理的保障资源,为装备交付之后的使用保障活动提供物资支持.同时,在保障性分析活动中产生的数据,也可以为使用保障活动提供参考依据.

包括保障性分析记录和使用保障数据在内的装备保障数据,都可以作为历史数据,用于装备的改型或新装备研制时的参考依据.

2.2 事务型数据和分析型数据

装备保障数据作为装备综合保障活动的基础,是各类综合保障信息系统的核心.在发展初期,开发装备综合保障信息系统的目的是满足保障人员处理日常业务的需要,即事务处理是各类系统的首要任务,这些系统所需要的和所产生的数据就属于事务型数据.随着技术的进步、应用水平的提高和任务需求的变化,由于装备保障数据不断积累,研究人员需要对多种数据进行分析,从中发现数据背后隐藏着的有价值信息并用于装备体系的建设.为了减轻工作量,提高分析工作效率,产生了许多以数据分析为主要任务的装备综合保障信息系统,这些系统所需要的和所产生的数据就属于分析型数据.两种类型的数据具有不同的特点:

a. 事务型保障数据的存取、更新操作频繁,具有较强的实时性,对历史数据的需求不明显,其目的是实现保障业务处理的自动化.例如,与器材管理系统相关的数据,就具有事务型保障数据的明显特征,它主要用于处理装备器材的计划、分配、订货、库存、汇总、上报等业务,借助该系统,可以显著地减少人员的工作量,提高管理效率,减少因人为原因而造成的失误.它每一项功能的实现,主要是以频繁的数据活动为基础.

b. 分析型保障数据一般对数据更新操作没有很高的要求,实时性不强,一次数据分析操作往往要有历史保障数据作为原料,目的是发现数据的变化轨迹,为后续活动的开展提供决策依据和便利条件.例如,与故障诊断系统相关的数据,就具有分析型保障数据的明显特征,在已有故障数据的基础上,将当前的故障现象及故障数据与历史数据进行对比分析,并对故障装备所处的环境条件进行分析,寻找最可能的故障原因,以辅助维修工作的完成.

由于装备综合保障活动具有综合性特点,承担某一职能的综合保障信息系统不仅要实现对实现其职能

目标的各项业务进行管理,还要为可能存在的决策活动提供辅助,这就要求与系统相关的数据同时具备事务型和分析型两类数据的特征,并通过合理的手段加以综合,以此提高装备综合保障活动的效率和效益.根据以上对装备综合保障数据类型的研究,可以按照时间划分为保障性分析数据和使用保障数据,也可以按照用途划分为事务型数据和分析型数据,其中,保障性分析数据属于分析型数据,而使用保障数据既包括分析型数据,也包括事务型数据,这四类数据之间存在着复杂的关系,并且朝着集成应用的方向发展.

3 基于 multi-agent 的装备综合保障数据交互建模

在装备综合保障体系中,包含了大量承担各种业务职能的信息系统,这些系统分别对应于不同的装备保障活动.为了提高保障效率,各信息系统之间必然会存在频繁的数据交互.必须指出的是,数据交互不仅仅是将数据传递给对方,而是要保证交互的双方都能够清楚地识别、甚至理解对方所提供的数据,因此,必须有一定的规则作为限制条件,并借助数据的提取、映射等手段,在不同信息系统之间建立起数据交互机制.另外,由于各类综合保障活动之间存在着复杂的关系,必须对各业务系统之间的行为进行管理和协调,对于数据交互的结果,各业务系统还可能需要与其它系统进行协商.这恰好符合 MAS 的特征,因此,可以考虑将 multi-agent 技术引入到装备综合保障领域.对 multi-agent 系统和综合保障活动进行综合分析,并考虑到集成化的装备综合保障体系中不同信息系统所承担的不同任务,以及数据交互的实际需求,可以将系统中的组成部分划分为如下角色:

a. 管理 agent. 管理 agent 在体系中负责管理和协调其它 agent 角色.通过界面 agent 与用户建立关系,管理 agent 将用户操作活动重新定位给某个或数个业务 agent,将用户的输入转化为整个体系开始运行的启动信号,并在整个过程中对其它 agent 的活动进行管理.

b. 通信 agent. 通信 agent 主要用于实现不同 agent 之间、用户与 agent 之间的通信连接和数据传输功能.一方面,通信 agent 必须保证所传输的数据是正确的;另一方面,它要结合实际情况,选择合适的传输策略,以提高数据传输效率^[4].

c. 界面 agent. 界面 agent 用于为用户提供支持

人-机交互的界面.它能够根据用户不同的需求以及计算机操作的熟练程度,为用户提供有针对性的显示界面.

d. 数据交互 agent. 数据交互 agent 用于执行数据交互任务.它又包含规则 agent、数据提取 agent 和数据映射 agent.其中,规则 agent 用于为数据提取 agent 和数据映射 agent 提供运行规则,数据提取 agent 和数据映射 agent 则负责实现从不同业务系统 agent 的数据库中提取数据,并借助映射规则将其转化为其它 agent 能够识别的数据^[5]

e. 协商 agent. 协商 agent 用于对数据交互 agent 产生的数据交互结果进行协商,以确保在不同的环境中能够为不同的活动主题提供准确的数据.

f. 业务系统 agent. 业务系统 agent 用于执行相应的装备综合保障活动,不同的业务系统具有各自

的数据库,这些数据库构成了装备综合保障体系的数据来源.

根据对装备综合保障体系以及其中所包含的 agent 角色的分析,构建如图 2 所示的基于 multi-agent 的装备综合保障数据交互模型.在该模型中,用户通过界面 agent 设定相关的条件和参数,启动数据交互过程.管理 agent 根据用户设定的内容,向承担不同业务职能的业务系统 agent 发出数据需求,各业务系统 agent 在与自己对应的数据库中查找可能的结果,并将该结果提交给数据交互 agent.根据规则 agent 所提供的各项规则,数据提取 agent 进一步对数据内容进行筛选,再借助数据映射 agent 中给出的数据映射机制来消除不同系统数据的异构特征,形成数据交互结果.最后,由协商 agent 对数据交互结果的合理性进行协商,确定反馈给用户的最终数据结果.

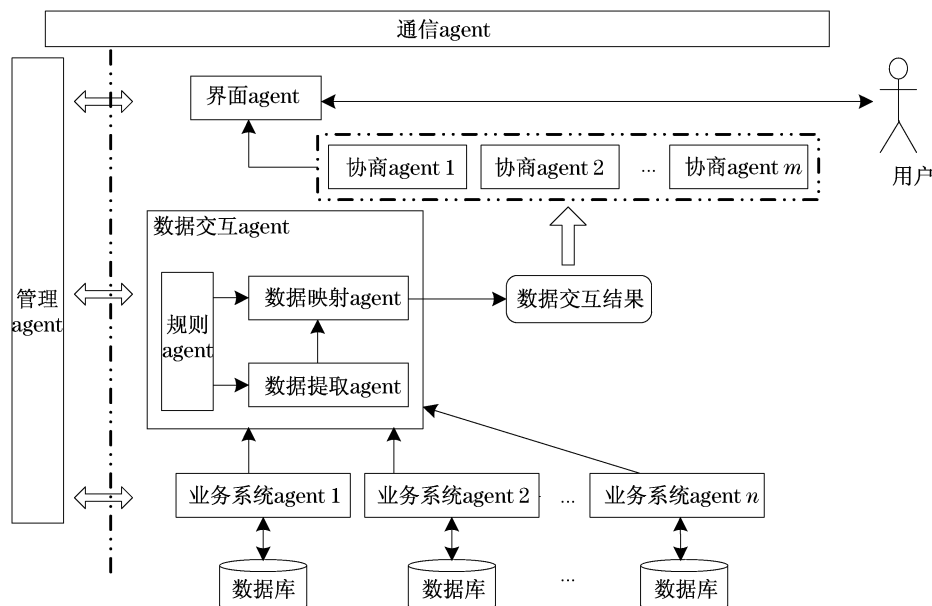


图2 基于 multi-agent 的装备综合保障数据交互模型

Fig.2 Data interaction model of equipment integrated logistic support based on multi-agent

4 案例分析

开发装备综合保障信息系统的目的是为综合保障活动提供良好的数据支持和信息化的辅助手段,在业务集成需求日益迫切的环境中,实现不同业务系统间的数据交互,进而实现它们之间的功能交互.为了进一步说明基于 multi-agent 的装备综合保障数据交互模型的运行原理,现通过案例说明各业务 agent 之间进行交互的过程.

图 3 所给出的案例描述的是当装备发生故障时,形成装备综合保障系统的各个 agent 之间存在的数据流和业务流.简要的流程描述如下:

- 装备 agent 出现故障,向维修 agent 提出维修需求;
- 根据装备 agent 的维修需求,维修 agent 根据自身知识和相关资料进行故障诊断;
- 维修 agent 不能完成故障诊断工作,需要故障诊断 agent 的帮助,因此,维修 agent 向故障诊断 agent 发出请求;

d. 故障诊断 agent 根据维修 agent 发送的故障现象进行故障诊断活动,成功隔离故障,并将结果返回给维修 agent;

e. 维修 agent 根据诊断结果判断,需要更换备件,向备件 agent 发出备件需求;

f. 备件 agent 收到维修 agent 发出的备件需求之后,向运输 agent 发出备件运输需求;

g. 运输 agent 向维修 agent 运送备件;

h. 备件到达之后,维修 agent 更换受损件.

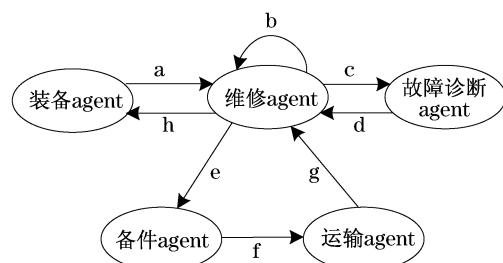


图3 基于 multi-agent 的交互实例

Fig.3 Example of interaction based on multi-agent

在研究信息系统间数据交互的同时,必须清楚地认识到数据异构带来的困难,如何让其它系统理解并使用某个系统所提供的数据,是数据交互的关键所在.目前比较流行的 agent 通信语言是 KQML,基本能够满足 agent 通信的要求,但不适于在具体的工程实践中使用.目前,XML 已经成为网络环境中交换数据的关键技术之一,能够方便地在异构系统之间传递信息,是常用的数据集成技术,可以考虑将其作为在业务系统 agent 之间传输数据的工具^[6].因此,考虑将 XML 语言与 agent 通信语言 KQML 结合起来,对基于 multi-agent 的装备综合保障数据交互模型作进一步说明.具体做法如下:

当用户需要进行某项综合保障活动时,将会通过输入条件和参数来启动模型,随后,各 agent 以用户输入为基础,形成各自的 KQML 消息,根据相关的规则,将 KQML 消息转换成已经严格规定了格式和元素的 XML 消息,并进入下一个步骤,直至将数据交互的结果展示给用户.现给出一个关于维修 agent 向诊断 agent 发送消息的实例.

KQML 消息为:

(ask-one

:sender 维修 agent

:receiver 诊断 agent

:reply-with Result

:language XML

:content function(param 1,param 2)

...

)

转化后的 XML 消息为:

```
<performative>ask-one</performative>
<sender>维修 agent</sender>
<receiver>诊断 agent</receiver>
<reply-with>Result</reply-with>
<language>XML</language>
<content>
  <name>function</name>
  <parameter_1>param_1</parameter_1>
  <parameter_2>param_2</parameter_2>
</content>
```

在信息化综合保障不断发展的今天,能否高效地利用各类保障资源,直接影响综合保障活动的效率和效益.数据是信息化条件下开展各项活动的基础,如何消除不同信息系统之间存在的数据异构现象,是提高系统间功能集成的前提.由于 agent 技术和 multi-agent 技术在智能化协作和交互方面的优势,将其应用到装备综合保障数据交互领域,对于提高综合保障效率、节约保障成本、降低数据重复开发程度等方面都具有重要的理论意义和现实意义.

参考文献:

- [1] 徐宗昌. 保障性工程[M]. 北京:兵器工业出版社, 2002:3-5.
- [2] 吕琳. 基于 multi-agent 的协同制造资源共享的相关理论与技术研究[D]. 武汉:武汉理工大学, 2007.
- [3] 严隽琪. 制造系统信息集成技术[M]. 上海:上海交通大学出版社, 2001:13-15.
- [4] 熊金泉. 基于 XML 的多 agent 通信体系结构[J]. 南昌大学学报(理科版), 2008, 32(3): 295-299.
- [5] 乔立宏, 陈帅. 支持系统信息共享的制造信息映射与集成方法[J]. 航空学报, 2010, 31(7): 1494-1499.
- [6] 叶斌. 一个基于 XML 和 CORBA 的 agent 通信框架[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(12): 32-34.