

面向服务的分布式 Agent CGF 协作集成系统设计^{*}

宦 婧 周伟祝

(海军航空工程学院 烟台 264001)

摘 要 针对分布式协作 CGF 系统面临无法保证异质 CGF 协作一致性和连贯性的问题,融合了面向服务的设计架构以及 Web 服务技术扩展自治协作 Agent CGF 模型,提出了面向服务的协作 Agent CGF 系统结构,对原有 CGF 模型的知识模块和通信模块分别进行了基于服务的扩展,使其在具备自治性特性的同时继承了面向服务设计思想异质性、松耦合性以及互操作性等特性。最后在分布式航空协作反潜作战仿真实例中验证了系统的可行性。为 CGF 实体间的集成提供了更广阔的视角,满足了 CGF 集成协作系统异质性需求。

关键词 面向服务; 分布式协作集成系统; 计算机生成兵力; 异构性

中图分类号 TP393

Design of Service-oriented Distributed Cooperative Integrated Agent CGF System

HUAN Jing ZHOU Weizhu

(Naval Aeronautical and Astronautical University, Yantai 264001)

Abstract Aiming at the question of distributed cooperation CGF system can't ensure cooperation consistency and coherence, this thesis design the frame that mixed the service oriented architecture as well as Web's Services's technology together to expands autonomy cooperation Agent's CGF's model. And putting forward the service-oriented cooperation Agent CGF system structure, which knowledge module and the communication module to original CGF's model has been in progress respectively expansion based on service, inherits characteristics such as autonomy, coordination and rationality from Agent, yet implements characteristics such as encapsulation, heterogeneity, loose coupling and interoperability from the service oriented architecture. Finally verify the feasibility of system in the living example in distributing cooperation antisubmarine simulation, which provided the vast angle of view for integrated cooperation system of the CGF and satisfied heterogeneity requirement for the CGF cooperation integrated system.

Key Words service-oriented, distributed cooperative integrated system, computer generate force, heterogeneity

Class Number TP393

1 引言

分布式 CGF(Computer Generate Force 计算机生成兵力)集成协作系统^[1]是为资源有限、能独立实现功能并能实现某种程度的资源共享的分布式 CGF 实体设计的,这些实体共同协作完成总体任务。分布式 CGF 集成协作系统需要考虑系统的自主性、分布性以及异质性。基于 Agent 构建的 CGF(简称为 Agent CGF)赋予了分布式系统自主性,但是系统中的实体必须被封装为 Agent 的形式并运行在 Agent 平台上。而且 CGF 不但需要与本系统中的 CGF 协作,而且可能需要与异质系统中的 CGF 协作^[2]。如果无法保证这些异质 CGF 协作的连贯性、一致性和协作的效率,Agent CGF 之间的协作不能畅通进行,则会降低系统性能。因此,这样的条件限制了分布式 CGF 系统的多样性特性,难以满足分布性和异质性的需求^[3]。

面向服务的架构(SOA, Service Oriented Architecture)是一种连接业务和资源以完成服务请求者目标的设计模式,其中的 Web 服务技术为分布式应用集成提供

了强有力的手段,它提供了一个中立的平台集成不同的应用,可以组织和利用分布式系统中的资源并通过定义好的交互式通信机制简化实体间的通信,这样实体不再需要知道其他实体的内部通信机制^[4]。因此,服务可以运行在网络异质分布式平台上,满足系统的分布性和异质性^[5]。

因此,本文提出在面向 Agent CGF 协作系统的基础上加入面向服务的思想,形成面向服务的 Agent CGF 集成协作系统,使其能兼容面向 Agent 的自主性和面向服务的分布性和异质性的优势。本文讨论 SOA 和面向 Agent 的 CGF 在概念层次的结合并给出了其在直升机协同反潜实例中的具体应用。

2 系统设计总体思路

Agent CGF 模型不能与异质的协作实体通信,不适应异质环境。SOA 在开放式系统中具备组织和使用分布式资源的能力并通过定义好的高性能的交互式通信机制简化通信过程使得服务能够在分布式异构平台间被发现。Web Services 技术是 SOA 的一项应用,是为网络间的交互而设

^{*} 收稿日期:2012 年 7 月 18 日,修回日期:2012 年 8 月 20 日

作者简介:宦婧,女,博士研究生,研究方向:作战仿真。周伟祝,男,博士研究生,研究方向:装备信息化。

计的,主要特性在于:1)基于XML的交互式通信语言;2)以通用的网络通信为支撑。SOA由于其松耦合性,模块化以及交互性特点使其具有高封装性和高度抽象性,适合于开放式计算环境^[6]。

为了使分布式 Agent CGF 协作系统兼顾分布性和异构性特性,总体设计思路为基于 BDI Agent 的 CGF 协作系统加入面向服务的能力。提出了面向服务的 Agent CGF 模型(SOACM, Service Oriented Agent CGF Model),图1描述了不同设计模式的特性以及 SOACM 所处的位置,SOACM 环境中的基础元素是服务,Agent CGF 是服务的拥有者,提供服务能力,Agent CGF 以获取和执行服务为其功能。

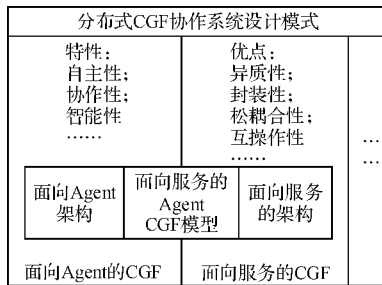


图1 分布式 CGF 协作系统设计模式

面向 Agent 的设计利用其自治性特性实现 CGF 复杂的交互和协作行为,面向服务的设计是从封装的角度考虑,将 SOACM 看作接口,从 Agent 中继承诸如自主性、协作性以及理性等特性,同时具备从 SOA 中继承的封装性、异质性、松耦合性以及互操作性等特性。这里的技术难点是如何使 Agent CGF 之间使用服务的方式交流和通信,也就是说如何使 Agent 具备面向服务通信的能力和知识。

3 面向服务的 Agent CGF 模型

Agent CGF 模型主要由以下四个部分组成:知识、决策、交互和通信模块。知识模块主要存储关于目标的精神状态,历史信息、协作知识、其他 Agent CGF 模型以及通信知识;决策模块主要制定目标的行动方案;交互模块是连接问题和相关部件的中介,如:资源规划,冲突消解和任务分配等;通信模块是为完成任务提供给 CGF 与外界交互的能力。

为了使 Agent CGF 适应面向服务的环境,Agent CGF 之间需要特殊的连接以反映与完成目标的推理相关的 Agent CGF 精神状态。在面向服务的设计中,Agent CGF 扮演着服务提供者的角色,能够协调、合作或者有可能与其他 Agent CGF 竞争,这样的角色要求 Agent CGF 具备相应的知识和服务通信能力,因此需要相应的扩展知识和通信模块。

3.1 知识模块的扩展

知识模块描述 Agent CGF 精神状态,包括本领域的知识、合作知识、环境知识以及通信知识,如图2所示,需要扩展环境知识和通信知识,扩展的面向服务的环境知识包含服务模块的知识和服务平台模块知识;服务模块知识是执行一个服务需要的能力、位置参数。服务平台模块知识是服务的执行流程和细节信息。通信知识

需要扩展服务通信知识,包括服务通信语言和通信协议。



图2 面向服务的 Agent CGF 知识模块

扩展后的环境知识模块是指 Agent CGF 感知的外部环境信息,包括面向 Agent 的环境和面向服务的环境。

面向 Agent 的环境模型表示为: $MAE^{Ag_i} = \{MA^{Ag_i}, MAP^{Ag_i} | 1 \leq i \leq m\}$, 这里 MA^{Ag_i} 表示面向 Agent 的环境中 Agent 模型, $MA^{Ag_i} = \{M_{Ag_i}^{Ag_l} | 1 \leq i \leq m, 1 \leq l \leq m, i \neq l\}$, 这里的 $M_{Ag_i}^{Ag_l} \text{ def } \langle X_1^{Ag_i}, X_2^{Ag_i}, \dots, X_x^{Ag_i} \rangle$, X_i 表示 $AgentAg_i$ 可能知道的 $AgentAg_l$ 的参数,包括管理信息的能力和 Agent 完成任务的状态,这些参数通常是动态变化的,并一直包含于 Agent 的记忆中。

MAP^{Ag_i} 表示 Ag_i 运行的 Agent 平台, m 表示环境中 Agent 数量。

Agent CGF 通常运行于一个 Agent 平台之上,用 MAP^{Ag_i} 表示,其中包含 Agent 注册需要的执行流程和 Agent 与平台交互所需要的接口信息。

面向服务的环境模型表示为 $MSE^{Ag_i} = \{MS^{Ag_i}, MSP^{Ag_i} | 1 \leq i \leq m\}$, 这里 MS^{Ag_i} 表示面向服务环境中其他的服务模型, MSP^{Ag_i} 表示 $AgentAg_i$ 的服务平台, m 为 Agent 数量。

其他服务模型表示为: $MS^{Ag_i} = \{M_{Sv_l}^{Ag_i} | 1 \leq i \leq m, 1 \leq l \leq m, i \neq l\}$, 这里 $M_{Sv_l}^{Ag_i} \text{ def } \langle Y_1^{Ag_i}, Y_2^{Ag_i}, \dots, Y_x^{Ag_i} \rangle$, Y_s 表示 $AgentAg_i$ 可能知道的 Sv_l 的参数,包括执行服务需要的能力、服务的定位和所需的参数, m 表示 Agent 数量。

一个 Agent 可能包含在多个服务平台中,服务平台表示为: $MSP^{Ag_i} = \{MSP_{Sp_j}^{Ag_i} | 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq r\}$; 这里的 $MSP_{Sp_j}^{Ag_i}$ 表示 Ag_i 所在的服务平台, m 为 Agent 的数量, r 表示 Agent 平台的数量。

扩展后的 Agent 通信模块包含:

1) 面向 Agent 的通信模块,表示为 $CA = \{\langle AL_i, O_i \rangle | 1 \leq i \leq p\}$; p 表示 Agent 环境中通信语言的种类, AL_i 表示 Agent 环境中的一种通信语言; O_i 表示与 AL_i 匹配的本体。

2) 面向服务的通信模块,表示为 $CS = \{\langle SL_i, O_i \rangle, \langle P_j \rangle | 1 \leq i \leq p, 1 \leq j \leq r\}$, q 表示环境中语言的数量, r 为通信协议的数量, SL_i 表示面向服务的语言, O_i 表示与 SL_i 对应的本体。

3.2 通信模块的扩展

3.2.1 通信模块层次结构扩展

Agent CGF 通信模块可以分为四个层次:目标层,对话层,消息层和物理层。

1) 目标层提供 Agent CGF 内部/外部目标和对话层之间的映射。

2) 对话层使用封装好的通信语言保证发送/接收意图信息无误。

3) 消息层为对话层和物理层提供映射,包含输出信息的 ACL 封装和输入信息的解析。

4) 物理层提供底层通信的统一接口。

假设 Agent 和服务运行在同一类型网络中,面向服务的通信需要扩展对话层和消息层,其他两层不受影响,如图 3 所示。



图 3 面向服务的 Agent CGF 通信模块层次结构

(1) 对话层面向服务的扩展: 基于定义好的对话不适用于 Agent 与服务之间的通信, 因为定制并不保证何时 Agent 与其他类型的 Agent 通信。基于语义的对话策略允许 Agent 使用动态的定制消息并且是在对接受信息解释的基础上, 因此通信对话机制仅仅依赖 Agent 的交互能力也不是对方的承诺, 只有 Agent 具备了消息对话转换机制才能保证正确有效的通信。

(2) 消息层的扩展: 当 Agent 需要发送一个消息, 发送信息的类型是依据可能的接收者的类型, 一个发送给服务的消息是根据面向服务的通信语言, 如 SOAP, WSDL 和 Web 服务的 UDDI 传递到消息封装单元, 然后传递到物理层。当一个 Agent 从物理层接收的消息, 首先发送者需要使用扩展的服务通信语言解析工具进行解析判断传送者是一个 Agent 实体还是一个服务。

3.2.2 基于 Web 服务的 Agent CGF 通信

通信语言和协议是实施通信中要点, 为 Agent CGF 加入服务机制, 需要 Agent CGF 遵循服务通信语言和通信协议, 这里将服务平台看成一种新的环境, 面向服务的 Agent CGF 通信模块有两部分需要被扩展, 以下给出基于 Web Services 的 Agent CGF 通信:

1) Agent CGF 与服务间的通信

运行在 Web 服务平台上的 Agent 需要使用面向服务的通信语言与服务进行通信, 可以使用 SOAP 实现服务, WSDL 描述 Agent CGF 解决问题的能力, UDDI 描述 Agent CGF 自身的位置。为了让 Agent 和服务之间彼此正确理解对方, 需要借助相关本体, 如 OWL 用于封装和描述本领域的知识概念和规则。这些通信都是基于相同的网络通信协议: 如 HTTP, TCP/IP。

2) Agent CGF 与服务平台的通信

Agent CGF 与面向服务的平台之间的通信包括服务注册和查找服务, Agent 通信语言需要进行基于服务的通信语言封装满足平台的要求, 任何类型的服务提供者/需求者与面向服务的平台之间的通信语义都采用通信本体来反映, 表现在通信语言中。面向服务的平台通常用 API 与实体连接, 这可以看成是 Agent 和面向服务的平台间的通信协议。

4 实例应用

4.1 直升机协同反潜 CGF 系统总体设计

为了验证构建的面向服务的 Agent CGF 集成协作系统的可行性, 将其应用于直升机反潜仿真实例中, 多个反潜直升机和潜艇运行于不同的 Agent 平台且通过网络连接在一起。接收任务的上级主体通过任务分配组成协作团队, 只要是注册了协作角色的其他 Agent CGF 都有机会进入协作。当某个区域直升机需要其他区域的直升机来协作完成任务时, 会打破原有系统的边界, 这里通过构建面向服务的 Agent CGF 集成协作系统实现系统异质性需求, Agent CGF 模型是基于 BDI 精神状态模型建立的, 由 Belief, Desire 和 Intention 分别表示 CGF 实体的知识、意愿和意图, 基于服务的 Agent CGF 集成协作系统模型结构如图 4 所示。

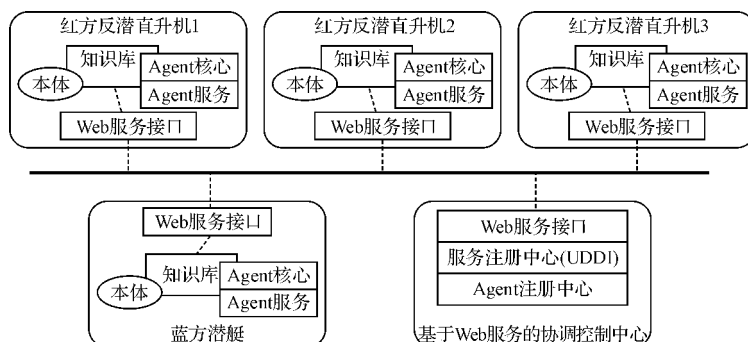


图 4 基于服务的 Agent CGF 集成协作系统模型

图中的基于 Web 服务的协调控制中心^[7]是 CGF 协作系统的控制单元, 负责对系统中的 Agent 及其服务进行管理控制, 同时对 CGF 的协作提供支持。另外, 模型中的 Agent 将 Web 服务嵌入到原有的 Agent 结构中, 使 Agent 在完成自己目标的同时, 可以 Web 服务的形式对外提供服务, 从而完成主体之间的协作。

Agent 注册中心负责 Agent CGF 的注册受理业务和 Agent CGF 状态检测业务^[8], 具体包括: 受理 Agent CGF 要求加入该协作系统的请求; 受理主体要求退出该协作系统的请求; 对已经注册的主体状态定期维护, 将出现故障的 Agent CGF 予以注销。Agent 注册中心需要维护一个主体注册表。

服务注册中心(UDDI)需要维护一个服务注册表,它主要负责对已经注册的 Agent CGF 所提供的服务进行注册^[10]。当主体注册表发生变化时,它需要更新服务注册表。服务注册表由三元组〈AgentName, ServiceName, ServiceURL〉组成,其中,ServiceName 和 AgentName 分别表示了服务名以及提供该服务的 Agent 名,ServiceURL 表示了该 Web 服务的地址,通过该地址可以调用该服务。

4.2 系统执行流程

本文利用 Mak 仿真平台构建了一个简单的直升机协同反潜仿真实例,实例想定描述如下:一支由三艘潜艇构成的蓝方兵力在某海域进行侦察活动,红方侦察到了蓝方的行动,并派遣 5 架反潜直升机对指定海域进行组合式反潜搜索,红方直升机接到任务后迅速出动,搜索到蓝方潜艇后进行锁定并实施攻击。

接收搜潜任务的直升机 CGF 执行流程如下:首先调用状态查询服务,对返回的状态良好的 CGF 集合继续调用任务分配服务,返回任务分配结果,并将结果返回给相应的 CGF,若 CGF 接纳该任务,那么调用执行任务服务,完成子任务;若对结果不满意,不接收任务,则退出此次的任务分配。服务调用函数 transfer 的工作流程是:Agent 首先调用协调控制中心的“服务查询”服务来获得当前可用的相关服务地址;这里服务被描述为 WSDL 的格式,从 UDDI 中查找相关服务地址,在获得地址后,Agent 调用该服务来完成相应功能。如:状态表示功能被封装为服务运行在反潜直升机 Agent 平台的 Agent 所有,当其他 CGF 实体需要获得状态表示服务时,通过 SOAP 协议与状态表示服务通信。在每一个 Agent 平台内部是通过 Agent 通信语言进行通信的,如图 5 所示。

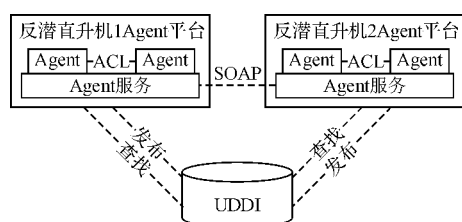


图 5 基于服务的反潜直升机 CGF 通信模型

由此可知,CGF 在制定规划时虽然没有指定协作对象,但在计划执行中,CGF 可以通过指定的服务从协调控制中心查询获得具体的协作对象与服务地址,完成协作请求。所以通过指定服务的方法,可以用静态制定的计划来完成动态的协作,使主体规划的难度降低,同时可以满足作战仿真中多 CGF 协作的动态性和异质性需求。

5 结语

本文给出了面向服务的 Agent CGF 系统用于解决分布式协作系统在异构性方面的问题,从 SOACM 的概念层次入手将服务的思想引入到分布式集成协作系统中,SOACM 的优势包括:面向 Agent 的设计使模型具有自主性;面向服务的架构赋予模型异质性,封装性,松耦合性和交互性。最后将面向服务的系统设计思想应用于航空反潜作战仿真中,验证了系统的可行性。本文的研究为 CGF 实体间的集成提供了更高更广阔的视角,满足了 CGF 集成协作系统异质性需求。

参考文献

- [1] H. Ghenniwa, M. Kamel. Interaction Devices for Coordinating Cooperative Distributed Systems[J]. Automation and Soft Computing, 2000, 6(2): 173-184.
- [2] D. Greenwood, M. Calisti. An Automatic, Bi-Directional Service Integration Gateway[C]//IEEE Systems, Cybernetics and Man Conference, The Hague, Netherlands, 2004, 10: 10-13.
- [3] N. Jennings, M. Wooldridge. Agent-Oriented Software Engineering[M]. Handbook of Agent Technology, J. Bradshaw (Eds.), AAAI/MIT Press, 2001: 25-28.
- [4] Y. Li, H. Ghenniwa, W. Shen. Agent-Based Web Services Framework and Development Environment[J]. Computational Intelligence, 2004, 20(4): 678-692.
- [5] V. Marik, J. Muller, M. Pechoucek (Eds.). Multi-Agent Systems and Applications[C]//Springer-Verlag Heidelberg, 2003: 626-635.
- [6] X. T. Nguyen, R. Kowalczyk. WS2JADE: Integrating Web Service with Jade Agents, Service-Oriented computing: Agents, Semantics, and Engineering[C]//Springer Berlin/Heidelberg, 2007: 147-159.
- [7] 鲍爱华, 刘芳, 姚莉, 等. 一种基于 Web 服务的多主体系统模型[J]. 计算机工程, 2006, 32(3): 127-130.
- BAO Aihua, LIU Fang, YAO Li, et al. A Multi-agent System Model Based on Web Services[J]. Computer Engineering, 2006, 32(3): 127-130.
- [8] A. S. Rao, M. P. Georgeff. BDI agents: From theory to practice[C]//Proceedings of ICMAS-95, Menlo Park, California, AAAI Press, 1995, 6: 312-319.
- [9] 党敏侠. Web 服务的替换分析[J]. 舰船电子工程, 2012, 32(8).
- DANG Minxia. Analysis of Web Service Substitution[J]. Ship Electronic Engineering, 2012, 32(3).
- [10] 唐卫宁, 徐福缘. 基于本体和语义 Web 服务的供应链知识集成[J]. 计算机工程, 2006, 32(24): 167-171.
- TANG Weining, XU Fuyuan. Supply Chain Knowledge Integration Based on Ontology and Semantic Web Services[J]. Computer Engineering, 2006, 32(24): 167-171.