面向服务的空战仿真协调逻辑集成

焉 彬 张曙光 孙金标

(北京航空航天大学 航空科学与工程学院，北京 100191) (空军指挥学院 战术战役系，北京 100097)

摘 要：系统的敏捷性是仿真建模的重要目标，它反映了系统适应需求变化的能力. 然而当前普遍采用集中式的单层架构建模空战仿真系统中各组件模型之间大量的协调逻辑，这导致系统结构呈现刚性化特征，难于灵活适应不断变化的仿真需求. 提出并实现了一种面向服务的空战仿真协调逻辑集成方案. 系统中的协调逻辑被有机抽取并封装为一系列协调代理，将协调过程中被动的组件模型扩展为自协调的服务，服务是一种高度可重用的资源并且被机器可处理的描述契约文档完全定义；根据特定的仿真需求在运行时动态组合相关服务即可完成空战仿真系统中协调逻辑的绑定，从而提升了系统的敏捷性.

关 键 词：敏捷性；面向服务；空战；协调代理；集成

中图分类号：TP 391.1

文献标识码：A **文 章 编 号**：1001-5965(2009)04-0489-04

Service-oriented integration of coordination logic in air combat simulation

Yan Bin Zhang Shuguang

(School of Aeronautic Science and Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China)

Sun Jinbiao

(Department of Operation and Tactics, Air Force Command College, Beijing 100097, China)

Abstract: The importance of system agility in simulation has been widely realized and understood. However, the current architecture of coordination logic in aerial warfare simulation is central "single layered", while it has total control over coordination process, but solidifies the coordination logic in the simulation system too. A service-oriented integration for coordination logic in the air combat simulation(ACS)was proposed. Based on the principle of separation of concerns, the solution provides mechanisms for factoring out coordination logic in the ACS, and then distributes them to a series of flexible coordinator proxy which extends passive component model into self-coordinating service. A service is autonomous and is contractually defined in a description. According to the specific simulation task, coordination logics are dynamic bind by interconnecting related services at run time, therefore promoting system agility in ACS.

Key words: agility; service-oriented; air combat; coordinator proxy; integration

空战仿真在战术研究、作战人员训练、武器装备全寿命周期的论证、研发和维护等方面具有重要的意义[1]. 文献[2]对作战仿真的发展现状与方向进行了总结与分析.

在空战仿真系统的全寿命周期中，模型要素和协调逻辑的修改总是不可避免的，例如，新型战机的研发，机载系统的升级以及战术规则的更新都将对仿真系统产生冲击. 因此，系统的敏捷性指标已经日益重要，它反映了系统适配不可预测的外在变化的能力[3]. 高层体系结构(HLA, High Level Architecture)通过定义联邦成员互操作的标准协议规范将具体的仿真功能实现、仿真运行管理和底层通信分开，从而便于联邦成员的灵活集成[4]，组件式开发技术通过规范化接口的访问

收稿日期：2008-04-23

作者简介：焉 彬(1980—)，男，吉林桦甸人，博士生，yanbin@ase.buaa.edu.cn.

协议促进了模型的重用和互操作,从而便于系统模型的灵活组合[5-6].以上的开发框架与技术不同程度的促进了较低层面的系统敏捷性水平,即系统中各具体模型有限的可修改和替换能力;而动态的协调逻辑可编制和绑定能力则未能实现.当前空战仿真系统中的协调逻辑普遍采用集中式的单层架构进行建模.参与协调的各个组件模型呈现被动状态,开发人员需要集中编程系统中各个组件之间的协调逻辑.虽然这对于整个系统的协调行为有较高的可控性,但也导致了建模系统协调逻辑的高度复杂性,因此仿真系统呈现刚性化特征,系统的敏捷性水平仍然较低.

针对集中式的协调逻辑架构所带来的问题,本文提出并实现了一种面向服务的空战仿真协调逻辑集成方案.该方案通过将复杂的协调逻辑重新分布到自治的服务模型中,并在运行时根据不同仿真任务需要动态组合相关的服务完成空战仿真系统中协调逻辑的绑定.其中,服务是一种高度可重用的资源并且被机器可处理的描述契约文档完全定义.

1 空战仿真中的协调逻辑

空战仿真中的协调逻辑是一种高度复杂的模型,主要体现如下:

1) 协调逻辑的规模庞大性.一个典型的空战仿真系统由大量的分系统、子系统组成,如各种战机、环境系统、监视系统、网络服务系统等,这些分系统以及它们的子系统彼此需进行大量的协作.

2) 协调逻辑的结构复杂性.空战仿真系统涉及到各种异构的仿真模型,它们的颗粒度、模型精度、时钟控制逻辑等存在较大差别,从而导致彼此协作的复杂程度显著增加.

3) 协调逻辑的动态发展性.空战仿真系统为适应各种新的任务必须调整各组成要素的协作逻辑,且各要素本身也在随着时间向前发展,引起协调逻辑的调整,即协调逻辑模型是一种动态发展的模型.

目前该模型普遍采用集中式的单层架构,如图1所示.各个组件模型在协调过程呈现被动状态,协调逻辑模型为集中式的刚性结构.这不仅使得协调过程高度复杂,同时也明显降低了系统的敏捷性.

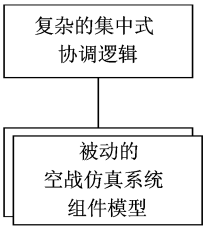

图1 集中式的单层协调逻辑集成方案

2 服务化的协调逻辑集成方案

2.1 服务化的协调逻辑

针对空战仿真中的组件模型在协调过程中呈现为被动状态,提出了一种协调代理策略,它将组件模型中的协调逻辑抽取出来并进一步将其扩展为自协调的服务模型.以实现的飞行动力学服务模型为例,阐述该策略,结构框图如图2.

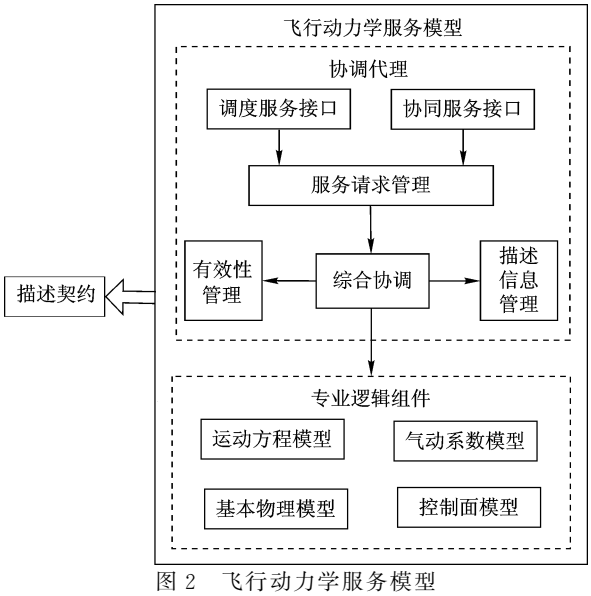

图2 飞行动力学服务模型

该服务模型分为专业逻辑组件和协调代理2个部分.专业逻辑组件负责维护飞行动力学领域相关的各种专业逻辑.协调代理负责协调各专业逻辑组件与外界模型进行必要的协作.其中,调度服务接口描述了该模型可以处理的各种调度指令,指令采用XML(Extensible Markup Language)信息树描述以便于扩展.协同服务接口描述了该服务可以提供的各种协同信息.服务请求管理模块提供请求许可、安全确认以及线程控制等方面的管理.有效性管理模块用于维护服务模型的状态信息,主要包括服务执行过程中出现的异常管理以及所有订购服务的动态绑定管理,当所有关键性条件满足时服务为有效状态,否则为无效状态.描述信息管理模块负责维护该服务完备的描述信息,可以根据需要动态的修改并注册到框架层的综合服务描述管理模块.综合协调模块负责收集各种动态信息然后协调飞行动力学各专业逻辑组件完成相关任务.

服务模型的核心基础是它的描述契约文档.它完全描述了服务的语法、语义、行为以及所依赖的其他服务等信息,从而使得服务提供者、服务管理者以及服务使用者有足够的信息进行相关的智能化任务处理,并且进一步保证了服务本身的高度自治和服务之间的高度松耦合.描述契约主要包括服务属性、统一资源标识(URI, United Resource Identifier)、服务提供内容以及服务订购内容等.

其中,属性信息主要描述服务的名称、类型等基本信息.URI 主要负责标识该服务并同时维护服务的访问许可,标识与访问许可由静态描述信息和运行时信息共同确定.服务提供主要描述该服务可以执行的调度、协同接口以及相关操作的语义、行为信息.服务订购描述了使该服务能够有效运行所依赖的各种其他服务,主要信息包括订购服务的绑定策略、依赖特性以及过滤规则等.

订购服务的绑定策略是指所绑定的依赖服务是否可以在运行时被相同功能的服务替换以便提高系统的容错能力,包括静态和动态 2 种绑定策略.静态策略表示一旦所订购的服务异常或退出该服务即为无效状态;动态策略则允许动态查找、绑定具有相同功能的其他依赖服务以便使该服务模型重新有效.

订购服务的依赖特性是指所依赖的服务类型是否是强制性的,包括关键和可选 2 种依赖特性.关键依赖表示该类型的依赖服务必须被绑定(静态或动态绑定皆可),否则服务无效;可选依赖表示即使未绑定该类型的依赖服务,服务依然为有效状态.

订购服务的过滤规则是指为查询依赖服务所需要的信息,这种信息可以是精确的(查找指定 URI 的服务)也可以是模糊的(查找符合某些条件的任何一个或所有的服务),同时该信息也包含了相应的服务访问许可信息用于通过验证.

2.2　协调逻辑的集成

根据以上所述,空战仿真中的协调逻辑已经被重新分布到各个自治的服务模型中.因此,根据需要集成相关协调逻辑的问题转化为如何有效的组合相关的服务模型.服务化的协调逻辑集成框架如图 3 所示.

由于服务的描述契约文档完全定义了服务的语法、语义、行为以及依赖等信息,因此服务之间的组合是建立在更高抽象层次的契约文档的基础上.综合服务协调模块包含了服务描述信息的注册、查询、释放等任务的综合描述管理子模块,服务工厂的信息维护子模块,服务运行时支持子模块以及综合仿真任务管理子模块等.

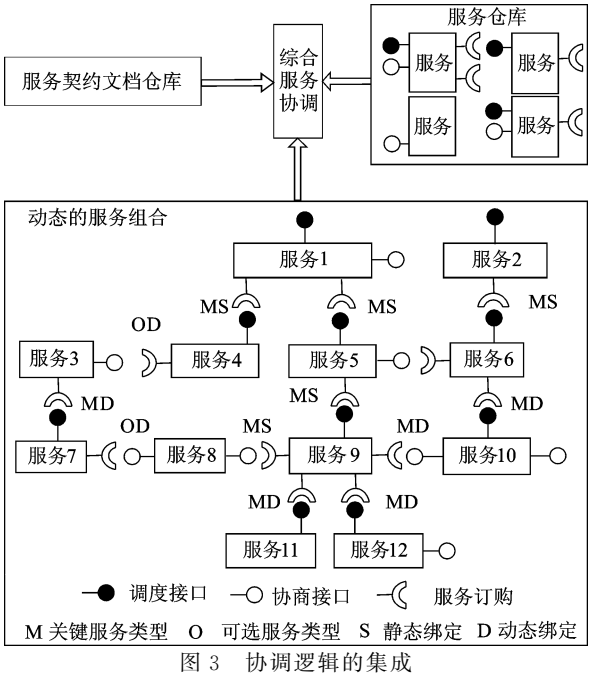

图 3　协调逻辑的集成

根据不同的仿真需求,综合协调模块查找并分析相关的描述契约,然后通过各自的服务工厂创建所需的各种服务,这些服务向综合协调模块注册其完备的描述信息,然后在运行时进行动态的协调逻辑绑定.以某服务模型为例,阐述其相关协调逻辑的绑定过程,流程图如图 4 所示.

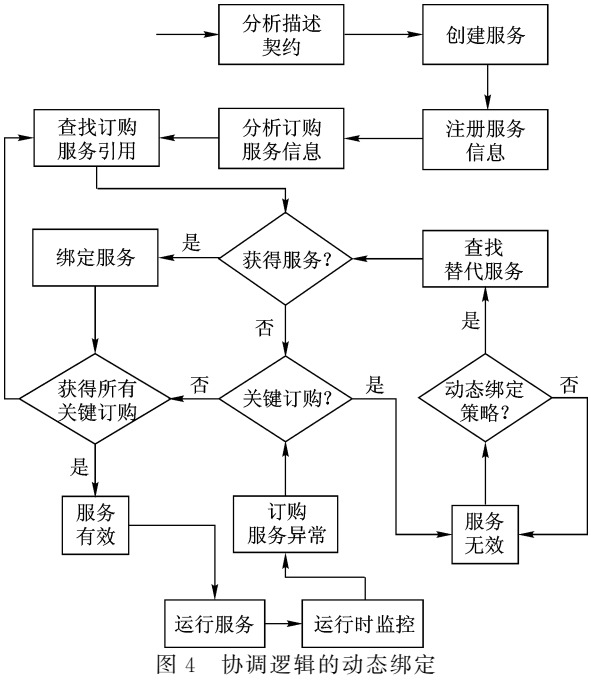

图 4　协调逻辑的动态绑定

由于综合协调模块获得了各个服务的完备描述信息,因此它具有足够的智能对各服务进行有效管理.当某服务完成创建并注册其描述信息后,

该服务根据其能够有效运行所依赖的其他服务信息向综合协调模块请求所需服务，综合协调模块根据其提供的过滤规则查找符合条件的任一服务或服务集合并返回相应的接口引用. 当该服务的所有关键性依赖服务已经成功绑定后，即完成该服务所需的各种协调逻辑的绑定工作，服务处于有效状态，可以执行并被运行时管理模块全面监控. 当该服务所依赖的某服务退出或出现异常时，根据该依赖是否为关键，服务将处于有效或无效状态，如无效则可以在满足绑定策略的前提下查找替代定购使其恢复正常运行.

由以上分析可知，由于协调逻辑的服务化，使得集成被延迟到运行时阶段，从而该种集成可以获得足够的灵活性. 更重要的是，由于具有各个服务完备的描述信息，使得这种集成的拓扑结构是一种动态并且容错能力很高的体系结构，从而使得空战仿真系统在具有较高的敏捷性的同时也保证了其良好的运行稳定性.

3 面向服务的空战仿真系统

以具有较高水平的系统敏捷性为核心目标，本文设计了空战仿真原型系统，如图5所示. 它能够支持作战仿真演练以及飞行器和它所包含的各子系统的评估、验证. 系统中的各个模型采用服务化的方式实现，从而使得该系统可以快速、灵活地调整系统中的协调逻辑，以便柔性地适配广泛的仿真任务，并且系统的维护工作建立在更高抽象水平的服务描述文档的基础上，这有助于从全局角度对其进行维护，降低风险性与费用.



图5 面向服务的空战仿真系统

4 结束语

面向服务的空战仿真协调逻辑集成采用协调逻辑分散化再根据需要综合化的策略，有效地解决了传统的集中式建模协调逻辑所引起的系统刚性化问题，而且由于系统具有了各个服务完备的描述信息，使得这种集成称为一种动态并且容错能力很高的拓扑结构，从而在有效提高空战仿真系统敏捷性水平的同时也保证了其良好的运行稳定性.

系统仿真模型的服务化策略在有效地降低建模协调逻辑的复杂度的同时也引入了一些其他问题. 为了有效管理各服务的创建、注册、查询、注销、组合以及部署等活动，系统的框架层必须实现一系列复杂、智能的管理模块，因此对框架层的开发技巧要求较高；另外由于服务的开发者需要编制相应的描述契约文档，需要进行简单的学习与训练. 但是从总体上讲，由于获得了较高水平的敏捷性，将显著提高空战仿真系统全寿命周期的效费比.

参考文献（References）

[1] 柏彦奇，龚传信. 新一代作战仿真面临的技术挑战[J]. 系统仿真学报，2000，12(3)：182－185
Bai Yanqi, Gong Chuanxin. Ten technical challenges we are facing in the next generation distributed warfare simulation [J]. Journal of System Simulation, 2000, 12(3): 182－185 (in Chinese)

[2] 黄柯棣，刘宝宏，黄健，等. 作战仿真技术综述[J]. 系统仿真学报，2004，16(9)：1887－1895
Huang Kedi, Liu Baohong, Huang Jian, et al. A survey of military simulation technologies[J]. Journal of System Simulation, 2004, 16(9): 1887－1895(in Chinese)

[3] Conboy K, Fitzgerald B. Toward a conceptual framework of agile method: a study of agility in different disciplines[C]// Ashley D. ACM Workshop. Interdisciplinary Software Engineering Research. New York: Springer, 2004: 37－44

[4] IEEE 1516, High level architecture (HLA) framework and rules[S]

[5] Yacoub S, Cukic B. A component-based approach to reliability analysis of distributed systems[C]//Thomas U. Proceeding of the 18th IEEE Symposium on Reliable Distributed Systems. Washington: IEEE Inc, 1999: 59－63

[6] Ravichandran T. Organizational assimilation of complex technologies: an empirical study of component-based software development[J]. IEEE Trans Engineering Management, 2005, 52(2): 249－268

(责任编辑：赵海容)