

一种面向服务的指挥控制信息系统设计

王 锦,董文学,高 虹

(上海航天电子技术研究所,上海 201109)

摘要:随着信息技术的发展、战场范围的扩大和作战速度的加快,传统的指挥控制系统因交互能力弱、信息处理能力差等缺点不能很好地适应现代战争。针对该问题,研究面向服务的架构,将面向服务的思想应用于指挥控制信息系统架构设计中,按照设计原则设计一种面向服务的指挥控制信息系统,提出系统的软硬件架构和信息流交互方式,探究系统设计中涉及的关键技术并提供解决途径。该系统克服了传统指挥控制信息系统信息不透明、交互能力弱等缺点,增强了指挥控制信息系统的信息处理能力。最后,基于工程实际应用分析系统性能和试验情况,展望面向服务设计思想在指挥控制信息系统中的应用前景。

关键词:指挥控制;信息系统;面向服务;Web Service技术;架构设计

中图分类号:TP302

文献标志码:A

DOI:10.19328/j.cnki.1006-1630.2018.03.017

Design of Command and Control Information System Based on Service Oriented Architecture

WANG Jin, DONG Wenxue, GAO Hong

(Shanghai Aerospace Electronic Technology Institute, Shanghai 201109, China)

Abstract: As the information technology develops, the scope of battlefield extends and the combat speed goes faster, the traditional command and control information system cannot adapt to modern warfare due to its weak abilities in the aspects of interaction and information processing. This paper studies the service oriented architecture (SOA), applies SOA concept in the design of command and control information system, and designs a command and control information system based on design philosophy, including hardware and software framework and the way of information flow interaction. It also explores key technologies of system design and provides problem-solving methods in detail. The new system improves transparency between system members and information processing ability. Finally, based on actual engineering applications, it analyzes system performance and experimental results. Furthermore, it looks forward to the prospect of applying SOA concept in command and control information system.

Keywords: command and control; information system; service oriented; Web Service technology; architecture design

0 引言

指挥控制信息系统作为战场的中枢和心脏,可为指挥员提供实时作战信息、地理态势和指挥决策建议,是信息化战争不可或缺的部分。传统的防空指挥控制信息系统的框架为客户/服务(C/S)架构,即下级作战单位为客户端,上级作战单位为服务器端,逐级向上/向下传输信息。这种“金字塔”式架构

的显著特征在于,系统内各作战资源相互绑定,形成紧耦合关系,即1套防空导弹武器系统只能利用其系统内部雷达所提供的目标信息控制作战,并采用系统内部的发射装置发射导弹,无法得知友邻系统的作战信息,造成同级别作战单位之间信息透明度和协同能力差。

随着信息技术不断发展,消除传统指挥控制系

收稿日期:2017-03-28;修回日期:2017-05-21

基金项目:国家自然科学基金(61640010)

作者简介:王 锦(1982—),女,硕士研究生,高级工程师,主要研究方向为指挥控制系统设计。

统的结构局限性,解决各分系统信息孤岛问题,实现指挥控制系统信息的互联、互通和互操作,使防空军事信息系统对信息的运用更加充分、高效和可信,已成为现代防空指挥控制系统的发展方向。为实现上述目标,外军已发展和待发展的指挥控制系统均以制定和构建标准化体系结构及相关协议为基础来开展相关研发工作。比如,美军的 JC2(joint command and control)^[1]就采用了以服务 and 共享为核心,基于开放的标准和协议,具有松散耦合、支持应用系统高效整合和业务流程按需应变等特点的面向服务的架构(service oriented architecture, SOA),为指挥控制信息系统的设计开发提供了全新的理念和实现途径^[2]。

SOA 具有功能实体的独立性、互操作支持性、松散耦合性、位置透明性、模型(或组件)可组合性等基本特征。这些特征提升了软件的可重用能力,使 SOA 具有强大的系统集成技术优势。将 SOA 应用到指挥控制信息系统中,一方面能有效地集成各种异构功能系统,降低能力与系统之间的耦合程度,实现各个系统间基于服务的互联、互通;另一方面能及时有效地调整现有应用系统结构,适应不断变化的军事和业务功能需求,并与信息化武器系统紧密交联,共同完成作战任务。

1 SOA 研究

SOA 由 GARTNER 在 1996 年首次提出,它是一种有效组织和利用分布式资源的架构,是一种松散耦合、可动态化和重用扩展的分布式组件模型^[3]。作为一种体系构建策略,SOA 将应用程序的不同功能单元(称为服务),通过定义良好的接口和契约联系起来。接口采用中立的方式定义,独立于具体实现服务的硬件平台、操作系统和编程语言,使构建的系统中的服务得以采用统一且标准的方式进行通信。SOA 结构图如图 1 所示。

SOA 主要由服务提供者、服务注册中心和服务需求者这 3 个角色组成。服务提供者负责发布服务并将对服务的相关描述提供给服务注册中心,服务需求者发现服务并向服务注册中心请求执行服务。这 3 个角色在进行信息交互时会涉及对应的 3 个操作:发布对服务的描述,查询对服务的描述,通过对服务的描述绑定和调用服务^[4]。上述 3 个操作可能只进行 1 次,也可能重复进行。

总之,SOA 旨在使分布式系统中已有的各个组

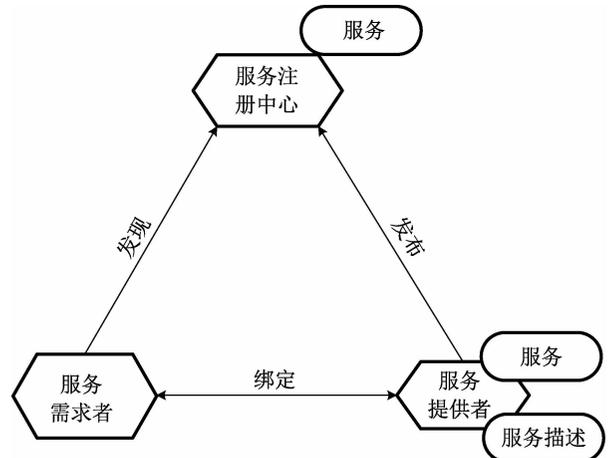


图 1 SOA 结构图

Fig. 1 Structure of SOA

件之间具有通用的互操作性,并使未来的应用和体系结构具有扩展性,通过将孤立的静态系统转化为模块化的、灵活的组件^[5-6],从而降低分布式系统的互操作难度。将面向服务的架构思想应用到指挥控制信息系统的搭建中已成为国内外研究的热点,对这方面的研究也越来越广泛。

2 SOA 在指挥控制信息系统中的应用

近年来,在防空武器系统指挥领域提出了以提升“基于信息系统的整体作战能力”为目标的武器装备建设发展战略,指挥控制信息系统正逐步向网络化方向转型,其组织应用模式、技术体制都将发生重大变化。指挥控制信息系统的服务化是实现指控系统网络化的重要手段,也是指挥控制系统技术体制发展的核心和关键。

在指挥控制系统中,服务需求者所请求的服务往往无法由单个分系统来实现,而需通过多个分系统相互协同、大量功能模块相互交互来实现。其中,每个分系统都需具备提供和获取服务的能力,以实现它们之间的数据通信、交互和共享^[7-8]。研究表明,应用面向服务的协作技术能有效增强信息系统的实时信息共享和协同能力^[9],这将在信息化条件下的联合作战指挥控制系统中发挥更为突出的作用。当前多样化的军事任务迫切需要指控系统能拥有良好的自适应性和可扩展性,特别是随着 SOA 技术的推广,大量性能良好的新服务不断涌现,为指控系统的发展提供了很好的基础。然而,现有面向服务的应用框架在国内指挥控制信息系统中的应用并不多见,也无任何工程化设计和实现。针对这些

问题,本文提出将面向服务的理念应用于指挥控制信息系统的设计方案,以增强指挥控制信息系统的自适应性、可扩展性、通用性和实时性,满足信息化条件下指挥控制信息系统的应用需求。

3 面向服务的指挥控制信息系统设计

3.1 设计原则

本文在设计面向服务的指挥控制信息系统时,遵循以下原则。

1) 通用型原则。借鉴 SOA 理念,采用 Web Service 技术将传统的应用包装成服务组件,多个组件一起工作,共同提供某一服务所请求的业务功能。

2) 可扩展性原则。可灵活地增加作战资源,通过与系统已有资源相互协同,实现系统可扩展性。

3) 快速接入原则。规范统一接入/退出接口协议,使作战资源可快捷接入/退出指挥控制信息系统。

4) 实时性原则。考虑军用指挥控制信息系统对实时性的要求,采用 SOA 的订阅/发布模式,缩短数据交互的延迟时间。

3.2 系统组成

如图 2 所示,面向服务的指挥控制信息系统主要由作战单元、上级指挥中心、服务器平台和通信设备组成。其中,作战单元包括 1 辆指挥车、1 辆搜索雷达车、1 辆跟踪制导雷达车和 3 辆发射车。作战单元的作战数据通过通信控制器进行无线或有线数据传输,并在指挥车内汇总。SOA 部署于指挥车内,通过服务器平台与上级指挥中心交互作战单元的作战信息。该系统可通过 SOA 进行扩展。

3.3 系统设计

SOA 由服务需求者、服务提供者和服务注册中心组成(见图 1)。在本系统设计中,因各作战单元需向上级指挥中心发送自身情报信息并获取其他作战节点情报信息,故对应为服务需求者;上级指挥中心集中各作战节点信息,并根据战场态势发布作战指令,对应为服务提供者;采用服务器平台作为服务注册中心,向服务需求者和提供者提供统一的接口(见图 3)。这种方式使各作战单元和上级指挥中心之间能灵活地进行信息交互和系统集成,保证了指挥控制信息系统良好的互操作性和松耦合性,解决了各作战单元间的信息不透明问题。

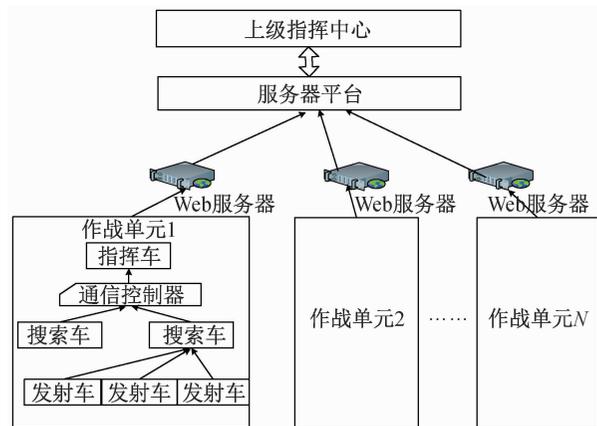


图 2 面向服务的指挥控制信息系统组成图

Fig. 2 Systematic configuration diagram of command and control information system based on SOA

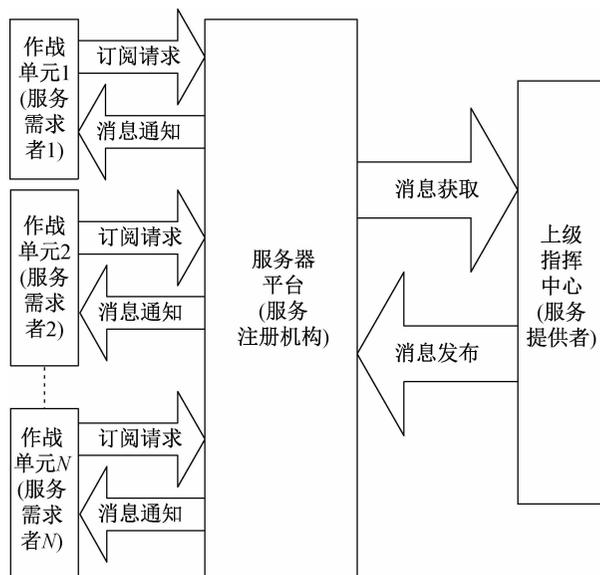


图 3 面向服务的指挥控制信息系统硬件架构设计

Fig. 3 Hardware framework design of command and control information system based on SOA

图 4 为系统软件架构设计图。基于 SOA 的指挥控制信息系统软件体系架构主要包括数据支撑层、基础服务层、业务服务层、安全服务层和服务管理层,它们之间通过服务总线进行连接。数据支撑层主要提供数据库支持,提供对共享数据和专用数据的存储及访问支撑;基础服务层主要提供粒度较细的、通用的基础服务,可为业务服务层提供服务组合等支撑;业务服务层主要面向指挥控制信息系统的业务功能,包括地理信息服务、情报处理服务、态势感知服务、兵力部署服务、数据融合服务等;服务管理层对分布在各功能分系统上的服务资源进行控

制和调度,实现服务的配置、发布、注册和封装,并对服务运行进行监控;安全服务层提供与 SOA 安全相关的服务支持,包括身份安全、网络安全、文件安全和异常记录。基于 SOA 的指挥控制软件架构能反映指挥控制信息系统的核心能力,且能反映系统业务的流程与逻辑关系。

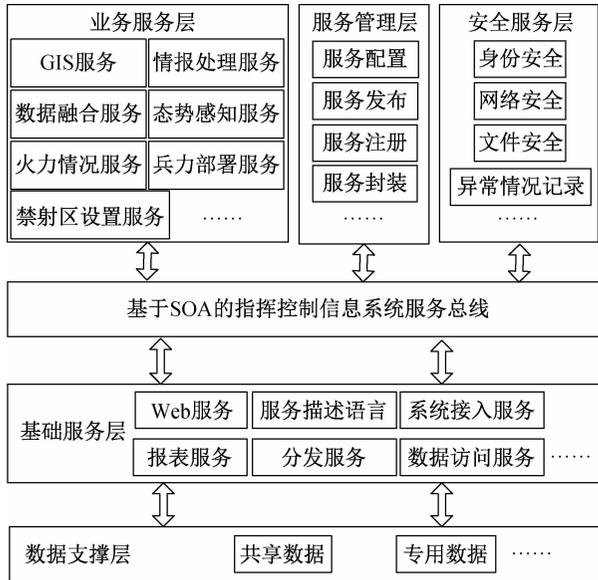


图 4 面向服务的指挥控制信息系统软件架构设计
Fig. 4 Software framework design of command and control information system based on SOA

如图 5 所示,该系统采用 Web Service 技术将作战信息以服务的方式进行封装,各作战单元采用统一的军用传输协议向服务器平台发送服务请求,服务器平台将请求转发至上级指挥中心,指挥中心通过身份信息验证后接收并解析请求数据,之后发布对应消息至服务器平台以实现系统内信息流的交互。

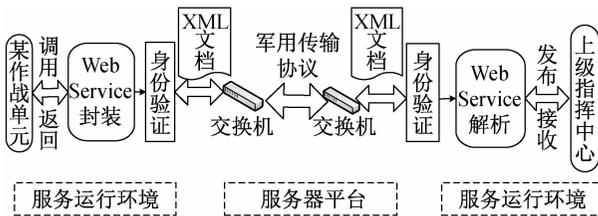


图 5 系统信息流交互
Fig. 5 System information flow interaction

该系统将服务器平台作为“信息池”,上级指挥中心接收到各作战单元的情报信息后,通过“服务发布”将信息发布至服务器平台,任一作战单元均可通

过 Web Service 技术向上级指挥中心提出获取信息请求,从“信息池”获取信息。面向服务的信息交互摆脱了传统指挥控制信息系统作战单元上传、上级下发的模式,使作战单元可灵活地获取上级、友邻的信息。更丰富的信息量、更实时的信息传输和更快捷的作战单元接入,有利于指挥控制信息系统的扩展和重组,有助于指挥员快速掌握整个战场的态势并做出决策。

3.4 关键技术分析

该系统设计涉及以下关键技术。

1) 服务模块的划分与实现技术。在 SOA 中,服务是封装成用于业务流程的可重用组件的应用程序函数。每个服务都是管理一组业务实体中的操作的完整单元。服务请求者在请求消息和响应时往往通过消息调用操作,而不再使用应用程序接口和文件格式。因此,指挥信息系统服务模块的划分与实现技术需要对指挥信息系统主要包含哪些服务模块进行梳理,使得指挥信息系统能按需组装与分发,实现对远、中、近程,高、中、低空多种防空导弹武器系统的联合指挥。本系统在软件架构设计的业务服务层对服务模块进行了功能划分和功能实现,通过服务管理层对服务模块进行封装并发布至服务器平台供各作战单元调用,从而实现服务模块的划分和发布。

2) 互操作技术。互操作是指系统、单元或部队间提供、获取服务的能力,以及使用该服务促进系统、单元或部队间提供、获取服务,以使其能更有效运行的能力。实现基于 SOA 的复杂应用的一个关键问题就是如何实现不同资源间的良好协同,即互操作问题。互操作性是指指挥控制信息系统的核心能力,各作战单元与上级之间灵活的互操作性可大大提升整个系统的威力和效能。

本系统采用 Web Service 技术实现系统间各单元的互操作功能。Web Service 是一类平台独立的、松耦合的、自包含的、基于可编程的 Web 的应用程序。这类程序可使用开放的 XML 标准描述、发布、发现、协调和配置,是用于开发分布式的互操作的应用程序^[10-11]。Web Service 能使不同编程语言、不同操作系统、不同平台之间进行通信。因 Web Service 以 XML 标准为基础,故可使用任何开发语言在任何平台上开发,服务的分发将十分方便。Web Service 凭借其所具有的优点而被广泛应用,

已成为 SOA 最佳的实现技术。

3) 实时性技术。不同于商业 SOA, 指挥控制信息系统对各节点之间态势信息处理、传递的实时性有很高要求, 故需研究具有高实时性传输和处理的指挥控制信息系统, 构建实时 SOA 运行支撑环境。提高面向服务软件实时性的途径包括: a) 利用 SOA 对传输协议的绑定机制, 采用军用实时传输协议和软件替代通用的商用传输协议 (HTTP); b) 针对指挥控制信息系统报文研制专用的应用层报文解析软件, 用以替代通用的 XML 解析软件, 提高解析和处理速度; c) 采用 SOA 的订阅/发布 (Publish/Subscribe) 模式, 而非请求/响应 (Request/Response) 模式, 减少请求-应答-响应所带来的时间延迟, 实现客户/服务之间的信息交互。

4) 作战资源快速接入技术。面向服务的指挥信息系统旨在满足网络化作战的需要。因作战资源“即插即用”式的快速灵活接入是网络化作战的基本需求, 故对作战资源的快速接入技术进行研究极为必要。相关研究需重点解决以下问题: a) 一体化通信系统的构建问题; b) 各种探测源、发射装置在不同通信协议下的信息交互问题; c) 作战资源接入/退出网络时的流程及资源管理问题。本系统通过软件架构中基础服务层的接入服务模块对各作战资源的接入进行管理, 同时采用统一的军用数据传输协议避免对外通信协议多样化问题, 实现作战资源的快速接入, 使系统具备良好的扩展性。

3.5 试验结果

该系统已成功应用于某武器系统外贸出口型号。在该型号工程应用中, 系统内的任一作战单元均可向上级指挥中心发送自身系统的雷达布阵信息 (见图 6)、武器使用情况 (见图 7) 和伤亡信息 (见图 8), 使上级指挥中心能获取到更丰富的作战信息。

作战单元也可通过向上级指挥中心服务器发送请求, 获得友邻作战单元的位置、禁防区等信息 (见图 9), 以便更好地掌握整个战场态势。

在系统兼容性和时效性方面, 上级指挥中心可实现作战资源的快速接入, 接入时间小于 1 s, 接入的作战单元最多可达 200 个; 作战单元上传、获得信息的时间延迟均小于 1 s。工程应用证明, 基于 SOA 的指挥控制信息系统丰富了系统传输的作战信息, 大大提升了武器系统的作战协同性和信息透明度, 减少了系统的接入时间, 增强了系统的鲁棒性。

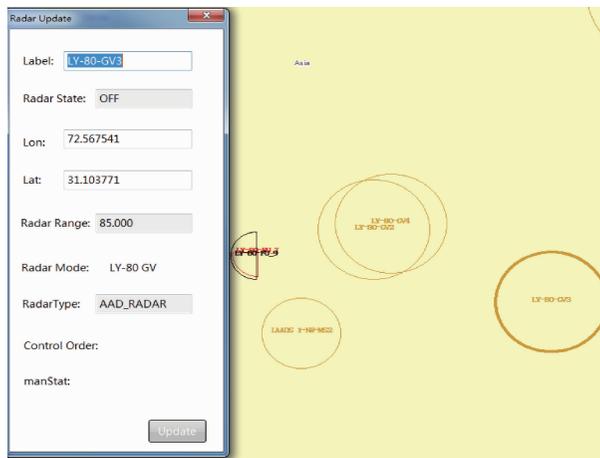


图 6 作战单元雷达布阵信息上报

Fig. 6 Fight unit radar embattlement information report

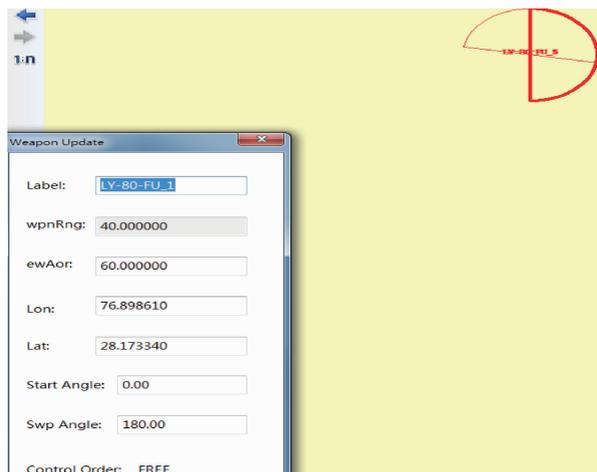


图 7 作战单元武器使用情况上报

Fig. 7 Fight unit weapon use information report

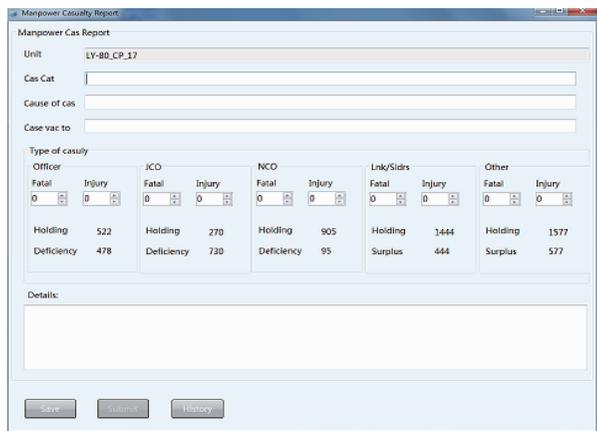


图 8 作战单元伤亡情况上报

Fig. 8 Fight unit casualty information report

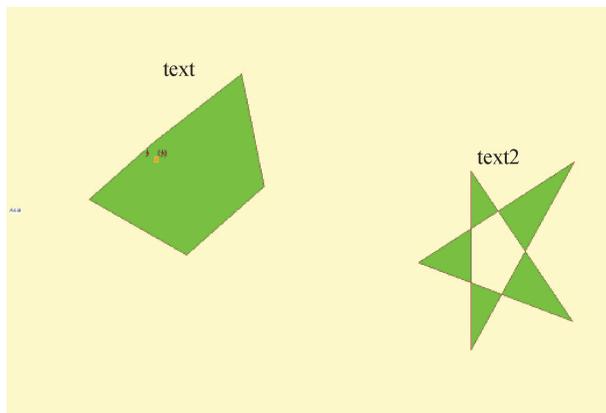


图 9 友邻作战单元禁防区信息

Fig. 9 Friend unit defense area information

4 结束语

传统的指挥控制信息系统的信息交互方式存在信息量较少、各作战资源信息透明度低等缺点,很难满足指挥官对现代战场形势的把握。SOA 技术具有跨平台、易部署、互操作性高等特点,应用构建的灵活性得到大幅提升。本文基于面向服务的思想,提出了系统设计原则,设计了一种基于 SOA 的指挥控制信息系统,分析了系统各作战单位信息流交互的操作过程和涉及的关键技术,并进行了工程验证。在下一步的研究工作中,将对怎样提高系统的安全性以及系统资源的数据融合等技术进行更深入的研究。

参考文献

- [1] 谭东风,张辉. 联合指挥控制系统(JC~2)的体系与能力[J]. 国防科技, 2006(10): 31-33.
- [2] 吴家菊,刘刚,席传裕. 基于 Web 服务的面向服务(SOA)架构研究[J]. 现代电子技术, 2005, 28(14): 1-4, 7.
- [3] NEWCOMER E, LOMOW G. Understanding SOA with web services [M]. 徐涵,译.北京:电子工业出版社, 2006: 167-173.
- [4] ERL T. Service-oriented architecture: concepts, technology, and design [M]. Honolulu: Prentice Hall PTR, 2005: 25-26.
- [5] 马志程,杨仕博. 基于 SOA/EDA 的电网企业应用集成架构研究[J]. 电力信息化, 2010, 8(9): 33-36.
- [6] 胡洪波,郭徽东. 通用作战态势图的构成与实现方法[J]. 指挥控制与仿真, 2006, 28(5): 28-32.
- [7] 童志鹏,刘兴. 综合电子信息系统[M]. 北京:国防工业出版社, 2010: 519-548.
- [8] 刘波. 信息化指挥控制系统组成与发展探讨[J]. 舰船电子工程, 2011, 31(11): 4-7.
- [9] 施慧杰,顾浩,杜阳华. 海战场态势感知能力的度量方法研究[J]. 指挥控制与仿真, 2010, 32(3): 28-31, 35.
- [10] 陈世展. 服务关系及其在面向服务计算中的应用[J]. 计算机学报, 2010, 33(11): 2069-2070.
- [11] 周保林. 基于 UML 的 Web Services 服务动态组合 [D]. 云南: 云南大学, 2011.

(本文编辑:李栋颀)