

文章编号: 2095-4980(2015)04-0590-06

信息对抗侦察系统开放架构计算环境

甄君¹, 梁超², 夏俊清²

(1.中船电子科技有限公司, 北京 100070; 2.中国船舶工业系统工程研究院, 北京 100094)

摘要: 为提高信息对抗侦察系统的通用性和可重用性, 快速适应信息对抗多种作战任务和作战平台, 借鉴美国海军开放架构计算环境(OACE), 从技术架构、基础设施、任务配置与中间件应用 4 个方面开展研究, 构建了一种信息对抗侦察系统开放架构计算环境。能够基于通用计算平台实现侦察系统软硬件的分离, 基于软件中间件实现侦察系统业务应用与计算技术的分离。通过仿真验证, 信息对抗侦察系统开放架构计算环境能够支持侦察系统软硬件即插即用, 满足其快速升级与灵活扩展需求。

关键词: 信息对抗; 侦察系统; 开放架构计算环境; 中间件

中图分类号: TN97

文献标识码: A

doi: 10.11805/TKYDA201504.0590

An open architecture computing environment for information countermeasure reconnaissance system

ZHEN Jun¹, LIANG Chao², XIA Junqing²

(1.Electronics Technology CO.,LTD, China State Shipbuilding Corporation, Beijing 100070, China;
2.Systems Engineering Research Institute, China State Shipbuilding Corporation, Beijing 100094, China)

Abstract: An Open Architecture Computing Environment(OACE) for information countermeasure reconnaissance system is built including technical architecture, infrastructure, tasks assignment and middleware applications by consulting OACE of USA Navy in order to improve the commonality and reusable capability of information countermeasure reconnaissance system and the ability to adapt itself rapidly to multiple platforms and missions. OACE for information countermeasure reconnaissance system can separate software from hardware based on common computing infrastructure and separate reconnaissance applications from computing technologies based on middleware. The simulation results indicate that OACE for information countermeasure reconnaissance system is able to support plug and play for software and hardware and meets the requirements of rapid upgrading and easy expanding.

Key words: information countermeasure; reconnaissance system; Open Architecture Computing Environment; middleware

信息对抗侦察系统广泛装备于岸基侦察站、海基侦察船/艇、空基侦察飞机、天基侦察卫星等多种平台, 通过对关注区域和目标的持续侦察监视, 获取战略战术情报, 为信息作战提供及时准确的情报支援。侦察系统通常由不同侦察手段构成多种侦察分系统, 例如雷达信号侦察、通信信号侦察、测控信号侦察、光电侦察等分系统, 各类侦察分系统的工作流程基本一致, 且物理组成相似, 都包括信号接收、信号处理、信息处理、显示控制等功能模块, 每一类模块在不同的侦察分系统中功能相近, 实现技术相对一致。随着综合射频技术和软件无线电技术的成熟应用, 采用通用化模块化方式进行多侦察手段综合集成, 可建立一体化信息对抗侦察系统^[1]。一体化信息对抗侦察系统采用规范接口、公开标准和商用技术, 形成开放式硬件体系结构和软件架构。根据一体化信息对抗侦察系统工作流程, 在信号数字化及预处理后, 利用软件无线电技术和计算机技术, 采用基于商用货架产品(Commercial-Off-The-Shelf, COTS)的通用信号处理设备、多功能显控台、商用计算机与服务器、高速数据交换网络、高性能处理器等作为基础设施, 以信号处理、数据处理、信息处理和任务处理等功能软件作为技术应用, 通过软件加载和重构等方式实现侦察系统的功能重组和能力扩展。上述用于完成各项侦察功能的基础设施与应用

收稿日期: 2014-07-21; 修回日期: 2014-09-07

基金项目: “十一五”装备预先研究资助项目(1010705020201)

软件形成的信息对抗侦察系统通用处理与计算装备,称为信息对抗侦察系统开放架构计算环境(OACE for Reconnaissance System)。

国外电子战装备已经开展了一体化信息对抗侦察系统的研制和应用,根据文献[2]描述,意大利正在开发集成雷达侦察与通信侦察的海上型 Virgilius 综合电子战系统,其具备全数字化、网络化和模块化能力。根据文献[3]描述,法国的 DR3000U 电子侦察系统可搭载飞机、水面舰艇和潜艇等多种平台,其采用模块化设计和标准化的总线接口,能根据平台和需求灵活配置;德国的 FL1800U 型潜艇电子侦察系统传感器与 GPS 导航、通信电子模块等组合成一个单元,同步实现光电侦察和电子侦察,有利于数据融合。

1 信息对抗侦察系统一体化物理结构

由雷达侦察、通信侦察、光电侦察等多种手段构成的信息对抗侦察系统装备于空间有限的侦察平台,需要利用有限的侦察资源完成尽可能多的侦察任务。首先利用综合射频技术和软件无线电技术对侦察系统前端接收设备和后端处理设备分别进行一体化模块化设计,实现硬件模块资源共享;其次采用功能软件化和软件构件化方式,通过软件重构实现基于共用硬件资源的侦察功能重组,实现多任务共用或复用侦察资源;最后遵循通用化标准化设计,形成具有标准总线结构和统一接口规范的一体化开放式物理结构,如图1所示。

在信息对抗侦察系统一体化物理结构中,对接收前端的射频与中频部分进行共用设计,使不同侦察手段可以同频段共用天线、射频接收前端与预处理设备等射频与中频资源,对共用模块采取冗余设计,互为备份,提高可靠性。后端信号与信息处理部分进行通用设计,采用可编程的通用高性能计算设备,通过应用软件重构完成各种侦察处理功能,实现侦察系统功能重组和多任务复用^[4]。共用资源和通用资源在侦察系统的统一管理调度下,通过射频分配网络和高速数据交换网络,进行侦察通道的快速组配和通用设备的功能重组^[5]。各层交换网络都设置预留接口,可实现系统功能扩展和规模扩充,也可进行功能模块的剪裁,满足多种侦察任务和侦察平台需求。

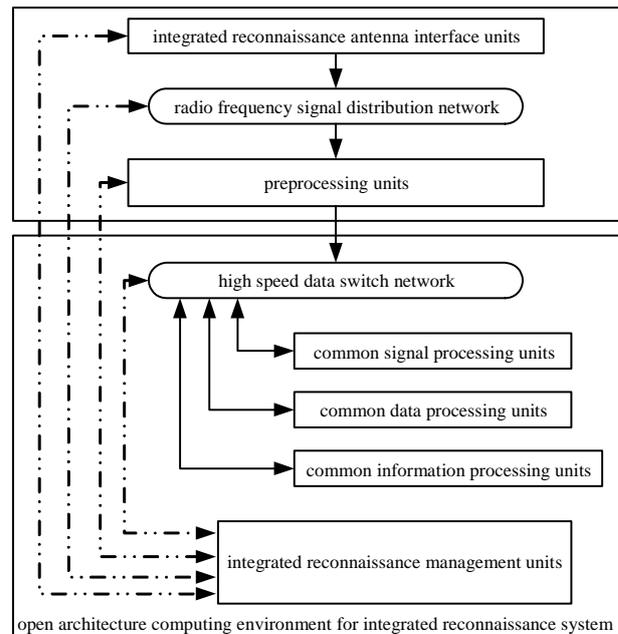


Fig.1 Integrated structure of information countermeasure reconnaissance system

图1 信息对抗侦察系统一体化物理结构示意图

2 信息对抗侦察系统开放架构计算环境设计

2.1 美国海军开放架构计算环境概况

根据美国国防部开放式系统联合任务组的定义,开放架构(OA)是指一种商业与成熟技术实践的融合产生出的具有模块化、可互操作、接口公开发布和遵从开放式标准的系统架构。计算环境(CE)通常由一组计算机、软件平台和相互联通的网络组成,这个环境能处理和交换数字信息,允许外界访问其内部信息资源。美海军开放架构计算环境(OACE)所控制的资源库包括一组计算机、内部和外部网络互连设备、网络介质、操作和控制软件、通信软件以及接口软件。OACE利用基于标准的分层方法隔离作战应用程序和服务程序,利用资源管理技术调节可用资源的分配,分布式应用软件在OACE中装入并执行。中间件隔离了应用程序,与计算技术的变化无关^[6]。

美国海军OACE按照所实现的开放式能力水平不同划分为5个级别^[7]。根据文献[7]描述,OACE1级和OACE2级为开放架构“兼容级”,该级别的系统主要采用适配器或者更改应用接口方式集成到开放式结构的系统中;OACE3级是符合开放架构标准的“初始级”,特征是软件不依赖于特定硬件,系统能力可随着计算设备数量的增加或性能的提高而增强。OACE4级是“公共功能级”,主要特征是大量采用公共功能服务,这些公共功能服务能够灵活部署,快速升级。美海军改进的“宙斯盾系统开放式体系架构”(Aegis Open Architecture, AOA)基本达到OACE4级标准。OACE5级是“全舰计算级”,又称全舰计算环境(Total Ship Computing Environment, TSCE),主要特征是采用统一的信息基础设施平台为应用系统提供公共计算支持,使应用系统具有良好的容错能力、抗毁生

存能力,同时能够降低维修保障压力,减少人员配置需求。在 DDG-1000 驱逐舰研制过程中,美军以 OACE5 级“标准化、综合化、一体化、自动化”为建设思路,以全舰的网络设备、计算设备、存储设备、显示设备、内部通信设备和内部监控设备等硬件设备,以及一组核心、通用的基础服务为基础设施,构建全舰计算环境,完成全舰信息系统装备的全部运算处理^[8]。

2.2 信息对抗侦察系统开放架构计算环境技术架构

在信息对抗侦察系统开放架构计算环境技术架构设计中,针对信息对抗侦察系统的业务应用和情报侦察处理需求,以一体化物理结构为基础,参考美海军 OACE 分层结构,划分为硬件设施层、操作系统层、中间件层、公共服务层、业务应用层和系统资源调度 6 个部分,如图 2 所示。技术架构形成一个开放虚拟的计算环境,计算资源统一调度管理,为各种侦察功能提供服务。

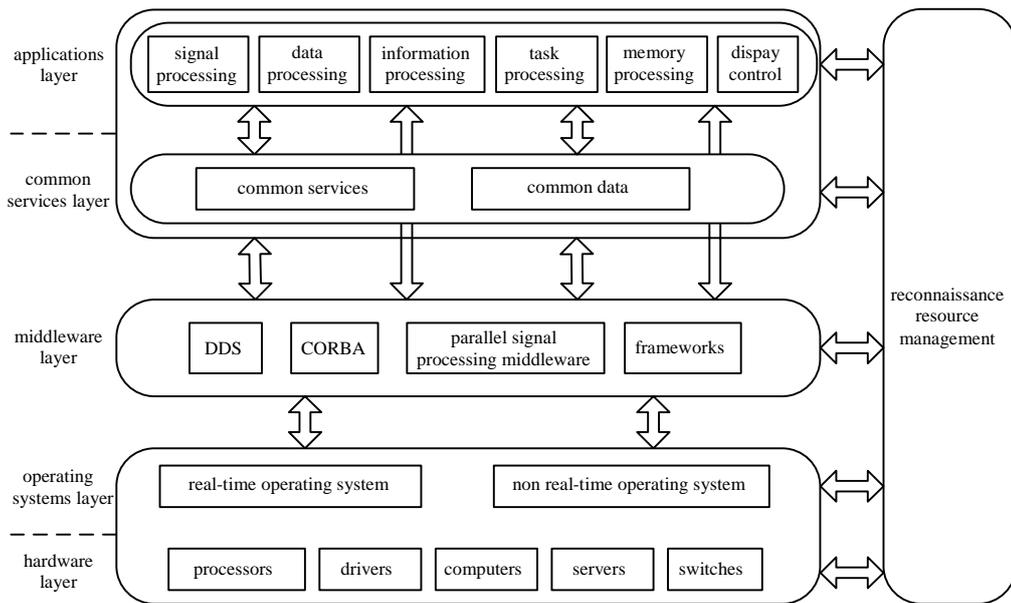


Fig.2 Technical architecture of OACE for information countermeasure reconnaissance system

图 2 信息对抗侦察系统开放架构技术架构示意图

1) 硬件设施层

信息对抗侦察系统开放架构技术架构硬件设施层包括支撑侦察系统运行的处理器、驱动器、计算机、服务器、数据交换网络、记录存储设备、接口转换设备等,在现有技术条件和规范下尽可能采用 COTS 商用货架产品。计算设施根据计算服务需求可分为信号与数据处理类和信息与任务处理类 2 个层次。其中,信号与数据处理计算设施采用高性能处理器和高速数据交换网络,例如采用 VPX 总线标准和 PowerPC 高性能处理器的计算机,以及万兆以太网(Gigabit Ethernet)或基于以太网的光纤通道总线(Fiber Channel of Ethernet, FCoE)等标准规范的高速数据交换网络等;信息与任务处理计算设施可采用基于标准 PCI 总线架构的商用计算机和基于 TCP/IP 的计算机交换网络,以及提供数据服务和计算服务的刀片服务器等。

2) 操作系统层

信息对抗侦察系统开放架构技术架构操作系统层包括运行于硬件设施层的计算机之上的各种符合标准的实时/非实时操作系统和设备驱动程序等。在进行信号与数据处理的高性能计算机上采用实时操作系统,例如 Vxworks;在进行信息与任务处理的多功能显控台或商用计算机上采用非实时操作系统,例如 Windows;服务器可按需选择 Unix、Linux 等操作系统。

3) 中间件层

信息对抗侦察系统开放架构技术架构中间件层位于操作系统与应用程序之间,提供分布式数据和计算服务,应用构件和底层计算技术的隔离,以及各种类型操作系统和应用程序之间的消息通信和资源共享。系统配置 3 类中间件:第 1 类是数据分发服务(Data Distribution Service, DDS)中间件,用于数据密集型服务的信息订阅分发应用,提供高可靠性和高实时性通信服务^[9];第 2 类是公共对象请求代理体系结构(Common Object Request Broker Architecture, CORBA)中间件,用于计算密集型服务的情报信息处理类应用,提供分布式计算服务^[10];第 3 类是信号处理类中间件,用于数据并发服务的信号处理类应用,提供实时消息传递接口等服务,侦察系统根据业务应用定制符合计算环境需求的信号处理类中间件。

4) 公共服务层

信息对抗侦察系统开放架构技术架构公共服务层为业务应用层提供信息交换、数据处理和系统管理等各项软件服务,包括时间同步、接口数据记录、输入/输出控制、健康监测等,提供综合侦察所需的各项基础服务。

5) 业务应用层

信息对抗侦察系统开放架构技术架构业务应用层直接面向操作员,为完成各种侦察任务提供界面和支持,业务应用层具有信号与数据处理、信息与任务处理、记录存储和侦察显控等功能,各种功能软件构件根据侦察需求可灵活部署、加载和重用,实现系统功能重组,快速适应多种侦察业务应用。

6) 资源调度

信息对抗侦察系统开放架构技术架构资源调度完成开放架构计算环境中所有软件构件和硬件模块的统一管理和部署,包括资源统计、资源配置、资源调度策略等。资源调度根据系统任务要求,对共用计算资源(包括通用信号处理单元、通用信息处理单元与通用显示控制单元等)上配置运行的应用软件构件进行维护和管理,根据不同任务模式和故障情况完成构件的动态加载与卸载等操作。

2.3 信息对抗侦察系统开放架构计算环境基础设施

信息对抗侦察系统在预处理后以通用硬件设备为基础设施,通过应用软件构件完成信号与数据处理、信息与任务处理等功能。根据信号与数据处理的高速实时计算要求和信息与任务处理的大容量非实时计算要求,基础设施可分为信号与数据处理类计算设施和信息与任务处理类计算设施 2 个层次,2 类计算服务都采用多客户端/多服务器方式。其中,信号与数据处理类计算设施以高性能通用信号处理设备作为服务器端,由信号与数据处理类软件重构提供不同侦察应用的信号处理计算服务,以通用显示控制终端作为客户端完成信号与数据处理类人机交互。信息与任务处理类计算设施以商用服务器作为服务器端,由信息与任务处理类软件重构提供来自不同侦察手段的信息处理服务,以多功能显控台和商用计算机作为客户端完成信息处理类人机交互。

2.4 信息对抗侦察系统开放架构计算环境任务配置

信息对抗侦察系统根据业务应用需求,需要完成多种信号接收与处理、情报处理与应用、综合侦察管理与显控、记录存储与支持保障等多项任务,根据任务要求在信息对抗侦察系统开放架构计算环境中配置了信号与数据处理、信息与任务处理、资源调度、记录存储、支持保障等计算服务,任务配置如图 3 所示。

2.5 信息对抗侦察系统开放架构计算环境中间件应用

中间件是信息对抗侦察系统开放架构计算环境的核心,体现了开放架构计算环境的软总线集成能力。侦察系统根据不同的服务要求设计使用相应的中间件。其中,对于数据密集型服务采用适于发布/订阅数据分发的标准中间件 DDS,建立实时系统数据通信的发布/订阅体系结构;对于计算密集型服务,采用适于分布式对象计算的标准中间件 CORBA,提供分布式计算所需要的命名服务和事件服务等;对于信号处理类数据并发型服务,采用定制的实时消息传递接口类中间件,提供信号并行处理服务。

1) DDS 中间件应用

DDS 是对象管理组织发布的一个关于实时系统数据通信的规范,采用以数据为中心的发布/订阅机制,提供一个与平台无关的数据模型,能够映射到各种具体的平台和编程语言。在信息对抗侦察系统中 DDS 为任务管理

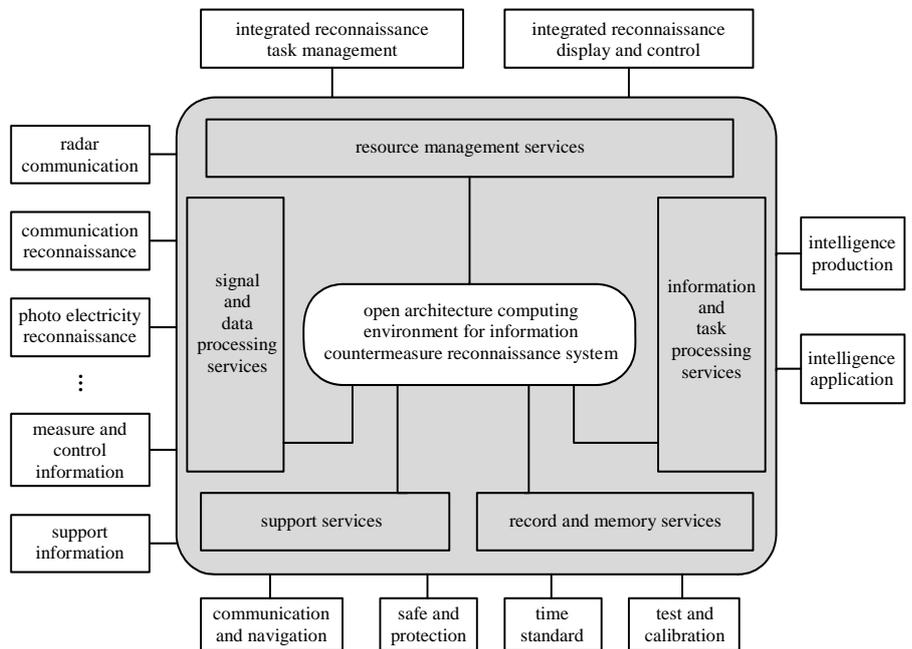


Fig.3 Task configuration of OACE for information countermeasure reconnaissance system

图 3 信息对抗侦察系统开放架构计算环境任务配置示意图

设备、显控设备、情报处理设备、信号处理设备、记录存储设备之间的信息交互提供高速可靠的数据传输通道，并实现对信息交互过程的统一管理调度。DDS 通过向上层侦察应用构件提供信息描述接口、基于主题的信息发布和订阅接口、信息服务质量策略接口和信息传输接口，实现以数据为中心的信息集成，将信息的提供方和信息的使用方解耦合，并提供多种 QoS 的信息传输能力，提高侦察系统应用构件集成的灵活性和可扩展性。

2) CORBA 中间件应用

CORBA 是对象管理组织发布的一个分布式对象计算中间件标准，用于实现数据应用和数据应用的分离。在信息对抗侦察系统中 CORBA 为侦察信息处理提供基于客户端/服务器方式的分布式计算服务，数据处理集中在服务器端进行，客户端完成人机交互和界面显示。CORBA 提供了良好的互操作性，为通用信息处理和通信显控单元的功能重组提供了机制，能够灵活地实现不同侦察手段客户端互换^[11]。

3) 信号处理类中间件应用

信号处理类中间件为同时需要计算密集型和数据密集型服务的信号数据并行处理提供分布式计算服务。信息对抗侦察系统通用信号处理设备接收高速数据交换网络传输的信号数据，响应多通道并行信号处理和实时的综合数据处理要求，采用定制的信号处理类中间件为信号处理框架提供满足高速数据传输和实时数据处理的实时消息传递接口标准。

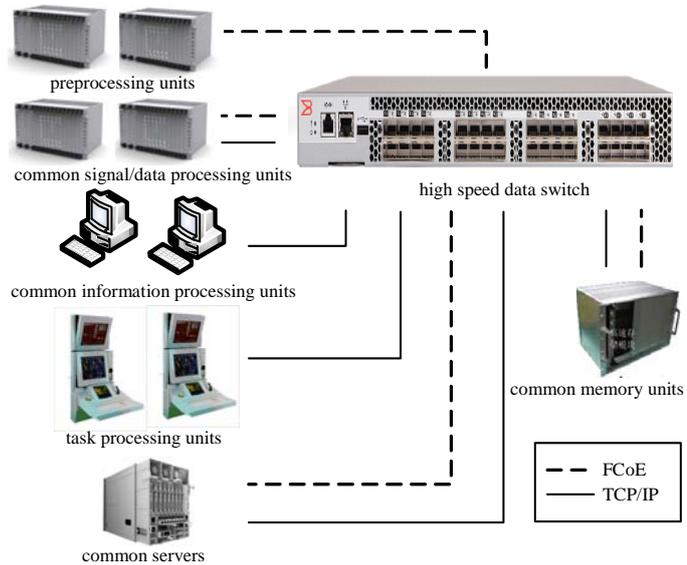


Fig.4 Physical configuration of OACE for information countermeasure reconnaissance system
图 4 信息对抗侦察系统开放架构计算环境仿真模型物理配置示意图

3 信息对抗侦察系统开放架构计算环境仿真

3.1 仿真模型物理配置

信息对抗侦察系统开放架构计算环境仿真模型物理配置主要包括基于 VPX 总线的预处理单元、基于 PowerPC 处理器的通用信号处理单元、基于商用计算机的通用信息处理单元、基于多功能显控台的综合任务管理单元、通用存储单元、刀片服务器、高速数据交换机等设备。通用信号处理单元、通用存储单元与刀片服务器对外配置千兆以太网和 FCoE 光纤接口，通用信息处理终端与综合任务管理单元通过千兆以太网接口互联，如图 4 所示。

3.2 基于中间件的集成框架

在信息对抗侦察系统开放架构计算环境仿真模型中，信息处理过程应用了 CORBA 和 DDS 两类中间件，基于 CORBA 和 DDS 的中间件集成框架如图 5 所示。其中，信息处理客户端配置人机界面构件进行人机交互构件集成；信息处理服务器端通过 CORBA 服务加载相关信息服务构件进行数据处理，通过客户端的人机交互按需进行数据应用，可实现多功能显控台的台位互换和互操作；DDS 分布式数据服务作为信息交换支撑环境，通过发布/订阅的方式提供传输数据的接口，为信息处理客户端/服务器上所有构件完成信息交互集成。

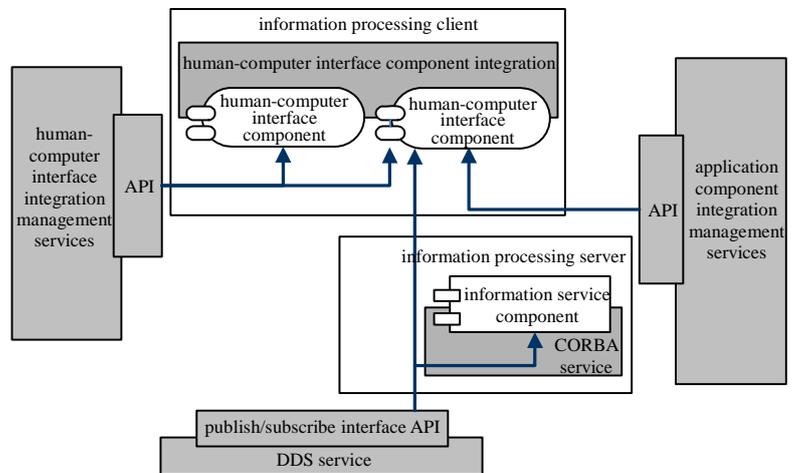


Fig.5 Middleware integration framework based on CORBA and DDS
图 5 基于 CORBA 和 DDS 的中间件集成框架

4 结论

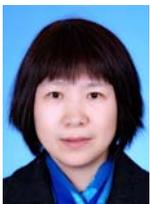
与作战系统开放架构计算环境相比,信息对抗侦察系统开放架构计算环境在组成规模、协作关系、业务应用等方面复杂度低,相对容易实现。本文通过仿真,以采用 COTS 技术的通用硬件平台为基础设施,以软件中间件为软总线对信号与数据处理、信息与任务处理等侦察功能软件构件进行了集成应用,验证了信息对抗侦察系统开放架构计算环境软件与硬件分离、业务应用与计算技术分离的可行性和有效性,可为一体化信息对抗侦察系统的设计与研制提供技术支撑。

信息对抗侦察系统开放架构计算环境具有开放性、通用性和可重用等技术特征,能够根据侦察平台和任务需求,通过软硬件即插即用,实现性能升级和功能扩展^[12];开放统一的软硬件标准和信息接口规范可用于信息作战情报支援体系,为多平台多维度的战场信息对抗侦察体系在总体架构、技术架构、功能架构,以及信息系统集成等方面的技术标准和接口规范制定提供参考。

参考文献:

- [1] 张明友. 雷达-电子战-通信一体化概论[M]. 北京:国防工业出版社, 2010. (ZHANG Mingyou. Integrative Conspectus of Radar-EW-Communication[M]. Beijing:National Defence Industry Press, 2010.)
- [2] 王艳. 海上 ESM 系统的发展[J]. 国际电子战, 2013,10:14-17. (WANG Yan. Development of ESM system on the sea[J]. International Electronic Warfare, 2013,10:14-17.)
- [3] 刘强,刘向君,周建平. 外军潜艇电子侦察系统技术现状与发展探析[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2013,11(4): 541-546. (LIU Qiang,LIU Xiangjun,ZHOU Jianping. Current status and development trend of electronic reconnaissance system for foreign submarine[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2013,11(4): 541-546.)
- [4] 姬叶华. 基于 VPX 总线的抗恶劣环境计算机[J]. 计算机工程, 2008,34(9):102-104. (JI Yehua. Rugged computer based on VPX bus[J]. Computer Engineering, 2008,34(9):102-104.)
- [5] 陈正捷,蔺宏江,陈志昊. 国外军用计算机数据交换技术的发展[J]. 兵工自动化, 2010,29(4):25-29. (CHEN Zhengjie, LIN Hongjiang,CHEN Zhihao. Development of data transmission technology for military computer in foreign country[J]. Ordnance Industry Automation, 2010,29(4):25-29.)
- [6] PEO IWS. Open architecture computing environment design guidance:version 1.0[S/OL]. (2004)[2012-02-15]. http://www.everyspec.com/USN/NSWC/download.php?spec=OACE_DSN_GUIDANCE_VER-1.011546.PDF.
- [7] 李明. 美海军开放式体系架构计算环境发展综述及启示[J]. 计算机与数字工程, 2012,40(12):56-59. (LI Ming. A survey of open architecture computing environment development in US navy[J]. Computer & Digital Engineering, 2012, 40(12):56-59.)
- [8] 董晓明,石朝明,黄坤,等. 美海军 DDG-1000 全舰计算环境体系结构探析[J]. 中国舰船研究, 2012,7(6):7-15. (DONG Xiaoming,SHI Chaoming,HUANG Kun,et al. Analysis on the architecture of USN DDG-1000 total ship computing environment[J]. Chinese Journal of Ship Research, 2012,7(6):7-15.)
- [9] Object Management Group. Data distribution service for real-time systems:version1.2[S/OL]. (2007)[2007-01-01]. <http://www.omg.org/spec/DDS/1.2/PDF/>.
- [10] Object Management Group. Real-time CORBA specification:version1.2[S/OL]. (2005)[2005-01-04]. <http://www.omg.org/spec/RT/1.2/PDF>.
- [11] 张剑. 基于 CORBA 的船舶信息系统集成方法[J]. 计算机与数字工程, 2012,40(7):77-79. (ZHANG Jian. Integrating method for ship information system based on CORBA[J]. Computer & Digital Engineering, 2012,40(7):77-79.)
- [12] 张建军. 轻型射频传感器系统高度综合化设计[J]. 电讯技术, 2010,50(12):1-3. (ZHANG Jianjun. High integration design of light RF sensor system[J]. Telecommunication Engineering, 2010,50(12):1-3.)

作者简介:



甄 君(1971-),女,辽宁省盖州市人,研究员,主要研究方向为信息对抗与情报侦察.email:yzhenjun@sina.com.cn.

梁 超(1982-),男,北京市人,工程师,主要研究方向为信息对抗.

夏俊青(1963-),男,北京市人,研究员,主要研究方向为信息对抗.