

基于云计算的空中编队协同作战研究

倪裕豪 倪国新 孙晓闻

(南京电子技术研究所 南京 210013)

摘要: 信息化条件下,隐身、强电子干扰、超视距攻击等新威胁使得空战环境日益复杂。为满足信息化作战、体系化作战等新型作战方式的要求,将具有分布式、虚拟化和高效资源管理等特点的云计算技术运用于协同空战中,从而实现战场分散资源的动态、弹性整合,大大提高体系协同作战能力。以此解决空战中不断出现的各类新威胁,做到料敌先机,掌握主动。从新时期空战的概念和手段出发,针对云协同的相关问题,首先介绍云计算技术在协同作战领域的应用,进而讨论基于云计算的云协同作战系统的工作原理,并设计系统体系分层架构,最后与传统组网协同进行比较,分析了基于云计算的协同作战模式的作战优势。

关键词: 云计算;空中编队;云协同

中图分类号: TN959.73 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.70

Research on the air formation collaborative warfare based on cloud computing

Ni Yuhao Ni Guoxin Sun Xiaowen

(Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing 210013, China)

Abstract: Under the condition of informatization, the new menaces make the air battlefield environment more and more complicated, such as stealth, strong electrical interference, beyond-visual-range attack and so on. To meet the demand of new systematic operational, cloud computing is applied to air formation collaborative warfare. With the characteristics of distributed computation, virtualization and efficient resource management, cloud computing is able to reorganize dispersive operational resource organically, which can greatly improve the cooperative engagement capability. This approach can solve the various new threats, which helpsfighters to master the situation on the battlefield. Aimed at the issues related to the conceptand means of cloud collaborative warfare, this paper introduces the application of cloud computing tocollaborative warfareat first. And then the operating principle ofcloud collaborative combat system based on cloud computingis discussed. Furthermore, the system architectureis presented. At last, this paper analyses the advantages of cloud collaborative warfare, compared with the traditional networking collaborative mode.

Keywords: cloud computing; air formation; cloud collaborative warfare

1 引言

在未来空战格局网络化、隐身化发展的趋势下,战场环境日益复杂,隐身飞机、无人机、高超目标、临空目标等新威胁不断出现。这些威胁具有高快隐、低小慢等主要特征,使得单部雷达探测敌空中目标越来越困难、预警时间越来越短、拦截打击难度越来越大,依赖单一的雷达已经难以满足作战系统的需求。在这种复杂战场环境下,需充分利用多雷达协同运作提高探测能力,提高航迹、点迹和多层次信息融合能力,实现比单部雷达更广的目标探测范围,增强目标探测的实时性和精确性,提升空中编队的作战能力。

信息化条件下,为实现空战中目标的信息优势、决策优势和交战优势,就需要对空中编队协同探测系统进行技术革新,使其具备高效的传感器资源协同管理能力、实时的战场态势信息共享能力、快速的不完全信息分析处理能力、精确的协同制导打击能力,以最快速度实现对目标的“探测、识别、跟踪、攻击、导引”,做到先敌发现、先敌发射、先敌命中^[1]。

云计算是一种全新的计算和网络应用模式,是分布式处理、并行处理、网格计算的发展与延伸^[2]。云计算依靠其“计算虚拟化、分布式协同”^[3]的特征,通过整合各类分散的资源形成一个动态、弹性可扩展、功能强大的协同系统。同

时,云计算所具备的“高效动态资源管理能力”和“实时海量信息处理能力”^[4]使其逐渐成为IT行业、军事领域的研究热点,应用前景广阔^[5-9]。目前,国内外的云协同技术主要限于理论研究,如2010年日本防卫省技术研究院提出的i3五代机概念中包含的“云射击”技术以及2013年美空军提出的“作战云”(combat cloud)概念等,为确保未来实际研发阶段的顺利进行,进一步的应用研究和理论完善仍然十分必要。鉴于此,本文在分析了云计算在空中编队协同作战中的应用优势的基础上,提出了一种空中云协同作战体系架构,并从战术运用角度分析了云协同作战模式,最后在与传统组网协同相比较的基础上,分析云协同的作战优势。

2 云协同作战

随着信息技术和网络技术的发展,协同作战模式也在不断进步和完善,如图1所示。传统的平台中心战主要围绕武器平台进行,各平台相对独立,依据自行获取的战场信息指挥火力系统作战,效能低下。在信息技术飞速发展和军事思想变革的新时期,依靠单个平台自身的作战资源难以应对复杂多变的战场环境,必须将各平台进行组网,形成以网络为中心的资源共享模式,实现作战飞机从“平台中心战”转向“网络中心战”^[10]。网络中心战的核心是利用网络将作战体系内各种作战要素进行组网,形成一个信息共享、综合运用的协同作战体系。

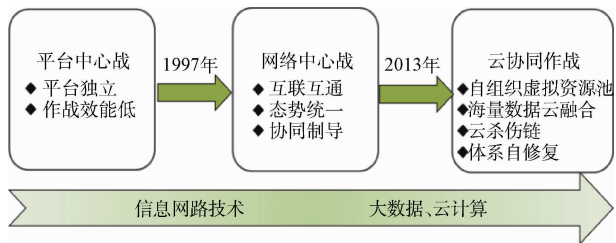


图1 协同作战模式的发展趋势

随着大数据、云计算技术的迅速发展和军事思想变革,协同作战样式从简单的作战要素之间互联互通、态势统一、协同制导,逐渐发展为基于自组织虚拟资源池、海量数据实时云融合、分布式“云杀伤链”、作战体系自修复为特征的“云协同”时代^[11]。

空中编队协同执行任务就是将具有自主功能的战机根据需求保持机群整体飞行过程中的相对稳定的队形,其目的是发挥单机的最大作战效能,从而更安全、可靠、高效地完成空中侦察、监视和作战等多种作战和飞行任务^[12-13]。空中编队的多机云协同作战,能够充分利用各个飞机的作战资源和空间占位,将是未来空战的主要模式。云协同作战,旨在引入“云计算”的战术运用来协调所有可用的战场资源为特定作战任务提供一系列的数据传递、资源共享、指挥与控制服务。它是将广泛分布于战场环境中的传感器、射手、武器等战术资源以及计算、存储、通信等基础资源相

互链接而形成的一个高效作战“云”网络,利用云计算相关技术解决好各传感器的协同探测与跟踪问题,通过情报、侦察、监视、指控网络在体系层面实时高速共享各域“传感器与射手”提供的数据^[14],以便能够快速、高效地获取目标信息,实现战场态势统一,为打击指控提供数据支持,并提升存在于云杀伤链中的各类战术任务的作战效能。虚拟化接入到云端的战术与基础资源,由“云”负责进行统一管理与调度的同时,也使得“云”获得高速计算、动态存储等底层支撑能力以及高效战术任务执行能力,为云协同作战提供了很好的技术支持。

2.1 云协同作战系统工作模型

空中编队云协同作战系统是一个包括空中歼击机编队、空中电子战飞机编队、空中无人机编队、空中侦察机编队、预警机、地面指挥站以及天基卫星等各类战场资源的复杂大系统。利用云计算的数据共享、分布式计算、高效资源管理和调度等技术,可实现这些资源的合理调用和最优化协同运作。图2所示为云协同作战系统工作模型。由于其战术运用特性,系统在构成上采用客户端/云端(client/cloud,C/C),将传统的金字塔式树状结构的指挥协同作战模式改变为“端-云-端”的信息共享、协同作战新模式^[15]。利用云计算虚拟化技术将战场的存储、计算、通讯等基础资源和雷达、武器等战术资源虚拟化形成云端。云端可动态部署于预警机平台、航母平台或地面指挥站,负责根据具体的任务需求动态分配合适的资源供客户端使用,并实时共享战场信息,辅助完成决策打击。客户端向云端提供资源、数据和服务,同时根据任务需要向云端请求共享的资源、数据和服务。在云端和客户端的协同下,系统能够实现战场资源的高效管理和战场态势的实时共享,从而实现作战单元间的高效协同。

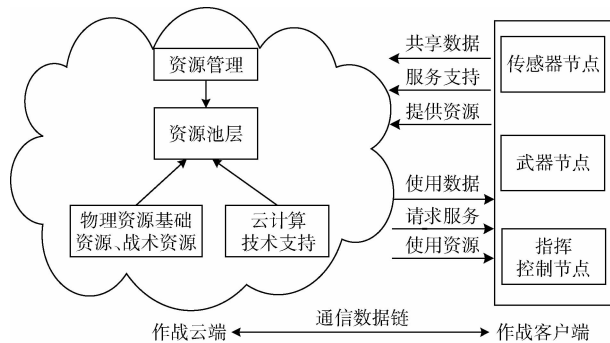


图2 云协同作战系统工作模型

云协同网络在构成上实现了传感器、武器、指挥控制平台的松耦合连接,使得作战飞机不再只能依靠本平台机载传感器探测和跟踪目标、不再只能依靠本平台计算存储资源进行信息处理和任务解算、不再只能发射本平台挂载的武器对目标进行打击。资源池层和资源管理系统是整个作战云端的核心。资源管理系统负责对计算、存储、通信网络

等基础资源和数据、传感器、射手、武器等战术资源进行管理与控制。对于基础资源,资源管理系统根据具体作战任务需要分配最优的计算、存储、通讯资源,从而快速解算“战术资源优化分配”问题;对于战术资源,资源管理系统为前方作战节点分配最优的数据、传感器、射手、武器,以供其执行协同作战任务。二者相互支持,能够充分实现资源的聚合优化和最佳配置,这将大大提升资源利用效率和协同作

战效能。

2.2 云协同系统体系架构

图3所示为云协同作战系统面向服务(SOA)的体系架构。考虑到作战行动的实际需求,结合当前云计算的应用与研究,可将云协同作战体系架构划分为物理资源层、云技术层、资源池层、平台层、应用服务层和系统管理层6层。这6层结构在功能上层层递进、互为支撑。

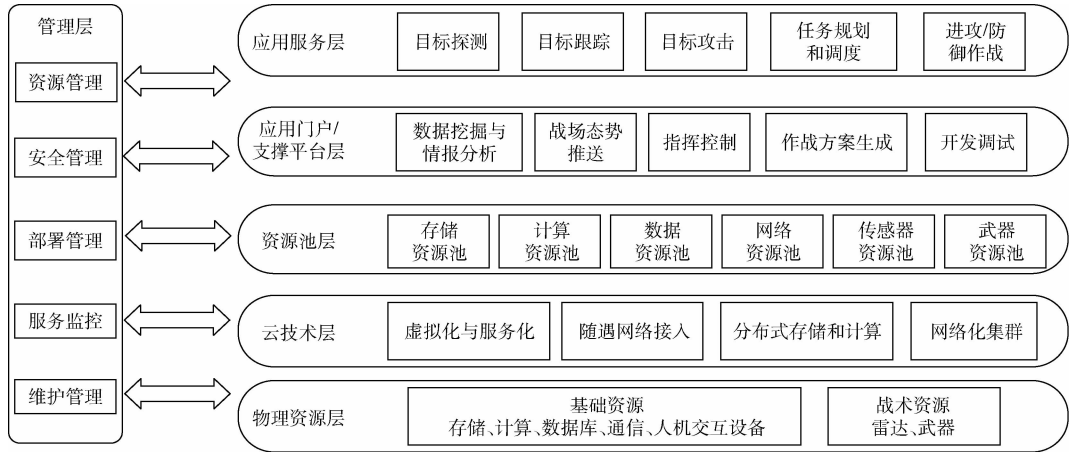


图3 云协同作战系统 SOA 体系架构

物理资源层是系统的基础设施层,包括存储设备、计算设备、数据库、通信设备、人机交互设备等基础资源以及雷达、武器等战术资源。

云技术层为系统提供底层技术支持。具体包括虚拟化与服务化技术、随遇网络接入技术、分布式存储与计算技术、网络化集群作战等。

资源池层是利用云计算技术对分散部署的同型异构物理资源进行虚拟化处理和抽象聚合,形成包括计算、存储、通信、传感器、武器等在内的简明易用且弹性可扩展的资源池。

支撑平台层依托资源池层提供的各类资源,按作战要求将云计算能力封装成具体的作战能力,包括数据挖掘与情报分析、态势推送、指挥控制、作战方案生成、开发调试等能力。

应用服务层是系统对平台层提供的作战能力进行动态组合形成作战所需的各类应用服务,包括目标探测、目标跟踪、目标攻击、任务规划和调度、进攻/防御作战等服务。

系统管理层是系统对外提供作战服务的基础和保障,包括资源管理、安全管理、部署管理、服务监控和维护管理等。系统管理层也是客户端与云端的服务交互接口,负责保障战场态势、数据信息、作战资源和作战节点的实时、无缝结合。

3 基于云计算的空中编队协同作战模式

3.1 传统机载雷达组网协同

网络化作战中,各种数据链广泛应用,各战机之间的

空中编队组网协同作战成为一种常用的作战模式。将作战区域内不同频段、不同体制的各战机雷达进行动态组网,能够有效解决单机雷达在连续探测、跟踪和数据处理等方面的不足,实现雷达的最优化协同运作。以美军4代机为例,美军为F-22、F-35等4代机配备了具备低截获特性的飞行平台间数据链(IFDL)和多功能先进数据链(MADL),用于机载雷达组网。

通过IFDL,空中编队可了解其他战机的雷达探测信息、武器状态信息和交战信息,进行多机间的协同探测、定位跟踪和火力打击,实现战术协同和火力协同。

如图4所示,利用IFDL可进行多编队组网实现超视距空战。每个小编队中的战机可通过IFDL进行信息交互,各个小编队的编队长机之间可通过IFDL进行编队间的信息交互。然而,IFDL无法实现一对多和多对多的信息交换,只能进行战机间一对一的信息交换。并且由于数据链频段、波形的不同以及通信接口的差异,无法实现跨

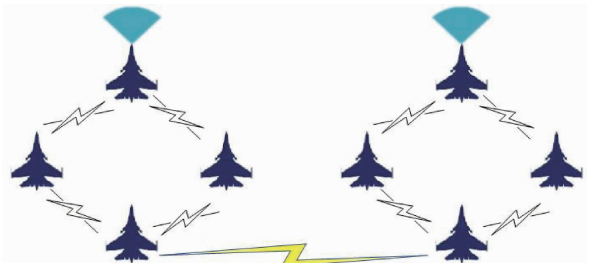


图4 传统编队组网协同作战模式

代机的数据交换,导致跨代机种间的编队协同存在一定难度。

此外,传统雷达组网的体系架构还存在一些共性的问题:1)无法与上级系统或其他子系统进行充分的信息共享;2)涉及多个作战单位、多种体制雷达时,组网变得较为复杂;3)系统硬件维护的时间成本和经济成本高等。

3.2 空中编队云协同作战模式

与传统多平台组网协同相比,云协同充分利用云计算全球性、分布式、网络化的特点,强调从作战体系层面实现各平台的实时高速信息共享和跨域协同。将战场上分散部署的资源、信息、数据汇聚成“云”,每个作战平台作为一个节点自组织入“云”出“云”,实现战场数据的网状交互。

将空中编队协同空战系统中每架战机的作战节点细

分为传感器探测节点、指挥控制节点和武器节点3类,如图5所示。协同作战过程中利用数据链将各节点组建为“云”。探测节点协同控制多雷达的工作模式、扫描时间和空间等参数,在指定作战区域对目标进行协同探测,并将目标探测信息,包括目标数量、方位信息、威胁警告信息等上传至云端,与各指挥控制节点共享信息。各指挥控制节点中优先级高的一个指挥控制节点作为指控中心,负责空中编队作战指挥,组织各指挥控制节点接收探测信息、上级命令和战场态势信息,形成统一的战场态势,并根据战场情况进行目标跟踪、火力打击、掩护攻击等任务分配。指挥控制中心也可部署于地面、海上航母或预警机。武器节点向云端实时提供状态信息,通过云端实现体系内武器系统的集中使用,形成最优火力配置和火力打击效果。

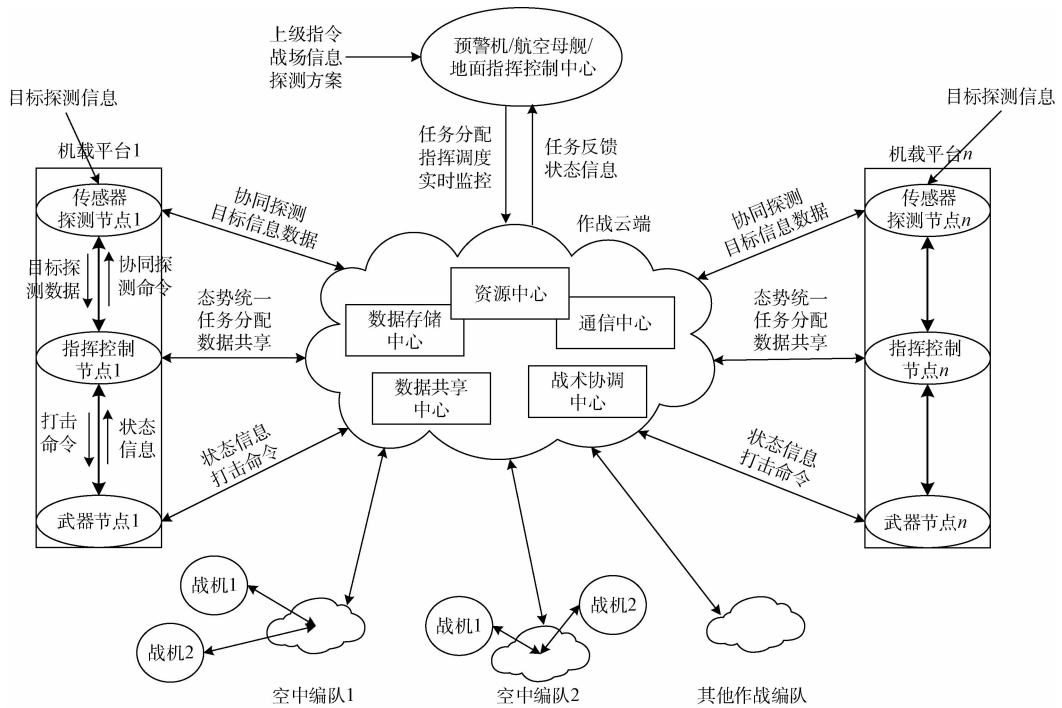


图5 编队云协同作战模式

图5中,作战云端扮演着数据存储中心、数据共享中心、资源中心、通信中心、战术协调中心等角色。战场数据通过云端在各节点实时“流动”,分散的资源通过云端进行高效调用。在对敌进行大规模的探测和打击时,各独立战机、空中编队均可通过云端参与协同作战。作战时,首先由一架或多架战机完成目标的探测和跟踪,并将数据上传至云端,各作战单元共享数据实现态势统一,由云端调用最适合进行火力打击的战机完成导弹发射,随后云端多架战机接力探测目标,更新目标数据,向导弹发送航迹修正指令,完成导弹制导,并确认目标是否已被消灭。指挥控制中心通过云端实时监控作战任务,根据信息反馈及时进行任务和战术调整。这里的“云”不是简单的将各编队战机等平台连接到一起,而是更多地考虑到与各型战斗机、

侦察机、无人机、预警机等不同平台的连接和配合,甚至能将卫星、军舰、地面部队等平台囊括其中,实现最高效、最大范围、最优资源调用的跨域协同作战。

4 结 论

云协同作战是云计算技术在协同作战领域的新思路、新应用,是网络中心战的进一步发展。本文针对空中编队协同作战问题,提出了利用云计算技术构建云协同作战系统,提高协同作战效能,其核心是利用云计算虚拟化、分布式等特点,整合空战中分散部署的作战资源组成虚拟存在的“云”,在体系层面实现各节点高速实时信息共享和最优资源调用。文章分析了云协同系统的作战模式,并与传统的组网协同进行比较。分析表明,云计算技术大大提高了

空中协同作战效能,在解决了传统组网局限性的同时,使得协同模式更加弹性、动态以及最优资源调用,将为作战理念、作战样式和装备体系建设等领域带来深远变革。由于时间原因,文章未能通过实际搭建云协同系统进行实验验证,但为进一步的理论完善和实践提供了借鉴。

参考文献

- [1] 高晓光,万开方,李波,等. 基于云协同的网络集群反隐身火控系统[J]. 系统工程与电子技术, 2013, 35(11):2320-2328.
- [2] 孙义明. 网络中心战支持技术[M]. 北京:国防工业出版社, 2010:1-278.
- [3] GIEDRIMAS V, VARONECKAS A, JUOZAPAVICIUS A. The grid and cloud computing facilities in lithuania. [J]. Scalable Computing, 2011, 12(4): 417-422.
- [4] GUO L, GUO Y, TIAN X. IC cloud: A design space for composable cloud computing [C]. IEEE International Conference on Cloud Computing, Cloud 2010, 2010:394-401.
- [5] DEVELDER C, DE LEENHEER M, DHOEDT B, et al. Optical networks for grid and cloud computing applications [J]. Proceedings of the IEEE, 2012, 100(5):1149-1167.
- [6] 张德丰. 云计算实战[M]. 北京:清华大学出版社, 2012:1-41.
- [7] YASUDA H. A vision on the information and communication technologies (ICT) using cloud computing environment [C]. ITU-T Kaleidoscope: Beyond the Internet? - Innovations for Future Networks and Services, IEEE, 2010:1-5.
- [8] YU H, POWELL N, STEMBRIDGE D, et al. Cloud computing and security challenges [C]. Southeast Regional Conference, 2012:298-302.
- [9] WANG L, RANJAN R, CHEN J, et al. Cloud computing: methodology, systems, and applications[J]. ZTE Communications, 2011(8): 60-62.
- [10] ALBERTS D S, GARSTKA J J, STEIN F P. Network centric warfare: Developing and leveraging information superiority [C]. Command and Control Research Program (CCRP), 2008:78-79.
- [11] DEPTULA D A. A new era for command and control of aerospace operations [J]. Air & Space Power Journal, 2014,28(4): 4-5.
- [12] 雷金奎,马媚,张小林. 基于 Visual Studio 的无人机地面配置及检测平台设计[J]. 国外电子测量技术, 2011,30(8):1891-1897.
- [13] 袁春娟,郭淑霞. 一种应用于无人机编队通信的防碰撞方法[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(2):69-73.
- [14] BUTLER A. Pentagon's 'combat cloud' concept taking shape [J]. Aviation Week & Space Technology, 2014.
- [15] 王子刚,陈菊红. 云计算在军队信息化建设中的应用探析[J]. 中国信息界, 2011(9):41-43.

作者简介

倪裕豪,1991年出生,硕士研究生,主要研究方向为雷达信号处理、机载雷达协同作战等。

E-mail:niyuhao_nju@sina.cn