

Research on the Networked Cooperative Engagement System of Ground-To-Air Missile Based on Virtualization Technology

Haizhou Fan, Gang Yang, Bingzhuo Wei, Peiran Xu, Zhennan Yao

Shanghai Electro-Mechanical Engineering Institute, Shanghai
Email: fanhaizhou@163.com

Received: Mar. 21st, 2020; accepted: Apr. 7th, 2020; published: Apr. 14th, 2020

Abstract

Under the current complex battlefield of Network Centric Warfare (NCW), warfare evolves from a single arm against to the overall military confrontation. For promoting the application of cloud computing in military field, research on the networked cooperative engagement system of ground-to-air missile based on virtualization technology was conducted. The definition and features of virtualization technology are introduced; the architecture and combat mode of the networked cooperative engagement system based on virtualization technology is designed. Finally the main technical approaches are analyzed. All the content makes the cooperative air defense and anti-missile come true, and expresses the fighting capacity of the ground-to-air missile sufficiently.

Keywords

Cloud Computing, Virtualization, Networked, Cooperative Engagement

基于虚拟化的地空导弹网络化协同作战研究

范海洲, 杨刚, 魏兵卓, 徐沛然, 姚振楠

上海机电工程研究所, 上海
Email: fanhaizhou@163.com

收稿日期: 2020年3月21日; 录用日期: 2020年4月7日; 发布日期: 2020年4月14日

摘要

当前“网络中心战”形式的复杂战场态势下, 战争形态从单一兵种对抗逐渐演变为整体军事力量对抗。

文章引用: 范海洲, 杨刚, 魏兵卓, 徐沛然, 姚振楠. 基于虚拟化的地空导弹网络化协同作战研究[J]. 人工智能与机器人研究, 2020, 9(2): 74-81. DOI: 10.12677/airr.2020.92009

为推进云计算在军事领域中的应用,对基于虚拟化的地空导弹网络化协同作战模式进行研究。介绍了虚拟化的定义和特点,设计了基于虚拟化技术的网络化协同防空作战体制架构和作战模式,最后分析了主要技术途径,以实现协同防空反导,最大限度地发挥地空导弹的整体防空作战能力。

关键词

云计算, 虚拟化, 网络化, 协同作战

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着信息化战争的加速发展演进,攻防体系对抗的复杂性、多样性、不确定性等日益凸显。与此同时,伴随先进信息技术的发展及军事应用,战场信息获取及组织模式也正悄然发生变化,给战争组织形态带来深刻变革。从近十年来世界范围内发生的较大规模战争可以看出,空袭作战已实现了体系化、信息化和网络化。信息化作战条件下的战争形式由“平台中心战”向“网络中心战”[1]发展,网络中心战的核心思想是要让所有作战单元都融入作战信息传输网络,使所有参与作战的单元都能在正确的地点、正确的时间、以正确的方式获得正确的信息,也就是实现所有作战参与单元协同的联合作战。未来信息化、体系化作战将打破军种、领域之间的界限,需要将各种力量要素融合起来[2],美国陆军“多域战”概念正是在这种背景下提出的,是在所有领域协同运用跨域火力和机动,以达成物理、时间、位置和心理学上的优势,实现从“军种联合”向“多域融合”的转型[3]。

为有效对抗当前及未来的信息化空袭打击体系,未来防空应发展为网络化、体系化作战模式。美国特别重视发展协同作战指挥控制和通信系统,如IBCS、CEC、“下一代企业网”项目等,通过指挥控制作战管理和通信(C2BMC)系统,将分布在全球的探测传感器、拦截武器、多级指挥控制系统联结成一个整体,形成了体系作战的合力[4]。近年来,尤其随着云计算、大数据、物联网和人工智能的不断发展和融合,其服务领域也不断扩大,除广泛应用于社会智能、医学、商业、地理信息、生物学等行业外,世界主要军事强国正加紧推进云计算等军事智能技术的应用研究[5],希望通过云计算将信息优势转化为决策优势、作战优势,实现向“网络中心战”转型[6]。借助云计算虚拟化的网络服务优势,研究基于虚拟化的地空导弹网络化协同作战模式,实现资源优化配置与信息共享运用,提升网络化防空作战能力。

2. 虚拟化的内涵及优势

2.1. 虚拟化的概念

美国“国家标准化与技术研究所”(NIST)对云计算给出的定义如下:云计算是这样一种运行模式,它要构建一个可随时随地、便利、按需通过网络接入的可配置计算资源共享池(如网络、服务器、存储器、应用程序和服务),并且该资源共享池在只需最低限度的管理工作或与提供者交互情况下能够快速提供服务并释放资源。

根据美国 NIST 的定义,云计算是一种分布式计算,以虚拟化技术为基础,通过网络将处理程序拆分成多个子程序,在大量计算机构成的资源池上分配计算,然后将处理结果返回给用户。计算资源存在

于网络上，统称为“云”，“云”是各种资源的抽象。云计算是一种通过整合大规模动态可扩展的计算、存储、数据、应用等分布式计算资源进行协同工作的超级计算模式。本质上，云计算通过计算资源的虚拟化组织、分配和使用，实现计算资源的合理配置，避免计算过程的重复和浪费，使用户能按需获取计算能力、存储空间和信息服务，提高计算资源的利用率[7]。

因此，虚拟化是云计算基础架构的核心，是云计算发展的基础。在云计算中，数据、应用和服务都存储在云中，云就是用户的超级计算机，云计算要求所有的资源能够被这个超级计算机统一管理，但是，各种硬件设备间的差异使它们之间的兼容性很差，这为统一的资源管理提出了挑战。虚拟化技术可以将物理资源等底层架构进行抽象，使得设备的差异和兼容性对上层应用透明，从而允许云对底层千差万别的资源进行统一管理。

虚拟化技术是指计算软件在虚拟的基础上而不是真实的基础上运行，它可以扩大硬件的容量，简化软件的重新配置过程，减少软件虚拟机相关开销和支持更广泛的操作系统方面。通过虚拟化技术可实现软件应用与底层硬件相隔离，它包括将单个资源划分成多个虚拟资源的裂分模式，也包括将多个资源整合成一个虚拟资源的聚合模式。虚拟化技术根据对象可分成存储虚拟化、计算虚拟化、网络虚拟化等，计算虚拟化又分为系统级虚拟化、应用级虚拟化和桌面虚拟化。在云计算实现中，计算系统虚拟化是一切建立在“云”上的服务与应用的基础。虚拟化技术目前主要应用在 CPU、操作系统、服务器等多个方面，是提高服务效率的最佳解决方案。

2.2. 虚拟化在军事应用中的优势

由于云计算技术在军事领域具有潜在的全面而积极的影响，因此近年来美军一直致力于运用云计算技术的探索研究，美空军近期提出了“作战云”概念，试图通过云计算虚拟化最大限度发挥等美空军作战飞机配备的先进电子信息系统的潜力，实现基于高速互连网络的协同处理，充分利用整个作战编队获取的情报和数据信息，在这些信息能够在整个网络内按需自由流动的基础上，综合调配各种作战力量，将协同作战的理念扩大化、系统化和具体化。

基于虚拟化的云计算技术在网络化作战的应用，将使网络协同更进一步具体化，更加面向作战任务，也将给未来作战模式带来颠覆性的改变。

2.2.1. 提高协同作战效能

云计算核心是各节点基于高速互连网络的数据交换，虚拟构建各节点可按需获取的资源池，并且资源池的运行和管理尽可能地自主化，资源的获取和释放都简洁、快速，将作战空间内海、陆、空、天域内的所有作战节点互连成一个无缝、分布式运行、自组织、自愈的综合信息体系，也就是所谓的跨作战域、跨维度的综合信息体系，将作战平台的功能如侦察、打击、后勤等作为一个共享资源池，基于体系实现信息的无缝共享、多源融合和数据按需获取，力求实现跨域作战能力如探测、指控、火力打击、后勤等的集成，以体系能力共享的方式，充分发挥每个节点和作战系统的能力，按需统一调配，提高各作战单元和系统的整体作战效能，将网络化协同作战的效能发挥到极致。

2.2.2. 提高资源利用率

虚拟化技术为作战系统提供一种动态接入的资源池，将当前可用的设备资源都纳入到资源池中。这样系统有很强的任务调度能力，在战时系统负载迅速增高时，可以快速申请扩展资源，而当资源需求不高时则减少系统资源。分布式的资源和网络带宽甚至信息流都可以根据客户端的需求进行分配，使资源可以在同一时间支持更多的用户使用，这样就跨越了硬件的局限。虚拟化技术使硬件计算资源可以获得更高的利用率，在战时可以提高资源利用效率以满足各层次用户的不同需求。

2.2.3. 提高指挥控制效率

传统作战指挥与控制的信息流程结构绝大多数为“树状”结构，这种层级模式对应现有指控模式和情报收集、处理和分发模式，结构虽然阶梯明显、层次清楚，能够较好地实现效率与能力的平衡，但是，随着战场上数据的迅猛增加，以及各作战单元协同作战对数据支持的需求日益迫切，现有的层级结构在某些方面已经成为了数据按需流动的障碍，且一旦中心节点出现故障，整个系统就处于瘫痪状态。而虚拟化技术则采用类似异构结构的体系架构以打破不同层级之间隔离，构建扁平式的“云”结构作战指挥与控制结构，这种分布式指挥控制模式将为作战指挥提供极高的灵活性，表现出了更为高效的特征。

3. 基于虚拟化的地空导弹网络化协同作战模式

3.1. 体制设计

为了满足未来信息化作战需求，贯彻网络化作战能力建设理念，解决传统地空导弹武器系统指控架构灵活开放性差、网络重组重构能力差、火力级协同作战能力不足等现实问题，设计“宽带自组 + 资源解耦，动态组织、高效协同”的网络化协同作战体制，构建可动态自组的网络化协同通信网，实现各武器系统、作战单元、节点的互联互通，采用虚拟化技术对资源进行解耦，实现信息共享和资源动态组合，具体论述如下：

a) 宽带无线自主协同，动态网络重构。

面向协同作战运用需求，采用具备较强硬件性能并支持软件升级的通信系统，使通信网络实现武器系统作战装备扁平化、无中心组网，支持各作战装备节点动态入网和脱网，支持战场环境下网络化协同作战的实时动态重构。

b) 作战资源解耦，动态资源分配。

采用虚拟化设计理念，基于“资源解耦”的概念对武器系统内探测跟踪、指挥控制、火力控制、制导和发射等资源进行资源池化，构建武器系统资源池，指挥控制中心能够根据作战部署和任务关系动态聚集，形成虚拟作战单元，确保在复杂高动态战场环境下实现最优拦截。

3.2. 架构设计

3.2.1. 通信网络架构

地空导弹网络化协同作战采用扁平化网络结构，基于网络化协同通信网，构建分布式、基于多跳可达、实时/非实时业务混合的交互网络，实现分布式组网，支持网络无中心，网络内各节点通信功能和地位平等，任意两点间均可通过有线或无线信道传输语音、数据、图像等业务，可实现网内“一点发现，全网皆知”的情报共享能力，网内各作战单元可实现“随遇入网”；同时，采用环境智能感知技术，根据战场电磁环境特性、地理位置、通信距离、信息量等，实现网络智能感知及自适应调整。

通信网络架构如图 1 所示。

3.2.2. 作战应用架构

地空导弹网络化协同作战采用“边缘云-端”架构。“边缘云”部署在各作战单元内，汇总本单元内各设备信息，并为其提供集中计算和信息服务。“端”指的是与“边缘云”进行数据交互的物理设备，包括雷达、光电等设备实体，以及操控席等人机交互终端。

“边缘云”以服务器为硬件平台，并使用虚拟化技术对服务器的计算、存储、数据等资源进行整合，形成计算资源池和存储资源池，为分布式计算和存储提供支持。当某计算服务出现故障时，计算资源可根据需要启动备份服务，保证作战任务通道的灵活组织[8]。具体作用如下：

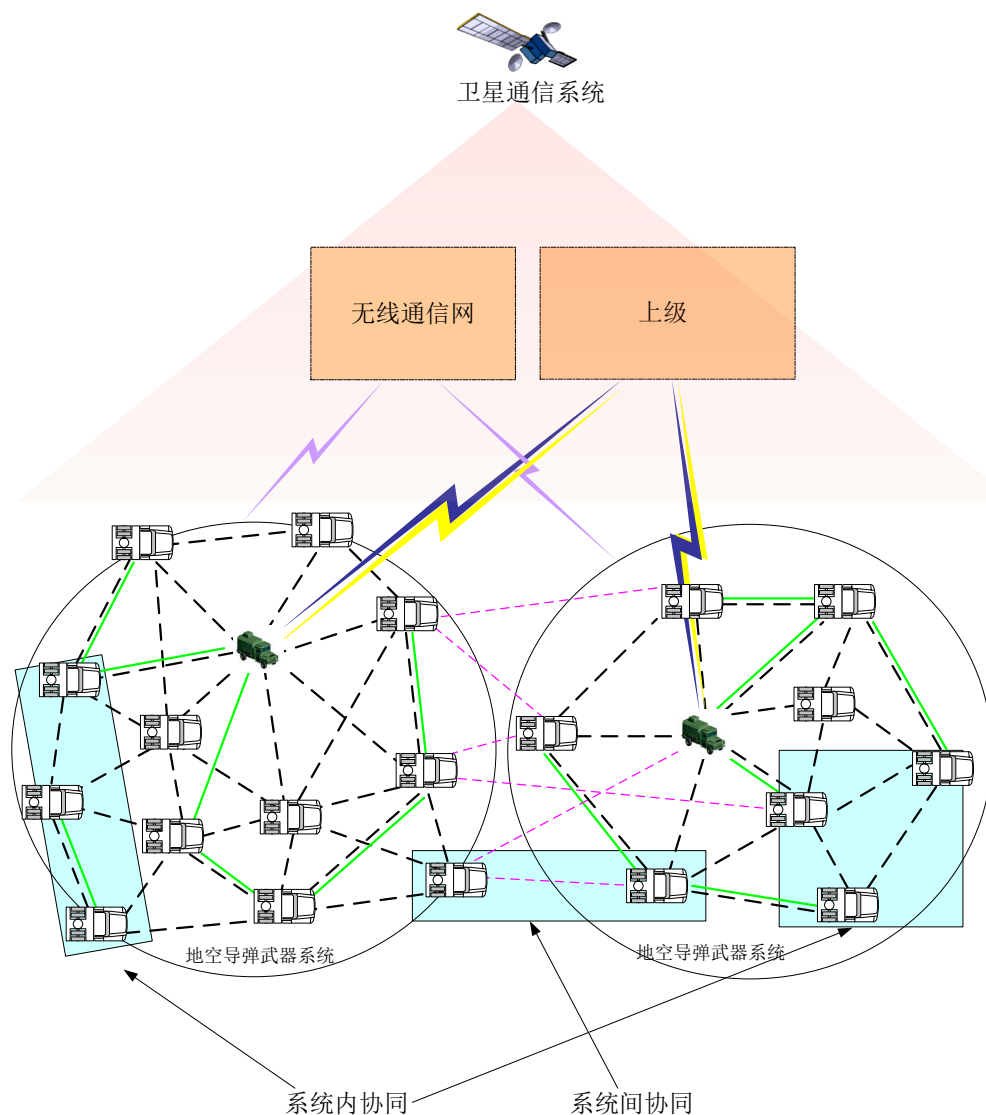


Figure 1. Communication network architecture of networked cooperative engagement system
图 1. 网络化协同作战通信网络架构图

- a) 能将作战单元“端”设备资源化，将如雷达、光电等设备虚拟为可使用的作战资源服务；
- b) 能将算法模型和策略模型进行解耦，并封装成服务；
- c) 能起到网关作用，将资源和服务发布，并能将服务推送到指定的消费节点。

“端”以面向服务的方式向“边缘云”请求计算资源，与其进行数据交互。“端”硬件根据设备的不同使用不同的硬件平台，常规下为作战单元内设备节点。

地空导弹网络化协同作战应用架构如图 2 所示。

借助“边缘云”的端管理服务，基于虚拟化的地空导弹网络化协同作战模式可以打破以往作战资源强闭环状态，将武器系统的探测单元、跟踪单元、火力控制单元、制导单元和发射单元(含导弹)等作战资源直接接入协同通信网，提供各类服务，由指挥控制系统依托“边缘云”，从时间和空间上统筹调度这些功能单元，形成最优的作战资源分配规则，构建虚拟作战单元，组织和实施以虚拟作战单元为中心、资源服务支撑的协同作战，实现作战资源在拦截效能上的合理分配。

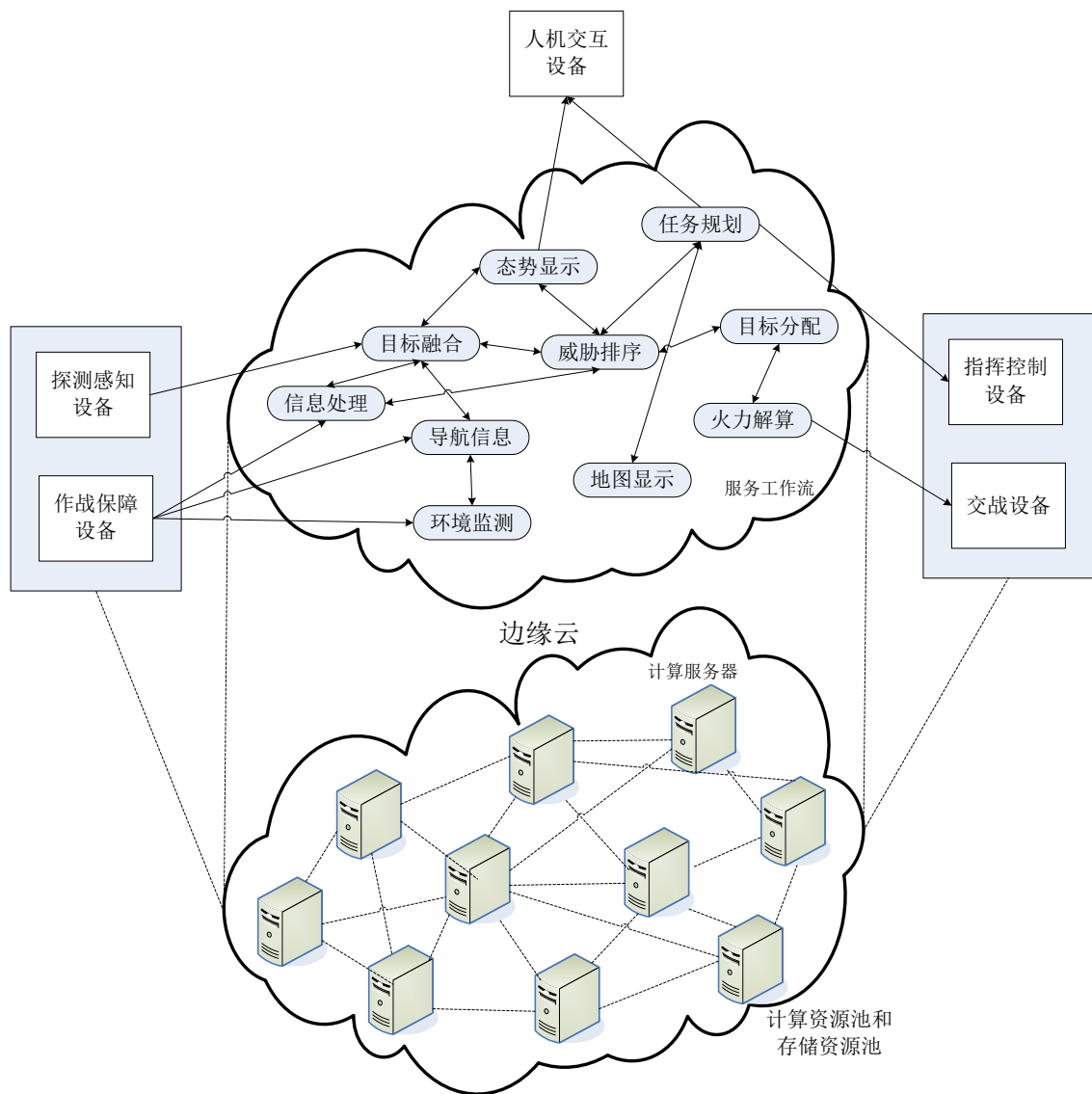


Figure 2. Application architecture of networked cooperative engagement system
图 2. 网络化协同作战应用架构图

3.3. 作战模式设计

在地空导弹网络化协同作战过程中，系统始终保证具有一个指挥中心。在常规模式下，指挥中心为指挥车，在非正规模式下，可选择其他作战车辆升级为指挥中心。指挥中心用于提供数据和计算资源，能汇总系统中所有探测资源形成空情资源池。同时根据作战态势，将系统内跟踪资源池、制导资源池、发射资源池进行最优组合，形成云作战能力。

如作战环境需两个或以上系统进行协同时，战场将存在两个或以上指挥节点，各指挥节点边缘云数据自动融合，可将一个指挥节点升级为主要指挥中心，其余指挥节点除了承担备份任务外，还能提供计算资源，对系统计算进行负载均衡。各作战单元连接任何一个指挥节点都能获取需要的服务，行使自身任务。此模式下，指挥中心边缘云实时接收系统内部和外部作战信息，调用边缘云相关服务显示综合态势信息并接受人工操作。各作战单元边缘云将本车跟踪资源、制导资源和发射资源汇总至指挥中心。

指挥中心获取系统探测资源,实时接收系统内部空情信息、地面状态信息,通过调用边缘云相关服务对资源进行统一滤波处理、空情融合和多站定位等形成空中、地面统一态势,实时接收系统内部各项资源,并将上述信息汇总成资源池。指挥中心根据资源池,进行火力资源动态优化配置,对所属的作战资源进行汇总,可通过手动或自动模式将系统资源分配至各作战单元,虚拟为虚拟作战单元。

在作战过程中,指挥中心可指定其他一个指挥节点作为主备指挥节点,主备指挥节点将指挥中心边缘云关键数据进行热备,当指挥中心无法继续作战时,该指挥节点可升级为指挥中心,执行相关指挥任务。主备指挥节点会自动选择次备指挥节点,并将关键数据发送次备指挥节点热备。

4. 主要技术途径

4.1. 作战资源动态分配技术

所谓作战资源动态分配就是要统筹运用资源,达到作战效能的最大化。作战资源包括跟踪资源、制导资源、导弹资源等几类,实现跟踪资源动态分配、制导资源动态分配、导弹资源动态分配等。

a) 跟踪资源动态分配通过动态的调整跟踪目标,达到对目标跟踪总效益的最大化;

b) 制导资源动态分配通过灵活地组建火力使能链,均衡地使用制导资源和导弹资源,避免资源使用的短板或者浪费;

c) 导弹资源规划通过边界效益的约束,选择对目标的最优火力使用量化方案。

根据作战目标是否具有对抗性,将其分成非对抗性(如巡航导弹、部分类型无人机、制导炸弹)和对抗性目标(如固定翼有人机、武装直升机等、反辐射导弹载机、反辐射导弹)两种情况进行考虑。这样区分是因为对两类目标所采取的策略的积极性不同。对非对抗性目标,无需考虑目标的对策,是一种单纯的优化资源分配问题,对于对抗性目标,需要考虑目标的对抗和战术行为,需要稳妥地安排资源的使用和分配,通过资源的使用诱导和引导敌人的行为至对射击最有利的态势。

4.2. 网络化协同机制技术

传统平台中心战模式下,各作战单元传感器和导弹资源在本单元火力控制下,形成本作战单元控制、跟踪和制导闭环;各作战单元接受上层指挥控制系统的统一指挥,形成统一态势场,进行目标优化分配。

网络化协同作战模式下,通过对传感器资源、火力资源和发射资源的分布式感知、按需整合和智能化管控,综合和优化利用各平台资源,将广域空间分布的资源在信息、信号、射频等不同层次进行共享,实现对敌的体系作战能力。该模式是网络化作战概念下的云作战模式,其核心是作战资源的虚拟化和池化。

5. 结束语

随着世界武器装备和军事技术的发展,云计算、大数据等网络深化发展的新技术将对未来战场主要作战样式的发展带来深远的影响。本文针对网络化作战需求,将云计算虚拟化技术应用于地空导弹网络化协同作战,研究了基于虚拟化的网络化协同作战模式,设计了分布式、扁平化通信架构,建立了“边缘云-端”的作战应用结构,以服务化的形式使协同作战的组织更加灵活,同时,由于采用了备份和容错处理,进一步增加了系统可靠性,将极大地提升未来防空作战信息化程度,有效提高网络化协同作战能力。

参考文献

- [1] 付继宗,陈文星,刘卫新,等.火指控一体化的武器协同打击方法[J].火力与指挥控制,2012,37(S1):52-55.

-
- [2] 孙全, 高雅, 陈宇威, 等. 全域作战理论下陆军防空反导装备发展思考[J]. 空天防御, 2018, 1(3): 1-4.
 - [3] 刘兵, 张法宏, 贾海鹏, 等. 未来防空战场环境特点及美陆军防空反导装备发展分析[J]. 空天防御, 2018, 1(1): 8-12.
 - [4] 孟光, 孔晓俊. 基于天地一体信息网络的防空反导反临装备发展思考[J]. 空天防御, 2018, 1(1): 1-7.
 - [5] 邱志明, 罗荣, 王亮, 等. 军事智能技术在海战领域应用的几点思考[J]. 空天防御, 2019, 2(1): 1-5.
 - [6] 苏继斌, 张永丽, 等. 云计算在军事作战指挥中的应用研究[J]. 软件导刊, 2013, 12(1): 15-17.
 - [7] 陈骄阳. 基于云计算的舰艇编队协同防空作战体系研究[J]. 航天电子对抗, 2015, 31(2): 52-55.
 - [8] 刘伯峰, 刘帆, 等. 基于云计算的作战系统集成结构[J]. 中国舰船研究, 2013, 8(4): 92-96.