

支持网络化应用的无人机 CGCS 功能体系研讨

王芳, 周海瑞, 邵静
(中国电子科技集团公司第二十八研究所, 南京 210007)

摘要: 以适应未来联合作战为目标,从无人机通用地面控制站(CGCS)的组成及其网络化应用模式出发,分析了支持网络化应用的无人机CGCS主要功能需求,研究了网络化条件下的CGCS功能体系,并提出了CGCS网络化应用所涉及的关键技术。

关键词: 无人机; 通用地面控制站; 网络化; 功能体系

中图分类号: V279; TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2014)02-0050-05

Function Architecture of UAV CGCS Supporting Network Application

WANG Fang, ZHOU Hai-ru, SHAO Jing
(The 28th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Nanjing 210007, China)

Abstract: To be adaptable to the joint operation in the future, the function requirements of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) common ground control station (CGCS) that can support network application are analyzed corresponding to the composition and the networked application pattern of CGCS. The function architecture of UAV CGCS under network environment is researched, and some critical technologies are provided.

Key words: UAV; common ground control station; networking; function architecture

0 引言

20世纪80年代以来,随着新技术的发展和作战需求的提出,无人机广泛应用于战场侦察、电子对抗、对地攻击等领域,在几场局部战争中的突出表现引人注目^[1]。然而,随着无人机种类不断增加、数量持续增长,与无人机平台配套研制的地面控制站不仅成本高昂,且互操作能力差,作战效能不高。同时,在以网络为中心的作战体系中,无人机不再是孤立使用的武器装备,无人机平台与特定地面站绑定的“机-站-链”一体使用的模式,已经难以适应未来联合作战的需要。

1997年,美国国防部提出了战术控制系统(Tactical Control System, TCS)项目,目的是各型无人机的通用控制,并成功完成对陆军、海军、空军典型无人机的技术研究和演示验证^[2]。在TCS作战需求文档中明确指出,系统应支持与各种C⁴I系统的互联互通互操作,通过功能按需配置满足各级各类作战单元的需求,支持多军兵种联合作战^[3]。因此,用于控制各型无人机的

CGCS不仅具有控制多型无人机的能力,更重要的是,将CGCS作为各型无人机平台接入信息网络的关键节点,使无人机系统与各级各类信息系统紧密衔接,与其他作战单元密切协同与互操作,通过CGCS的合理部署,支持各型无人机跨区域、跨建制作战使用,满足大范围联合作战的需求。

本文从无人机CGCS的网络化应用模式出发,分析探讨了支持网络化应用的CGCS功能需求与功能体系,对CGCS网络化应用涉及的关键技术进行了分析,并展望了网络化应用下无人机CGCS的发展趋势。

1 CGCS组成及应用模式

1.1 CGCS的组成

无人机CGCS包括任务控制站、起降控制站和地面数据链终端。任务控制站主要负责无人机执行任务前的规划以及任务过程中的实时控制。起降控制站一般部署在起降机场,负责无人机起降阶段的任务规划和实时控制,主要功能与任务控制站相似。任务/起降控制站通过地面数据链终端实现遥控信息上传、遥测数据接收、侦察数据接收等。本文分析的CGCS由任务控制站及其相应的地面数据链终端组成。起降控制

站的通用问题本文暂不讨论。

1.2 CGCS 应用模式分析

与有人机不同的是,无人机系统是一个由平台、链路、地面站以及机组人员组成的复杂系统。在独立使用模式下,系统内部可以完成“观察—判断—决策—行动(OODA)”的闭环。然而,缺乏体系支撑使无人机系统相对封闭,限制了其作战能力的发挥。

在网络化条件下,作战对抗不再仅仅局限于武器平台的功能和成员个体的能力,而是通过网络快速优化整合战场资源,使各系统和平台的信息和资源得到极大共享,大大提高作战效能^[4]。无人机系统作为一类武器装备,通过将其“神经中枢”——地面控制站接入信息网络,使无人机系统成为侦察预警体系中的重要情报来源,成为火力打击体系中的智能化打击平台,从而充分发挥出其体系作战能力。

无人机 CGCS 在网络化应用模式下应首先具备入网能力,如图 1 所示。

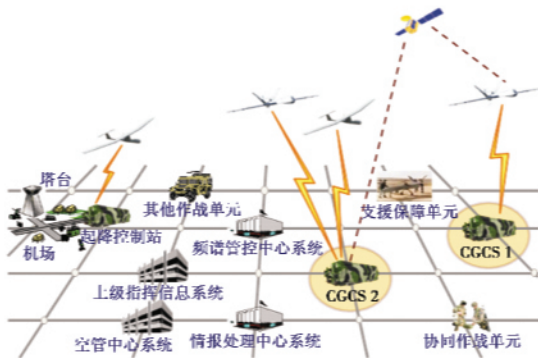


图 1 无人机 CGCS 网络化应用模式

Fig. 1 Networked application pattern of UAV CGCS

接入信息网络后,CGCS 还应具备与上级指挥信息系统、情报处理中心系统、频谱管控中心系统、空中交通管制系统、机场塔台、支援保障单元,以及其他协同作战单元进行信息交互和作战协同的能力。

CGCS 接收上级指挥信息系统下达的作战任务或任务计划,根据空域控制命令和频谱管理计划进行详细任务规划,并对无人机平台进行遥控和遥测,对侦察情报进行预处理和分发。在联合作战中,CGCS 与其他协同作战单元保持互联互通,并通过数据链对空中的无人机平台进行遥测和遥控,完成协同侦察监视、协同攻击、空中火力支援等作战任务。

2 网络化应用下的 CGCS 功能体系分析

在网络化应用模式下,无人机 CGCS 的功能需求可分为两个方面。

1) 通用指挥控制功能需求。

无人机 CGCS 应具有开放式的体系结构^[5],支持

各型无人机的“即插即用”。根据作战使用需求及授权情况,可对 CGCS 进行功能灵活配置、按需扩展,甚至是没有无人机建制的部队也可按需部署相应能力等级的 CGCS^[6]。CGCS 应支持对各型无人机的航路规划、载荷规划、链路规划和应急回收规划等,以及对任务规划结果进行推演评估。在飞行控制方式上,由于各型无人机飞行性能存在巨大差异,杆舵直连的方式较难实现通用,外军通用控制站一般采用指令式飞行控制,如美国陆军的 OSGCS 等^[7]。CGCS 的人机接口应通专结合且可配置,既要保证与不同型号无人机交互方式的一致性,也要考虑差异化的需求。

2) 网络化应用功能需求。

网络化应用模式下,无人机 CGCS 应具备接入网络以及与网内指挥节点、情报处理节点、其他作战单元交互信息的功能,使无人机系统与整个作战体系紧密融合。

CGCS 应能够接收上级指挥信息系统下达的作战任务或下发的作战计划,甚至可以接收其他任务控制站的任务规划方案。在详细规划过程中,CGCS 与上级保持信息交互,以便及时更改和确认规划方案。无人机起飞后,掌握控制权的 CGCS 应向上级指挥信息系统上报飞机平台和控制站的状态,并按照上级的指令完成作战任务,必要时可接收上级发送的控制命令,对无人机进行操控。

在任务规划和任务执行过程中,无人机系统离不开外部信息系统的情报保障。CGCS 应能够接收并处理上级指挥信息系统、情报处理中心等发送的任务区域地形、气象、水文、电磁辐射、核生化等信息,以及各类情报和目标信息等,形成并显示战场综合态势。CGCS 应根据情报处理中心的要求,提供自动或人工的情报预处理功能,对 SAR、光电、红外、信号等传感器采集的数据,特别是侦察图像,进行过滤、校正,必要时进行人工筛选、判读。处理后的情报按照情报分发关系进行分发,以便进一步开发和利用。

无人机 CGCS 功能体系如图 2 所示。

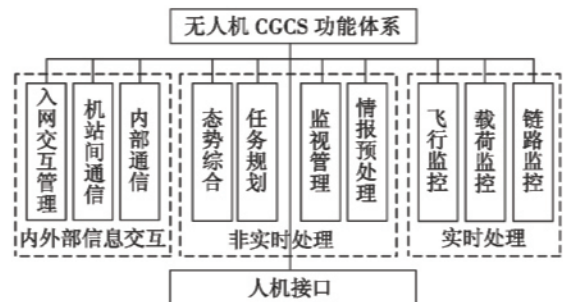


图 2 无人机 CGCS 功能体系图

Fig. 2 Function architecture of UAV CGCS

无人机 CGCS 功能体系分为内外部信息交互、非实时处理和实时处理 3 类功能,以及人机接口功能。结合 CGCS 网络化应用模式,本文主要对其中的入网交互管理、态势综合、任务规划、监视管理以及人机接口等功能进行详细分析。

2.1 入网交互管理

入网交互管理主要完成与无人机 CGCS 入网相关的参数配置、信息处理和分发控制等功能,包括地面站入网管理、传输协议转换、各类信息的格式转换以及信息分发控制,如图 3 所示。

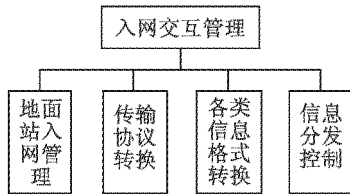


图 3 入网交互管理功能分解图

Fig. 3 Function decomposition of network management

依托相应的设备,入网交互管理功能实现 CGCS 入网参数配置和身份注册,内外部传输协议以及消息格式转换,按照指挥关系和情报分发关系交互指控消息、上报系统状态和分发情报产品。

2.2 态势综合

态势综合主要完成态势数据的收集、处理,并生成无人机作战所需的战场综合态势,包括态势数据接收、目标数据接收、威胁数据处理以及综合态势生成,如图 4 所示。

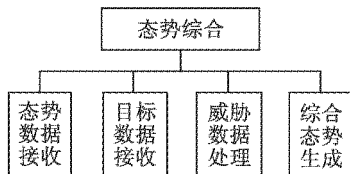


图 4 态势综合功能分解图

Fig. 4 Function decomposition of situation integration

无人机 CGCS 接收外部信息系统发送的战场环境、电磁态势、核生化态势、敌我双方兵力部署、各军兵种侦察监视情报、气象情报、航空管制信息,以及目标的图像、位置数据、特征信息,协同单元的平台状态、交战状态等,接收和处理敌防空火力系统、空中拦截力量的种类、数量、部署、威胁区范围、威胁等级等信息,同步更新本地威胁模板库^[8];同时,也接收本地实时侦察得到的图像处理结果,将各类信息关联、融合生成无人机作战综合态势图,支持无人机任务规划与实时指挥决策。

2.3 任务规划

任务规划主要是根据作战任务、战场环境、平台性能、时间等约束进行无人机航路、载荷、链路规划和情

报分发规划,经过推演评估选择确定最优规划方案,包括加载规划对象模型数据、评估任务执行区域威胁级别、制定飞行航路规划和应急航路规划、制定任务载荷规划和通信规划、与上级指挥信息系统进行交互和推演评估,最后生成可加载的规划参数,如图 5 所示。

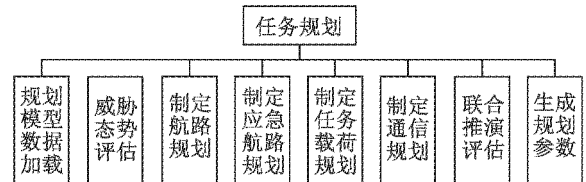


图 5 任务规划功能分解图

Fig. 5 Function decomposition of mission plan

在通用的规划框架下,通过加载不同的规划对象参数模型,任务规划功能支持各型无人机任务规划方案的制定。无人机 CGCS 具备独立进行任务规划的能力,也可接收上级指挥信息系统或其他 CGCS 生成的飞行航路规划,根据本地掌握的实时信息进行航线细化调整。任务载荷规划制定使用任务载荷的详细方案,包括载荷型号、挂载方式和数量、使用模式、开关机点、武器投放时机等,并与航路点相关。通信规划应根据频谱管控中心系统的初始分配方案规划无人机通信链路、通信频段和频率^[9]。

2.4 监视管理

监视管理主要对无人机执行任务的过程进行监视和管理,并根据上级指挥命令实时调整,具体功能分解如图 6 所示。

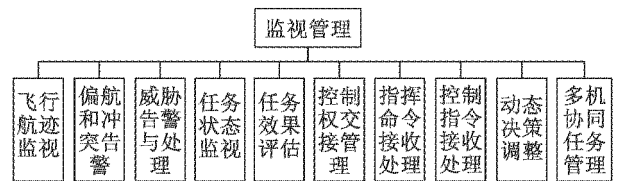


图 6 监视管理功能分解图

Fig. 6 Function decomposition of surveillance and management

无人机 CGCS 一方面监视和评估无人机按照预先任务规划执行任务的情况,并上报任务执行状态和任务执行效果;另一方面接收上级指挥信息系统(或外部其他系统)威胁警报信息并进行处理,接收上级指挥信息系统发送的实时指挥命令或控制指令,并在任务变化时进行动态调整决策。随着无人机执行任务的规模由单机趋于集群,多机协同成为主要作战模式^[10],因此需考虑多机协同作战情况下的协同任务管理。

2.5 人机接口

人机接口提供无人机 CGCS 系统与操作员之间的接口,操作员通过鼠标、键盘、触摸板、按钮、操纵杆等设备进行输入,通过视频图形显示、音频提示告警、触

觉反馈等方式向操作员输出,为制定任务规划、任务监视管理、飞行/载荷/链路监控、情报预处理、态势综合显示等功能提供人机交互能力,如图7所示。

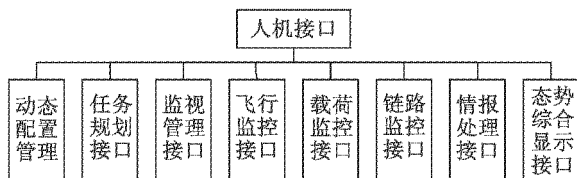


图7 人机接口功能分解图

Fig.7 Function decomposition of human machine interface

其中,动态配置管理功能是实现各型无人机通用的关键。在通用的界面、按钮等设置基本不变的基础上,通过动态选择加载不同的模板,满足各型无人机的专有特性要求。在能够满足操控要求的情况下,应尽量采用键盘或按钮作为飞行控制指令输入设备。

3 CGCS 网络化应用的关键技术

3.1 开放式体系架构设计技术

要使无人机地面控制站实现通用化,并且能够有效融入作战体系,必须采用开放式体系架构,系统内部接口和外部接口应符合标准接口规范,支持不同厂商的符合规范的功能构件集成,系统拓扑结构可随作战需求调整,能够与其他系统或单元互操作。另外,系统还应具有可移植性、可互换性、可缩放性、即插即用等诸多特点。

3.2 通用任务规划技术

通用任务规划技术是支持 CGCS 制定各型无人机任务规划方案的关键。通用任务规划技术包括通用任务规划框架设计、通用任务规划数据库设计,各型规划对象、任务载荷建模,规划方案生成以及推演评估等。通用任务规划系统应采用组件化设计,在通用框架的基础上插入专用组件,构建灵活、可配置的系统。

3.3 入网信息分发管理技术

在 CGCS 网络化应用模式下,无人机系统的侦察情报、飞行航迹、任务执行状态、链路状态等信息将入网分发给相应的系统。入网信息分发管理技术主要解决指挥关系、协同关系、情报分发关系等的配置和变更管理,根据入网信息标准格式组成和分发相应的消息。

3.4 网络化作战应用技术

无人机 CGCS 接入信息网络,使无人机系统从单系统单平台作战向网络中心作战转变。

依托信息网络,无人机平台与地面站之间可形成“多对多”的网络化指挥控制关系,无人机执行跨区域远程作战时,在多个协同的 CGCS 之间切换控制权,而一个 CGCS 也可根据需要对多架无人机进行控制,提高完成

作战任务的灵活性。各作战单位装备不同能力等级的 CGCS 并入网,可获得从被动接收跨建制、跨型号的无人机载荷情报产品到对其实施战术任务控制的互操作能力,这从根本上提高了联合作战效能^[6]。CGCS 入网应用还涉及到与现有各级各类信息系统和其他作战单元之间的信息交互关系、指挥控制流程、情报分发关系、资源保障关系等。

4 网络化应用下的 CGCS 发展趋势

海湾战争之前,各国还未将无人机系统放到整个军事大系统中考虑。经过实战的检验,美国等发达国家开始思考无人机系统与信息网络的关系,并将无人机 CGCS 的建设置于网络中心战的军事背景之下,其发展趋势主要体现在以下几个方面。

1) 采用开放体系结构(OA)设计方法。

目前,国外无人机 CGCS 的设计通常遵循相关标准,采用通用体系结构,例如《北约无人机控制站互操作性接口标准》(STANAG 4586)标准中定义的系统体系结构。为进一步提高无人机系统的互操作性和通用性,美国国防部提出了开放体系结构(OA)设计方法^[5],OA 提供了一种开发联合互操作系统的框架,其概念包括系统需求采用通用的能力描述方式,系统设计采用通用的、开放的数据模型、标准、接口以及架构,系统搭建采用通用的构件。采用 OA 设计方法构建的无人机 CGCS 将实现真正即插即用级的互操作性以及数据、构件级的通用性,为其网络化应用打下良好的基础。

2) 借鉴面向服务架构(SOA)的思想。

在提出 OA 设计方法的同时,美国国防部还建议采用面向服务架构(SOA)来实现 OA,即将软件功能服务化,建立一个“服务仓库”,满足对通用性、重用以及减少重复工作的需求。“服务仓库”不仅面向无人机系统,还支持跨领域的服务重用。在构建无人机 CGCS 时,可按需从仓库中挑选合适的服务化构件,按照通用体系结构的要求进行柔性重组,不能满足要求的部分再自行研制,这将显著降低花费并提高系统灵活性。

SOA 思想在无人机系统中的应用,体现了美军网络化、服务化的系统建设理念正在向战术级平台延伸,而采用服务化技术体制的无人机 CGCS 则能够更好地融入网络化的作战体系。

3) 继续强化标准规范的指导作用。

在无人机 CGCS 的建设发展过程中,标准规范起到了重要的作用,例如 STANAG 4586 在 NATO 无人机领域得到了广泛应用,促进了地面控制站向通用化方向发展。为了更好地贯彻标准规范,强化其指导作用,标准制订小组开发了相应的软件工具包,帮助开发人员建立符合

标准要求的系统并且方便集成和测试。例如 STANAG 4586 标准进一步推出了执行工具包(4586CT),能够检验数据链接口(DLI)消息的结构和内容是否符合标准要求。

5 结束语

无人机地面控制站的通用化是适应未来联合作战的必然趋势。然而,要实现无人机基于信息系统的体系作战能力,还要求通用地面控制站能够支持网络化、体系化的应用模式。

本文在分析无人机 CGCS 网络化应用模式和功能需求的基础上,研究了支持网络化应用的无人机 CGCS 功能体系以及关键技术,展望了网络化应用下的 CGCS 发展趋势,对开展 CGCS 系统设计具有一定的借鉴意义。

参 考 文 献

- [1] 刘重阳. 国外无人机技术的发展[J]. 船舶电子工程, 2010, 30(1):19-23.
LIU C Y. Development of UAV technology abroad[J]. Ship Electronic Engineering, 2010, 30(1):19-23.
- [2] 樊兴,柳焯. 舰载无人机舰面战术控制系统的应用研究[J]. 船舶电子工程, 2008, 28(5):43-46, 114.
FAN X, LIU H. Research on the applications of shipborne UAV tactical control system[J]. Ship Electronic Engineering, 2008, 28(5):43-46, 114.
- [3] Cruise Missiles and UAVs Program Executive Office. Operational requirements document for the unmanned aerial vehicle tactical control system, Version 5. 0, with numbered requirements, N00014-97-C-0158[R]. Washington D C: Cruise Missiles and UAVs Program Executive Office, 1997.
- [4] 张杰勇,姚佩阳,孙鹏. 网络化作战 C2 组织设计与应用研究[J]. 电光与控制, 2012, 19(1):42-45, 77.
ZHANG J Y, YAO P Y, SUN P. Design and application of networked command and control organization[J]. Electronics Optics & Control, 2012, 19(1):42-45, 77.
- [5] U. S. Department of Defense. FY2011-2036 unmanned systems integrated roadmap[R]. USA: U. S. Department of Defense, 2011.
- [6] 王林,张庆杰,朱华勇. 支持联合作战的 UAS 通用地面控制站研究[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(22):6171-6175.
WANG L, ZHANG Q J, ZHU H Y. Research of UAS common ground control station with support of joint operations[J]. Journal of System Simulation, 2008, 20(22):6171-6175.
- [7] CHANDA M, DIPLACIDO J, DOUGHERTY J. Proposed functional architecture and associated benefits analysis of a common ground control station for unmanned aircraft systems[R]. Monterey, California: Naval Postgraduate School, 2010.
- [8] 刘新艳,黄显林,吴强. 对地攻击任务规划系统的功能体系框架设计[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2007, 39(7):1013-1016.
LIU X Y, HUANG X L, WU Q. Function architecture framework study on air-to-ground attack mission planning system[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2007, 39(7):1013-1016.
- [9] Chairman of National Security Agency. Standardisation agreement (STANAG) 4586: Standard interfaces of UAV Control System (UCS) for NATO UAV interoperability[R]. USA: NATO, 2007.
- [10] 李霞,魏瑞轩,郭庆. 多无人机系统任务管理研究[J]. 电光与控制, 2011, 18(1):5-9, 31.
LI X, WEI R X, GUO Q. Study on mission management of multiple UAVs[J]. Electronics Optics & Control, 2011, 18(1):5-9, 31.
- (上接第 40 页)
- [7] TSAIG Y, DONOHO D L. Extensions of compressed sensing[J]. Signal Processing, 2006, 86(3):533-548.
- [8] DAVENPORT M A, WAKIN M B, BARANIUK R G. Detection and estimation with compressive measurements[R]. Technical Report TREE, Department of Electrical Engineering, Rice University, USA, 2006.
- [9] 李佳,王强,沈毅,等. 压缩感知中测量矩阵与重建算法的协同构造[J]. 电子学报, 2013, 41(1):29-34.
LI J, WANG Q, SHEN Y, et al. Collaborative construction of measurement matrix and reconstruction algorithm in compressive sensing[J]. Acta Electronica Sinica, 2013, 41(1):29-34.
- [10] SUSTIK M A, TROPP J A, DHILLON I S, et al. On the existence of equiangular tight frames[J]. Linear Algebra and Its Applications, 2007, 426(2/3):619-635.