

无人机集群作战通信自组网的关键技术探讨

徐义桂¹, 陈维义¹, 吕玉萍²

(1. 海军工程大学 兵器工程学院, 湖北 武汉 430033; 2. 海军工程大学 电子工程学院, 湖北 武汉 430033)

摘要: 在复杂战场环境中, 集群无人机 Ad hoc 网络以其高度的自适应性、抗毁性和网络拓扑结构动态可变性等的巨大优势成为未来无人机集群作战的研究热点。文章阐述了无人机 Ad hoc 网络的基本概念, 分析了无人机 Ad hoc 网络的研究目的、面临的问题, 探讨了集群无人机 Ad hoc 网络的关键技术。

关键词: 集群无人机; Ad hoc 网络; 关键技术

随着无人机技术、通信与网络技术等的迅速发展, 无人机在军用领域的应用越来越广泛, 特别是在复杂多变的战场环境下, 无人机执行情报侦察、战场监控、目标打击、电子对抗、中继通信等任务的优势越来越明显^[1]。但同时单架无人机执行上述任务面临着监视范围窄、监视角度小、杀伤半径小、工作效率低、毁伤能力弱等诸多方面的限制, 制约了整体无人机系统作战效能的提高。因此, 无人机集群作战将是未来战场的主流趋势。

1 无人机自组网简介

1.1 无人机自组网基本概念

无人机自组织网络(无人机Ad hoc网络)是在无人机集群协同作战中, 无人机间的通信不完全依赖于地面控制站或卫星等固定基础通信设施, 而是将无人机作为移动网络节点, 各节点间依靠无线通信设备模块实现无线通信的自主管理的动态网络^[2]。其具备无线多跳路由、节点高速移动性、网络拓扑结构高动态变化性、节点网络结构的异构性、非集中和自组织性、抗毁伤及抗干扰、智能性强等特点^[3-5]。

1.2 无人机自组网研究的主要目的

(1) 提高无人机集群的作战效能。由于单个无人机携带模块的限制, 只能完成特定作战任务, 要想其完成其他作战任务得由其他无人机完成, 或者通过更换模块然后重新升空完成任务, 这样使得无人机整体的作战效能低^[6]。但当无人机集群形成自组网络时, 此时的无人机集群就是一个完整的有机系统, 可以同时完成多种作战任务, 这样便可大幅度提高无人机集群的作战效能。

(2) 实现系统的可控性。无人机自组网是由所有无人机节点联网后所形成的, 因此, 地面站控制中心或卫星等设备既可以对每个终端直接控制, 还通过自组网实现对终端的控制。

(3) 提高无人机系统抗干扰的能力。通过自组网络使得无人机集群间不再是简单的链式结构, 即使在链中的任何环节出现故障, 无人机整个无人机系统也不会瘫痪, 这就意味着无人机系统的抗干扰能力得到了大幅提高^[7]。

2 无人机自组网面临的问题

这几年来无人机自组网的设计研究一直都是实现无人机

集群作战的核心方向之一, 而且美国的研究报告《无人机路线图》和《无人系统一体化路线图》都重点指明无人机自组网设计是未来无人机集群作战网络的研究方向, 但是目前依然面临着许多问题。

2.1 路由协议与MAC层协议问题

集群无人机执行作战任务时, 无人机节点间的相对移动较快, 且网络拓扑结构复杂, 势必导致分组数据的丢失和路由的重新选择, 这将会增加集群无人机自组网的开销, 造成数据网络传输的堵塞紊乱, 降低了信道的利用率^[7], 这就需要依靠路由协议与MAC层协议去解决。

2.2 网络服务质量(QoS)问题

集群无人机自组网的重要功能之一便是实现数据信息的可靠高速传输, 服务质量控制算是无人机集群作战自组网的关键技术之一。由于无人机自组网具备路由多跳性、网络拓扑结构多变性、带宽有限性等, 使得网络服务质量难以得到保证。

2.3 安全性及信息处理能力问题

自身无线链路因固有的开放特性而存在无线信道传输的数据信息容易被窃听、篡改及干扰等安全漏洞^[8]; 由于无人机自组网传输的信道带宽有限, 如果这些数据信息不进行过滤、融合、压缩等预处理, 会直接影响无线信道传输的效率, 容易造成信道的阻塞。

3 无人机自组网的关键技术

3.1 路由协议

由于无人机集群作战的自组网中的无线通信是通过无人机节点进行的, 网内的每个无人机节点都可以作为路由器, 向其他节点转发数据, 因此, 开发一种良好的路由协议是建立可靠、高效、扩展性好的无人机Ad hoc网络的关键^[9]。一种理想的路由协议通常要能实现以下功能: (1) 能动态感知自组网拓扑结构的变化; (2) 能自主维护自组网拓扑的连接; (3) 高度自适应的路由; (4) 提供安全机制等。目前的无人机自组网路由协议通常分为反应式路由、先应式路由、混合式路由、静态路由、基于地理位置路由等, 如表1所示^[2]。所以, 开发一种适合无人机集群作战自组网的路由协议是解决实现无人机自组网可靠高速数据传输的关键。

作者简介: 徐义桂(1994—), 男, 江西南昌人, 硕士研究生; 研究方向: 武器系统运用与保障工程。

表1 部分集群无人机Ad hoc网络路由协议的对比

路由协议	类型	消息域	节点定位	服务质量	扩展性	抗毁性
AODV	反应路由	1 hop	×	×	×	×
OLSR	先应路由	multi-hop	√	√	×	√
ZRP	混合路由	multi-hop	×	√	√	√
DCR	静态路由	1 hop	×	√	×	√
GPSR	基于地理位置的路由	multi-hop	√	√	√	√

3.2 MAC协议

MAC层协议直接管理着无线信道上分组的收发,它直接决定非常有限的无线通信资源的效率高低,对无人机Ad hoc网络的性能起着关键性的作用。高效的MAC协议应该具备更高的信道重用能力、避免信道数据冲突能力、有效解决数据冲突的能力等。针对信道接入策略的不同,目前的无人机Ad hoc网络的MAC协议通常可分为3类:(1)基于竞争机制的MAC协议;(2)基于调度机制的MAC协议;(3)混合类MAC协议。

3.3 服务质量

由于无人机Ad hoc网络具有无线多跳路由、网络拓扑结构复杂多变、带宽有限等特性,使得传统的服务质量控制协议不能满足无人机集群Ad hoc网络间数据信息的可靠高速传输要求,所以,急需研究设计一款高效的网络服务质量控制协议,使得无人机Ad hoc网络中各节点能协同工作,共同高效完成作战任务。目前无人机Ad hoc网络的服务质量控制协议主要有:QoS信令协议、系统QoS模式、QoS-MAC访问控制及QoS路由算法等。

3.4 网络安全策略与认证技术

由于无人机Ad hoc网络通过在无人机节点间进行无线信道通信,易受到被动窃听、敌方入侵、信息拦截、篡改伪造等攻击。当无人机节点在复杂战场上高速移动时,由于移动终端与无线网络之间缺乏固定的物理连接,网络易被其他用户占用,也使得受到攻击的风险增加。当前可用的网络安全策略主要有^[9]:(1)基于密码的认证协议,是指所有网络节点都参与对话密钥的生成,因此,攻击者无法阻止密钥的生成。(2)“复活节鸭”安全模型,“复活节鸭”安全模型基于鸭子在孵化时将第一个移动物体视为其母亲的原则。(3)异步分布式密钥管理,该方法使用加密机制来保护路由信息和数据交换。

4 结语

在未来复杂的战场环境中,集群无人机依托Ad hoc网络协同通信作战是未来无人机集群作战的主流趋势,因此,无人机Ad hoc网络技术的研究具有广泛的前景,其中,通信网络路由协议、MAC协议、QoS协议及网络安全技术是未来无人机集群Ad hoc网络的重点研究方向。

[参考文献]

- [1]王东,张广政,穆武第.多无人机协同作战通信自组网技术[J].飞航导弹,2012(1):59-63.
- [2]卓琨,张衡阳,郑博,等.无人机自组网研究进展综述[J].电信科学,2015(4):134-144.
- [3]尚小富.无人机Ad hoc网络路由算法研究[D].成都:电子科技大学,2015.
- [4]牛轶峰,肖湘江,柯冠岩.无人机集群作战概念及关键技术分析[J].国防科技,2013(5):37-43.
- [5]宋怡然,申超,李东兵.美国分布式低成本无人机集群研究进展[J].飞航导弹,2016(8):17-22.
- [6]陶于金,李沛峰.无人机系统发展与关键技术综述[J].航空制造技术,2014(20):34-39.
- [7]赵小刚.想定环境中无人机Ad hoc网络仿真研究和实现[D].大连:大连理工大学,2007.
- [8]何兆龙.无人机自组网技术研究[J].无线电工程,2008(8):47-48,64.
- [9]吴平,唐文照.无人机集群数据链组网技术研究[J].空间电子技术,2012(3):61-64.

Discussion on key technologies of UAV cluster combat communication Ad hoc network

Xu Yigui¹, Chen Weiyi¹, Lyu Yuping²

(1.College of Ordnance Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China;

2.College of Electronic Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

Abstract: In the complex battlefield environment, the cluster UAV Ad hoc network has become a research hotspot of future UAV cluster operations with its great adaptability, invulnerability and dynamic variability of network topology. This paper expounds the basic concepts and characteristics of UAV Ad hoc networks, analyzes the purpose and problems. And discusses the key technologies of cluster UAV Ad hoc networks.

Key words: cluster UAV; Ad hoc network; key technology