

复杂环境下无人机任务重规划框架研究

Research on the Replanning Framework of UAV Mission in Complex Environment

张昕,鲍健(中国电子科技集团公司第二十八研究所,江苏 南京 210007)

Zhang Xin,Bao Jian(The 28th Research Institute of China Electronic Science and Technology Group,
Jiangsu Nanjing 210007)

摘 要 针对复杂作战任务、动态多变的作战环境以及战场状态的突发性等实际情况,过去依赖人工操作的无人机将越来越不能满足作战的需求,如何提高无人机飞行自主智能决策、任务重规划,是当前亟需解决的问题。该文基于此提出复杂环境下无人机任务重规划系统架构,为我军综合作战能力提升提供相应参考。

关键词 无人机;任务重规划;复杂环境

中图分类号 TP391

文献标识码 A

文章编号 1003-0107(2019)04-0044-03

Abstract: For the actual situation such as complex mission, dynamic and changeful operational environment and the sudden of battlefield state, the unmanned aerial vehicle which used to rely on human operators, will become increasingly inadequate. The problem that urgently needs to be solved at present is how to improve the intelligence of unmanned aerial vehicle. This paper focused on the system architecture of the mission re-planning for complex environment, which provides the corresponding reference for the improvement of our army's integrated combat capability.

Key words: unmanned aerial vehicle; mission re-planning; complex environment

CLC number: TP391

Document code: A

Article ID: 1003-0107(2019)04-0044-03

0 引言

在如今的战场环境下,由于无人机自学习技术的大范围普及,并随着隐身、通信等关键技术的突破,同时鉴于其无生命危险、结构轻便、成本低廉以及生存能力强等优点,因此无人机多用于执行那些存在着许多危险、人力无法承受的任务^[5]。

但无人机在作用于侦察、纵深打击等任务中时,由于敌方反制措施如信息的伪装诱骗、地面防空阵地威胁、数据链干扰等的存在,使得无人机执行任务的环境千变万化,存在很大不确定性,影响无人机执行的效果,甚至危及无人机安全^[1]。

因此研究在无人机执行任务的过程中针对多种多样的作战环境进行任务重规划具有很强的作战意义。

1 复杂环境下无人机任务重规划框架

无人机在深入敌方纵深区域作战时,由于敌方环境的未知、相关地表环境、障碍物、风速等因素会随着工作区域的不同而发生变化,很难被准确描述^[2];同时又由于无人机易受外界环境的影响使其自身系统出现干扰和故障等情况,使得无人机执行任务的难度随之加大^[3],因此设计一个完整的无人机任务重规划流程及架构有着至关重要的作用。

复杂环境下无人机任务实时动态重规划框架主要包括以下部分:临机事件检测部分、任务重规划调度部分和任务航迹实时动态重规划部分。

在无人机任务重规划的流程中,主要体现了“人在回路”的无人机可控性和无人机自主对复杂环境的认

作者简介:张昕(1982-)男,高级工程师,指挥信息系统总体和无人机指挥信息系统;

鲍健(1993-)男,助理工程师,无人机指挥信息系统。

知和临机事件识别的智能性,在这一过程中,无人机通过自身传感器和地面指挥中心的数据链对战场的已有信息和突发信息有了一个较为全面的掌握,并利用临机事件特征模型,进行临机事件的匹配,得到是否存在临机事件、临机事件的类型以及其对无人机自身安全性、任务可完成性和航路安全性三个方面的影响程度,从而确定无人机任务重规划的层次及主要解决方法,具体流程如下所述:

Step1: 无人机指挥与控制人员处于最高决策层,人在回路参与无人机自主任务重规划过程,使得无人机虽有其自主作战及决策能力,但依然要受限于指挥人员,使整个无人机作战过程可控;

Step2: 临机事件检测模块利用无人机传感器、数据链等传递过来的全局知识,对战场有一个全局的掌控,基于事先建立好的临机事件特征模型,对无人机执行任务过程中的任务、环境和自身状态等信息进行实时的检测,并将执行任务过程中发现的目标放入战场目标库里,供无人机重规划时备用目标选择;

Step3: 若发现有临机事件的发生,则在任务重规划调度模块中对其进行自身安全性、任务可完成性和航路安全性三个方面影响程度的分析,基于影响层次的不同,对任务规划进行分层调度,分别从任务类型层、任务目标层和任务行为层由上至下进行任务的分层,并确定在存在地面辐射源干扰以及全防护情况下是否采取低空突防及电子干扰或电子抗干扰等措施,并将规划好的任务信息(包括任务类型、任务目标)传递给无人机任务处理机;

Step4: 确定好任务类型与任务目标之后,任务行为层上进行无人机动态实时航路重规划,无人机任务航路实时动态重规划模块中,基于任务信息、环境信息和性能约束规划好无人机的航迹,在遇到任务目标全防护且为使命任务时,无人机采用低空突防技术,降低无人机动态 RCS 从而降低无人机被雷达探测概率,规划出无人机低空突防航迹,基于目标信息、目标周围地形信息、目标全防护信息选择合适的攻击方式,最后生成无人机三维航迹。

2 临机事件检测

临机事件检测模块主要由以下几部分组成,分别为:突发临机事件特征模型库和突发临机事件实时检测。

2.1 临机事件特征模型库

临机事件特征模型库则包含了临机事件的特征模型,具体包括无人机任务系统故障特征、任务系统长时间无法响应或无法提供数据^[4]、随遇高价值目标特征,无

人机在执行对地纵深作战中随遇敌方隐藏单位的可量化战术影响;无人驾驶飞机通信系统中中断特征,无人机通信接收机一定时间没有接收信息处理;目标丢失/改变特征,原定任务目标信息丢失或者改变的时间。通过对输入的战场全局信息在特征模型库中的计算,时刻解算无人机临机事件的特征值。

2.2 临机事件实时检测

临机事件检测部分则对临机事件特征模型库实时解算得到的临机事件的特征值进行判断和处理,计算临机事件对无人机自身安全性、任务可完成性和航路安全性三个方面的影响程度,若此时任务目标为使命任务,则意味着无人机即使有着较大被击毁的威胁也必须执行原定作战任务,这时主要进行临机事件对无人机航路安全性方面的分析。

3 无人机任务重规划调度

任务重规划调度模块主要由以下几部分组成,分别为:临机事件冲突检测与消解、临机事件影响程度评估和任务分层重规划触发机制。

3.1 临机事件影响程度评估

临机事件影响程度评估从无人机安全性角度考虑,由高到低分为三个方面,分别为无人机自身安全性、任务可完成性和航路安全性,将三个影响程度同样根据影响值划分为高、中、低三个等级,为了处理意外事件对无人机影响程度相同的情况,为三种影响设定默认排序方式,影响程度相同时,排序越靠前的意外事件最先进行处理。如果此时任务目标为使命任务时,意味着无人机即使面临较大威胁也必须执行原定任务,则主要考虑临机事件对无人机航路飞行安全方面影响,将其它两个方面的影响降为低,意即只要对原定任务规划好安全性较高的航路,不管无人机是否安全、任务是否可以完成,也一定要对原先装订任务目标打击。

3.2 临机事件冲突检测与消解

临机事件冲突检测与消解是将两个或两个以上同时产生的临机事件按照优先级及任务代价等综合考虑之后的顺序,送入重规划模块中进行处理,保证优先处理紧急且对无人机安全影响大的事件。利用抢占式高优先级优先调度算法,当一个高优先级的意外事件被送来时,保证先处理紧急且高价值意外事件,等处理完排序靠前的突发情况再处理被打断排序稍微靠后的临机情况。

其中,临机事件的优先级是从无人机安全角度方面

考虑进行的提前设定,优先级的数值越高表示越应该提前处理;任务代价是利用临机事件特征值计算的结果与任务执行所需要付出的威胁、油耗等代价进行的综合。最后将两者进行结合可以得到临机事件的紧急程度。

3.3 任务分层重规划触发机制

任务分层重规划触发机制则根据得到的临机事件在三个方面的影响程度,确定无人机从高、中、低某个任务层次进行重规划,在此将重规划由高到低分为三个部分。其中任务类型层是任务实时动态规划系统的最上层,决定了无人机应该执行何种任务,是否进行返航或迫降等操作;任务目标层位于任务规划系统的中间层,为无人机提供任务重规划目标信息,确定无人机需要攻击和搜索的目标;任务行为层位于任务规划系统的最底层,主要用于为无人机提供规划好的航迹,以及进行无人机电子干扰、抗干扰等具体措施。

4 无人机任务航迹规划

任务实时动态航路重规划模块用于生成无人机三维航路,含有以下几个部分:攻击方式选择、航迹重规划策略,当任务重规划模块调度结束之后,将会给任务航迹规划模块返回规划好的任务信息,若任务目标发生改变,则首先为选定的任务目标规划经过效能计算之后得到作战效能最大的攻击方式,然后生成无人机三维航路,否则进入航路重规划策略选择。

4.1 攻击方式选择

攻击方式选择用于选取无人机对地攻击目标时的攻击方法,建立目标信息、目标周围地形信息、目标全防护信息等的模型,针对携带的激光制导炸弹选择合适的攻击方式,并绘制出攻击轨迹,最后与规划好的航迹进行交联,得到完整的无人机航路。

4.2 航迹重规划策略

航迹规划用于规划出从无人机当前点到目标点的一段三维航路,考虑无人机环境约束和性能约束信息,建立相应的威胁源模型和性能约束模型。利用航路规划调度模型,若任务目标没有改变,则航迹重规划只需改变很少的部分,则采用局部航迹规划方法,若任务目标改变则采取全局航迹规划方法。

5 结束语

本文提出的复杂环境下无人机任务重规划框架,可以在未知的战场环境中,对无人机传感器、数据链传递的环境、状态信息进行良好的解释,可以检测由于环境、无人机自身状态所造成的突发意外事件及其对任务的影响程度,并能对发生的突发意外事件进行自主决策及处理,从而增强飞行器在未知战场环境中对任务的执行能力。

参考文献:

- [1]沈林成,陈璟,王楠.飞行器任务规划技术综述[J].航空学报,2014,35(3):593-606.
- [2]张汝波,吴俊伟,刘冠群,等.AUV 不确定事件的本体模型与检测研究[J].华中科技大学学报(自然科学版),2013,41(S1):192-195.
- [3]张汝波,童海波,史长亭,等.不确定海洋环境下 AUV 分层任务规划与重规划研究[J].南京大学学报(自然科学版),2015,51(1):148-156.
- [4]周亮,黄志球,倪川.基于 SWRL 规则的本体推理研究[J].计算机技术与发展,2015,25(10):67-70,75.
- [5]钟赞,张杰勇,邓长来.有人/无人机协同作战问题[J].指挥信息系统与技术,2017,8(4):19-25.