

基于强化学习的无人机全自主电力巡检

王磊

(国网四川省电力公司技能培训中心, 四川 成都 611133)

【摘要】线路的运维质量直接关系到电网的安全稳定运行, 要提高电力系统可靠性, 减少线路事故的发生, 就必须清楚掌握线路的运行状况, 按期进行巡视与检测, 及时发现线路缺陷和威胁线路安全的隐患。但是, 由于电量限制, 电量不足时需要中断巡检任务, 人工操作控制无人机飞回地面进行充电, 且无人机的操控难度高。无人机飞手需要时刻集中注意力控制无人机飞行, 整个巡检任务的执行过程相对比较烦琐。因此, 本文设计一套全自主电力巡检系统, 由无人机、无线充电桩和待巡检目标三部分构成, 无须人工介入即可全自主完成巡检任务。目前, 输电运维工区多采用人工定期巡视的方法, 频繁的巡视工作消耗了大量的人力、物力、财力。此外, 由于线路距离长, 天气、交通环境等因素严重影响巡检质量, 因此, 传统线路巡检方式已难以适应电网发展需要。

【关键词】无人机; 全自动; 电力巡检; 分析

引言:

针对无人机在电力巡检中的全自主性进行研究, 提出全自主电力巡检系统, 该系统由无人机智能体、充电桩和待巡检目标构成。目前, 电力行业的巡检任务基本由无人机辅助电力巡检人员进行, 这种模式使得电力巡检更加的高效和安全, 并且节约了很大的人力成本。严波等提出的电力巡检系统需要巡检人员通过遥控控制无人机操控旋翼机, 对电线电塔等待巡检设备进行拍照传回地面站进行分析。借助无线充电技术和强化学习决策算法使无人机拥有全自主执行任务的能力, 并在设计的仿真环境中进行了验证, 训练后的无人机智能体可以自主路径规划进行电力巡检和自主决策到附近的无线充电桩充电, 无须人工介入可完成所有巡检任务。由于传统的近端策略优化算法在本系统中奖励低的问题, 因此提出一种基于动作掩码的近端策略优化算法来训练无人机智能体, 因此动作掩码机制使奖励提高了百分之三十九, 能耗降低了百分之十五点三四。

一、分析无人机技术的应用概述

(一) 分析无人机技术和核心内容

对于无人机而言, 主要是指不需要通过驾驶人员在机舱内进行操作完成的一种飞机, 通过借助于遥感技术或自动驾驶技术完成相关的飞行任务, 和

载人飞机进行对比, 无人机操作比较便捷, 体积小和自重轻, 应用成本较低, 早期的无人机技术主要应用到军事领域中, 但是随着技术的快速发展, 无人机在民用领域的应用越来越广泛。目前, 无人机在电网企业中的应用主要是固定翼、多旋翼、无人直升机三种类型。固定翼无人机飞行速度较快, 具有较远的续航里程, 能够搭载可见光传感器, 在输电线路路径巡视观测工作中的应用较多。多旋翼无人机的飞行模式较为灵活机动, 能够随时悬停, 从而完成短距离观测、摄影, 但外部环境对其影响较大, 续航里程相对较短。除此之外, 无人机核心组成内容包括无人机的飞控系统、导航系统以及数据链, 在这之中, 无人机飞机控制系统是核心, 和载人飞机中的驾驶员地位相当, 无人机完成启动和升空以及飞行等操作, 需要依靠飞控系统进行控制的, 无人机飞控系统中, 包括微型计算机、传感器和伺服系统等, 飞机在半空的悬停、紧急控制等, 都由这些系统装置控制完成。无人机导航系统相当是飞行员的双目, 在导航系统中预设好飞行路线后, 无人机会根据设定好的路线飞行作业, 同时, 导航系统也会向地面操作人员传输无人机位置信息, 从而使地面人员准确获取无人机坐标位置。无人机数据链可以分成上行数据链与下行数据链。前者完成操作人员对无人机的遥控, 后者完成将向地面传输无

人机数据及进行无人机遥测。与此同时无人机数据链则是连接无人机和地面的相互连接,这样才能完成数据相互传输以及控制等方面的任务。

(二) 分析无人机的应用技术

1. 分析无人机遥感技术。对于无人机遥感技术而言,是将无人机技术和遥感器探测技术以及GPS定位技术等有机结合到一起的一种技术,应用无人机遥感技术可以更加高效和自动以及准确获取空间遥感信息,其中也是包括地理、环境以及资源等,同时,无人机遥感技术具有可回收利用优势,成本低、风险低,在各领域的应用范围十分广泛。在架空输电线路应用中,无人机遥感技术的高分辨率、机动灵活等优势,能够实现对线路问题隐患的有效勘测,提高输电线路巡检效率。

2. 分析无人机测绘摄影技术。和卫星测绘以及大飞机测绘所获得的影像来分析,无人机测绘摄影是可以借助于无人机体积小和自重轻方面的优势,通过搭载长焦距、高分辨率的摄影设备,实现低空飞行拍摄,能够有效缩小拍摄范围,并且提高测绘影像的精度,尤其是在地形复杂地区的架空输电线路航拍测绘分区复杂问题中应用,同时还可以保证相邻航测区重叠度满足标准要求,从而提高无人机测绘效率,提升架空输电线路工程勘测效率,优化架空输电线路。

3. 分析无人机超声波测距技术。对于无人机搭载的超声波仪器而言,能够进行线路的巡检工作,其优势明显比传统的人工测量方法好,可以对高空整个测区进行一同测量,快速测量出需要的距离信息。比如无人机超声波测距技术在解决输电线路树障问题的过程中,测量带电导线下方树障测距时,可以通过将搭载超声波仪器的无人机飞到与架空输电线路保持安全距离的水平位置,然后利用其高清摄像头,实时向地面操控人员传输图像,操控人员将影像中心点中线设置水平并对准带电导线,运用超声波测距仪器向垂直地面发出超声波信号,根据信号返回首次时间信息,运用数据传输系统向地面传输,这样才能获得无人机以及正下方树障的垂直距离。

4. 分析无人机激光雷达技术。无人机搭载的激光雷达系统和高清摄像机,可以对线路中的走廊高精度激光点云数据和数码影像数据进行高精度的采集,并且是通过三维建模技术,得出线路走廊的地物和地形地貌以及各项设备的空间距离,与此同时

无人机激光雷达测量技术可以通过自动提取带电导线线点并进行曲线整合,从而获取连续架空线路走廊影像,可以有效解决带电导线与树障精确测量的问题,提高输电线路巡检工作效率。

5. 分析无人机红外测温技术。对于电力线路而言,运行环境是较为恶劣的,并且长时间运行存在设备老化的问题,容易出现线路破坏和连接部件发热等问题,对线路运行安全带来影响,无人机红外测温技术可以对线路中早期存在的缺陷和绝缘性进行预判,将其故障为导向的线路维修转变为预防为导向的维护,进而提高架空输电线路运行的安全稳定,提高供电可靠性。借助红外测温技术,无人机通过在被测点附近悬停,不接触、不取样、不破坏被测点,实时对被测点进行监控测量,并且利用无人机能够近距离靠近被测点,满足红外测温仪使用距离要求,提高测温效果,及时发现线路存在的温度异常现象,对其存在的隐患进行排查,降低线路出现的故障概率。

二、分析学习无人机全自主电力巡检分析

(一) 分析系统建模

在全自动化的电力巡检系统中,无人机在执行巡检的任务过程中,通常情况下具有三个决策点:一是在什么情况下执行回充命令;二是目标的选择;三是飞往目标路径规划的决策等。结合这些决策点,设计强化学习的训练环境,使其智能化的决策可以达到全局最优,并考虑泛化性问题以应用在实际系统中。整个系统可以分为巡检无人机智能体、分布在适当位置的无线充电桩和待巡检目标三个部分。设计的巡检系统工作流程为:无人机从充电桩出发,飞向巡检目标,完成所有巡检任务后飞回充电桩,中间如何进行决策是本文要考虑的重点。通常是根据以下的标准去判断该巡检系统是否为全自动的,既当无人机面临以下情况的时候,有自主决策能力,无人机巡检的过程中,具有自主选择最优目标和规划最优路径的能力,与此同时巡检的过程中无人机会根据自动的电量决定是否飞往充电桩进行充电,在充电桩的状态下,无人机可以根据已充电量和剩余任务选择是否继续执行任务。总之,整个电力巡检系统要满足无须人的任何干预即可完成自主电力巡检。此外在建模的过程中,还要对能耗模型进行分析。能耗包括无人机的推进能耗和通信能耗两个部分。由于在实际情况中,通信能耗相较于推进能

耗要小得多,因此,在对通信能耗忽略不计。为了获取无人机的推进能耗,假设无人机始终为稳定直线水平飞行,即无人机的飞行受以下两个方面约束:无人机向恒定的方向以固定的速度进行飞行,没有水平加速度和突然转向。由于升力和重力的平衡,这里考虑无人机没有垂直加速度,在固定的高度飞行。然而对于充电桩的充电模型而言,无线充电是在没有导线的情况下通过气隙来进行电能传输的一种技术,无线充电系统主要是由能量发射电路和接收电路等组成,能量主要是通过磁场在这两个谐振的电路间来进行传输。

(二) 分析实验环节

先是需要对实验环境进行搭建,进而深度的去强化学习的应用,并且构建出智能体的训练环境,通过和环境进行互动能够得到有关的训练参数,对其自身的参数做出合理优化,之后便要配置软硬件环境和相关的超参数,最终对其实验结果进行合理的分析。一是对环境模型进行搭建。在实验环境搭建的过程中,可以基于 gym 来进行搭建,无人机主要采取规定的动作来进行移动,每一次移动的步长是固定的,状态空间设置:状态表示须将完整的描述环境的信息提供给智能体。这里使用图像的形式来提供,图像使用当前的仿真地图界面,此仿真地图可以表示无人机的位置和电量信息,充电桩的位置以及电塔和电线的位置。动作空间设置:主要研究全自主电力巡检环境中无人机如何进行决策,并没有考虑无人机动力学特性的影响,因此仅定义了东、西、南、北四个方向以恒定速度飞行或停止五个离散动作。在此之外全自动电力巡检任务之中,最终的目标便是在较短的时间之内根据最小的能耗完成巡检所有的电塔和电力线,所以奖励函数也是可以结合能耗以及巡检任务的完成情况进行合理设计。二是实验设计。在进行实验的过程中,其硬件环境主要是可以使用 64 位 Windows10 操作系统,处理器则是可以选择使用 3.2GHz ADM Ryzen 75800H,其运行内存可以选择 16GB,显卡的型号可以选择 NVIDIA Ge Force RTX3060,显存的容量是可以选择 6GB。然而对于软件而言,可以配置为 Python3.7、Tensor Flow2.4.1、gym0.18.0 以及 NumPy1.19.5。在该软硬件环境中,设置好表中的超参数,分别使用 PPO 算法和 PPOAM 算法,在设计的电力巡检环境中对无人机智能体进行训练,最终得到两组实验数据。之

后便对算法在训练过程的奖励变化和能耗变化进行分析,然后设置实验的各个超参数。

总结:

结合上述分析能够发现,通过基于动作屏蔽的 PPO 算法,该算法能够联系实际情况,删除一些无效的动作,进而缩小了智能体的探索空间,提高了 PPO 算法的训练效率。在此之外也是提出了一种全自动的电力巡检系统,无人机借助无线充电桩和强化学习算法决策,使无人机能够持续且自主地执行任务,并通过仿真实验证明了该系统的可行性和高效性,该方法也可适用于无人外卖餐车、无人出租车等行业。日后的研究将着手于引入无人机的飞行动力学模型进行实验,同时考虑将该算法部署到真正的电力巡检系统中。

参考文献:

- [1] 李赛. 无人机快速巡检光伏电站中异常光伏组件的方法 [J]. 太阳能, 2022(01):62-65.
- [2] 王佳楠, 王晓霖, 魏惠梅. 对一种无人机甲烷泄漏巡检平台适用性的研究 [J]. 安全、健康和环境, 2022, 22(01):38-44.
- [3] 林厚飞, 叶静, 林权威. 基于网络的无人机巡检作业仿真培训交互系统设计与开发 [J]. 科技视界, 2022(01):32-37.
- [4] 李游, 龙伟迪, 魏绍东. 基于深度学习的红外光热成像无人机巡检技术应用 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2022, 22(01):13-16.
- [5] 粮龙亚, 杨阳, 严波, 刘江, 任新星, 杨凯. 北斗星基增强技术在电网无人机巡检中的应用 [J]. 北京测绘, 2021, 35(12):1557-1560.
- [6] 冯健, 罗日成, 王凤, 邓华宇, 闫瑾, 阳冠菲. 110kV 输电线路巡检无人机电磁环境效应分析 [J]. 电力学报, 2021, 36(06):498-504.
- [7] 马学志, 范剑雄, 柴雪松, 李会强, 暴学志, 李健超. 无人机巡检系统在铁路混凝土桥梁检测中的应用 [J]. 铁道建筑, 2021, 61(12):76-80.
- [8] 李宁, 李波, 陈炜, 康瑞, 杨少宾. 基于多旋翼无人机平台的高性能电力综合巡检系统设计 [J]. 电子设计工程, 2021, 29(24):120-124.
- [9] 唐国民, 王俊, 王海峰, 何俊峰. 面向航道精细化巡检的无人机航线自动规划技术研究 [J]. 中国水运. 航道科技, 2021(06):53-58.