

哈爾濱工業大學(深圳)

毕业设计（论文）开题报告

题 目：带时间敏感性的无人机网络
扫描覆盖算法设计与实现

专 业 计算机科学与技术

学 生 胡聪

学 号 180110505

指导教师 堵宏伟

日 期 2021 年 10 月 30 日

哈尔滨工业大学（深圳）教务部制

1. 课题来源及研究的目的和意义

近年来，无线传感器网络（WSN）已经成为一项重要的研究课题，在环境监测、交通监控和安全防护等领域有着广泛的应用前景^[1]。而在此类应用中，传感器的覆盖率是一种重要且基本的问题。

通过部署移动传感器节点对于需要进行监视的区域内的目标进行巡逻，可以在一段时间内访问每个目标，从而使得该区域内的目标可以被更少的传感器覆盖，这个问题被称为扫描覆盖[2]。通常，无线传感器网络中的传感器节点分散在偏远地区或危险地区（如战场、矿山、森林等），而这些地区很难人工进行巡视，因此有必要在这些需要被监控和巡视的区域部署可移动的传感器节点。

进一步将问题细化，可以将问题中的移动传感器细分为无人机。目前无人机在防火、救援等方面有着非常广泛的前景，无人机能够克服传统载人飞机的种种不足，不容易受到气候条件的限制，目前已经在国内外巡视、防火和救援等领域有着广泛的应用。

采用无人机代替人工作业，能够有效减少意外事故风险，同时节省人力资源。而在此基础上研究更加高效无人机的扫描覆盖算法，能够节省无人机资源，做到以尽可能少的无人机覆盖更多需要无人机到达的点位。

2. 国内外在该方向的研究现状及分析

扫描覆盖的概念最初来自机器人，其可以帮助机器人从起始位置到目标位置的路径规划找到一个完整的解决方案。^[3]而无人机，作为典型的空中机器人，则广泛被应用在空中监控等任务中。

无人机扫描覆盖算法与移动机器人和其他移动传感器的扫描覆盖算法有很大的相似之处，但是对于无人机而言，通常需要其飞行航线尽量保持笔直^[4]，尽量减少转弯次数，以保证最小的能量消耗，从而提高无人机的区域覆盖面积。

在无人机控制中，需要一个地面站对无人机进行操控，同时该地面站负责无人机的充电、维护等保养操作。

2.1 扫描覆盖类问题的优化目标

扫描覆盖作为无线传感器网络的一个新兴领域，近年来备受关注，一般来说，扫描覆盖类问题可以根据目标分为三类^{[5][6]}：

- 1) 传感器数量的优化。一般来说，我们在无线传感器网络的问题中，想要尽可能地减少移动传感器，解决这一问题的办法是减少移动传感器在到达目标兴趣点(POI)的移动距离；

- 2) 扫描周期优化。在这一问题上的目标是使得扫描覆盖范围内的兴趣点 (POI) 被扫描所需周期最小;
- 3) 传感器速度优化。这类问题的目标是使移动传感器在扫描覆盖问题中的移动速度功效。

扫描覆盖类问题的研究目标是通过优化扫描覆盖路径, 结合对于现有的对于扫描覆盖的研究, 在时间敏感的限制之下, 优化移动传感器的扫描路径和规划。

2.2 移动传感器的扫描覆盖问题研究方向

科研人员为了保证对兴趣点 (POI) 的扫描覆盖率, 做出了很多移动传感器网络相关的研究。一般来说, 研究方向主要有以下两个: 1) 在时间限制下确定移动传感器的最小数量; 2) 在传感器数量确定的前提下, 找到最小的扫描周期。

3. 主要研究内容

3.1 问题简化

项目开始前, 首先可以对本项目中不影响实验结论的部分进行简化以提高效率, 在这里可以进行一些合理的假设, 如: 1) 我们将无人机视为一个质点; 2) 无人机的位置可以由导航系统精确给出; 3) 我们定义某一点被覆盖的标准是无人机可以顺利到达该位置。

将问题中无人机需要进行覆盖的点称之为兴趣点 (Point of Interest, POI), 每个兴趣点具有一定的存活时间, 当无人机未在兴趣点的存活时间内覆盖该兴趣点时, 可以认为该兴趣点死亡。

这样, 问题就被转化为兴趣点数量一定或无人机数量一定的情况下, 对于二维平面的扫描覆盖算法设计问题。

3.2 算法设计与实现

在算法设计时, 应该针对目前较为优秀的扫描覆盖算法, 如 WTSC、G-MSCR 等进行研究, 在充分的思考和学习之后, 自行设计改进后的无人机网络扫描覆盖算法, 并针对算法的可行性进行分析, 并在 NetworkSimulator 中进行仿真与算法实现。

3.3 算法验证与对比

算法设计完成后, 应该对实验数据进行对比, 在兴趣点数量一定, 改变无人机数量或无人机数量一定, 改变兴趣点数量的情况下, 将设计完成的算法与其他优秀算法进行性能的比较, 验证改进后的算法是否拥有更高的性能。

4. 研究方案

假设问题中有 n 个兴趣点(POI)，用 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 来进行表示。这些兴趣点一般会随机分布在目标区域中（将目标区域视作一个平面）。同时有 m 架无人机，用 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 来进行表示。在区域中有一个基点 B ，作为无人机的基地，所有的无人机都会从这一点出发，最终覆盖尽可能多的兴趣点，最后无人机会返回基地进行充电、保养等工作^[7]。

在无人机实际飞行中，可以定义一个概念——无人机的有效工作时间。有效工作时间由三部分进行组成：1) 无人机起飞所消耗的时间；2) 无人机飞行时间；3) 无人机降落至基地所消耗的时间。而在我们的项目中，为了研究方便，可以忽略无人机返回基地过程中所消耗的时间，因此实际上的有效工作时间就是 1) 与 2) 之和^{[8][9]}。

在无人机飞行过程中，无人机飞在一个固定的高度 h ，并保持一个速度 v 飞行至兴趣点。所以我们可以将三维的无人机飞行问题转化为二维的，即将所有的点视为平面，这样可以将无人机视为在平面中进行移动，那么任意两个兴趣点之间的距离就是他们的直线距离。不过，在无人机飞行过程中，从一个点到另一个点是直线飞行，因此如果需要到达的下一个点不在前面两个点组成的直线上时，需要进行转向，这一过程所消耗的时间需要被计算于总时间中^[10]。

最后，在考虑时间敏感性时，我们定义两个概念——有效时间和准确时间。准确时间即某一兴趣点需要被覆盖的时间，但是在实际问题中，考虑到并非到期后这一点就死亡，而是会有一定时间冗余，我们可以充分利用这个时间冗余，定义出第二个概念，有效时间。因此我们在计算覆盖率时，也可以根据这两项指标计算出有效覆盖率和准确覆盖率。

5. 进度安排，预期达到的目标

5.1 进度安排

2021.10 - 2021.11 进行文献调研与开题有关工作

2021.11 - 2022.01 进行论文研读、基础知识学习等

2022.01 - 2022.04 设计算法，使用 NetworkSimulator 进行网络仿真并实现算法，对算法进行优化

2022.04 - 2022.05 通过实验数据与 WTSC、G-MSCR 等算法进行覆盖率比较

2022.05 - 2022.06 整理实验结果，完成论文

5.2 预期达到的目标

通过查阅相关资料,参照目前已有的带时间敏感性的无人机网络扫描覆盖算法,设计出性能更加优秀的算法,并在网络仿真平台 NetworkSimulator 中进行仿真。算法设计完成后,应该与当前性能较好的 WTSC、G-MSCR 等扫描覆盖算法进行性能对比。

6. 课题已具备和所需的条件、经费

需要熟练使用 NetworkSimulator 网络仿真平台;需要掌握无人机网络有关基础知识,了解无人机飞行过程中的基本参数;需要算法测试能力对算法性能进行评估。

7. 研究过程中可能遇到的困难和问题, 解决的措施

在本研究课题中,可能遇到的困难和问题主要有:算法设计过程中可能存在与目前已有算法相比提升不大的问题,导致研究成果不显著;对于无人机网络领域相关知识接触不够深入,可能需要较长时间学习有关知识;使用网络仿真平台进行算法仿真,可能无法体现算法在实际环境中的工作情况,导致研究结果的实际应用情况无法得到确定。

解决办法:

(1)在研究开始时,应该针对目前在无人机网络领域扫描覆盖性能较高的相关算法进行了解和对比,先针对上述算法进行深入学习。在设计阶段,如有必要,可以结合上述算法的优点,进行算法设计,以确保算法性能的优越性;

(2)算法设计完成后,应该选取目前性能最高的几个算法进行比较。在控制变量的前提之下,从限定时间和限定无人机数量两个角度,进行多次仿真实验,以进行多方面的性能比较;

(3)在研究过程中,如果涉及无人机和无人机网络有关知识,应该进行系统性的学习。考虑到课题研究时间安排,应该通过查阅文献等方式,针对研究过程中涉及到的需求进行对应知识的学习;

(4)在条件允许的情况下,应该尝试将研究成果转化为实际应用,在现有的无人机平台中应用该算法。

8. 主要参考文献

[1] 陈海,何开锋,钱炜祺.多无人机协同覆盖路径规划[J].航空学报,2016,37(03):928-935.

- [2] Zhang D , Zhao D , H Ma. On Timely Sweep Coverage with Multiple Mobile Nodes[C]// 2019 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC). IEEE, 2019.
- [3] Li J , Xiong Y , She J , et al. A Path Planning Method for Sweep Coverage With Multiple UAVs[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2020, PP(99):1-1.
- [4] X Gao, Chen Z , Pan J , et al. Energy Efficient Scheduling Algorithms for Sweep Coverage in Mobile Sensor Networks[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2020, 19(6):1332-1345.
- [5] Li F , Dong B , Wu X , et al. Geometry Assisted Energy Efficient Sweep Coverage Algorithm For Wireless Sensor Networks[C]// 2021 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC). IEEE, 2021.
- [6] X Gao, Chen Z , Pan J , et al. Energy Efficient Scheduling Algorithms for Sweep Coverage in Mobile Sensor Networks[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2020, 19(6):1332-1345.
- [7] Gorain B , Mandal P S . Approximation Algorithms for Barrier Sweep Coverage[J]. International Journal of Foundations of Computer Science, 2017, 30(3).
- [8] Gao X , Fan J , Wu F , et al. Approximation Algorithms for Sweep Coverage Problem With Multiple Mobile Sensors[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2018:1-14.
- [9]薛镇涛,陈建,张自超,刘旭赞,苗宪盛,胡贵.基于复杂地块凸划分优化的多无人机覆盖路径规划[J/OL].航空学报:1-15[2021-10-31].
- [10]彭辉,沈林成,霍霄华.多 UAV 协同区域覆盖搜索研究[J].系统仿真学报,2007(11):2472-2476.