**考虑无人机终端综合体验质量的网络选择算法**

马彬①② 苟佳灼\*①②

①(重庆邮电大学计算机科学与技术学院 重庆 400065)

②(重庆邮电大学重庆市计算机网络与通信技术重点实验室 重庆 400065)

摘 要：针对在现代化智能交通系统中传统固定设备不能满足全覆盖、动态监测的问题，考虑引入高度灵活的无人机来辅助交通监测能够有效解决该问题。本文定位的场景为城市早晚高峰核心区域中。在网络资源拥塞的状况下，首先无人机在回传大数据量业务时可以根据其到邻居无人机和到地面基础设施的通信链路质量、无人机之间的相对运动趋势来组建空中自组织网络。其次，选择无人机回传数据的业务匹配度、无人机到接入网络的通信链路质量和无人机终端的体验质量(Quality of Experience QoE)这三个参数作为选网依据，使用改进逼近理想解(TOPSIS)的综合评价法来为无人机提供综合体验质量最高的候选网络。仿真结果表明，该算法能够降低该区域的地面基础设施的负载程度，提高网络的吞吐量和无人机终端回传数据的满意程度。

关键词：智能交通；空地异构无线网络；业务匹配度；通信链路稳定性；体验质量

中图分类号：TN915 文献标识码：A 文章编号：

DOI：

**UAV**

MA Bin①② GOU Jiazhuo\*①②

①(*Institute of Computer Science and Technology*, *Chongqing University of Posts and Telecommunications*, *Chongqing* 400065, *China*)

②(*Chongqing Key Laboratory of Computer Network and Communication Technology,*

*Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing* 400065*, China*)

**Abstract:** UAV

**Key words:** Ultra-dense heterogeneous Wireless networks; Finite state machine; Attack detection; Exponential weighted moving average; Pareto optima

# 1 引言

现代化交通系统正朝着智能化方向不断发展，智能交通系统(Intelligent Traffic System ITS)有力的缓解了城市中的交通拥堵，确实减少了交通事故的发生。但是随着城市规模的扩展和车辆的不断增加，原有的固定的一些智能交通设备如摄像头只能监测其覆盖范围内的车辆，存在一定监控盲区而且不能做到持续追踪，并且固定设备覆盖范围有限，缺乏对区域全局交通信息的监测能力。同时现如今车辆越来越智能化，车联网技术应用地更加广泛，新的智能交通设备需要满足与车辆联系更加紧密的功能。

无人机(UAV, Unmanned Aerial Vehicle)作为一种新兴技术，可用于军事、民用领域。近几年来，携带传感器或这摄像头的无人机越来越多地在生产生活中执行各种传感任务，例如无人机可以部署至空中进行空气质量检测[1]，能够对特定目标进行检测并回传结果[2]，执行精准农业任务[3]等。所以可以将无人机引入智能交通场景中，在无人机上搭载数据采集设备，能够对其覆盖范围内的道路拥堵情况、车流量等数据做到实时采集。另外无人机上还能够搭载通信设备接入地面基础设施，将实时采集到的路况数据传输给智能交通系统后台。这样让灵活性强的无人机与智能交通系统相结合，能够有效解决传统固定设备存在的问题。

在本文的城市早晚高峰核心区域的场景中，无人机执行的任务是采集道路交通流量数据以及对车辆的违章监测工作。这类数据主要是以大数据量的视频流为主，并且采集数据的目的意义是为了回传给交通系统后台作进一步的处理分析。当无人机触发回传数据条件时，它就需要接入某个网络进行数据传输任务。如果是无人机也直接接入资源紧张的地面基础设施，那么势必会加剧该区域的网络资源的消耗。同时，无人机作为空中终端与地面基础设施建立的空地通信链路(Air-to-Ground Link A2G Link)与普通地面终端与地面基础设施建立的链路质量不同。所以为作为空中终端的无人机提供一个合适的网络选择算法将会是一个挑战。

目前，也有其他文献在致力于研究无人机空中终端的网络切换算法，也都取得了一定的成效。例如文献[4]提供一种接入蜂窝网的无人机的增强型切换方案，根据无人机在起飞过程中会多次飞过基站天线波瓣零空间的特性，通过动态调整切换触发参数来减少无人机不必要的切换次数，提高网络吞吐量。文献[5]提供了一种基于深度强化学习算法的切换方案，使用接收信号强度指示作为奖励函数，能够减少不必要的切换次数以及将接收信号强度指示在大部分时间保持在合理的范围。文献[6]还将卫星网络引入至无人机异构通信网络中，通过使用基于分类模糊推理的切换算法来保证无人机终端能够做出切换决策，避免乒乓效应。文献[7]提供一种组切换方案，考虑终端享受到服务的相对重要性来进行决策，并且候选网络的创建和备选网络的排名是在雾和云基础设施中执行的，以减少无人机的工作量。

在上述的无人机网络选择算法中，主要是考虑到无人机与接入的地面基础设施之间的接收信号强度作为切换依据，并未考虑到无人机需要回传数据的业务类型以及针对无人机终端的体验质量来作为网络选择的优化目标。因此，从减少地面基础设施资源消耗和提高无人机终端回传数据时的满意程度的角度出发，本文提出了一种考虑无人机终端综合体验质量的网络选择算法，以期缓解网络资源的进一步消耗和满足无人机终端的工作需求。本文的主要贡献如下：

1. 在网络拥塞的情况下，结合无人机与无人机和无人机与地面基础设施的通信链路质量、无人机感知到地面基础设施的资源剩余量和无人机之间的相对运动趋势来构建空中自组织网络。将空中自组织网络加入到无人机终端回传数据的候选网络中，这样本文的网络场景就形成了以空中自组织网络、地面蜂窝网、无线局域网构成的空地异构无线网络(Heterogeneous Aerial-Ground Wireless Network HAGWN)。
2. 在空地异构无线网络场景中，定义无人机终端回传数据的业务匹配度、无人机到接入网络的通信链路稳定质量、无人机回传数据的体验质量这三个参数，使用改进逼近理想解综合评价法来选取最优接入网络。

# 2 算法设计与流程

在城市早晚高峰的核心区域中，网络的负载程度较高。无人机在触发回传数据条件之后即刻开始生成候选网络开始进行网络选择算法。但是无人机需要回传的数据并不全是大数据量的道路交通视频流，有时候只是一些车辆违章图片或者对无人机的一些控制信号，所以这种情况下如果到地面基础设施情况较好，那么该无人机就不需要构建自组织网络，可以直接接入地面基础设施回传数据。如果无人机需要回传大数据量业务，并且地面基础设施资源有限，那么就可以构建空中自组织网络，通过其他无人机来辅助接入回传数据。通过以上分析，本文的算法流程图如下图1所示，可以分为以下三个流程。

1. 无人机回传数据触发条件：当无人机在道路上持续巡航采集到的视频大小达到限制或者无人机监测到有车辆正在违章，此时无人机根据任务驱动触发回传条件。
2. 构建候选网络流程：在触发回传数据条件之后，无人机终端即刻根据数据业务类型以及感知到地面基础设施的网络资源消耗情况来判断是否需要构建空中自组织网络来辅助其回传数据。如果不需要那么直接根据与地面基础设施之间的信干噪比来得到候选网络。
3. 网络选择流程：首先获取各候选网络参数（业务匹配度、无人机到接入网络的通信质量、无人机终端的体验质量），然后通过使用模糊层次分析法确定主观权重和使用熵权法确定客观权重，这样主客观统一得到参数的综合权重。然后使用改进的逼近理想解算法来对各候选网络参数进行计算得到综合评分，最后无人机终端选择综合评分最大的网络进行接入。

# 3 信道建模

# 4 空中自组织网络构建

# 5 考虑无人机终端综合体验质量的网络选择算法

# 6 仿真结果与分析

# 7 结束语

# 参考文献

1. Y. Yang, Z. Zheng, K. Bian, L. Song and Z. Han, "Real-Time Profiling of Fine-Grained Air Quality Index Distribution Using UAV Sensing," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 5, no. 1, pp. 186-198, Feb. 2018, doi: 10.1109/JIOT.2017.2777820.
2. D. Facinelli, M. Larcher, D. Brunelli and D. Fontanelli, "Cooperative UAVs Gas Monitoring using Distributed Consensus," 2019 IEEE 43rd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Milwaukee, WI, USA, 2019, pp. 463-468, doi: 10.1109/COMPSAC.2019.00072.
3. B. H. Y. Alsalam, K. Morton, D. Campbell and F. Gonzalez, "Autonomous UAV with vision based on-board decision making for remote sensing and precision agriculture," 2017 IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT, USA, 2017, pp. 1-12, doi: 10.1109/AERO.2017.7943593.
4. W. Dong, X. Mao, R. Hou, X. Lv and H. Li, "An Enhanced Handover Scheme for Cellular-Connected UAVs," 2020 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC), Chongqing, China, 2020, pp. 418-423, doi: 10.1109/ICCC49849.2020.9238986.
5. Jang Y, Raza SM, Kim M, Choo H. Proactive Handover Decision for UAVs with Deep Reinforcement Learning. Sensors. 2022; 22(3):1200. https://doi.org/10.3390/s22031200.
6. Zhou Y, Liu K. Heterogeneous network handover algorithm for unmanned aerial vehicles based on categorical fuzzy inference[C]//ITM Web of Conferences. EDP Sciences, 2022, 47: 02018.
7. Skondras E, Kosmopoulos I, Michailidis E T, et al. A Group Handover Scheme for Supporting Drone Services in IoT-Based 5G Network Architectures[J]. Drones, 2022, 6(12): 425.