

Research on the Application of 5G Tactile Internet Technology in the Fields of UAVs and Autonomous Driving

Liangsheng Lu Liping Lu Yao Li

China Mobile Communications Group Guangdong Co., Ltd. Guangzhou Branch, Guangzhou, Guangdong, 510335, China

Abstract

The 5G Tactile Internet technology, as a new generation of communication technology, brings unprecedented opportunities to the fields of drones and autonomous driving with its characteristics of high speed, low latency, and large number of connections. This paper deeply explores the application of 5G Tactile Internet technology in drone intrusion monitoring, flight management, and the construction of dynamic 3D maps for autonomous driving, as well as road safety supervision, and analyzes the current industry's pain points. The paper also introduces the implementation mechanism of the 5G Tactile Internet network, including the role of base stations and the core network in the perception process, and how to achieve multidimensional and multi-granularity environmental and target perception through network-side analysis and prediction. Finally, the paper discusses the potential of 5G Tactile Internet technology in optimizing communication networks, reducing deployment costs, promoting the innovation of communication mechanisms, and enhancing network efficiency.

Keywords

5G tactile internet technology; UAVs; autonomous driving

5G 通感技术在无人机与自动驾驶领域的应用研究

卢良生 卢利平 李瑶

中国移动通信集团广东有限公司广州分公司, 中国·广东 广州 510335

摘要

5G通信技术, 作为新一代通信技术, 以其高速率、低延迟和大连接数的特性, 为无人机和自动驾驶领域带来了前所未有的机遇。论文深入探讨了5G通感技术在无人机的入侵监测、飞行管理以及自动驾驶的动态3D地图构建和道路安全监管中的应用, 并分析了当前行业的痛点问题。论文还介绍了5G通感网络的实现机制, 包括基站和核心网在感知流程中的作用, 以及如何通过网络侧的分析和预测来实现多维多粒度的环境和目标感知。最后, 论文讨论了5G通信技术在优化通信网络、降低部署成本、推动通信机制革新以及提升网络效能方面的潜力。

关键词

5G通感技术; 无人机; 自动驾驶

1 概述

1.1 研究背景与意义

随着全球数字化转型的加速, 5G 通信技术作为新一代的移动通信技术, 其发展和应用已成为推动社会进步的关键力量。5G 技术以其高速率、低延迟、大连接数等显著优势, 为各行各业带来了革命性的变化。特别是在无人机 (Unmanned Aerial Vehicles, UAVs) 和自动驾驶 (Autonomous Driving, AD) 领域, 5G 技术的引入, 为实现更高效、更安全、更智能的系统提供了可能。

1.2 5G 通信技术概述

5G 通感技术, 也被称为 5G Tactile Internet, 是一种融

合了通信和感知功能的网络技术。它不仅能够提供高速的数据传输服务, 还能够利用无线信号进行环境信息的感知和分析。这种技术的核心在于, 通过 5G 网络的先进特性, 实现对周围环境的实时、多维度的感知, 从而为无人机和自动驾驶车辆提供更加丰富和精确的感知数据^[1]。

2 5G 通感技术基础

5G 通感技术的基本原理是基站利用无线电波进行感知, 核心网控制感知流程、执行计算过程; 基站接收到回波后处理生成点云信息, 并将其传递到核心网, 经核心网网元执行感知计算, 将感知目标信息输出到应用平台。

2.1 关键技术

5G 通感技术的基础在于其能够通过无线通信网络实现对环境的感知和数据的传输。这一技术的核心原理包括以下几个方面:

【作者简介】卢良生 (1982-), 男, 中国广东陆丰人, 硕士, 高级工程师, 从事信息通信网络工程建设研究。

无线信号的利用：5G网络使用无线电波作为传输介质，这些无线电波在遇到物体时会产生反射、散射和吸收等现象。通过分析这些现象，可以获取物体的位置、速度、形状等信息。

高级信号处理：5G网络的基站和用户设备（UE）配备了先进的信号处理算法，能够对接收的信号进行解析，提取出有用的信息，从而实现对环境感知。

大数据分析：5G网络能够处理和分析大量的数据，这些数据来自网络中的多个传感器和用户设备。通过对这些数据的分析，可以更准确地感知环境并做出决策。

机器学习和人工智能：5G通感技术结合了机器学习和人工智能技术，使系统能够学习和适应不同的环境条件，提高感知的准确性和效率。

网络功能虚拟化（NFV）和软件定义网络（SDN）：5G网络采用NFV和SDN技术，提高了网络的灵活性和可扩展性，使得网络可以根据不同的感知需求进行动态调整。

多输入多输出（MIMO）技术：5G网络使用MIMO技术，通过多个天线同时发送和接收信号，提高了数据传输的速率和可靠性，同时也增强了感知能力。

2.2 5G通感技术在无人机和自动驾驶领域的运用优势

由于5G通感技术具有多元化感知能力，其在无人机和自动驾驶领域的应用具有以下显著优势：

高速度：5G网络的高速数据传输能力保证了大量感知数据能够实时地被传输和处理，满足了无人机和自动驾驶对实时性的需求。

低延迟：5G网络的低延迟特性使得无人机和自动驾驶车辆能够快速响应环境变化，提高了系统的安全性和可靠性。

高连接密度：5G网络能够支持大量设备的连接，使得大规模的无人机群或自动驾驶车队能够同时工作，而不会发生通信拥塞。

高精度感知：5G通感技术通过高级信号处理和数据分析，能够实现对环境的高精度感知，为无人机和自动驾驶车辆提供更加精确的决策依据。

灵活性和适应性：结合机器学习和人工智能技术，5G通感技术能够适应不同的环境和条件，提高系统的智能化水平。

网络切片：5G网络的网络切片技术能够为不同的应用提供定制化的网络服务，确保无人机和自动驾驶车辆在各种环境下都能获得所需的网络性能。

安全性：5G网络提供了更加严格的安全措施，包括数据加密和用户认证，保障了无人机和自动驾驶车辆通信的安全性。

可扩展性：5G网络的设计考虑了未来的技术发展和应用需求，具有良好的可扩展性，能够适应不断增长的网络负载和新的应用场景。

通过这些技术原理和优势，5G通感技术为无人机和自动驾驶领域的发展提供了坚实的基础，并开辟了广阔的应用前景。

3 无人机领域的应用

3.1 入侵监测

无人机在入侵监测领域的应用主要体现在其能够利用5G通感技术进行实时的空中监视和侦察。5G网络的高速率和低延迟特性使得无人机能够快速响应监控区域的异常情况，如非法入侵或其他安全威胁。通过搭载高清摄像头和传感器，无人机可以实时捕捉图像和数据，并通过5G网络将信息传输至控制中心进行分析和处理。此外，5G通感技术还可以实现对无人机的精确控制，确保其在复杂环境中稳定运行，提高监测的准确性和效率。

3.2 飞行管理

飞行管理是无人机应用中的关键环节，5G通感技术在此领域的应用主要体现在以下几个方面：

实时通信：5G网络的低延迟特性保证了无人机与地面控制站之间的实时通信，确保飞行指令的快速传达和执行。

路径规划：利用5G网络的高速数据传输能力，无人机可以实时接收和处理来自地面控制站的飞行路径信息，进行动态调整和优化。

空中交通管理：5G通感技术可以支持无人机在空中交通管理中的应用，通过实时感知和分析其他飞行器的位置和速度，避免空中碰撞。

环境适应性：结合人工智能和机器学习技术，无人机可以根据实时感知的环境信息，自动调整飞行策略和行为，提高飞行的安全性和效率^[2]。

4 自动驾驶领域的应用

4.1 动态3D地图构建

动态3D地图是自动驾驶汽车理解和导航周围环境的关键工具。而5G通感技术在动态3D地图构建中具有不可替代的关键作用，主要体现在以下几个方面：

①高精度地图更新：5G网络的高速率和低延迟特性使得自动驾驶汽车能够实时接收和更新高精度地图数据，包括道路状况、交通信号、行人和其他车辆的位置等。

②多源数据融合：自动驾驶汽车通常配备有多种传感器，如雷达、激光雷达（LiDAR）、摄像头等。5G通感技术可以高效地处理和融合这些传感器收集的数据，生成更加丰富和精确的3D地图。

③实时环境感知：5G网络的高连接密度和网络切片技术支持大量传感器的实时数据传输，使自动驾驶汽车能够及时感知周围环境的变化，如临时路障或交通拥堵。

④协作式地图构建：5G通感技术允许多辆自动驾驶汽车共享其感知到的环境信息，通过协作式的方式构建和更新动态3D地图，提高地图的准确性和覆盖范围。

4.2 道路安全监管

道路安全监管是自动驾驶领域中一个十分关键的应用场景，5G 通感技术可以提供道路感知能力和决策信息支撑能力，其关键作用主要包括：

实时交通监控。5G 网络可以支持交通监控系统实时收集和分析道路状况、车辆流量和事故信息，及时响应并采取措​​施以维护道路安全。

车辆通信系统 (V2X)。5G 通感技术可以加强车辆与车辆 (V2V)、车辆与基础设施 (V2I) 以及车辆与行人 (V2P) 之间的通信，实现更加智能和安全的交通流管理。

事故预防和响应。通过实时感知和分析交通状况，自动驾驶汽车可以预测潜在的事故风险并采取预防措施，同时在事故发生时快速响应，减少事故影响。

智能交通信号控制。5G 网络可以支持交通信号系统根据实时交通数据进行智能调整，优化交通流，减少拥堵和事故发生的概率。

法规遵守和行为监控。自动驾驶汽车可以通过 5G 网络实时接收交通法规更新和行为监控信息，确保遵守交通规则，提高道路安全。

数据驱动的决策支持。5G 通感技术可以为交通管理部门提供大量的实时数据，支持基于数据的决策制定，如交通规划、基础设施建设和维护等。

5G 通感技术的应用为自动驾驶领域带来了革命性的变化，不仅提高了自动驾驶汽车的感知能力和决策效率，也为道路安全监管提供了强有力的技术支持。随着技术的不断发展和应用的深入，自动驾驶汽车将更加安全、智能，并在未来的交通系统中发挥关键作用。

5 5G 通感技术在无人机与自动驾驶领域的应用的组网架构

5G 通感网络主要包括：

感知控制面功能：与现有 5GC 控制面网元交互，负责控制面消息传递，将感知数据面功能的地址提供给基站 / UE。

感知数据面功能：负责收集和分析终端或基站生成感知数据，计算感知结果，并将其开放给 UE 或应用。

5.1 无人机领域的组网架构

地面控制中心 (GCS)：作为无人机操作的核心，GCS 负责任务规划、监控和控制指令的发出。它通过 5G 网络与无人机进行通信，实现远程操作和数据交换。

无人机平台：包括各种类型的无人机，它们搭载有传感器、摄像头和其他必要的硬件，用于收集环境数据和执行任务。

5G 通信网络：提供高速、低延迟的数据传输通道，连接 GCS 和无人机，确保指令和数据的实时传输。

边缘计算节点：靠近无人机操作区域的边缘服务器，用于处理无人机收集的大量数据，减少延迟，提高响应速度。

云服务平台：提供大规模的数据处理、存储和分析能力，支持复杂的机器学习模型和人工智能算法。

数据链路：无人机与 GCS、边缘计算节点和云服务平台之间的数据传输链路，确保数据的安全性和完整性。

安全与隐私保护机制：确保无人机操作和数据传输的安全性，防止未授权访问和数据泄露。

5.2 自动驾驶领域的组网架构

车载单元 (OBU)：安装在自动驾驶车辆上，负责收集车辆状态信息、感知周围环境，并与其他网络节点通信。

路侧单元 (RSU)：部署在路边或交通基础设施上，与车载单元进行通信，提供交通信息和辅助服务。

5G 通信基站：作为网络的核心，提供广泛的覆盖和高速的数据传输能力，连接车载单元和 RSU。

交通管理中心：负责监控交通状况、处理交通事件，并与车辆进行通信，以优化交通流和提高道路安全。

云控制平台：提供集中的数据处理、存储和分析服务，支持自动驾驶车辆的智能决策和协同作业。

高精度定位系统：结合卫星导航系统和 5G 网络，为自动驾驶车辆提供精确的定位服务。

智能交通系统 (ITS)：集成各种交通管理和服务功能，如交通信号控制、电子收费、紧急救援等。

数据安全与隐私保护：确保车辆数据的安全传输和存储，保护乘客和用户的隐私^[1]。

6 结论

论文深入探讨了 5G 通感技术在无人机和自动驾驶领域的应用，分析了其在入侵监测、飞行管理、辅助超视距飞行、动态 3D 地图构建和道路安全监管等方面的实际应用原理和潜在优势。5G 通信技术以其高速率、低延迟、大连接数和高可靠性，为这些领域带来了革命性的变革。通过 5G 网络的广泛覆盖和先进功能，无人机和自动驾驶系统能够实现更加精确的环境感知、实时决策和安全运行。

随着 5G 技术的不断发展和完善，以及相关挑战的逐步解决，5G 通感技术在无人机和自动驾驶领域的应用将更加广泛和深入，为社会带来更加安全、高效和智能的交通系统和生活方式。未来的研究将继续推动这一技术的发展，实现更加广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 姚美菱.5G移动通信技术与应用[M].北京:化学工业出版社,2022.
- [2] 孙韶辉.5G通信系统定位技术原理与方法[M].北京:人民邮电出版社,2023.
- [3] 肖海林.5G+C-V2X车载通信关键技术[M].北京:电子工业出版社,2021.