

# 一种具有5G远距离传输功能的鸟类鸣声监测设备

徐腾<sup>1</sup> 褚南峰<sup>2</sup> 王程<sup>1</sup> 邹嵘嵘<sup>3</sup>

(1. 南京工程学院电力工程学院, 江苏南京 210067;  
2. 南京工程学院工程训练中心、应用技术学院, 江苏南京 210067;  
3. 南京英华达股份有限公司, 江苏南京 210067)

摘要: 本文主要介绍了一种创新的鸟类鸣声监测设备, 该设备融合了先进的录音技术、信号处理算法与5G通信技术, 旨在解决传统鸟类鸣声监测技术中存在的监测范围有限、数据传输速度慢及数据处理效率低下等问题。设备主要由拾音器阵列、高性能处理器、5G通信模块及电源管理单元构成, 能够准确捕捉并识别鸟类鸣声, 实现数据的实时远距离传输。

关键词: 5G远距离; 鸟类鸣声; 监测; 设备

鸟类鸣声监测在生态学研究 中占据着举足轻重的地位, 通过对鸟类鸣声的监测和分析, 科学家能够深入了解鸟类的生活习性、迁徙规律以及种群动态, 这对于鸟类保护、生物多样性维护以及生态环境的整体监测具有重要意义。

5G技术不仅具有高速率、大容量、低延迟的特点, 还具备更强的网络覆盖能力和更广泛的应用场景。研究一种具有5G远距离传输功能的鸟类鸣声监测设备, 结合先进的录音技术和信号处理算法, 准确捕捉和识别鸟类鸣声, 来解决传统的鸟类鸣声监测技术存在监测范围有限、数据传输速度慢、数据处理效率低下等问题。

## 一、国内外研究现状

### (一) 鸟类鸣声监测技术概述

鸟类鸣声监测作为生态学研究的重要手段, 近年来得到了广泛的关注和发展。目前, 市场上存在多种鸟类鸣声监测设备, 这些设备在监测精度、传输效率以及功能特点上各不相同。一些设备侧重于需到现场进行高精度的录音采样, 然后取回录音样本, 再输入到电脑服务器进行声纹识别, 但其在传输效率和实时性方面有不足。另一些设备则强调远距离传输和实时监测能力, 通过先进的通信技术实现鸟类鸣声的快速传输, 但在录音质量和存储能力上有所欠缺。还有一些设备在传输效率上存在瓶颈, 难以实现远距离实时监测和高效数据传输。

本项目研发流程主要包括硬件集成测试、驱动程序开发、系统联调与测试(如图1所示), 以确保设备稳定可靠, 不仅要实现鸟类鸣声远距离传输与地理位置记录, 还要通过环境参数监测辅助分析, 为鸟类生态研究提供有力支持。

### (二) 5G技术在监测领域的应用

5G技术的快速发展为鸟类鸣声监测提供了新的解决方案。5G技术以其高速度、低延迟和大容量的特点, 在远距离数据传输和实时监测方面具有显著优势。通过5G网络, 鸟类鸣声监测设备可以实现实时、高效的数据传输, 用户可以随时随地通过手机或电脑等设备访问监测数据, 及时获取鸟类生态信息。

国外研究在5G技术的集成和应用方面相对成熟, 已经涌现出一些具有示范意义的项目和案例。而国内研究虽然起步较晚, 但在近年来也取得了显著进展, 特别是在5G技术与鸟类鸣声监测设备的结合方面, 已经出现了一些创新性的研究成果, 在鸟类鸣声识别算法和本地数据存储方面有着独特优势, 但在远距离数据传输和实时监测方面相对滞后。

## 二、系统设计与实现

### (一) 设备总体设计

本鸟类鸣声监测设备主要由拾音器阵列、高性能处理器、5G通信模块以及电源管理单元等关键部件构成。拾音器阵列负责捕捉鸟类鸣声信号, 并将其转化为电信号进行初步处理。高性能处

理器则负责接收拾音器阵列传递的信号, 进行数字滤波、特征提取、声音识别等一系列复杂的数据处理操作, 从而准确识别并分类鸟类鸣声。处理后的数据通过5G通信模块进行远距离传输, 用户可以实时访问并获取监测数据。本设备具备本地存储功能, 可保存大量录音数据以备后续分析。设备采用高度集成的5G通信模组, 通过标准的接口与高性能处理器进行连接。5G通信模块负责将处理后的鸟类鸣声数据进行TCP/IP封包处理, 通过5G网络进行远距离传输。并可与GPS定位系统集成, 实现设备的精确定位和远程监控。

### (二) 硬件设计

#### 1. 拾音器阵列设计

在鸟类鸣声监测设备的硬件设计中, 拾音器阵列的设计至关重要。为了捕捉清晰、准确的鸟类鸣声信号, 采用了全指向形麦克风作为拾音器, 并设计了阵列布局以扩大拾音范围和提高拾音精度。拾音器阵列能够覆盖直径大于50米的区域, 确保在复杂环境中也能有效捕捉到鸟类的鸣声。拾音器具有64dB的信噪比和-26dBFS的灵敏度, 能够清晰分辨鸟类的细微叫声, 为后续的数据处理提供高质量的原始音频信号。拾音器阵列的设计还考虑了防水、防尘等环境因素, 以确保设备在恶劣环境下也能稳定运行。此外, 阵列中的每个拾音器都能确保它们之间的信号的同步和一致性, 从而提高整体拾音效果, 硬件框图如图2所示。

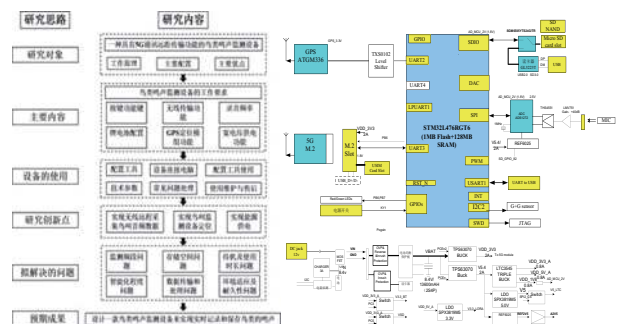


图1 研发基本流程图

高性能处理器是鸟类鸣声监测设备的核心部件, 负责数据处理与传输。采用了STSTM32L476RGT6LQFP 64pin处理器, 该处理器具有强大的计算能力和低功耗特性, 能够满足设备对数据处理和实时传输的高要求。处理器内置了丰富的外设接口, 如UART Debug、USB2.0等, 方便与其他硬件模块进行连接和数据交换。5G通信模块是实现远距离数据传输的关键, 选用了支持4G/5G共用的通信模组, 并可选配5GREDCap以降低成本和功耗。该模块具有高速率、低延迟的特点, 能够确保鸟类鸣声数据实时、稳定

图2 硬件框图

地传输到远程服务器或用户终端。同时，还设计了 GNSS 定位模组（北斗/GPS），以实现设备的精准定位，为鸟类生态研究提供地理位置信息。在硬件设计中，充分考虑了设备的可扩展性和可维护性，采用了模块化设计思想，方便功能升级和故障排查。此外，还对设备的电源管理进行了优化，采用太阳能和内置电池双重供电方式，确保设备在长时间运行中的稳定性和可靠性。

### （三）软件设计

#### 1. 嵌入式软件开发

在软件设计方面，嵌入式软件的开发是实现鸟类鸣声监测设备智能化控制的核心。基于 STSTM32L476RGT6 LQFP 64pin 处理器平台，开发了高效的嵌入式软件。该软件不仅实现了设备的启动、运行和休眠等基本功能，还支持任务配置，用户可以根据实际需求设置多个录音任务，并自由调整录制时长和休眠时长。同时，嵌入式软件还具备 GPS 时间同步功能，确保录音数据的时间精度达到  $\pm 10 \mu\text{s}$ ，为后续的数据分析和研究提供了可靠的时间基准。

#### 2. 数据处理与分析软件

为了对采集到的鸟类鸣声信号进行有效处理和分析，开发了专门的数据处理与分析软件。该软件能够读取并解析 WAV 格式的录音文本，支持多种采样率和输入频率范围。通过先进的信号处理算法，软件能够准确捕捉和识别鸟类鸣声，提取出有用的生态信息。此外，软件还提供了丰富的数据分析功能，如鸣声频率分析、鸣声时长统计等，帮助用户更深入地了解鸟类的的生活习性和迁徙规律。同时，该软件还支持将分析结果以图表、报告等形式输出，方便用户进行后续的研究和应用。

### 三、性能测试与优化

#### （一）测试方案设计

为了确保鸟类鸣声监测设备的性能达到预期标准，设计了全面的测试方案。测试环境涵盖了多种场景，包括森林、公园、城市绿地等，以确保设备在不同生态环境下都能表现出良好的性能。测试条件则包括不同天气状况（如晴天、雨天、大风等）和时段（如清晨、傍晚、夜晚等），以全面评估设备的适应性和稳定性。在测试内容与方法方面，针对设备的各项关键性能进行了细致规划。监测精度测试将对设备在不同环境下对鸟类鸣声的监测结果，以验证其准确性和可靠性。传输效率测试将评估 5G 通信模块在远距离传输中的性能表现，包括数据传输速度、稳定性和丢包率等指标。此外，还设计了稳定性与可靠性测试，通过长时间运行设备，观察并记录其在不同条件下的性能表现，以全面评估其稳定性和可靠性。

#### （二）性能测试结果与分析

在监测精度测试方面，该设备在不同环境下的监测结果均表现出较高的准确性，能够清晰捕捉并记录鸟类鸣声，为后续的数据处理与分析提供了可靠的基础。在传输效率测试方面，5G 通信模块在远距离传输中表现出了卓越的性能，数据传输速度快、稳定性高，且丢包率极低，满足了项目对数据传输的实时性和可靠性的要求。无论是在恶劣的天气条件下，还是在复杂的生态环境中，设备都能在长时间稳定运行，并准确记录鸟类鸣声，有很好的稳定性与可靠性。设备的续航时间也超过了预期，能够在连续录音 24 小时的情况下保持正常工作。

#### （三）优化措施与建议

针对监测精度方面的不足，一是采用更先进的录音技术和信号处理算法，提高设备对鸟类鸣声的捕捉和识别能力。包括优化拾音器的灵敏度和信噪比，确保设备能够在复杂环境中准确捕捉到鸟类鸣声，并通过先进的算法对录音数据进行处理和分析，实现对鸟类鸣声的准确识别。二是优化 5G 通信模块的配置，5G 技

术的高速度、低延迟和大容量等特点为鸟类鸣声数据的实时传输提供可靠的保障，通过调整传输参数、增强信号接收能力，可确保其在远距离传输中保持稳定高效的性能。三是加强硬件组件的筛选和测试，确保其在长时间运行下保持良好的性能表现。此外，选用高质量的元器件、加强电路板的设计和优化，优化嵌入式软件和数据处理与分析软件的性能，也将大大提高设备的整体稳定性和响应速度。

### 四、应用场景与案例分析

#### （一）应用场景简介

随着生态保护的日益重视和 5G 技术的飞速发展，具有 5G 远距离传输功能的鸟类鸣声监测设备应运而生，其应用场景广泛且意义重大。海岛、湿地等鸟类栖息地是鸟类繁殖、栖息和迁徙的重要场所，这些区域往往人迹罕至，传统监测手段难以全面覆盖。而该鸟类鸣声监测设备凭借 5G 技术的远距离传输能力，可以实现对这些区域的实时监测，捕捉到鸟类的鸣叫声音，并通过信号处理技术进行分析和识别，为鸟类生态研究提供宝贵的数据支持。在森林、草原等生态环境中，该设备同样能够发挥巨大作用。它可以监测鸟类种群的数量、分布和活动规律，反映生态环境的健康状况，为生态保护和管理提供科学依据。同时，这些数据还可用于评估人类活动对生态环境的影响，指导更加科学地进行生态保护。

#### （二）案例分析

以某海岛鸟类栖息地为例，该区域鸟类种类繁多，但由于地理位置偏远，监测难度较大。传统监测方式往往采用人工观察或安装固定录音设备，但存在如监测范围有限、数据收集等困难。而采用这种具有 5G 远距离传输功能的鸟类鸣声监测设备后，监测人员可以远程实时获取鸟类的鸣叫声音，并通过设备内置的信号处理算法进行自动识别和分类。不仅大大提高了监测效率，还显著提升了数据的准确性和可靠性。通过对收集到的数据进行分析，监测人员发现该区域鸟类种群数量稳定，但某些珍稀鸟类的活动范围有所缩小，这可能与海岛生态环境的变化有关。于是，相关部门及时采取措施，加强了对该区域的生态保护力度，有效保护了鸟类的栖息环境。

### 五、结论

本鸟类鸣声监测设备，集成了先进的录音技术、信号处理算法以及 5G 通信技术，针对传统鸟类鸣声监测技术中的监测范围有限、数据传输速度慢、数据处理效率低下等问题进行了有效改进。通过 5G 网络，实现了鸟类鸣声数据的实时、高效、远距离传输，为鸟类生态研究、生物多样性保护以及生态环境监测提供了更为丰富、准确的数据支持。可以准确捕捉和识别鸟类鸣声，并通过内置的信号处理算法进行自动分类和识别，大大提高了监测效率和数据的可靠性。该设备可广泛应用于海岛、湿地、森林、草原等鸟类栖息地，以及城市绿化、公园管理等领域，为推动鸟类生态研究、生物多样性保护及生态环境监测具有重要作用。

#### 参考文献：

[1] 常勇, 胡蓓. 5G NR 广播在广电网络中的部署策略与性能评估 [J]. 卫星电视与宽带多媒体, 2024, 21(16): 10-12.

项目来源：南京工程学院大学生创新训练项目课题“一种具有 5G 通讯远距离传输功能的鸟类鸣声监测设备”。

#### 作者简介：

徐腾, 王程, 南京工程学院电力工程学院, 本科, 学生;

褚南峰, 通讯作者, 工程训练中心、应用技术学院, 硕士, 计算机应用专业, 高级实验师, 硕士生导师;

邹峥嵘, 英华达(南京)科技有限公司, 高级工程师。