MANNA ANIMIDENT: SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE SINAIS SONOROS UTILIZANDO SENSOR TERRESTRE E DRONE PARA IDENTIFICAÇÃO DE ANIMAIS SINANTRÓPICOS

Laura Gasparotti Pedroso (Manna/FA/UEM), Rodrigo Calvo (Coorientador), Linnyer Beatrys Ruiz Aylon (Orientador). E-mail: lbruiz@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Ciência da Computação/Sistemas de Computação

Palavras-chave: Internet dos Sons (IoS); Inteligência Artificial; Sensoriamento acústico

RESUMO

O Manna AnimIdent é um sistema de aquisição e identificação de sinais sonoros que integra sensor terrestre, drone e Inteligência Artificial (IA) para o monitoramento de animais sinantrópicos. Este trabalho estende a etapa de classificação, previamente desenvolvida para vocalizações de roedores, propondo uma arquitetura de hardware para captação, armazenamento e coleta automatizada dos sinais em ambientes extensos e de difícil acesso. A solução utiliza um microfone digital INMP441 conectado a um ESP32 e a um módulo microSD, instalado no solo, e um segundo ESP32 embarcado em um drone, responsável por coletar os dados via Bluetooth durante o sobrevoo. Após a coleta, os sinais são submetidos ao modelo de IA desenvolvido anteriormente, baseado em Perceptron Multicamadas (MLP) com MFCCs. Nos testes realizados, a cada 10 sinais associados a roedores coletados pelo sistema, aproximadamente 8 foram identificados corretamente, correspondendo a uma taxa de acerto de 80%. Os resultados demonstram a viabilidade da integração entre sensoriamento acústico, comunicação sem fio, drones e IA para o monitoramento acústico distribuído de animais sinantrópicos.

INTRODUÇÃO

A identificação de animais sinantrópicos é importante para o monitoramento de ambientes urbanos e rurais, pois algumas espécies estão associadas à transmissão de zoonoses, prejuízos agrícolas e desequilíbrios ambientais. O acompanhamento contínuo, porém, é dificultado pela extensão das áreas e pela necessidade de coleta frequente de dados. A identificação por sinais sonoros surge como alternativa, permitindo reconhecer espécies a partir de suas vocalizações e reduzindo o volume de dados necessário à transmissão em relação a abordagens baseadas em imagem, o que favorece o monitoramento acústico distribuído (LEPOUTRE; CARNEIRO; GAUTHIER, 2020). Modelos de Inteligência Artificial podem reconhecer padrões em sinais acústicos e realizar a classificação automática dos sons. Este trabalho é a continuidade direta do primeiro projeto do Manna AnimIdent, no qual foi elaborado

um dataset de vocalizações de roedores e desenvolvido um modelo baseado em Perceptron Multicamadas (MLP) com Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCCs), que alcançou acurácia de 96,15%. Enquanto aquela etapa tratou do desenvolvimento da IA, esta etapa avança para a construção do hardware de aquisição e coleta dos sinais em campo, viabilizando a aplicação do modelo em ambiente real. A solução proposta utiliza um sensor instalado no solo para captar e armazenar os sinais acústicos e um drone responsável por sobrevoar o local e coletar os dados. A comunicação entre os dispositivos ocorre por meio do Bluetooth integrado aos ESP32 utilizados no sistema. Posteriormente, os dados coletados são submetidos ao modelo de IA desenvolvido anteriormente.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema é composto por dois módulos principais: um módulo terrestre, responsável pela aquisição dos sinais sonoros, e um módulo embarcado no drone, responsável pela coleta dos dados armazenados no sensor. No módulo terrestre foi utilizado o microfone digital INMP441, baseado em tecnologia MEMS e equipado com interface I²S, tecnologia empregada em sistemas de captação direcional de sinais sonoros (XIANG et al., 2023). O microfone foi conectado a um ESP32, responsável pela aquisição e processamento inicial, e a um módulo de adaptação para cartão microSD, para registro local dos sinais. O sensor terrestre foi fixado na região de monitoramento de interesse, permanecendo em operação contínua e dispensando a transmissão constante dos dados durante o monitoramento. O segundo módulo foi instalado no drone, também com um ESP32 conectado a um módulo microSD, responsável pela comunicação com o dispositivo terrestre e pelo armazenamento dos dados recebidos durante o sobrevoo. A comunicação entre os dois módulos é realizada pelo Bluetooth integrado ao ESP32, sem necessidade de módulo externo; esquemas de assinatura eficientes para redes de sensores sem fio (LIU et al., 2010) podem futuramente reforçar a segurança dessa comunicação. Ao se aproximar do sensor terrestre, o ESP32 do drone estabelece a conexão e transfere os dados armazenados, atuando o veículo aéreo como elemento móvel de coleta, sem necessidade de acesso físico direto ao sensor. A Figura 1 ilustra a arquitetura completa do sistema, da captação pelo INMP441 até a classificação final pelo modelo de IA em roedor ou não roedor.

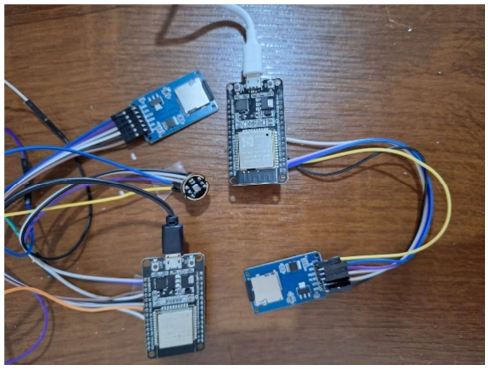


Figura 1. Hardware do circuito montado.

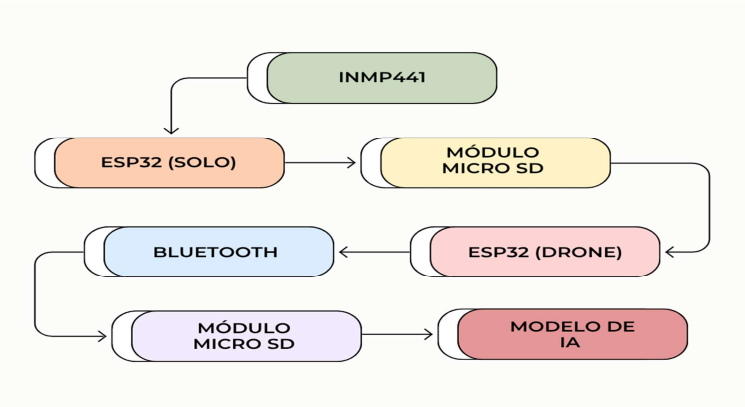


Figura 2. Arquitetura de hardware do sistema de aquisição e coleta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A arquitetura permitiu realizar a captação dos sinais pelo INMP441, seu armazenamento no módulo terrestre, a transferência entre os ESP32 por Bluetooth e o armazenamento dos dados no drone para posterior processamento. Para a avaliação em campo, o sensor terrestre foi mantido em operação contínua durante a captação dos sinais associados a roedores na região monitorada. Após o sobrevoo do drone e a transferência via Bluetooth, os dados armazenados foram processados off-line pelo modelo de IA desenvolvido na etapa anterior, responsável pela classificação em roedor ou não roedor. Dos 10 sinais de roedores avaliados, 8 foram corretamente classificados como roedor, correspondendo a uma taxa de detecção de 80%. conforme os resultados apresentados na Tabela 1.

Sinais coletados	Identificados corretamente	Identificados incorretamente	Taxa de acerto
10	8	2	80%

Tabela 1. Resultado da classificação dos sinais coletados

Os resultados desta etapa complementam aqueles obtidos no primeiro trabalho, no qual o modelo MLP com descritores MFCC alcançou acurácia de 96,15% utilizando um *dataset* previamente preparado. Nesta nova etapa, o sistema foi avaliado com sinais adquiridos por meio da arquitetura física desenvolvida, aproximando o modelo de uma aplicação em condições reais de uso. Entre os 10 sinais associados a roedores utilizados na avaliação, 8 foram corretamente identificados pelo modelo, correspondendo a uma proporção de identificação correta de 80% nesse conjunto de amostras. O resultado é promissor, especialmente por envolver sinais sujeitos a fatores próprios da aquisição em campo, como ruídos ambientais, distância entre a fonte sonora e o microfone e presença de outros sons. Dessa forma, os testes

indicam que a arquitetura desenvolvida é capaz de adquirir sinais que podem ser posteriormente processados pelo modelo de Inteligência Artificial, demonstrando a integração funcional entre as etapas de sensoriamento, coleta e classificação. Além disso, o uso do drone como elemento móvel de coleta reduz a necessidade de infraestrutura permanente de comunicação, ampliando as possibilidades de aplicação do sistema em cenários de Internet dos Sons (IoS), especialmente em áreas extensas ou de difícil acesso.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou e avaliou a arquitetura de hardware do Manna AnimIdent para aquisição, armazenamento e coleta de sinais sonoros, integrando sensor terrestre, drone, comunicação via Bluetooth e Inteligência Artificial. A arquitetura possibilitou a captação dos sinais pelo módulo terrestre, sua transferência para o módulo embarcado no drone e o posterior processamento pelo modelo de classificação. Na avaliação realizada, 8 dos 10 sinais associados a roedores foram corretamente identificados, fornecendo evidências iniciais favoráveis ao uso da arquitetura proposta para aquisição de sinais destinados à identificação automática. Os resultados reforçam o potencial da integração entre sensoriamento acústico, comunicação sem fio, drones e Inteligência Artificial para aplicações de monitoramento distribuído. Como continuidade do trabalho, pretende-se ampliar o conjunto de sinais coletados em campo, incorporar diferentes classes e condições de aquisição, aprimorar o tratamento de ruídos e a comunicação entre os ESP32 e investigar outros modelos de Inteligência Artificial.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Manna Team, à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Brasil, pelo apoio

REFERÊNCIAS

XIANG, Weiming et al. Directional sound-capture system with acoustic array based on FPGA. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, v. 72, 2023. Publicado em 17 nov. 2023; versão atual em 29 dez. 2023. DOI: 10.1109/TIM.2023.3334344.

LIU, Joseph K. et al. Efficient online/offline identity-based signature for wireless sensor network. International Journal of Information Security, v. 9, p. 287–296, 2010. DOI: 10.1007/s10207-010-0109-y.

LEPOUTRE, Frederic; CARNEIRO, Lucas Henrique Teixeira; GAUTHIER, Philippe-Aubert. On the use of acoustic flow sensors for far-field audio capture. In: Forum Acusticum, Lyon, França, p. 841–848, dez. 2020. DOI: 10.48465/fa.2020.0871. hal-03235361.