

Universidad de Costa Rica

Laboratorio de Microcontroladores

Propuesta de proyecto:
Estación de Monitoreo Inteligente Multisensorial de
Seguridad Basado en Machine Learning

Prof. MSc. Marco Villalta Fallas

Marco Vásquez Ovares - B17032

Junior Ruiz Sánchez - B97026

Grupo: 01

Sub-grupo: 13

I Ciclo 2025

Índice

1. Descripción de la aplicación	3
2. Justificación	4
3. Objetivos	5
3.1. Objetivo General	5
3.2. Objetivos Específicos	5
4. Alcances	6
5. Metodología	7
6. Periféricos	8
7. Cronograma	9
Bibliografía	10

1. Descripción de la aplicación

La Estación de Monitoreo Inteligente Multisensorial de Seguridad Basado en Machine Learning es un sistema embebido diseñado para incrementar la seguridad en espacios físicos mediante la integración de sensores múltiples y algoritmos inteligentes. Esta aplicación combina la detección de sonido, movimiento e imágenes, permitiendo identificar situaciones anómalas de forma autónoma y en tiempo real. Utilizando el microcontrolador Arduino Nano 33 BLE Sense, el sistema recopila información del entorno a través de sensores como el micrófono MEMS, una cámara externa opcional y el sensor de movimiento RCWL-0516, el cual utiliza tecnología de radar Doppler para detectar presencia humana de manera precisa, incluso a través de ciertos materiales no metálicos.

Mediante el uso de técnicas de aprendizaje automático (Machine Learning), el sistema es capaz de clasificar sonidos ambientales (como pasos, vidrios rotos o puertas) y reconocer patrones de comportamiento normales o sospechosos. Estas capacidades permiten reducir falsas alarmas y actuar únicamente ante eventos relevantes. Además, el sistema implementa comunicación inalámbrica mediante Bluetooth Low Energy (BLE), lo que permite enviar alertas o notificaciones a un dispositivo móvil o sistema remoto en tiempo real, integrando funcionalidades de IoT (Internet of Things).

En conjunto, la aplicación ofrece una solución de seguridad autónoma, eficiente y adaptable, capaz de operar en hogares, oficinas u otros entornos vulnerables, aportando una capa adicional de inteligencia a los sistemas de monitoreo tradicionales.

2. Justificación

En la actualidad, la seguridad de espacios residenciales, comerciales e industriales requiere soluciones más inteligentes, autónomas y precisas, capaces de adaptarse a diversos entornos y condiciones. Los sistemas tradicionales de vigilancia suelen generar falsas alarmas por su limitada capacidad para interpretar el contexto, lo que reduce su confiabilidad y eficiencia.

La presente propuesta surge como una solución innovadora que combina la capacidad de detección multisensorial con técnicas de Machine Learning y comunicación IoT. La integración de sensores como el micrófono MEMS, una cámara y el sensor de movimiento RCWL-0516 —basado en radar Doppler— permite captar con mayor sensibilidad la presencia humana y eventos relevantes, incluso en condiciones donde los sensores infrarrojos convencionales pueden fallar.

Al aplicar algoritmos de aprendizaje automático, el sistema podrá distinguir entre sonidos normales del ambiente y señales anómalas, como pasos, impactos o vidrios rotos, reduciendo significativamente las falsas alarmas. La comunicación por BLE permite enviar notificaciones en tiempo real, facilitando la supervisión remota del entorno monitoreado.

Esta solución no solo promueve la mejora de los sistemas de seguridad convencionales, sino que también representa una oportunidad para aplicar de forma práctica los conocimientos adquiridos en microcontroladores, sensores, comunicaciones inalámbricas y aprendizaje automático, consolidando una plataforma de vigilancia moderna, eficiente y de bajo costo.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

- Desarrollar una estación de monitoreo de seguridad inteligente que combine detección de sonido, movimiento y captura de imágenes, utilizando técnicas de Machine Learning e IoT para identificar eventos anómalos en tiempo real y generar alertas automáticas.

3.2. Objetivos Específicos

- Implementar la detección y clasificación de sonidos relevantes utilizando modelos de Machine Learning en el microcontrolador.
- Integrar sensores de movimiento e imagen para mejorar la precisión en la detección de eventos críticos.
- Desarrollar un sistema de alertas local (alarmas sonoras y visuales) y remotas (vía IoT) para notificar incidentes en tiempo real.

4. Alcances

- El proyecto abarca el diseño, implementación y validación de una estación de monitoreo de seguridad multisensorial basada en un microcontrolador.
- Se integrarán sensores de sonido, movimiento e imagen, con un modelo de Machine Learning para la clasificación de eventos.
- El sistema será capaz de activar alarmas locales, enviar notificaciones remotas a través de IoT y registrar los eventos detectados.
- La aplicación se desarrollará para un entorno controlado (prototipo funcional), demostrando la viabilidad técnica de su uso en escenarios reales de seguridad.

5. Metodología

En cuanto a la metodología se tiene lo siguiente:

- **Placa:** Arduino Nano 33 BLE
- **Lenguaje:** C/C++ (Arduino IDE)
- **Bibliotecas:** Arduino, TensorFlow Lite (Python)
- **Comunicaciones:** BLE o Wi-Fi

6. Periféricos

- **Micrófono MEMS:** Para detectar y clasificar sonidos ambientales.
- **Sensor de Movimiento RCWL-0516** Para detectar presencia o movimientos sospechosos.
- **Módulo de Cámara (opcional):** Para capturar imágenes cuando haya detección de movimiento o sonido anómalo.

7. Cronograma

Semana	Fechas	Responsable	Tareas Principales / Entregables
1	05/05 - 11/05	ambos	Conseguir materiales
2	12/05 - 18/05	ambos	Conseguir materiales
3	19/05 - 25/05	ambos	Obtener bibliografía
4	26/05 - 01/06	ambos	Entrenamiento (Machine Learning)
5	02/06 - 08/06	ambos	Entrenamiento (Machine Learning)
6	09/06 - 15/06	ambos	Implementar interacción con sensor de movimiento y cámara
7	16/06 - 22/06	ambos	Pruebas Generales y Corrección
8	23/06 - 29/06	ambos	Ajustes Finales y Preparación Presentación.
Semana Presentación	01/07	ambos	Presentación Proyecto

Bibliografía

1. Arduino Nano 33 BLE Sense - Product Documentation Arduino.cc <https://docs.arduino.cc/hardware/nano-33-ble-sense>
2. RCWL-0516 Microwave Radar Sensor Module Datasheet <https://github.com/jdesbonnet/RCWL-0516>
3. MEMS Microphones: Fundamentals and Applications, Analog Devices, Application Notes <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/application-notes/AN-1112.pdf>
4. Machine Learning for Embedded Systems Edge Impulse – Developer Resources <https://docs.edgeimpulse.com>
5. Arshdeep Bahga & Vijay Madisetti. Internet of Things: A Hands-On-Approach ISBN: 978-0996025515
6. Kevin Townsend, Carles Cufí, Akiba, Robert Davidson. Getting Started with Bluetooth Low Energy: Tools and Techniques for Low-Power Networking ISBN: 978-1449320737
7. Pete Warden & Daniel Situnayake. TinyML: Machine Learning with TensorFlow Lite on Arduino and Ultra-Low-Power Microcontrollers ISBN: 978-1492052043