

NeuroLED

Sistema interactivo de estimulación cognitiva mediante dispositivos LED distribuidos, comunicación BLE y ESP-NOW.



Autores

Ugolini Ailin, Sirito Martín, Branca Gonzalo

Institución

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Introducción

El proyecto surge ante la necesidad de herramientas tecnológicas accesibles y configurables para la estimulación cognitiva. NeuroLED propone una solución interactiva basada en estímulos multisensoriales para entornos terapéuticos y educativos. El sistema está diseñado para usuarios con trastornos del espectro autista (TEA), dificultades motoras o de comunicación, priorizando la facilidad de uso y la personalización.

Objetivo

Diseñar y desarrollar un sistema inalámbrico distribuido que promueva capacidades cognitivas como la atención, la coordinación motora y la toma de decisiones. El objetivo técnico es lograr una comunicación de baja latencia entre múltiples módulos e integrar una interfaz móvil para la configuración de dispositivos y el seguimiento profesional de los pacientes.

Arquitectura del sistema

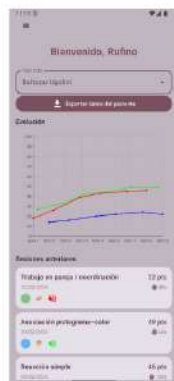
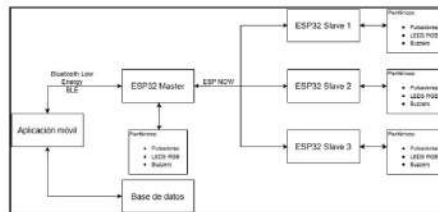
Hardware: Microcontroladores ESP32 para procesamiento y conectividad integrada. Diseño de PCB propia con componentes SMD/THT y etapa de elevación de tensión (Step-up) a 5V. Para la interacción con el usuario se utilizaron LEDs RGB, pulsadores y Buzzers.

Software embebido: Implementación de FreeRTOS para la gestión de tareas concurrentes y sincronización en tiempo real.

Comunicaciones: Arquitectura híbrida que combina BLE (configuración desde App) y ESP-NOW (comunicación de baja latencia entre nodos).

Diseño mecánico: Gabinetes con forma geométrica impresos en 3D (PLA+).

Desarrollo App: Interfaz para Android desarrollada en (Kotlin/Jetpack Compose) que incluye 3 rutinas personalizadas.



Rutinas

- **Rutina 1: Reacción Simple.**
 - Entrenamiento del tiempo de respuesta ante la aparición de estímulos visuales aleatorios.
 - Fomenta la comprensión de la relación causa-efecto y el desarrollo de la coordinación visomotora básica.
- **Rutina 2: Asociación Pictograma-Color.**
 - Selección del estímulo correcto basado en una consigna visual (pictograma).
 - Estimula el control ejecutivo, la planificación motora y el reconocimiento del esquema corporal.
- **Rutina 3: Trabajo en pareja.**
 - Dinámica simultánea para dos usuarios que requiere discriminación visual y gestión de la espera efectiva.
 - Promueve la atención compartida, el trabajo en equipo y la interacción social positiva entre participantes.

Resultados

Se obtuvo un sistema funcional y escalable compuesto por módulos autónomos con autonomía de hasta 4 horas. Las pruebas validaron el funcionamiento de tres rutinas principales. Se registraron automáticamente las sesiones del paciente y se pudo exportar los resultados a un excel. Integrados en la aplicación se puede visualizar los progresos mediante gráficos.

Conclusión

Se integraron con éxito el hardware y software en una solución robusta que cumple con los requerimientos de baja latencia y confiabilidad. NeuroLED constituye una herramienta viable para transformar sesiones terapéuticas estáticas en experiencias interactivas. El trabajo futuro se orientará a la validación en campo y la incorporación de análisis de datos avanzados.

Bibliografía

Espresif ESP-NOW Guide, FreeRTOS Manual, Bluetooth SIG Core Specs, y Hojas de datos (WS2812B, TPA056).