

Sistema de Alerta para adultos mayores basado en IoT

Marco Contreras-Moraga*, Emanuel Barrantes-Rodriguez* y Tobias Fonseca-Cruz*

*Escuela de Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), 30101 Cartago, Costa Rica, {marcocontreras4018, emabr, 2020127378}@estudiantec.cr

Resumen—Este proyecto desarrolla un sistema de alerta de emergencia para adultos mayores utilizando tecnologías de IoT, compuesto por un dispositivo de rastreo con botón de pánico (Tracker), un módulo de retransmisión de señal (iGate), y una aplicación móvil para familiares. Al presionar el botón de emergencia, el Tracker envía la ubicación del usuario a través de redes de baja potencia (LoRa y APRS), transmitiendo la señal al iGate y posteriormente a la aplicación móvil, donde los familiares reciben una notificación inmediata con la ubicación en tiempo real. Esta solución garantiza asistencia rápida en situaciones críticas, ofreciendo seguridad y tranquilidad para el usuario y sus seres queridos.

Palabras Clave—Lora, iGate, Tracker, APRS

I. INTRODUCCIÓN

El envejecimiento de la población y el aumento en la esperanza de vida han creado una necesidad creciente de sistemas de asistencia para adultos mayores, especialmente en cuanto a la provisión de soluciones de monitoreo remoto para garantizar su seguridad y bienestar. Las tecnologías de IoT (Internet de las Cosas) presentan una gran oportunidad para abordar esta necesidad, ofreciendo dispositivos conectados que permiten el monitoreo en tiempo real y la comunicación inmediata en situaciones de emergencia. Según la Organización Mundial de la Salud, en el año 2050, una de cada seis personas en el mundo tendrá más de 65 años, lo que plantea un desafío crítico en cuanto al cuidado y la seguridad de esta población vulnerable [3].

Este proyecto propone el desarrollo de un sistema de alerta de emergencia para adultos mayores, utilizando tres componentes principales: un dispositivo de rastreo con botón de pánico (Tracker), un módulo de retransmisión de señal (iGate), y una aplicación móvil para la recepción de alertas por parte de los seres queridos. El diseño del sistema permite que el adulto mayor envíe una alerta rápida y directa mediante la presión de un botón en el Tracker, el cual activa la comunicación inmediata a través de redes de baja potencia, como LoRa y APRS. Estas tecnologías de comunicación son ideales para cubrir largas distancias de manera eficiente y con bajo consumo de energía, elementos críticos para asegurar la confiabilidad del sistema en situaciones de emergencia [6].

Una de las ventajas de este sistema es su capacidad de transmitir datos de ubicación en tiempo real mediante el uso de GPS. Al recibir la señal, el iGate procesa y retransmite la alerta, enviándola a la aplicación móvil donde los familiares del adulto mayor pueden visualizar la ubicación exacta del

usuario en un mapa. La investigación muestra que el uso de plataformas IoT, junto con aplicaciones móviles de monitoreo, permite una respuesta más rápida y efectiva por parte de los familiares y cuidadores [4]. Esto resulta especialmente útil en casos de caídas o desorientación, donde el adulto mayor puede encontrarse en lugares que le dificultan pedir ayuda.

Estudios recientes han demostrado que los sistemas de monitoreo basados en IoT son una herramienta efectiva para mejorar la calidad de vida de los adultos mayores, ya que ofrecen una mayor autonomía y reducen la preocupación de sus familiares [2]. Sin embargo, el desarrollo de estos sistemas presenta desafíos técnicos, como la integración de múltiples tecnologías de comunicación, el consumo energético y la precisión en la localización. Para enfrentar estos desafíos, el proyecto utiliza protocolos de comunicación de baja potencia y un diseño modular que permite la adaptación y escalabilidad del sistema, asegurando su funcionalidad en distintos entornos y necesidades [1].

Este sistema tiene el potencial de brindar mayor seguridad y confianza a los adultos mayores, permitiéndoles mantener una vida independiente sin sacrificar su seguridad. A través de la combinación de IoT, redes de comunicación de largo alcance y aplicaciones móviles, este proyecto pretende establecer un marco de referencia para la implementación de sistemas de asistencia remota que puedan ser escalables y adaptables a las necesidades cambiantes de una población en proceso de envejecimiento.

METODOLOGÍA

La metodología de este proyecto se estructura en varias fases, enfocándose en el análisis, diseño e implementación de los diferentes niveles de diagramas, así como en el desarrollo de diagramas de flujo y la estimación de costos. A continuación, se detalla cada fase de la metodología:

1. Análisis del Diseño de los Diagramas de Niveles (1-5)

Cada nivel de diagrama se desarrollará con el objetivo de clarificar la estructura y la operación del sistema en distintos grados de abstracción, de acuerdo con las necesidades de diseño y planificación del proyecto:

- **Diagrama de Nivel 1 (Diagrama de inicio):** Este diagrama muestra el panorama general del sistema, identificando los actores externos (Adulto Mayor y Familiares) y los principales componentes internos (Tracker,

iGate y Aplicación Móvil) junto con sus interacciones principales. Este nivel de abstracción es fundamental para visualizar las conexiones esenciales y delimitar el alcance del proyecto en un esquema general.

- **Diagrama de Nivel 2 (Diagrama de Descomposición):** Se descompone el sistema en subsistemas clave, que representan los módulos principales: el Subsistema de Botón de Emergencia (Tracker), el Subsistema de Comunicación (iGate), y el Subsistema de Alerta (Aplicación Móvil). Aquí se analiza cómo cada subsistema maneja entradas y salidas específicas, proporcionando una visión detallada de sus funciones y su interacción. Este diagrama es clave para comprender la interdependencia entre módulos y planificar su desarrollo.
- **Diagrama de Nivel 3 (Diagrama de Componentes):** Se identifican los componentes internos de cada subsistema, mostrando los módulos específicos dentro de cada dispositivo (como el módulo de GPS y el transmisor LoRa en el Tracker). Este nivel de detalle permite analizar qué componentes son necesarios para cumplir con cada función de entrada y salida, facilitando la selección de hardware y la integración de los módulos de comunicación y ubicación.
- **Diagrama de Nivel 4 (Diagrama Detallado):** Este nivel descompone los módulos específicos en funcionalidades internas, analizando cómo cada componente ejecuta sus tareas (por ejemplo, cómo el Tracker procesa una pulsación de botón para enviar la señal de emergencia). Aquí, se define el software requerido para cada módulo, especificando la lógica y los algoritmos que coordinarán el procesamiento de datos y la transmisión de alertas.
- **Diagrama de Nivel 5 (Especificaciones Técnicas y Protocolos de Comunicación):** En el último nivel, se detallan los protocolos y estándares de comunicación (como LoRa, GPS y APRS) que serán utilizados para garantizar una transmisión de datos eficiente y segura. Este nivel también incluye las especificaciones técnicas de cada componente y las configuraciones necesarias para que el sistema opere correctamente.

2. Diagramas de Flujo

Se elaborarán diagramas de flujo que detallen los procesos principales del sistema, como la secuencia de eventos desde que el usuario presiona el botón de emergencia hasta la notificación en la aplicación móvil de los familiares. Estos diagramas de flujo ayudarán a visualizar el flujo lógico y secuencial de las actividades, asegurando que todos los pasos estén correctamente estructurados y minimizando riesgos de error en la implementación.

Los diagramas de flujo incluirán:

- **Flujo de alerta de emergencia:** Describirá el proceso de envío de la señal desde el Tracker al iGate y su posterior transmisión a la aplicación móvil.
- **Flujo de ubicación y actualización de datos:** Representará la adquisición y transmisión de datos de ubicación en tiempo real y su actualización en la aplicación móvil.

- **Flujo de notificaciones:** Describirá cómo la aplicación móvil procesa y muestra las alertas para los familiares, incluyendo posibles notificaciones repetidas en caso de falta de respuesta.

3. Estimación de Costos del Proyecto

La estimación de costos se basará en tres componentes clave: costos de hardware, costos de desarrollo de software, y costos de operación y mantenimiento.

■ Costos de Hardware:

- **Tracker:** Incluye el costo del módulo GPS, transmisor LoRa y botón de emergencia.
- **iGate:** Costos asociados al equipo receptor/transmisor LoRa, módulo APRS o de conectividad a Internet, y otros componentes de transmisión.
- **Aplicación Móvil:** Si bien no requiere hardware específico, se consideran los costos de licencias o servidores si es necesaria la infraestructura en la nube.

■ Costos de Desarrollo de Software:

- **Desarrollo de Software para Tracker y iGate:** Incluye la programación del firmware para el botón de emergencia y el procesamiento de datos GPS.
- **Desarrollo de Aplicación Móvil:** Cubre el diseño, programación e implementación de la aplicación para que reciba, procese y visualice las alertas en tiempo real.
- **Pruebas y Validación:** Costos de pruebas de funcionalidad y validación del sistema para asegurar que las notificaciones se reciban de manera oportuna y correcta.

■ Costos de Operación y Mantenimiento:

- **Mantenimiento del Hardware:** Considera el reemplazo o reparación de dispositivos y módulos.
- **Actualización de Software:** Incluye mejoras en la aplicación móvil y firmware del Tracker y el iGate, además de posibles actualizaciones en los protocolos de comunicación.
- **Soporte Técnico:** Costos de soporte para resolver problemas técnicos en los dispositivos o la aplicación.

II. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El sistema de emergencia para adultos mayores presenta una operatividad eficiente y confiable. La activación del botón en el *Tracker* genera de inmediato una señal de emergencia que es procesada y retransmitida por el *iGate* sin demoras a los contactos designados, asegurando una comunicación rápida y efectiva en situaciones críticas.

Evaluación de la Funcionalidad del Sistema

- **Entrada:** La activación del botón genera una señal de emergencia de forma inmediata y sin fallos.

- **Salida:** La señal de emergencia es transmitida y recibida eficientemente, asegurando comunicación ininterrumpida en casos de emergencia.

La interacción precisa entre el botón (entrada) y la señal de emergencia (salida) valida la idoneidad del sistema para emergencias en adultos mayores, esto se puede ver en la imagen 1, donde es de una forma muy general el sistema desarrollado.

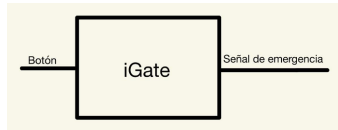


Figura 1. Diagrama de primer orden

DIAGRAMA DE SEGUNDO NIVEL: SISTEMA DE EMERGENCIA PARA ADULTOS MAYORES

El sistema de emergencia para adultos mayores se divide en dos subsistemas clave: el subsistema de comunicación y el subsistema de alerta, los cuales se describen a continuación.

Subsistema de Comunicación

Este subsistema utiliza tecnología *LoRa* para transmitir información entre el *Tracker* y el *iGate*. Sus componentes de entrada y salida son los siguientes:

- **Entradas:**
 - Datos de ubicación
 - Botón de emergencia
- **Salida:**
 - Señal de emergencia

La activación del botón y el envío de los datos de ubicación generan una señal de emergencia que se transmite de forma confiable al *iGate*.

Subsistema de Alerta

El subsistema de alerta incluye una aplicación móvil diseñada para recibir y notificar en tiempo real las alertas de emergencia. Esta aplicación recibe la señal desde el *iGate* y la muestra a los contactos designados para facilitar una respuesta rápida.

- **Función Principal:** Notificación de emergencia en tiempo real a través de la app móvil.

Este diagrama de segundo nivel asegura una comunicación continua y eficiente entre el *Tracker*, el *iGate* y la aplicación móvil, lo que permite una respuesta oportuna en situaciones de emergencia.



Figura 2. Diagrama de Segundo orden

NIVELES 3, 4 Y 5: DIAGRAMA DE COMPONENTES Y ARQUITECTURA INTERNA

Nivel 3: Diagrama de Componentes (Vista Interna)

El sistema de emergencia para adultos mayores consta de tres componentes principales: *Tracker*, *iGate*, y *Aplicación Móvil*. Cada componente interactúa a través de entradas y salidas definidas, como se describe a continuación:

1. Tracker:

■ Entradas:

- Pulsación del botón de emergencia.
- Datos de ubicación del módulo GPS.

■ Salidas:

- Señal de emergencia (incluyendo ubicación) enviada al *iGate* mediante LoRa.

2. iGate:

■ Entradas:

- Señal de emergencia recibida del *Tracker* a través de LoRa.

■ Salidas:

- Señal retransmitida a la *Aplicación Móvil* mediante APRS o Internet.

3. Aplicación Móvil:

■ Entradas:

- Alerta de emergencia y datos de ubicación recibidos del *iGate*.

■ Salidas:

- Notificación a los seres queridos, mostrando la ubicación en un mapa.

Nivel 4: Diagrama Detallado (Arquitectura Interna)

Este nivel proporciona una vista detallada de la arquitectura interna del software en cada componente.

1. Software del Tracker:

■ Entradas:

- Pulsación del botón de emergencia.
- Datos de ubicación generados por el GPS.

■ Salidas:

- Señal de emergencia (con ubicación GPS) enviada al *iGate*.

2. Software del iGate:

■ Entradas:

- Señal de emergencia generada por el *Tracker*.

■ Salidas:

- Transmisión de la alerta a la *Aplicación Móvil*, incluyendo datos de ubicación.

3. Aplicación Móvil:

■ Entradas:

- Alerta de emergencia y datos de ubicación recibidos desde el *iGate*.

■ Salidas:

- Notificación en tiempo real a los seres queridos y visualización de la ubicación en un mapa.

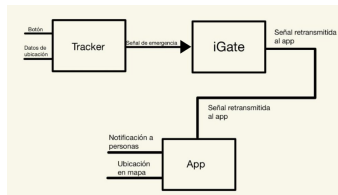


Figura 3. Diagrama de tercer orden

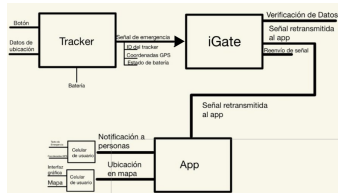


Figura 4. Diagrama de cuarto orden

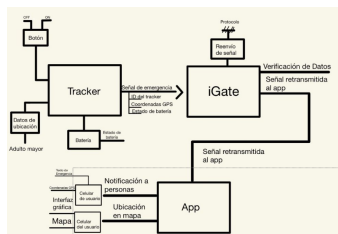


Figura 5. Diagrama de quinto orden

DIAGRAMAS DE FLUJO

Diagrama de flujo del iTracker

Este diagrama de flujo describe el proceso de activación y transmisión de una alerta de emergencia en el dispositivo *iTracker*. Cuando el usuario presiona el botón de emergencia, el *iTracker* activa su módulo GPS para obtener los datos de ubicación actuales. Una vez capturada la ubicación, el dispositivo envía una señal de emergencia, que incluye los datos de ubicación, al *iGate* mediante la tecnología LoRa. Este proceso asegura que, al presionar el botón, se genere y transmita una alerta rápidamente a la siguiente etapa del sistema.

Diagrama de flujo del Gate

El diagrama de flujo del *Gate* ilustra el proceso de recepción y retransmisión de una señal de emergencia. Al recibir la señal enviada desde el *iTracker* por LoRa, el *Gate* procesa esta información y la retransmite a la aplicación móvil designada utilizando APRS o Internet. Este flujo garantiza que la alerta llegue a los contactos designados en tiempo real, con los datos de ubicación necesarios para que puedan asistir al usuario de manera oportuna.

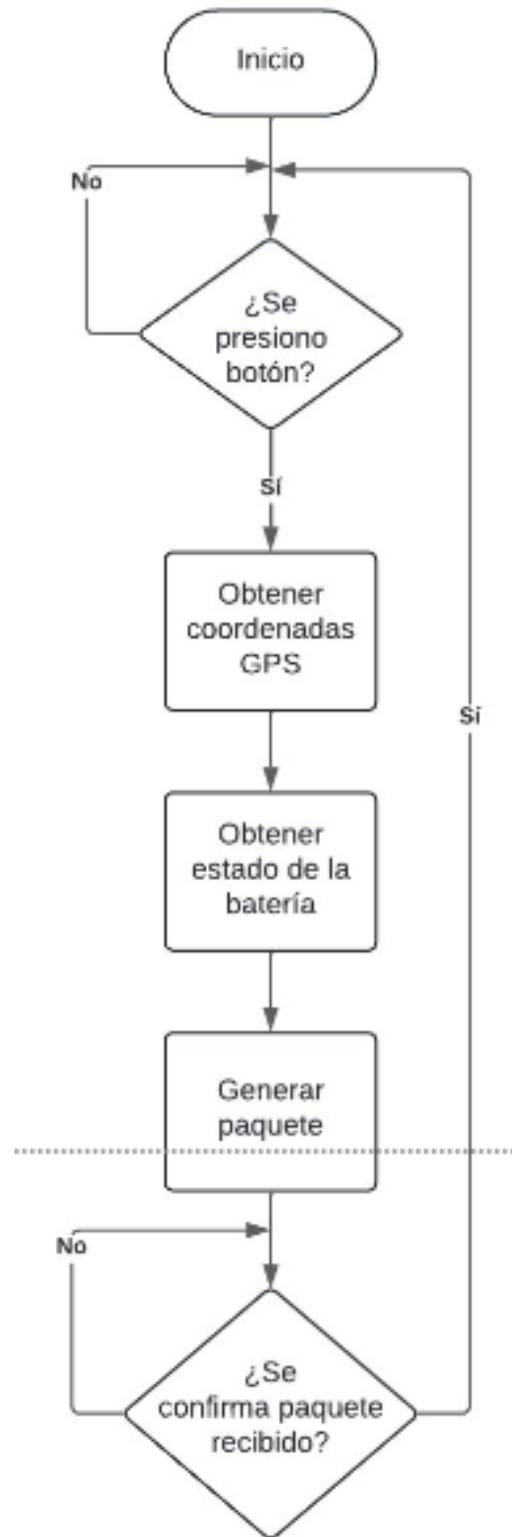


Figura 6. Diagrama iTracker

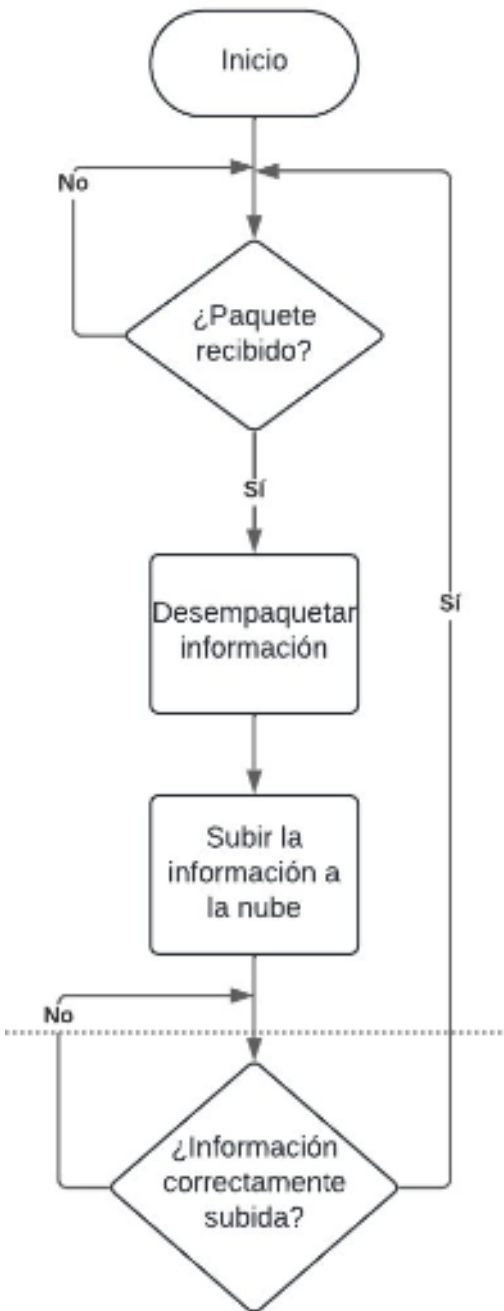


Figura 7. Diagrama iGate

III. CONFIGURACIÓN DEL iGATE

Este procedimiento está basado en el repositorio para la placa iGate realizado por el usuario Ricardo Guzmán (Github: Richonguzman) [5]. El repositorio se clona y es utilizado utilizando *Visual Studio Code* junto a la extensión *Platformio IO*.

Una vez abierto el repositorio, el primer paso corresponde a seleccionar la placa que se utilizará, la cual corresponde a ttgo-lora32-v21.

```

{
  "callsign": "TiTEC5-10",
  "wifi": {
    "autoAP": {
      "password": "tobi1234",
      "timeout": 10
    },
    "AP": [{
      "ssid": "Galaxy A51",
      "password": "tobi1234"
    }]
  },
}

```

Figura 8. Código de configuración callsign y WiFi

```

"beacon": {
  "latitude": 9.900707173832215,
  "longitude": -84.07118769502368,
  "comment": "Taller integrador",
  "interval": 15,
  "overlay": "L",
  "symbol": "a",
  "path": "WIDE1-1",
  "sendViaAPRSIS": true,
  "sendViaRF": false
},

```

Figura 9. Código de configuración localización

En la carpeta **data** se abre el archivo **igate_conf.json** donde se realizará la configuración del dispositivo.

Primero se configura el callsign asignado por el profesor como TiTEC5-10. Luego, se configura la conexión a WiFi, en este caso se utiliza un teléfono como host. En la Figura 8 se presenta el código correspondiente a estos pasos.

Seguidamente, se configura la localización del Gate, así como el comentario que se desplegará al consultar el dispositivo en las páginas de seguimiento de APRS.

Una vez realizadas estas configuraciones, se selecciona PlatformioIO en la columna izquierda de la pantalla. Aquí se seleccionará primero **Build** para construir el firmware según la configuración realizada. Luego se selecciona **upload** para subir la construcción a Platformio y con **Upload Filesystem Image** se envía la imagen del sistema hacia la placa iGate.

En la Figura 10 se observa la pantalla del iGate, donde es posible observar el nombre configurado, APRS activo y una conexión con otro dispositivo de APRS.

Visitando el sitio aprs.fi se puede verificar si el dispositivo se configuró correctamente. Se introduce el callsign asignado al grupo dentro de la barra de búsqueda de la página y es posible observar tanto la correcta ubicación como el comentario añadido en la Figura 11.



Figura 10. Módulo iGate funcionando con firmware configurado

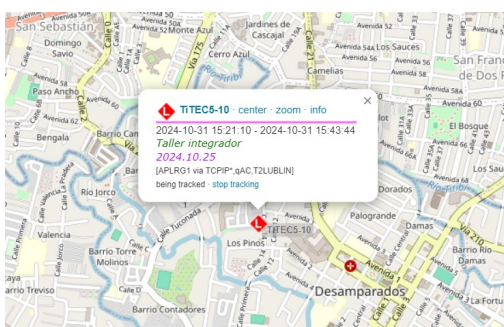


Figura 11. Módulo localizado en la página de APRS.fi

IV. CONCLUSIONES

El sistema implementado demuestra una arquitectura robusta y eficiente para la transmisión de alertas de emergencia en tiempo real. La integración de tecnologías como LoRa para la comunicación entre el iTracker y el iGate, así como el uso de APRS o Internet para la notificación a los contactos designados, asegura que la información crítica llegue rápidamente a las personas adecuadas.

El diseño del sistema prioriza la usabilidad y accesibilidad para los usuarios, especialmente los adultos mayores, que pueden enfrentar dificultades con tecnologías complejas. La simplicidad en el funcionamiento del Tracker, mediante un único botón de emergencia, junto con la interfaz de la aplicación móvil, permite una interacción intuitiva.

REFERENCIAS

- [1] E. F. Clark. Using LoRa and APRS in Emergency Communication Networks. *International Journal of Communication Technologies*, 8(3):214–220, 2021.
- [2] J. L. Gutiérrez et al. Enhancing Quality of Life for the Elderly through IoT-Enabled Monitoring. *Smart Healthcare Journal*, 7(4):276–290, 2021.
- [3] Organización Mundial de la Salud. *Envejecimiento y Salud*. Organización Mundial de la Salud, 2015. Informe Global sobre el Envejecimiento y la Salud.
- [4] M. R. Patel and T. Y. Lee. Advancements in GPS-Enabled Emergency Systems for Elderly Care. *Elderly Healthcare Review*, 3(1):102–115, 2020.
- [5] Richonguzman. GitHub - richonguzman/LoRa_APRS_iGate: LoRa APRS iGATE for ESP32 Based Board with Rx + Tx capabilities.

- [6] A. B. Smith and C. D. Jones. Internet of Things (IoT) and Emergency Alert Systems: A Review. *Journal of IoT and Remote Health Monitoring*, 5(2):45–58, 2022.