

Prototipo de un sistema de monitoreo para paciente en aislamiento domiciliario por COVID19, utilizando Internet de las Cosas

Prototype of a Monitoring System for patients in home isolation due to COVID19, using the Internet of Things

Moisés Quintero¹, Carlos Miranda¹, Luiyiana Perez^{2*}

¹Centro Regional de Azuero, Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, Universidad Tecnológica de Panamá, ²Centro Regional de Azuero, grupo de investigación de Ingeniería de Proyectos en Tecnología de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen En este artículo se presenta los resultados del desarrollo de un prototipo de un sistema de monitoreo para pacientes en aislamiento domiciliario por covid19, utilizando internet de las cosas. Para el desarrollo del prototipo se utilizó una metodología en cascada e ingeniería de software, con un enfoque de investigación aplicada, que consistió en localizar un dispositivo, a través de acceso remoto SMS. El dispositivo consta de una antena GPS, una tarjeta SIM 808 alimentado por una tarjeta Arduino Uno. Se tiene una Raspberry pi conectado a un módulo SIM 900 que funciona como servidor, que envía un mensaje de texto al Arduino Uno conectado a modulo SIM 808 (cliente). El estudio consistió en validar la funcionalidad de la comunicación de los dispositivos y recoger los datos, que son almacenados en una base de datos en la nube, y mostrados en una aplicación web restringida por privilegio de usuario. Esta información muestra la localización del dispositivo, indicando su movilidad, a través de Google Maps, también se cuenta con un módulo de alerta, que envía notificaciones por correo, cuando el dispositivo sale del rango establecido, este prototipo tiene la finalidad de ser utilizado para paciente en aislamiento domiciliario, pero puede ser modificado para diferentes utilidades de geolocalización.

Palabras clave Aislamiento, geolocalización, internet de las cosas, python, sistema de monitoreo.

Abstract This article presents the results of the development of a monitoring system prototype for patients in home isolation due to covid19 using the internet of things. For the development of the prototype, a cascade methodology and software engineering were used, with an applied research approach, which consisted of locating a device, through SMS remote access. The device consists of a GPS antenna, an 808 SIM card powered by an Arduino Uno card. There is a Raspberry pi connected to a 900 SIM module that works as a server, which sends a text message to the Arduino Uno connected to the 808 SIM module (client). The study consisted of validating the communication functionality of the devices and collecting the data, which is stored in a database in the cloud, and displayed in a web application restricted by user privilege. This information shows the location of the device, indicating its mobility, through Google Maps, it also has an alert module, which sends notifications by mail, when the device leaves the established range, this prototype is intended to be used to patient in home isolation, but it can be modified for different geolocation utilities.

Keywords Isolation, geolocation, internet of things, python, monitoring system.

* Corresponding author: luiyiana.perez@urp.ac.pa

1. Introducción

En diciembre de 2019 estalla un brote de una enfermedad infecciosa, hasta entonces desconocida, en la provincia de Wuhan (China) que causaba problemas respiratorios en los infectados causándoles la muerte. Rápidamente esta enfermedad se va extendiendo entre los países que mantenían vuelos frecuentes con China, hasta alcanzar el grado de Pandemia, que fue decretado por la Organización Mundial de la Salud el 11 de marzo de 2020. Esta enfermedad es causada por un nuevo tipo de coronavirus nombrada como COVID19 y

llega a la República de Panamá el 8 de marzo de 2020, propagándose rápidamente por la ciudad de Panamá, y en las provincias del país.

A raíz de la pandemia, el sistema de salud de la República de Panamá implementó diversas medidas, las cuales, están enfocadas a contrarrestar la emergencia sanitaria suscitada por el COVID19. Las personas positivas al virus permanecen en cuarentena hasta superar la enfermedad, sin embargo, un número considerable de ciudadanos no siguen las disposiciones de cuarentena de acuerdo a lo establecido por el Ministerio de Salud (MINSAL), situación que enfrentan la

mayoría de los países a nivel mundial. Esta problemática nos motivó en desarrollar un prototipo de una aplicación en línea, que administre la información de localización e identificación de una persona positivo con los síntomas leves del COVID19, con tal de asegurar que estén cumpliendo con las medidas de aislamiento, para evitar que infecte a otras personas.

En Panamá la Fuerza de Tarea Conjunta la COVID19, junto con los estamentos de seguridad, el personal de salud y las autoridades locales se han convertido en un equipo élite para realizar la trazabilidad en todo el país, es un esfuerzo que se realiza de puerta en puerta. El Dr. Félix Correa, subdirector de Planificación del Ministerio de Salud, en una entrevista dada al periódico la Estrella de Panamá, explicó que el Comité de Trazabilidad funciona mediante un equipo multidisciplinario, instalándose en las distintas regiones para dar un trato más cercano a los casos de coronavirus [1].

El monitoreo e identificación de las personas en aislamiento es fundamental para mantener un control de esta pandemia, por lo que es muy necesarias contar con esta aplicación, que permita supervisar si la persona contagiada cumple con las medidas de aislamiento. Esta aplicación en un futuro podría ser funcionar para cualquiera otra enfermedad que requiera un aislamiento.

Actualmente se han desarrollado muchas aplicaciones para contrarrestar el COVID19, tal es el caso de la API de Google y Apple, desarrollado para permitir a las autoridades de salud identificar, contactar, realizar pruebas, tratar y poner en aviso a las personas que pueden haber estado expuestas a una persona infectada. Sin embargo, para que los datos sean incluidos en el sistema el usuario deberá autorizarlo [2]. También existe la CoronaApp, creada por la Agencia Nacional Digital, Colombia, que forma parte de un grupo de aplicaciones desarrolladas como mecanismos de prevención, en donde la información ciudadana sirve para determinar, cuáles son los focos epidemiológicos [3], hace énfasis resaltar que son los pacientes los que registran la información. Por otro lado, tenemos la innovación en China sobre brazaletes inteligentes para estudiantes de escuelas y colegios, que proporcionan en tiempo real la temperatura de los alumnos, la cual puede ser monitoreada por los padres y centros educativos, a través de una aplicación móvil.

Todas estas aplicaciones difieren a lo que éste prototipo busca, no se quiere saber si tiene o no el virus, ni se necesita controlar que estudiante se ha contagiado, porque nuestra realidad es otra, lo que se quiere alcanzar es monitorear en tiempo real, el cumplimiento de aislamiento domiciliario, que los datos sean registrados y supervisados por las entidades responsables de garantizar la salud en el país.

El proyecto tiene beneficiarios directos e indirectos. Los directos del proyecto son los pacientes con síntomas leves y sus contactos del COVID19, el Ministerio de Salud (MINS) la Cajas de Seguro Social (CSS), el personal de seguridad nacional e instituciones públicas y privadas; y los beneficiarios indirectos somos todos los panameños que pueden ser afectados por incumplimiento de las medidas de seguridad.

El prototipo desarrollado consiste en una aplicación web de monitoreo en tiempo real, que recoge datos a través de dispositivos aplicando el concepto de internet de las cosas. Utilizando la red de telefonía, se puede conocer la ubicación de la persona. El Internet de las Cosas es una traducción de la expresión en inglés Internet of Things (IoT), que describe un escenario en el que diversas cosas están conectadas y se comunican. [4]

Los avances que ha tenido el IoT y la computación en la nube, en diversos sistemas de monitoreo, ha permitido considerar su arquitectura en este prototipo, gracias al protocolo de Internet (IP), el cual especifica el formato técnico de los paquetes y el esquema de direccionamiento para que los dispositivos utilizados se comuniquen y transmitan los datos necesarios. [5]. El IoT consiste en una combinación de sensores y actuadores capaces de proporcionar y recibir información digitalizada y colocarla en redes bidireccionales que transmiten los datos para ser utilizado en aplicaciones de usuarios, [5] como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Concepto de IoT, fuente propia.

2. Materiales y métodos

La investigación realizada sobre el prototipo de monitoreo es de carácter descriptiva y aplicada

2.1 Herramientas

Entre los dispositivos utilizados están: raspberry pi, Arduino y módulo SIM 808. La raspberry enviará la ubicación que obtendrá del Arduino conectados a un módulo SIM 808, se diseñó una base de datos en donde se almacena la información, que luego es accesada por medio de una aplicación web, en donde se muestra el historial de la movilidad de la persona monitoreada.

- **Raspberry Pi.** Es un es un ordenador de tamaño de tarjeta de crédito que se conecta a su televisor y un teclado. Es una placa que soporta varios componentes necesarios en un ordenador común. [6]
- **La Arduino Uno.** Es una board basada en un microcontrolador Atmega328. Tiene 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 4 pueden ser utilizados para salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz, un conector para USB

tipo hembra, un Jack para fuente de Poder, un conector ICSP y un botón reset. [7]

- **SIM 808.** Cuenta con un conjunto de comandos AT e interfaz RS232 en el nivel CMOS. Este módulo de datos inalámbricos GSM está diseñada para la solución en aplicaciones de control remoto inalámbrico, máquina a máquina o usuario a la máquina. [8]
- **Lenguaje Python.** Se utilizó para programar los comandos AT del módulo SIM, para lograr la comunicación entre la SIM con la raspberry pi y el Arduino.
- **Lenguaje PHP.** Se utilizó para el desarrollo de la aplicación Web, es decir para la interfaz de usuario del sistema de monitoreo en línea, mostrar los datos necesarios y dar el seguimiento de los pacientes.
- **Base de datos MySQL.** Se utilizó para el almacenamiento de los datos generado por los dispositivos, así como el registro de los pacientes y su registro residencial, como el registro de los usuarios que tendrán acceso a la información.

2.2 Procedimiento

Para la realización del prototipo se realizaron 8 fases.

- **Análisis de requerimiento:** durante esta etapa se realizaron las revisiones bibliográficas correspondiente, se realizó una identificación de los dispositivos necesarios, un análisis de los datos y la selección del software requerido para la comunicación de los dispositivos y la aplicación web.
- **Diseño y arquitectura del sistema:** En esta fase se creó el diseño de funcionamiento del sistema, así como el bosquejo de las interfaces de comunicación y presentación de información.
- **Interconexión y configuración de los dispositivos.** se realiza las configuraciones básicas de los dispositivos IoT, tanto a nivel de hardware como de software para su correcto funcionamiento.
- **Comunicación entre dispositivos.** En esta fase se estableció la codificación básica para realizar las lecturas de datos GPS y su posterior empaquetado para el intercambio de información entre los dispositivos IoT, a través de las redes de telefonía móvil.
- **Interpretación y control de los datos.** Se realizó una depuración de los códigos anteriores para realizar diversas funcionalidades dentro del sistema.
- **Almacenamiento de la información.** En esta fase se estableció los parámetros para el almacenamiento de datos en un servidor situado en la nube y la codificación necesaria para realizar estas tareas de forma automatizada.
- **Presentación de la información.** En esta fase se codificaron los módulos de la aplicación, se crearon las vistas de los datos de forma entendible al usuario, así como algunas interfaces de control sobre el sistema.

- **Validación:** en esta etapa se realizó la prueba de funcionamiento del prototipo, como la comunicación entre los dispositivos, el almacenamiento de los datos y la presentación de la información en la aplicación web.

2.3 Arquitectura IoT para el prototipo

Tomando de referencia la arquitectura de sistemas de IoT, la cual se puede dividir en cuatro capas: capa de detección de objetos, la capa de intercambio de datos, capa de integración de la información, y la capa de servicios de aplicaciones [5], el prototipo desarrollado consiste en estas cuatro capas, como se muestra en la figura 2.

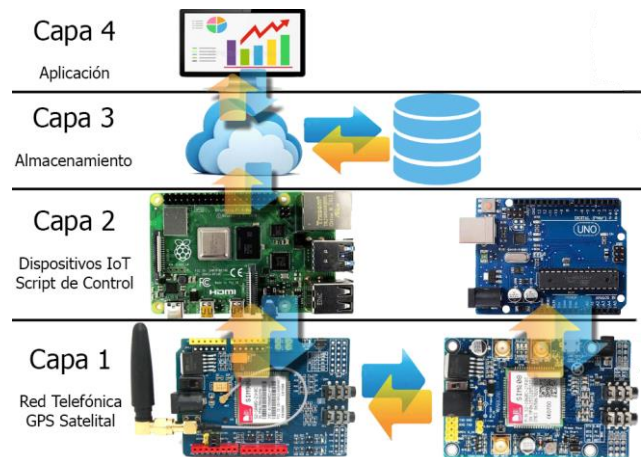


Figura 2. Modelo en capas para el funcionamiento del prototipo, basado en la arquitectura de sistema IoT. Fuente propia.

A continuación, se describen las capas del funcionamiento del prototipo desarrollado en este proyecto.

- La capa 1: está constituida por la red de telefonía móvil y la red satelital GPS, en esta capa operan los módulos SIM 808 y SIM 900, dispositivos IoT con características de hardware que permiten utilizar estas redes. Cabe resaltar que estos dispositivos operan mediante una lista de comandos AT, que son un estándar para la comunicación con dispositivos electrónicos.
- En la capa 2: están los script o códigos de control, aquí trabajan los dispositivos IoT Arduino Uno y Raspberry Pi 4. El Arduino Uno opera con una codificación en lenguaje C++ para Arduino y la Raspberry implementa una codificación en Python.
- La capa 3 está formada por los dispositivos de almacenamiento, aquí opera los servicios de Google Cloud para una base de datos MySQL y el alojamiento de la aplicación web. En este apartado se implementa el lenguaje SQL para las bases de datos.
- La capa 4 está constituida por una aplicación web en PHP que es visible desde cualquier navegador y envía alertas vía correo electrónico cuando un paciente sale del perímetro establecido en su residencia.

3. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos es el diseño de un prototipo que permite monitorear la localización de un paciente, a través de acceso remoto SMS. Se tiene una Raspberry pi conectado a un módulo SIM 900 que funciona como servidor, que envía un mensaje de texto a un Arduino Uno conectado a modulo SIM 808 (cliente). Este mensaje contendrá una palabra clave para que el Arduino reconozca que debe contestar con las coordenadas GPS de la SIM, como se muestra en las figuras 3 y 4.



Figura 3. Raspberry Pi y Moduló SIM 900, fuente propia.

La Raspberry Pi al detectar el mensaje SMS recibido del Arduino, procesa la información de las coordenadas a un formato de latitud y longitud, y establece una conexión remota a un servidor en la nube con MySQL, enviando la información del paciente como: nombre, teléfono, fecha, y las coordenadas GPS.



Figura 4. Arduino Uno, Moduló SIM 808 y antena GPS, fuente propia.

Una vez almacenada la información del paciente en la base de datos es accesada por el personal autorizado, a través de una aplicación web, mostrando el historial de movilidad de este, complementada con su ubicación en Google maps, como se observa en la figura 5.

El prototipo fue validado en cuanto al funcionamiento de cada una de las piezas conectadas, se realizó un análisis de los datos enviados, obteniendo los siguientes resultados: La captura de datos GPS se realizó en intervalos de tiempo de 10 segundos. Durante ese tiempo el módulo se encuentra a la escucha de una instrucción del servidor. Al completar el tiempo de espera comienza la tarea de capturar los datos del GPS, el proceso toma aproximadamente un segundo, y realiza esta rutina como mínimo 10 veces antes de enviar los datos.



Figura 5. Vista de la movilidad del dispositivo en Google Maps, fuente propia

En condiciones óptimas de funcionamiento debería enviar un mensaje al servidor cada 5 o 7 minutos, pero se observó ciertos errores en la lectura de datos GPS, debido a las siguientes causas.

- **El módulo SIM 808 esté apagado:** Cuando la señal de la red telefónica es débil el módulo tiende a apagarse automáticamente, a pesar de estar alimentado de corriente. En ese caso se debe encender el módulo y reiniciar el Arduino para cargar las configuraciones de operación.
- **La señal GPS es débil:** el módulo está operando correctamente, pero no se obtiene datos del GPS. En ese caso solo hay que esperar a que la señal se estabilice. Durante este tiempo el Arduino estará intentando obtener los datos y cuando obtenga un dato correcto, lo remitirá al servidor con el reporte de errores e intentos realizados.
- **Los datos GPS estén corruptos:** el Arduino realiza una verificación de cada lectura para comprobar que los datos obtenidos corresponden a coordenadas GPS correctas. De ser incorrecto descarta la lectura y registra el error. El sistema solo envía datos cuando al menos una lectura sea correcta con un mínimo de 10 intentos.

En la figura 6 se muestra un ejemplo del fallo de lectura por la inestabilidad del GPS.

El sistema de monitoreo en tiempo real, a través de la web, cuenta con un módulo de administración para el registro de los pacientes, los supervisores, la asignación de los pacientes a los supervisores; con un módulo que muestra la información de ubicación del paciente y un módulo de alerta que envía notificaciones al correo de los supervisores, en caso de que el paciente salga del perímetro. También con un módulo de identificación que permite a otros colaboradores como: policías, personal de salud o seguridad de instituciones públicas o comercio, que, a través de la cédula de una persona muestre si es paciente de COVID19 o que se encuentra en cuarentena domiciliaria.

```
SIM008 configurada...
*****
* Sistema GPS de Comunicacion Inicializado *
*****
Lectura GPS 1 sin respuesta del GPS. (Fallo en la lectura)
Lectura GPS 2 sin respuesta del GPS. (Fallo en la lectura)
Lectura GPS 3 realizada correctamente...
Lectura GPS 4 realizada correctamente...
Lectura GPS 5 realizada correctamente...
Lectura GPS 6 realizada correctamente...
Lectura GPS 7 realizada correctamente...
Lectura GPS 8 realizada correctamente...
Lectura GPS 9 realizada correctamente...
Lectura GPS 10 realizada correctamente...
AT+CGNSPWR=0
OK
$GPGGA,010413.000,0759.3110,N,08026.2551,W,1,CHECK: (>) NO DETECTADO...
@1,7.988524,-80.437599,8,0,2,10
> CHECK: (>) DETECTADO...
Mensaje enviado la servidor: @1,7.988524,-80.437599,8,0,2,10
```

Figura 6. Lectura con inestabilidad del GPS, fuente propia.

El utilizar base de datos permite que el sistema sea dinámico y se puede reutilizar para otras necesidades futuras, después de que se supere esta pandemia.

Es importante resalta que el prototipo se encuentra en la fase de desarrollo, por lo cual no se han realizados pruebas con pacientes. Para validar el prototipo se ha simulado el paciente con la tarjeta Arduino Uno. Los autores son conscientes que para implementar con pacientes se deben considerar los protocolos de bioética. Por el momento se cuenta con el certificado The Global Health Network, Introduction to clinical research.

4. Conclusiones

- El prototipo desarrollado es factible porque se logró validar su funcionalidad, como establecer una comunicación entre los dispositivos Arduino y Raspberry pi, almacenar la información en la base de datos y se visualizó un reporte o historial de localización en una fecha o periodo establecido, mostrando la ubicación en Google Maps.
- Se tiene proyectado continuar mejorando el prototipo, incorporando otras funcionalidades como sensor de temperatura corporal, además de otros productos como una app móvil y un cobertor para la protección y estabilidad del dispositivo, haciéndolo más compacto y a su vez, pueda ser utilizado como accesorio en los pacientes, de acuerdo a las normas de bioseguridad.
- El tener un sistema de monitoreo en tiempo real, permitirá un mejor control del paciente en aislamiento domiciliario, y su impacto se verá en función de la disminución del RT.
- Para la implementación del prototipo con pacientes, se proyecta el desarrollo de los protocolos de bioética, considerando los principios de justicia, la beneficencia y el respeto a la autonomía, respetando la libertad de las personas para elegir y actuar, así como proteger a las personas vulnerables.

REFERENCIAS

- [1] Redacción La Estrella de Panamá. (2020, 1 agosto). Panamá refuerza monitoreo para casos de covid-19. La Estrella de Panamá. <https://www.laestrella.com.pa/nacional/200731/panama-refuerza-monitoreo-casos-covid-19>
- [2] Aznar, P. (2020, 21 mayo). Apple y Google lanzan la primera versión pública de la API de Notificación de Exposición al COVID-19. Applesfera. <https://www.applesfera.com/apple-1/apple-google-lanzan-primera-version-publica-api-notificacion-exposicion-al-covid-19-para-desarrolladores>
- [3] MinTic (2020, 14 abril). Así funciona CoronApp Colombia, aplicación para detectar y monitorear casos de covid-19. Colombia. <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/MinTIC-en-Los-Medios/135648:Asi-funciona-CoronApp-Colombia-aplicacion-para-detectar-y-monitorear-casos-de-covid-19>
- [4] Valois, M. A. (2019, Agosto). “Qué es internet de las cosas y cómo funciona: Blog HostGator México. <https://www.hostgator.mx/blog/internet-de-las-cosas/>
- [5] J Salazar, S Silvestre (2016) –“Internet de las cosas”. TechPedia, ERASMUS, Comisión Europea, 2016. <https://core.ac.uk/download/pdf/81581111.pdf>
- [6] Fernández, Y. (2020, 3 agosto). Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno. <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- [7] ¿Qué es Raspberry PI y para qué sirve? (2013, 21 julio), plataforma ABC- SENACYT <https://www.abc.es/tecnologia/informatica-hardware/20130716/abc-raspberry-como-201307151936.html>
- [8] Yeastar GSM Module - Módulo GSM 4 bandas (850 / 900 / 1800 / 1900MHz). (s. f.). LA CASA DEL TELEFONO NO. 5. <https://lcdtcorp.com/products/yeastar-gsm-module-modulo-gsm-4-bandas-850-900-1800-1900mhz>