

Registro De Personal De Vigilancia En Rondines Usando RfID Y LoRa

J.I. Vega-Luna¹, M.A. Lagos-Acosta¹, G. Salgado-Guzmán¹, V.N. Tapia-Vargas¹, F.J. Sánchez-Rangel¹, J.F. Cosme-Aceves¹

Resumen—Se presenta el diseño e implantación de un sistema para monitorear remotamente el paso de personal de seguridad de un centro de datos por puntos estratégicos en rondines de vigilancia. El objetivo del sistema es registrar, en un servidor ubicado en la Internet, la fecha y hora del día del paso del personal así como las coordenadas GPS de los puntos de registro. Se implantó una LPWAN con tecnología LoRa con ocho nodos y un gateway. En los puntos de registro se instaló un nodo. Los nodos constan de un lector RfID, un módulo GPS, un microcontrolador y un transceptor LoRa. Los nodos identifican los vigilantes que portan una tarjeta RfID válida y transmiten su ubicación e información de lectura de la tarjeta RfID, a través del gateway, al servidor. Operando la interfaz de usuario puede mostrarse la información transmitida por los nodos. El alcance logrado con la LPWAN son 9.9 Kilómetros con línea de vista.

Palabras claves—Centro de datos, GPS, LoRa, LPWAN, microcontrolador, RfID.

Abstract—This paper presents the design and implementation of a system to remotely monitor the passage of security personnel of a data center by strategic points in surveillance zones. The purpose of the system is to register the date and time of day of the personnel's pass as well as the GPS coordinates of the registration points on a server located on the Internet. A LPWAN with LoRa technology was implemented with eight nodes and one gateway. At the registration points, a node was installed. The nodes consist of an RfID reader, a GPS module, a microcontroller and a LoRa transceiver. Nodes identify watchers carrying a valid RfID card and transmit their location and read information from the RfID card, through the gateway, to the server. By operating the user interface, the information transmitted by the nodes can be displayed. The reach achieved with the LPWAN is 9.9 Kilometers with line of sight.

Keywords—Data center, GPS, LoRa, LPWAN, microcontroller, RfID.

VII. INTRODUCCIÓN

Un centro de procesamiento de datos (CPD), también llamado centro de datos, o data center por su equivalente

en inglés, es una instalación que concentra recursos o equipos necesarios para el procesamiento y almacenamiento de información de empresas e instituciones, así como equipos de telecomunicaciones para acceder tanto local como remotamente la información [1]. Periódicamente los centros de datos son auditados por organismos y empresas externas, para poder estar certificados y ofrecer servicios garantizados a sus clientes. Un punto importante que consideran las auditorías son los procedimientos y técnicas usados en la seguridad física. La seguridad física son los procedimientos y medidas que aseguran la integridad física de equipos instalados, incluyendo: sistemas de control de acceso, de monitoreo y control de mecanismos de variables de ambiente, de vigilancia y de suministro de energía y recursos. Los sistemas de vigilancia en el centro de datos usan cámaras de video y sensores de presencia instalados para cubrir todos los puntos de las instalaciones desde una oficina central de control y monitoreo [2]. Los sistemas de vigilancia también tienen como objetivo la seguridad perimetral e interna del centro de datos llevando a cabo rondas el personal de seguridad. Es importante contar con procedimientos que permitan registrar el paso de vigilantes por puntos estratégicos en rutas seguidas para garantizar y certificar el cumplimiento del servicio. En algunos centros de datos, instalaciones industriales, hospitales y en otros lugares donde personal de vigilancia realiza rondas periódicas, el registro del paso de vigilantes se lleva a cabo usando métodos tradicionales mecánicos donde el vigilante inserta en un reloj checador una tarjeta que registra la fecha y hora. En otros lugares se usan dispositivos electrónicos que registran el paso del personal y transmiten la información leída de un identificador a una computadora [3]. Existen en el mercado diferentes soluciones para el control de rondines y se han realizado trabajos de investigación que incorporan tecnologías recientes para registrar la ruta seguida por vigilantes. Casi todas estas soluciones y trabajos se usan en interiores o espacios cerrados [4]. Algunos de ellos usan dispositivos biométricos para registrar la persona en su ruta de vigilancia [5]. La mayor parte están basados en el uso de etiquetas RfID (Radio Frequency IDentification) para identificación o localización personas o productos. Las aplicaciones son muy variadas incluyendo patrullaje en

¹ Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, Área de Sistemas Digitales, Departamento de Electrónica. Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa, C.P. 02200, Cd. de México, México.* vlji@correo.azc.uam.mx.

instalaciones industriales [6], sistemas de navegación [7], reconocimiento y optimización de rutas de robots [8], sistemas de votación [9], compras y pagos en supermercados [10] y hospitales [11]-[12]. Algunas aplicaciones desarrolladas transmiten la información de la tarjeta RFID a una computadora por un segmento de red Ethernet. Otras lo hacen de forma inalámbrica, ya sea usando tecnología ZigBee o WiFi [13].

El objetivo de este trabajo fue implantar un sistema que registre en un servidor ubicado en la Internet la fecha y hora del día del paso de vigilantes por puntos estratégicos de un centro de datos, así como las coordenadas GPS de estos puntos de registro. El centro de datos es un edificio de 80x80 metros. El registro es diario y puede mostrarse, conjuntamente con un mapa de la ruta seguida, en una computadora conectada a la Internet. Los rondines de vigilancia se llevan a cabo en el interior y exterior del centro de datos y la forma de identificar al personal debe ser sencilla y confiable. Para lograr esto, se utilizaron tarjetas RFID por ser económicas y fáciles de usar. En los puntos de registro ubicados en el exterior, los lectores RFID se instalaron dentro del centro de datos y la antena del lector en la parte externa, ya que éstas son tolerantes a factores ambientales como lluvia, calor y humedad. No fue una opción usar un segmento Ethernet para transmitir la información de los lectores RFID a la computadora, debido a que en los centros de datos no está permitido o es muy difícil instalar cableado adicional o modificar el existente. No se usaron transceptores ZigBee en la implantación de este trabajo porque su alcance está limitado a 100 metros. El punto de registro más distante a la oficina de control y monitoreo está situado a 1.5 Kilómetros. No se utilizó tecnología WiFi porque su alcance es corto, inclusive más pequeño que el de ZigBee, y por el costo de transceptores y routers WiFi. Una opción viable para la comunicación de lectores RFID con el punto de concentración de información y conexión a la Internet, instalado en la oficina de control, fue implantar una red de área amplia de baja potencia (LPWAN-Low Power Wide Area Network) usando tecnología LoRa (Long Range).

El protocolo abierto LoRa fue desarrollado por LoRa Alliance para crear redes LPWAN para el mercado de IoT (IoT-Internet Of Things). LoRa define la capa física del modelo OSI, o modulación inalámbrica, para realizar el enlace de comunicación de larga distancia con transceptores de radio de baja potencia que permiten transmitir pequeñas cantidades de información a baja velocidad y lograr mayor tiempo de vida de baterías. Las LPWAN que usan el protocolo LoRa se les conoce como LoRaWAN y se usan en aplicaciones máquina a máquina (M2M-Machine-to-Machine) y por operadores de redes inalámbricas que usan el espectro sin licencia para

comunicar dispositivos IoT a través de su red. Las LoRaWAN proporcionan mayor cobertura que las redes inalámbricas celulares existentes. Muchos operadores de redes celulares complementan su oferta de redes inalámbricas/celulares con LoRaWAN ya que se integran a la infraestructura existente para ofrecer a los clientes soluciones basadas en aplicaciones de IoT alimentadas por baterías. Usando LoRaWAN pueden implantarse soluciones de IoT sin usar de tecnologías de transmisión inalámbrica tradicionales como WiFi o celular. Las redes LoRaWAN usan arquitectura de estrella y los nodos establecen el enlace inalámbrico de baja frecuencia con uno o más puntos de acceso o gateways conectados a la Internet. Los gateways transmiten información a un servidor de red central, ubicado en la nube, usando una conexión IP estándar. Para maximizar la duración de la batería de dispositivos finales y capacidad de la red, el servidor central LoRaWAN administra la velocidad para cada dispositivo. Con un gateway o estación base LoRa se pueden cubrir ciudades completas o cientos de kilómetros cuadrados. La capacidad de una LoRaWAN es de miles de nodos. Existen diferentes proveedores de transceptores y gateways LoRa para desarrollar LPWAN. Varias ciudades de Estados Unidos y Europa cuentan con operadores de LoRaWAN públicas, similares a las redes celulares existentes en casi todo el mundo, que permiten conectar una LPWAN a un servidor ubicado en la Internet y crear aplicaciones IoT. En Latinoamérica no existe este tipo de operadores hasta hoy, por lo que una opción para conectar una LPWAN a la Internet es empleando Symphony Link. Symphony Link es una especificación alterna a LoRaWAN, es un protocolo estandarizado desarrollado por Link Labs para usuarios que necesitan comunicación inalámbrica de larga distancia con rendimiento no disponible en LoRaWAN. Symphony Link proporciona transceptores y gateways LoRa donde la comunicación es más segura que una LoRaWAN, ya que realiza reconocimiento de todos los paquetes de datos, a diferencia de una LoRaWAN que usa reconocimientos limitados. El uso de repetidores en una red permite expandir el rango de la misma aumentando también la latencia. La operación de una red Symphony Link no requiere identificador de red ni membresía a LoRa Alliance, lo cual puede costar hasta \$20,000 USD por año. Symphony Link no interfiere con LoRaWAN y viceversa. Se puede desarrollar una LPWAN para IoT adquiriendo los transceptores necesarios, uno para cada nodo de la red, y el gateway Symphony Link conectado a Internet. Los nodos intercambian información, a través del gateway, con un servidor de red, ubicado en los servicios de nube de Amazon, administrado por Link Labs.

En este trabajo se implantó una LPWAN Symphony Link

compuesta por ocho nodos y el gateway. La LPWAN reporta al servidor de red el paso de un vigilante por los ocho puntos de registro ubicados en el centro de datos. Cada nodo de la LPWAN lee la tarjeta RFiD del vigilante y transmite el identificador obtenido, conjuntamente con la fecha, hora y coordenadas GPS del nodo, al gateway. En la interfaz de usuario, que se ejecuta en una computadora personal conectada a Internet, se muestra la información enviada por cada nodo de la red. Las ventajas y aportaciones del sistema aquí presentado son las siguientes: la comunicación usada en la red de lectores RFiD es inalámbrica y por tanto no interfiere con el cableado del centro de datos, la tecnología inalámbrica usada es de reciente creación con alcance de varios Kilómetros. No necesita instalarse una computadora para comunicarse desde la Internet a la LPWAN, ya que se usa el servidor proporcionado en Symphony Link. Finalmente el sistema desarrollado resuelve una necesidad real, conectando un LPWAN a la Internet sin usar una LPWAN pública.

VIII. DESARROLLO

La metodología usada para el desarrollo del sistema consistió en dividirlo en dos partes: la LPWAN y la interfaz de usuario. Se diseñaron los nodos de la LPWAN usando los componentes más confiables y económicos, y se implantó la interfaz de usuario que accede la información del servidor de red. En la Figura 1 se muestra el diagrama funcional del sistema.

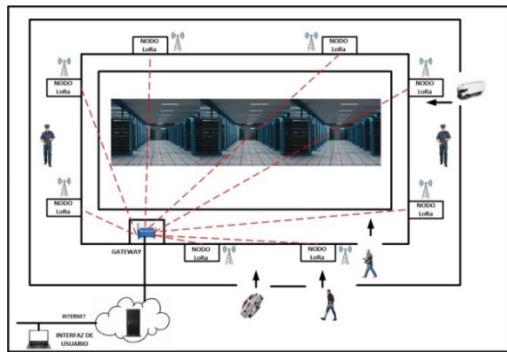


Figura 1. Diagrama funcional del sistema implantado

C. La LPWAN

La LPWAN está formada por ocho nodos y el gateway. Cada nodo se compone de un microcontrolador, un lector RFiD, un módulo GPS y un transceptor LoRa, como se indica en el diagrama de bloques de la Figura 2. El microcontrolador de los nodos de la red fue el PIC18F8722. Es un dispositivo que cuenta con 3 temporizadores, un puerto serie SPI, un puerto I²C Maestro y 2 Puertos EUSART. El microcontrolador usa los puertos EUSART1, EUSART2 e I²C para comunicarse

con el transceptor LoRa, con el módulo GPS y con el lector RFiD, respectivamente.

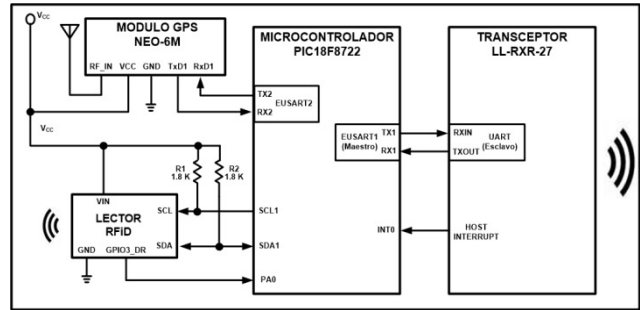


Figura 2. Diagrama de bloques de los nodos de la LPWAN

El programa que se ejecuta en el microcontrolador inicia configurando los Temporizadores 0, 1 y 2 para generar la señal de reloj de los puertos anteriores. A continuación, genera en memoria RAM el mensaje para reinicializar al lector RFiD. El módulo GPS y el transceptor LoRa no necesitan reinicializarse al encenderlos. Posteriormente, el programa entra a un ciclo continuo en el que ejecuta: la rutina que espera el UID (Unique Identifier) leído de una tarjeta RFiD, la rutina que obtiene las coordenadas GPS de localización del nodo de la LPWAN y la rutina que transmite el UID y coordenadas GPS al transceptor LoRa. Estas acciones ejecutadas por el microcontrolador se indican en el diagrama de flujo de la Figura 3.

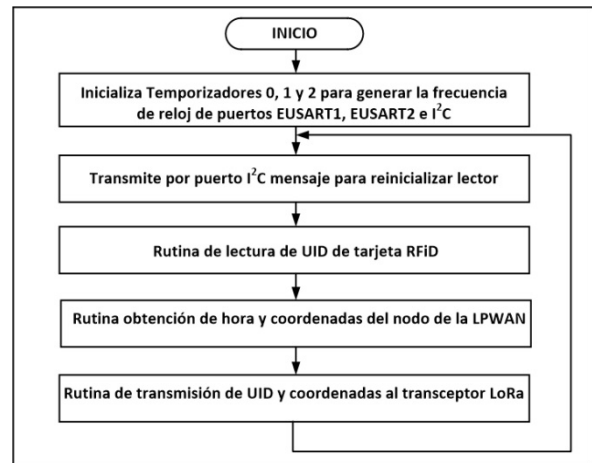


Figura 3. Diagrama de flujo de la programación del microcontrolador

Para la lectura de las tarjetas RFiD se utilizó el circuito SkyeModule Gemini. Este circuito se alimenta con 5 V, cuenta con un puerto I²C y puede configurarse para usar una antena externa o la antena integrada al módulo. El módulo SkyeModule Gemini se configuró para usar una antena externa de 13.56 MHz y alcance de 4 metros conectada a la terminal RX_EXT. El lector RFiD se comunica con el microcontrolador a través del bus I²C, por lo que las terminales SDA y SCL del SkyeModule Gemini

se conectaron a las terminales del mismo nombre del puerto I²C del microcontrolador. El microcontrolador es el maestro y el SkyeModule Gemini es el esclavo. La frecuencia de la señal de reloj del bus I²C requerida por el SkyeModule Gemini es 100 Khz. La dirección del lector RFiD es 0x7F, por defecto en el bus I²C del dispositivo. El SkyeModule Gemini puede acceder a tarjetas RFiD que usan diferentes estándares de identificación. La transmisión de información entre el microcontrolador y SkyeModule Gemini se lleva cabo usando el protocolo propietario SkyTec, el cual funciona con intercambio de mensajes de solicitud y respuesta. Las solicitudes que puede ordenar el microcontrolador al SkyeModule Gemini son las siguientes: reinicializar el lector, lectura del UID de una tarjeta RFiD, bloquear o deshabilitar permanentemente una tarjeta RFiD y establecer el password de una tarjeta. En el desarrollo de este sistema solo se utilizaron las primeras dos solicitudes. El comando de lectura de UID tiene varios modos de funcionamiento, el usado aquí fue el modo auto-detección. Este modo indica al SkyeModule Gemini que lea automáticamente cualquier tarjeta colocada en su campo de detección y active la terminal de salida GPIO3_DR, conectada a la entrada PA0 del microcontrolador, al realizar la lectura. A continuación se indican, usando pseudocódigo, las tareas que realiza el microcontrolador en la rutina de lectura del UID de la tarjeta RFiD:

1. Inicio
2. Transmite por puerto I²C mensaje de lectura de UID.
3. ¿Se activó la entrada PA0? No, continúa probando en 3. Si, pasa a 4.
4. Lee por el puerto I²C mensaje de respuesta.
5. ¿Código de respuesta=exitoso? No, pasa a 2. Si, continúa.
6. Extrae del sexto campo del mensaje, el UID de la tarjeta.
7. Fin.

Cuando el microcontrolador solicita la lectura del UID de una tarjeta genera en memoria RAM el mensaje indicado en la Figura 4 y lo transmite por el puerto I²C.

STX	LONGITUD MENSAJE	BANDERAS	COMANDO	TIPO UID
02	0006	0020	0101	0000

Figura 4. Mensaje solicitud de lectura de UID

El primer campo de este mensaje es el inicio de transmisión (STX, 0x02), el segundo campo es la longitud del mensaje en bytes a partir del tercer campo, el tercer campo son banderas indican que el transmisor y receptor no usan verificación de redundancia cíclica, el campo de comando indica lectura de UID con auto-detección y el quinto campo indica que no importa el estándar usado por el UID, siempre y cuando sea uno de los soportados por el SkyeModule Gemini. El módulo SkyeModule Gemini

responderá con un mensaje como el mostrado en el ejemplo de la Figura 5.

STX	LONGITUD MENSAJE	CODIGO DE RESPUESTA	TIPO DE UID	LONGITUD UID	UID
02	0012	0101	8200	000C	BC3A090934A267542A060106

Figura 5. Mensaje de respuesta a una solicitud de lectura de UID

Este mensaje de respuesta se compone de seis campos: el primer campo es el valor de STX, el segundo campo es la longitud del mensaje, el tercer campo es el código de respuesta, exitoso o fallido, el cuarto campo es el estándar usado por el UID de la tarjeta, en este ejemplo la tarjeta usa el estándar ISO18000-6C, el quinto campo es la longitud en bytes del UID y el último campo es el UID leído de la tarjeta. A continuación, el microcontrolador extrae del mensaje de respuesta el UID de la tarjeta y explora el puerto EUSART2 para obtener la hora y coordenadas de ubicación del nodo de la LPWAN. En el puerto EUSART2 se encuentra conectado un módulo GPS modelo GY-GPS6MV2. Este módulo contiene un receptor GPS U-Blox NEO 6M, una antena de cerámica y un regulador de 5 V. El receptor GPS cuenta con un puerto serie UART cuyas características operacionales por defecto son las siguientes: velocidad de transmisión 9.6 Kbps, 8 bits para el dato, un bit de parada y sin paridad. No se modificaron estas características y las terminales Rx y Tx se conectaron a las terminales TX2 y RX2, respectivamente, del puerto EUSART2 del microcontrolador. El receptor GPS transmite cada segundo la hora y coordenadas de su ubicación a través de un mensaje que sigue el protocolo NMEA. El protocolo NMEA es una especificación eléctrica y de intercambio de información, definida por la National Marine Electronics Association. Este protocolo cuenta con varios tipos de mensajes. El mensaje NMEA usado por el módulo GPS para indicar la hora y ubicación, se denomina GPGGA y significa Global Positioning System Fix Data. El mensaje está compuesto por 18 campos, entre los cuales se encuentran la hora y ubicación. El pseudocódigo siguiente indica las tareas que realiza el microcontrolador en la rutina de lectura de coordenadas GPS:

1. Inicio
2. ¿Mensaje recibido por el puerto EUSART2? No, continúa probando en 2. Si, pasa a 3.
3. Lee mensaje de 18 campos y 80 caracteres ASCII.
4. Extrae del mensaje los valores de hora, latitud, longitud y altitud.
5. Fin.

A continuación se muestra el ejemplo de un mensaje GPGGA recibido por el microcontrolador: **\$GPGGA,210204.000,1954.7459,N,9917.3098,W,1,10,1.2,2265.0,M,-34.2,M,,0000*5E0D0A.**

El microcontrolador extrae de este mensaje la siguiente información: hora de lectura 21:02:04 UTC, latitud 19 grados 54.7459' Norte, longitud 99 grados 17.3098' Oeste

y altitud 2265.0 metros sobre el nivel del mar. Esta información, conjuntamente con el UID de la tarjeta RfID, es transmitida por el microcontrolador al transceptor LoRa a través del puerto EUSART1. El transceptor LoRa empleado fue el circuito LL-RXR-27 de Symphony Link. La comunicación entre el PIC18F8722 y el transceptor LL-RXR-27 usa el protocolo maestro-esclavo. El microcontrolador realiza las funciones de maestro y el transceptor LL-RXR-27 es el esclavo. El protocolo permite intercambiar paquetes de comando y paquetes de respuesta. Las terminales RXIN y TXOUT del LL-RXR-27 se conectaron a las terminales TX1 y RX1 del puerto EUSART1 del microcontrolador el cual fue configurado para trabajar a 9.6 Kbps. Cuando el microcontrolador ejecuta la rutina que solicita al transceptor LL-RXR-27 la transmisión de información ejecuta las acciones indicadas en el siguiente pseudocódigo:

1. Inicio
2. Transmite por puerto EUSART1 paquete de comando indicando la transmisión de: UID de tarjeta RfID, hora y coordenadas GPS.
3. Espera paquete de respuesta con reconocimiento del paquete anterior.
4. ¿Mensaje reconocido? No, continúa en 4. Si, pasa a 5.
5. Fin.

En la Figura 6 se muestra el ejemplo de un paquete de comando, enviado por el microcontrolador al transceptor LL-RXR-27, para transmitir el UID, hora y coordenadas GPS.

PREÁMBULO	INICIO TRAMA	COMANDO	NO. DE PAQUETE	LONGITUD PAQUETE	DATOS DEL PAQUETE
0F0F0F0F	C4	12	01	001A	45DEA231,210204.000,1954,7459,N,9917.3098,W,2265.0,M

Figura 6. Paquete de comando para transmitir por RF

Los campos de este paquete son los siguientes: el preámbulo son 4 bytes con valor de 0F, el inicio de trama es un byte cuyo valor es C4, el campo de comando, con valor igual a 12, indica transmisión de datos por RF, el número de paquete es un byte, la longitud del mensaje se expresa con dos bytes y es la cantidad de bytes a transmitir y finalmente se indican los datos a transmitir. En la Figura 7 se muestra el ejemplo de un paquete de respuesta enviado por el LL-RXR-27 al microcontrolador, indicando el reconocimiento y transmisión del paquete número anterior, el 01.

INICIO TRAMA	COMANDO	NO. DE PAQUETE	ACK/ NACK	LONGITUD PAQUETE	DATOS DEL PAQUETE
C4	12	01	00	0001	00

Figura 7. Paquete de respuesta enviado por el transceptor LL-RXR-27

Usando la aplicación *Prelude* de Link Labs se establecieron los números de serie de transceptores LL-RXR-27 que debe reconocer el gateway. Esta aplicación se ejecuta en una computadora conectada al gateway a través de un segmento de red local.

D. La interfaz de usuario

En la Figura 8 se muestra la interfaz de usuario, la cual se realizó en Visual Basic y Python 3.6.0 y se ejecuta en una computadora conectada, a través de la Internet, al servidor de red.



Figura 8. Interfaz de usuario con la fecha y horas registradas

Permite seleccionar un miembro del equipo de vigilancia y mostrar el identificador de su tarjeta RfID, la fecha, hora y coordenadas de los nodos de la LPWAN donde ha pasado la persona durante el día. La interfaz de usuario puede mostrar el mapa satelital de los nodos de la red que registraron el paso de la persona y descargar en un archivo esta información de otros días almacenada históricamente en el servidor. Esta interfaz accede a la aplicación *Conductor* que se encuentra en el servidor de Link Labs. *Conductor* proporciona la biblioteca *conductor.py* que contiene APIs para acceder la información enviada por los nodos de la LPWAN al servidor. Para establecer la comunicación con el servidor web de *Conductor* se usó el módulo *socket* de Phyton. Los APIs se invocan desde el objeto *ConductorAccount*. El programa en Phyton ejecuta el siguiente código para acceder los mensajes transmitidos al servidor por un nodo en un intervalo de tiempo:

```
import conductor
account = conductor.ConductorAccount('usuario',
'password')
node = account.get_module('$301$0-0-0-952345782')
messages = node.get_messages_time_range(start_time y
stop_time)
```

IX. RESULTADOS

Se realizaron dos grupos de pruebas. El primer grupo de pruebas se realizó para determinar el alcance de la LPWAN. El fabricante de los transceptores LoRa indica que su alcance son 12 Kilómetros con línea de vista. El nodo de la red más distante al gateway se instaló a 750 metros, por lo que a esta distancia no se presentaron problemas de comunicación en la LPWAN. En el segundo grupo de pruebas se ubicaron algunos nodos de la red en diferentes posiciones del centro de datos. El alcance logrado fue 9.9 Kilómetros con línea de vista, 7.9

Kilómetros ubicando el nodo en una posición donde existen dos edificios entre el nodo y el centro de datos y 6.9 Kilómetros con tres edificios. La ubicación de un nodo puede determinarse sin necesidad de un módulo GPS, sin embargo, se solicitó que el sistema implantado reporte las coordenadas GPS de los puntos que registraron el paso del personal de vigilancia en su rondín, información que es requerida por las entidades que auditan el centro de datos.

X. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El control de rondines de seguridad en áreas específicas e importantes de un centro de datos es fundamental. En este trabajo se obtuvo un sistema sencillo, fácil de operar y mantener para resolver una necesidad específica y real. El sistema integra tecnología inalámbrica de transmisión que no interfiere con la operación del centro de datos. Al usar una solución propietaria, como lo es Symphony Link, se implantó una LPWAN de forma sencilla, confiable y de costo bajo, la cual puede replicarse en otros centros de datos u otro tipo de instalaciones como hospitales y escuelas. Una mejora a esta aplicación es que los nodos de la red sean portátiles y llevados por el personal de vigilancia. Esta alternativa es más costosa que el sistema aquí desarrollado pero se puede determinar con precisión la ubicación y ruta seguida por cada persona.

XI. REFERENCIAS

- [39] El-Mir, I.; Seong-Kim, D. y Haqiq, A. (2015). "Security modeling and analysis of an intrusion tolerant cloud data center", *Third World Conference on Complex Systems (WCCS)*, pp. 1-6.
- [40] Lontsikh, P. A.; Karaseva, V. A. y Kunakov, E. P. (2016). "Implementation of information security and data processing center protection standards", *2016 IEEE Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&MQ&IS)*, pp. 138-143.
- [41] Chang, V. y Ramachandran, M. (2015). "Towards Achieving Data Security with the Cloud Computing Adoption Framework", *IEEE Transactions on Services Computing*, vol. 9, Issue: 1, pp. 138-151.
- [42] Büyükçorak, S.; Erbas, T. y Kurt, G. K. (2014). "Indoor localization applications", in *Proceedings 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, pp. 1239-1242.
- [43] Belhadi, Z.; Fergani, L. y Fergani, B. (2014). "RFID tag indoor localization by Fingerprinting methods", in *Proceedings 4th International Conference on Wireless Communications, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace Electronic Systems (VITAE)*, pp. 1-5.
- [44] Chen, T.L.; Hsiao, T. C. y Chen, S. C. (2013). "Patrol management system applying RFID to petrochemical industry", in *Proceedings IEEE International Conference of IEEE Region 10*, pp. 1-4.
- [45] Sammouda, R. y Alrjoub, A. (2015). "Mobile blind navigation system using RFID", in *Proceedings 2015 Global Summit on Computer & Information Technology (GSCIT)*, pp. 1-4.
- [46] Zhao, K.; Zhou, Y. y Song, Z. (2016). "A grid method for robot path recognition based on RFID technology", in *Proceedings 12th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA)*, pp. 2181-2185.
- [47] Naik, D. V. (2015). "Smart wireless authenticating voting machine", in *Proceedings 2015 International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSP)*, pp. 785-788.
- [48] Chandrasekar, P. y Sangeetha, T. (2014). "Smart shopping cart with automatic billing system through RFID and ZigBee", in *Proceedings International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES2014)*, pp. 1-4.
- [49] Osaimi, A. A.; Kadi, K. A. y Saddik, B. (2017). "Role of radio frequency identification in improving infant safety and the extent of nursing staff acceptance of RFID at King Abdulaziz medical city in Riyadh", in *Proceedings 2017 International Conference on Informatics, Health & Technology (ICIHT)*, pp. 1-7.
- [50] Li, X.; Zhou, Y. y Ai, C. (2014). "Smart Entrance Guard Control Based on RFID Card and ZigBee Authorization", in *Proceedings 2014 Sixth International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*, pp. 589-592.
- [51] Shieh, H. L.; Huang, C. y Lyu, F.S. (2016). "An Emergency Care System Using RFID and Zigbee Techniques", in *Proceedings 2016 International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C)*, pp. 65-68.

XII. BIOGRAFÍA



Vega-Luna José Ignacio. Estado de México, 1962. Ingeniería Electrónica, 1985, Maestría en Ciencias de la Computación, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1990. Él labora actualmente en la UAM-Azcapotzalco. Su línea de trabajo es: aplicaciones de microcontroladores.

El M. en C. Vega realiza investigación con redes inalámbricas de sensores y actuadores.



Lagos-Acosta Mario Alberto. Cd. de México, 1968. Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1992.

Él labora actualmente en la UAM-Azcapotzalco. Su línea de trabajo es redes de computadoras.

El Ing. Lagos realiza investigación en seguridad informática.



Salgado-Guzmán Gerardo. Cd. de México, 1968. Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1992.

Él labora actualmente en la UAM-Azcapotzalco. Su línea de trabajo es: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores.

El Ing. Salgado realiza investigación con redes inalámbricas de sensores y actuadores.



Tapia-Vargas Víctor Noé. Cd. de México, 1949. Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1988.

Él labora actualmente en la UAM-Azcapotzalco. Su línea de trabajo es: lenguajes de descripción de hardware.

El Ing. Tapia realiza investigación con sistemas robóticos.



Sánchez-Rangel Francisco Rangel. Cd. de México, 1968. Ingeniería Electrónica, 1987, Maestría en Ciencias de la Computación, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1999.

Él labora actualmente en de la UAM-Azcapotzalco. Su línea de trabajo es: lenguajes de descripción de hardware.

El M. en C. Sánchez realiza investigación con redes de computadoras y sistemas embebidos.



Cosme-Aceves José Francisco. Atlixco, Puebla, México, 1958. Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1985.

Él labora actualmente en la UAM-Azcapotzalco. Su línea de trabajo es lenguajes de descripción de hardware.

Ing. Cosme realiza investigación con sistemas embebidos.