

SISTEMA AUTOMÁTICO DE INFORMACIÓN DE POSICIÓN CON PROTOCOLO DE COMUNICACIONES ORIENTADO A CONEXIÓN.

Jorge Humberto Vázquez Leiva ¹, Wilfredo Rafael Núñez Blanco ¹, Alberto Feito Guerra ¹, Claudia Margarita Martínez Mujica ¹

¹Centro de Investigación y Desarrollo de Electrónica y Mecánica “CID MECATRONICS”, Calle 15 y 86A, Playa, La Habana, Cuba
cid3@reduim.cu

RESUMEN

El trabajo propone el desarrollo de un Sistema Automático de Información de Posición (APRS - por sus siglas en inglés) económico sin conexión a Internet, empleando como soporte técnico, receptores de señales del Sistema de Posicionamiento Global (GPS- por sus siglas en inglés), equipos de radio y tarjetas de sonido de computadoras. Para lograrlo es necesario obtener una interfaz de acople entre los transceptores y el sistema de cómputo partiendo del principio de funcionamiento de un circuito de acople VOX. Detalles del diseño son expuestos en el artículo, así como los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas que demuestran su efectividad. Aunque para la investigación fueron empleados medios técnicos en existencia como por ejemplo hardware del fabricante AMEC y radios del tipo IC-M402 de ICOM, puede ser reproducido con dispositivos similares de menor costo en el mercado. El sistema obtenido puede aplicarse en cualquier sistema de monitoreo de transporte incluido el marítimo.

PALABRAS CLAVES: APRS, GPS, transceptor.

AUTOMATIC PACKET REPORTING SYSTEM WITH CONNECTION-ORIENTED COMMUNICATIONS PROTOCOL

ABSTRACT

This paper proposes an economic Automatic Packet Reporting System (APRS), that don't require an internet connection and employ Global Positioning System (GPS) receivers, radio equipment, and a computer's sound card. It's necessary to design a coupler interface between the transceiver and computer-based VOX coupling circuit functioning principle. The article describes the design and demonstrates the efficacy system with realized test results. The investigation employed existent equipment, for example, AMEC hardware and ICOM radios. Still, it can be substituted by economics similar kit during the application of the control system applicable, including maritime traffic.

INDEX TERMS: APRS, GPS, transceiver.

1. INTRODUCCIÓN

Para los medios de transporte que viajan grandes distancias en el traslado de mercancías de diferentes tipos, resulta fundamental monitorear en tiempo real los embarques, desde el momento que abandonan las instalaciones de partida hasta su destino final. Una alternativa a esta situación lo constituyen los Sistemas Automáticos de Información de Posición (APRS- por sus siglas en inglés), que permiten observar en un mapa la posición donde se encuentra la estación fija o móvil. Estos sistemas también poseen otras capacidades como brindar información meteorológica, señalización en el mapa de todo tipo de eventos (catástrofes, puntos de interés para los radioaficionados) o telemando. Para el seguimiento de las estaciones móviles es aprovechada la tecnología ofrecida el Sistema de Posicionamiento Global (GPS- por sus siglas en inglés), la cual se conecta a un equipo de radio con el objetivo de permitir su seguimiento [1].

Novedosas técnicas se han aplicado a en este campo, algunas de ellas incluyen el uso de protocolos que se basan en AX.25 con formato especial [2]. En otra investigación se modula la trama de actualización basada en protocolo KISS TNC con modulación LoRa (Long Range) [3]. En [4] se presenta un diseño e implementación de un sistema APRS que elabora una trama con la ubicación actual y la envía en secuencias de mensajes que incluyen el estado del sistema.

La unidad funciona como una red ad-hoc que posibilita transmitir a una baja potencia de radiofrecuencia (RF) y se logra una cobertura mínima de dos kilómetros de radio. Se realiza un estudio en [5] con el fin de diseñar una unidad de seguimiento de animales silvestres o protegidos que viven en un parque nacional para una distancia similar. Este utiliza APRS como protocolo de comunicación para rastrear la ubicación de dichas especies dentro de un área sin infraestructura de red inalámbrica. Cada nodo utiliza GPS combinado con un microcontrolador que genera una señal de ubicación y los datos de salud codificados. En [6] se tiene como objetivo la implementación del protocolo en cuestión para controlar un vehículo de exploración a distancias superiores a 10 km.

En el trabajo desarrollado en [7] se describe la implementación de una puerta de enlace móvil para el seguimiento y monitoreo en tiempo real. Esta se basa en un teléfono móvil conectado a un transceptor APRS que recibe señales de vehículos que son enviadas a un servidor a través de la red móvil. Los resultados demuestran que la puerta de enlace puede proporcionar un seguimiento en tiempo real de vehículos con intervalos de 30 s. En [8] y [9] los sistemas se basan en redes de estaciones de base que reciben información de vehículos y la reenvían a un centro de control a través de Internet. En este sistema se demuestra una precisión de posicionamiento del 95% y puede proporcionar un seguimiento en tiempo real con una actualización de posición cada 15 s.

A pesar del éxito de las investigaciones desarrolladas [1-9], estos sistemas de grandes prestaciones exigen como mínimo una conexión permanente a Internet. Por tanto, se genera dependencia en cuanto a la ocurrencia de fallos e interrupciones, falta de seguridad contra ataques externos y aumento de costos adicionales por adquisición de hardware o software especializado [10]. En este trabajo se propone una solución alternativa que emplea como soporte técnico receptores de señales GPS, equipos de radio y tarjetas de sonido de computadoras. Esta consiste en desarrollar un sistema APRS, con un protocolo de comunicaciones orientado a conexión que garantice confirmar la recepción de las tramas de ubicación y su disponibilidad, para controlar la trayectoria de los medios de transporte. La ventaja radica en la obtención de un sistema independiente de internet y que brinda soberanía tecnológica mediante el empleo de software de representación propio. También se aprovecha tecnología ya existente en los medios de transporte marítimo lo que reduce los costos de implementación.

2. ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA IMPLEMENTADO

En cada extremo de comunicación se debe contar con medios de cómputo con tarjeta de sonido para recepción y demodulación de la trama NMEA 0183 [11], así como el medio de radio que garantiza la transmisión de los datos. La Fig. 1 muestra el diagrama de bloques que ilustra las etapas y componentes del APRS propuesto.



Figura 1: Diagrama de bloques del sistema APRS propuesto.

Como es posible observar tanto en el transmisor como el receptor lo componen tres elementos fundamentales que se describen a continuación:

- **Computadora:** Contiene el software que modula con PSK31 [12] los datos recibidos del receptor GPS y los envía al radio a través del puerto de sonido como una señal de voz de 1 kHz, además ejecuta el protocolo de comunicaciones orientado a conexión.
- **Interfaz:** Garantiza poner en transmisión el radio al aprovechar el canal derecho de audio. Este circuito de acople se conoce como de tipo VOX [2] y sustituye el PTT (Push To Talk) del microteléfono, aislando computadora y radio para evitar efectos no deseados de uno en el otro.

- **Radio:** Se encarga de transmitir la señal proveniente de la interfaz con la modulación propia del equipo empleado.

El extremo receptor tiene similar estructura a la inversa, es decir radio-interfaz-PC, con la particularidad de que en esta última debe existir un software de representación gráfica.

Diseño del protocolo de transmisión / recepción

Para el intercambio de los datos, se diseña un protocolo de transmisión/recepción. Este garantiza el transporte de los datos de localización geográfica de las estaciones móviles, con la de control a través de un radio circuito. En este caso fue empleada la trama mostrada en la Tabla 1, con la siguiente estructura:

- **Bandera de inicio:** marca el comienzo de la trama y la identifica como del tipo APRS.
- **Campo origen:** contiene el indicativo o código de la fuente.
- **Campo de información:** contiene los datos de ubicación geográfica.
- **Bandera final:** marca el fin de la trama APRS.

Tabla 1: Formato de la trama a enviarse.

Bandera	Origen	Ubicación	Bandera
3 bits	2 bits	12 bits	3 bits

Los datos de ubicación geográfica, pueden adaptarse a la región donde se realice el monitoreo, por ejemplo, si tuviese lugar en Cuba se limitaría a:

- Entre los 19° 46' 36" y 23° 17' 09" de latitud norte.
- Entre los 74° 07' 52" y 84° 00' 00" de longitud occidental.

En el caso particular del sistema propuesto, para la implementación del mecanismo de transmisión/recepción, se utilizó la biblioteca de código abierto PSKCore.DLL [13], que permite el manejo del hardware de audio, además provee funciones para manipular las frecuencias, el canal, entre otras facilidades. Su funcionamiento está basado en el modo de radio de modulación digital PSK31, (modulación por desplazamiento de fase), muy utilizado en el campo de la radio afición.

Fueron desarrolladas dos aplicaciones en Delphi7, que actúan como manejadores de la tarjeta de sonido, y se encargan de interpretar y estructurar los datos de radiofrecuencia, para hacerlos disponibles en un servidor que los coloca en el sistema de monitoreo; sus interfaces están expuestas en la Fig. 2. Para lograr confidencialidad de la información fue aplicado un algoritmo de cifrado Cesar [14].



Figura 2: Aplicaciones desarrolladas para transmisión y recepción de los datos.

Un elemento a tener en cuenta durante la transmisión de datos a larga distancia es la constancia de la correcta recepción de la información en la estación destino, lo cual se asegura con un protocolo orientado a conexión con técnicas de

acceso al medio de tipo CSMA (Carrier Sense Multiple Access) [15]. Para el cumplimiento del protocolo se parte del principio de una comunicación bidireccional. Deben declararse estados que definan todas las situaciones que pueden presentarse en un proceso de intercambio de información. En primer lugar, se examina el medio de transmisión hasta confirmarse que ha quedado libre y solo se inicia la comunicación una vez ocurrido. Luego es ejecutado el proceso de envío de las tramas APRS hacia la estación de control, de ocurrir este proceso sin error se recibe el acuse de recibo (ACK), en caso contrario se notifica las causas del fallo en la comunicación.

Diseño de la interfaz de acople

Para lograr el acoplamiento entre el transceptor y el sistema de cómputo se diseña una interfaz bajo el principio de funcionamiento de un circuito de acople VOX. En este caso se abre el canal de transmisión del transceptor extrayendo la señal presente en el canal derecho del conector de audio estéreo de 3.5 mm. Posteriormente es acondicionada y se simula el PTT o placa convencional, lo que permite el paso de la señal proveniente de la tarjeta sonido (canal izquierdo del conector estéreo de 3.5 mm) hacia el excitador del radio.

El diseño de la placa se muestra en la Fig. 3, la misma cuenta con dos etapas de elevación de voltaje compuestas por diodos 1N4148 [16] y capacitores de 0.1uF. Para fungir como interruptor de puesta en transmisión se emplea el transistor 2N2222 [17].

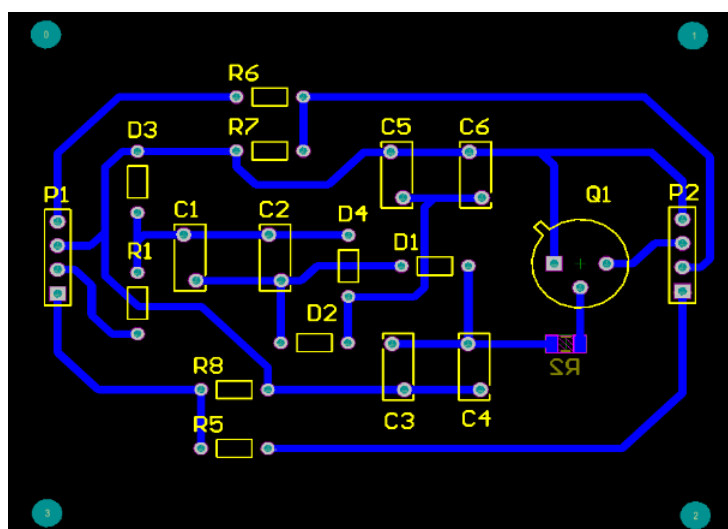
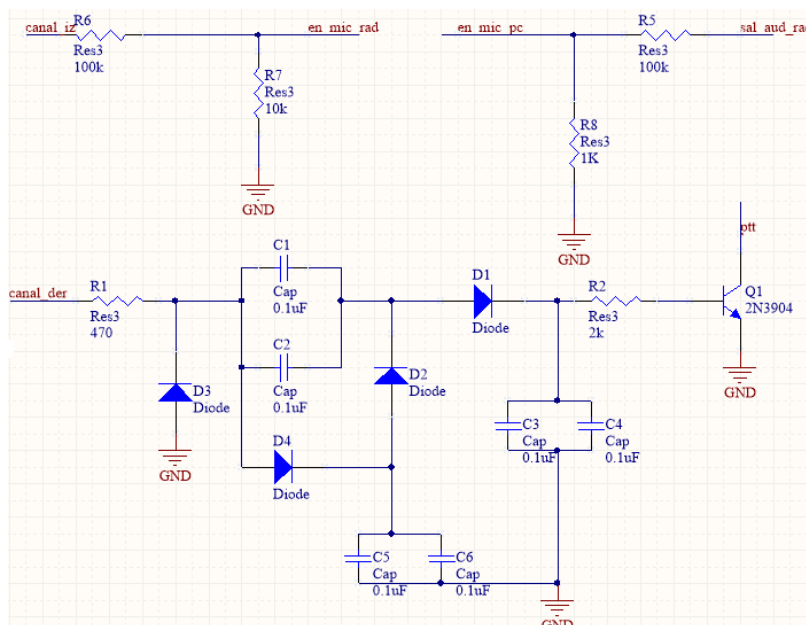


Figura 3: Diseño de esquema eléctrico y placa de circuito impreso de la interfaz.

Para su funcionamiento se conecta la tarjeta de audio del dispositivo de cómputo y el equipo tranceptor. La interfaz es compatible con cualquier radio, destacando como único elemento a cambiar el conector del micro teléfono [18].

Software para representación gráfica

La visualización de los datos de posicionamiento geográfico se puede realizar sobre cualquier aplicación destinada a tal efecto. El sistema propuesto desarrolla su propia aplicación empleando el entorno de desarrollo (IDE) QtCreator en su versión 5.7 [19], la que se conecta vía Ethernet y realiza la lectura del buffer de datos disponibles.

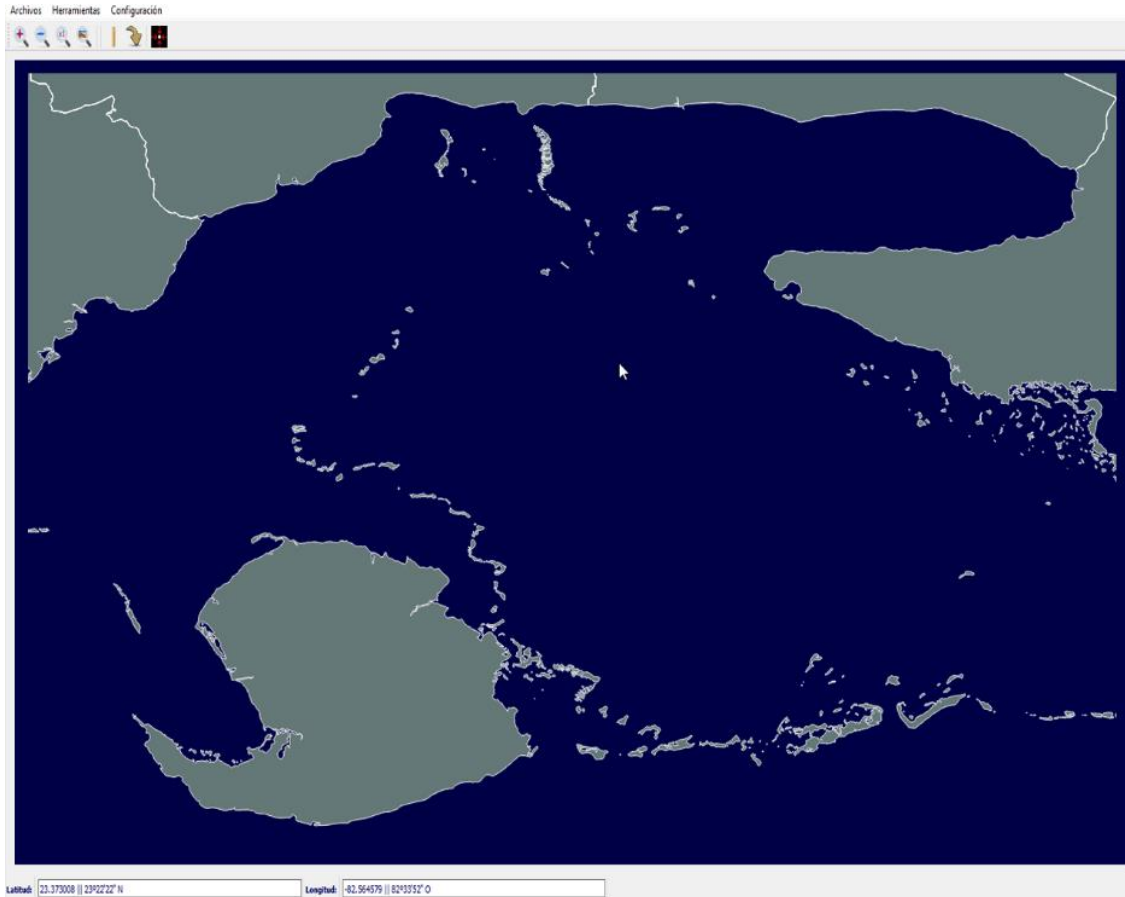


Figura 4: Interfaz de la aplicación de control.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las pruebas se llevan a cabo empleando transeceptores del fabricante ICOM del tipo IC- M402, computadora de placa única Lattepada y el circuito de acople desarrollado. En cada extremo de comunicación se colocó un sistema similar al de la Fig. 5. El envío de la trama APRS se realiza con una frecuencia de 145.825 MHz (canal 8 para radios de ICOM). En la parte receptora se colocaron tres herramientas de decodificación de la trama como material de comparación para la señal recibida: Soundmodem 100, AFSK1200 y AX.25-SCS [20]. Para determinar la veracidad de cada trama recibida, se incorporó al extremo receptor una aplicación desarrollada en DELPHI 7, para el cálculo de la tasa de bit errado [20] (BER – por sus siglas en inglés). En todos los casos el protocolo de comunicaciones orientado a conexión dio acuse de recibo del envío de los datos.

En la Tabla 2, se ilustra cantidad de bits de datos transmitidos, cantidad recibidos, cantidad errados, llegada del ACK y el BER resultante. Como es posible apreciar los valores resultantes se encuentran en parámetro según la ICT (Information and Communications Technology) [20]. En la aplicación de representación gráfica fueron visualizados los datos recibidos como se puede observar en la Fig. 7.

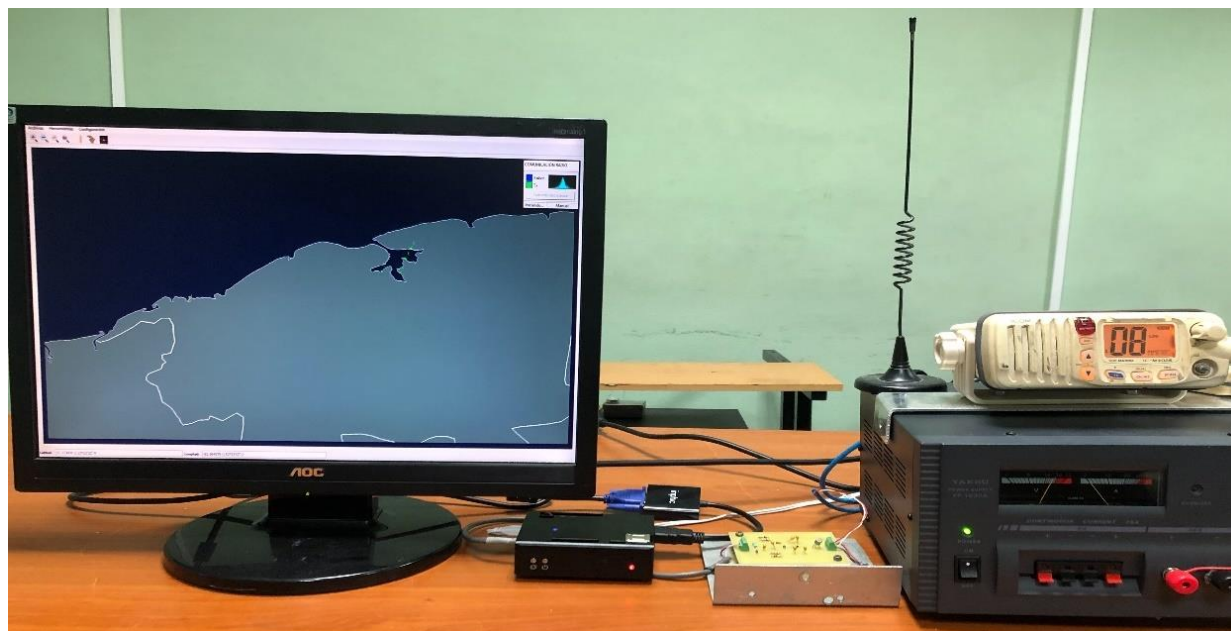


Figura 5: Montaje del sistema para la transmisión y recepción de las coordenadas.

Tabla 2: Resultados obtenidos.

Herramienta decodificadora	Total de bits transmitidos	Total de bits recibidos	Bits errados	Llegada de ACK	BER < 0.0000015
Soundmodem 100	7200000	7200000	10	sí	0.0000013
AFSK1200					
AX.25-SCS					
Soundmodem 100	7200000	7200000	10	sí	0.0000013
AFSK1200					
AX.25-SCS					
Soundmodem 100	7200000	7200000	9	sí	0.0000012
AFSK1200					
AX.25-SCS					
Soundmodem 100	7200000	7200000	9	sí	0.0000012
AFSK1200					
AX.25-SCS					
Soundmodem 100	7200000	7200000	9	sí	0.0000012
AFSK1200					
AX.25-SCS					

4. CONCLUSIONES

Se desarrolló un APRS sin conexión a internet, soportado sobre estructuras de datos, mecanismos de transmisión segura y representación geográfica propios, lo cual otorga una soberanía tecnológica. El sistema se puede aplicar donde haya presencia de radio, y otros tipos de medios como computadoras de placa reducida, tipo Raspberry Pi u ODROID. Es posible implementar modos digitales con velocidades de transmisión superiores a PSK31, sobre todo del grupo PSK-R. Este contiene interlineado y códigos de corrección de error tipo FEC (Forward Error Correction), lo cual permitiría construir sistemas más robustos frente a interferencias, ruido u otro tipo de efecto indeseado [20], y disminuir los niveles del BER durante la transmisión.



Figura 6: Representación gráfica de las tramas APRS recibidas.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean agradecer al colectivo del Centro de Investigación y Desarrollo de Electrónica y Mecánica “CID MECATRONICS”, en particular a los Investigadores Auxiliares Roberto Morera Herrera y Alberto Alemany Hernández, los cuales cooperaron en la obtención de los medios y conocimientos necesarios para esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Y. Adityawarman and J. Matondang, "Development of Micro Weather Station Based on Long Range Radio Using Automatic Packet Reporting System Protocol," *2018 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, 2018, pp. 221-224, doi: 10.1109/ICITSI.2018.8696081.
- [2] S. Dwi Harsono, Rumadi and R. Ardinal, "Design and Implementation of SatGate / iGate YF1ZQA for APRS on the LAPAN-A2 Satellite," *2019 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICARES.2019.8914335.
- [3] J. Matondang and Y. Adityawarman, "Implementation of APRS Network Using LoRa Modulation Based KISS TNC," *2018 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET)*, 2018, pp. 37-40, doi: 10.1109/ICRAMET.2018.8683928.
- [4] N. Hongyim and P. Watanachaturaporn, "A Design and Implementation of an Emergency Message Beacon System Using APRS Protocol," *2020 17th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, 2020, pp. 21-24, doi: 10.1109/ECTI-CON49241.2020.9158272.
- [5] N. Hongyim, "Designing and Implementation Wildlife Tracking System Using APRS Protocol," *2019 5th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST)*, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICEAST.2019.8802541.
- [6] N. Hongyim and S. Mithata, "Designing and Implementation Exploration Vehicle Remote Controller Using APRS Protocol," *2017 21st International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)*, 2017, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICSEC.2017.8443845.
- [7] A. S. Suryawanshi and M. R. Deshmukh "A Mobile APRS Gateway for Real-Time Vehicle Tracking and Monitoring" *2018 International Journal of Computer Applications*, 2018.

- [8] X. Guo, Q. Zhu and X. Wang "Design and Implementation of a Real-Time Vehicle Tracking System Based on APRS" 2011 Journal of Software, 2011.
- [9] K. R. Patil and S. S. Patil "APRS Mobile Internet Gateway for Real-Time Tracking and Monitoring of Vehicles" 2012 International Journal of Computer Applications, 2012.
- [10] M. Conti, Q. Q. Li, A. Maragno and R. Spolaor, "The Dark Side(-Channel) of Mobile Devices: A Survey on Network Traffic Analysis," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 20, no. 4, pp. 2658-2713, Fourthquarter 2018, doi: 10.1109/COMST.2018.2843533.
- [11] Jyrki T. J. Penttinen, "Modulation and Demodulation," in *The Telecommunications Handbook: Engineering Guidelines for Fixed, Mobile and Satellite Systems*, Wiley, 2013, pp. 261-280, doi: 10.1002/9781118678916.ch10.
- [12] S. A. S. Mohamed and G. H. Ibrahim, "A highly integrated low-power 400MHz RF receiver in 0.13um CMOS for medical applications," 2018 11th German Microwave Conference (GeMiC), 2018, pp. 239-242, doi: 10.23919/GEMIC.2018.8335074
- [13] M. Weatley, "PSKCore.DLL Software Specification and Technical Guide Ver. 1.41", Septiembre 24, 2018.
- [14] H. TOUIL, N. E. AKKAD and K. SATORI, "Text Encryption: Hybrid cryptographic method using Vigenere and HillCiphers," 2020 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ISCV49265.2020.9204095.
- [15] F. De Rango, N. Cordeschi and F. Ritacco, "Applying Q-learning approach to CSMA Scheme to dynamically tune the contention probability," 2021 IEEE 18th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/CCNC49032.2021.9369509.
- [16] VISHAY. 1N4148 Small Signal Fast Switching Diode, datasheet. 81857, 2017. Available: <http://www.vishay.com>.
- [17] PHILIPS. 2N2222; 2N2222A NPN Switching Transistors, datasheet. SC04, 1997. Available: <http://www.philips.com>.
- [18] DI NISIO Atilio; PICARIELLO Francesco. "Selected Papers from the 2018 IEEE International Workshop on Metrology for the Sea". Switzerland: Office MDPI, 2020. ISBN 978-3-03928-406-1.
- [19] Qt Creator [Software]. 5.7 Version. Available: <https://www.qt.io/download-qt-installer>.
- [20] E. Tugcu, C. Albayrak, A. Yazgan, C. Simsek and K. Turk, "Bit error rate analysis for color shift keying modulation," 2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIU.2018.8404509

SOBRE LOS AUTORES

Jorge H. Vázquez Leiva es ingeniero en Telecomunicaciones, graduado del Instituto Técnico Militar "José Martí" en el año 2015. Actualmente labora como Aspirante a Investigador en el CID MECATRONICS. ORCID: 0000-0002-7201-5514.

Wilfredo R. Núñez Blanco es ingeniero en Informática, graduado del Instituto Técnico Militar "José Martí" en el año 2015. Actualmente labora como Aspirante a Investigador en el CID MECATRONICS. ORCID: 0000-0003-2742-7752.

Alberto Feito Guerra es ingeniero en Informática, graduado del Instituto Técnico Militar "José Martí" en el año 2011. Actualmente labora como Aspirante a Investigador en el CID MECATRONICS. ORCID: 0000-0003-2757-9510.

Claudia Margarita Martínez Mujica es ingeniera en Informática, graduada de la Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría" en el año 2019. Actualmente labora como Aspirante a Investigador en el CID MECATRONICS. ORCID: 0000-0001-9576-7113.

CONFLICTO DE INTERESES

No existen conflictos de intereses de los autores ni de la institución en relación al contenido del artículo aquí reflejado.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- **Jorge Humberto Vázquez Leiva** participó en la conceptualización, preparación, creación y desarrollo del artículo, realizó el diseño del sistema y organizó las pruebas para su verificación.

- **Wilfredo Rafael Núñez Blanco** participó en la conceptualización, preparación, creación y desarrollo del artículo, contribuyó en el diseño del sistema y participo en las pruebas de verificación.
- **Alberto Feito Guerra** participó en la revisión crítica de cada una de las versiones del borrador del artículo y aprobación de la versión final a publicar.
- **Claudia Margarita Martínez Mujica** participó en la revisión crítica de cada una de las versiones del borrador del artículo y aprobación de la versión final a publicar.

Esta revista provee acceso libre inmediato a su contenido bajo el principio de hacer disponible gratuitamente investigación al público. Los contenidos de la revista se distribuyen bajo una licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License. Se permite la copia y distribución de sus manuscritos por cualquier medio, siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores y no se haga uso comercial de las obras.

