

INGENIUS

INGENIUS • Número 14 • Julio/Diciembre 2015. Revista semestral de Ciencia y Tecnología de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. Publicación dedicada a estudios relacionados con las Ciencias de la Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial y aquellas vinculadas con la Física y Matemática.

Consejo Editorial Universidad Politécnica Salesiana

Ing. John Calle Sigüencia, M. Sc.

Editor responsable. Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca.

Ing. Vladimir Robles Bykbaev, M. Sc.

Docente de la Carrera de Ingeniería de Sistemas. Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca.

Ing. Pablo Parra Rosero, M. Sc.

Docente de la Carrera de Ingeniería Eléctrica. Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil.

Ing. Germán Arévalo, M. Sc.

Director de la Carrera de Ingeniería Electrónica. Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito – Campus Kennedy.

Ing. Diego Peñaloza Rivera, M. Sc.

Docente de la Carrera de Ingeniería Eléctrica. Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca.

Luis Garzón Muñoz, Ph. D.

Director de la Carrera de Ingeniería Mecánica. Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca.

Consejo Editorial Externo

Martha Lucía Zequera Díaz, Ph. D.

Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Julio César Viola, Ph. D.

Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.

Paulo Peña Toro, Ph. D.

Ministerio de Industrias y Productividad, Quito, Ecuador.

Franklin Gavilánez Álvarez, Ph. D.

Montgomery College, Maryland, USA.

Gustavo A. Rovelo Ruiz, Ph. D.

Hasselt University, Diepenbeek, Bélgica.

José Alex Restrepo, Ph. D.

Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.

Sergio Luján Mora, Ph. D.

Universidad de Alicante, Alicante, España.

Mariela Cerrada Lozada, Ph. D.

Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.

Grover Zurita Villarroel, Ph. D.

Universidad Privada Boliviana, Cochabamba, Bolivia.

Tiraje: 3600 ejemplares.

Indización. INGENIUS está indizada en el catálogo Latindex, Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal. El acceso a la versión electrónica se encuentra en: www.latindex.unam.mx

Copyright. INGENIUS 2015, Universidad Politécnica Salesiana. Se permite la reproducción total o parcial de esta revista citando la fuente.

INGENIUS

REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Número 14, julio – diciembre 2015

ISSN impreso 1390-650X / ISSN electrónico 1390-860X

Indexada en:



Sistema Regional de Información en línea para Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal.

La administración de INGENIUS se realiza a través de los siguientes parámetros:

La revista utiliza el sistema antiplagio académico



Los artículos cuentan con código de identificación (*Digital Object Identifier*)



El proceso editorial se gestiona a través del *Open Journal System*



Es una publicación de acceso abierto (*Open Access*) con licencia *Creative Commons*



Las políticas *copyright* y de uso *post print*, se encuentran publicadas en el Repositorio de Políticas de Autoarchivo *Sherpa/Romeo*.

Los artículos de la presente edición pueden consultarse en:

<http://revistas.ups.edu.ec/index.php/ingenius>



ABYA
YALA | UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
SALESIANA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR

Rector

Javier Herrán Gómez, sdb
Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja
Casilla Postal 2074
Cuenca, Ecuador
Teléfono: (+593 7) 205 00 00
Fax: (+593 7) 408 89 58
Correo electrónico: srector@ups.edu.ec

Vicerrector General Académico

Luis Tobar Pesántez

Vicerrector Docente

Fernando Pesántez Avilés

Vicerrector de Investigación

Juan Salgado Guerrero

Vicerrectores de Sede

César Vásquez Vásquez (Cuenca)
José Juncosa Blasco (Quito)
Andrés Bayolo Garay (Guayaquil)

INGENIUS, Revista de Ciencia y Tecnología, publicación semestral, N.º 14, Julio-Diciembre 2015.

Editor responsable: John Calle Sigüencia. ISSN: 1390-650X. Domicilio de la publicación: Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. Casilla postal 2074, Cuenca, Ecuador. Centro Gráfico Salesiano, Calle Antonio Vega Muñoz 10-68 y General Torres. Teléfono: (+593 7) 283 17 45, Cuenca, Ecuador.

Correo electrónico: revistaingenius@ups.edu.ec

©INGENIUS, Revista de Ciencia y Tecnología.

Impreso en Ecuador.

Los conceptos expresados en los artículos competen a sus autores. Los artículos de la presente edición pueden consultarse en la página web de la revista.

Tiraje: 3600 ejemplares

Consejo de Publicaciones

Javier Herrán Gómez, sdb
PRESIDENTE

Juan Bottaso Boetti, sdb
Teodoro Rubio Martín
José Juncosa Blasco
Jaime Padilla Verdugo
Floralba Aguilar Gordón
Sheila Serrano Vicenti
Fabricio Freire Morán
John Calle Sigüencia
Armando Grijalva Brito
Alexandra Martínez Flores
Mónica Ruiz Vásquez

Luis Álvarez Rodas
EDITOR GENERAL

Estimadas y estimados lectores:

El Ecuador ha entrado en una dinámica de crecimiento constante en cuanto tiene que ver con la escritura de artículos científicos de relevancia. Basta con observar las estadísticas anteriores y posteriores al 2010, para notar que prácticamente se ha duplicado la producción anual promedio en los últimos cinco años. Para el 2014 se superó con facilidad el número de 600 publicaciones en revistas indexadas a SCOPUS e ISI-WOK.

Resulta interesante conocer que en Ecuador, con datos aproximados, la mayor producción de escritura científica está ligada al área de la medicina con un 20 % del total y que apenas un 7 % corresponde al área de ingeniería.

Las normas y reglamentos de la legislatura actual, motivan y a la vez obligan a la preparación científica de un gran número de profesionales, de manera especial a aquellas personas comprometidas con la docencia universitaria. Como efecto de esta realidad, se puede notar el crecimiento significativo de la producción científica ecuatoriana, esto además se refleja en la participación, cada vez más notoria en congresos y eventos reconocidos por la comunidad internacional. Vale la pena destacar un dato obtenido de la última versión del Congreso de Ingenierías CHILECON 2015, en el cual se presentaron aproximadamente

doscientas ponencias, de las cuales más de treinta fueron defendidas por investigadores ecuatorianos, siendo la segunda delegación más numerosa, luego de la representación de Brasil.

El gran impulso que se ha alcanzado en el ámbito de la investigación, debe ser canalizado de forma efectiva, para lo cual deben aprovecharse todos los canales disponibles para la difusión de los resultados. Existen revistas, eventos y congresos nacionales e internacionales que permiten la correcta socialización de los aportes al conocimiento.

La revista INGENIUS viene acompañando y apoyando en este proceso de crecimiento científico, manteniendo una gran apertura para la difusión de aportes que vienen de la comunidad local e internacional.

Para esta edición, Ingenius ha seleccionado trabajos de gran relevancia científica y técnica, se pueden encontrar aplicaciones de identificación por radiofrecuencia con dispositivos Android, diseño y construcción de sensores, mejoramiento en la eficiencia para transmisión de datos, desarrollo de nuevas tecnologías para el apoyo a personas con capacidades diferentes y otras aplicaciones en las áreas de telecomunicaciones e informática aplicada.

Espero que el contenido sea de su agrado e interés.

Pablo Parra Rosero, M. Sc.
Miembro del Consejo Editorial

ÍNDICE

Yanapay: sistema de evacuación basado en tecnología RFID y dispositivos Android	5
Patricia Ludeña G. Katty Rohoden J., César Palacios A. Max Rohoden J.	
Emergency-route, evacuation route finder for emergency and rescue scenarios	14
Rommel V. Torres, Francisco Sandoval-Noreña, Vicente M. Martínez.	
Diseño y construcción de sensores automatizados de gases de efecto invernadero en la baja troposfera	21
Jesús Palacios, Nelson Falcón, Erith Muñoz.	
Effectiveness of grey coding in an AWGN digital channel data transmission	30
Germán Arévalo.	
Adaptación del algoritmo Schmidl & Cox a sistemas de portadora única en un canal inalámbrico	35
Wellington Espinoza, Maricela Freire, Tanny Chávez, Jorge Gómez, Boris Ramos.	
A proposal of an ecosystem based on intelligent ICT tools to support the diagnosis and intervention of patients with communication disorders	44
Vladimir Robles-Bykbaev, Martín López-Nores, Jorge García-Duque, José Pazos-Arias, Daysi Arévalo-Lucero, Paola Ingavélez-Guerra.	
Normas editoriales	53
Guidelines	57

YANAPAY: SISTEMA DE EVACUACIÓN BASADO EN TECNOLOGÍA RFID Y DISPOSITIVOS ANDROID

YANAPAY: EVACUATION SYSTEM BASED ON RFID TECHNOLOGY AND ANDROID DEVICES

Patricia Ludeña G.^{1,*}, Katty Rohoden J.¹, César Palacios A.² y Max Rohoden J.²

Resumen

Estudios recientes sobre el uso de herramientas tecnológicas en situaciones de emergencia determinan que éstas contribuyen notoriamente al éxito de los planes de evacuación; por ello en los últimos años se han propuesto diferentes iniciativas, principalmente en cuanto a solventar la disponibilidad de información de rutas de escape y estados de alerta. YANAPAY es un sistema de evacuación desarrollado para dispositivos móviles Android que brinda asistencia personalizada en situaciones de emergencia. La aplicación móvil indica al usuario su ubicación dentro del edificio y la ruta más corta y segura de evacuación. El usuario dispone de dos mecanismos de información, primero las rutas de evacuación calculadas se visualizan sobre planos 2D; y segundo, el sistema envía mensajes de alerta de sitios peligrosos. Los usuarios se monitorean usando tecnología RFID en pasillos, escaleras y salidas de emergencia y acoplando un módulo de lectura RFID al dispositivo móvil. Periódicamente se actualizan las rutas a través de sensores en pasillos y oficinas, que se conectan a un servidor, por medio de un módulo de adquisición, para que éste, inalámbricamente actualice los datos del dispositivo móvil. Yanapay se validó a través de metodologías de pruebas internacionales para cada uno de sus componentes.

Palabras clave: Android, IoT, RFID, sistema de evacuación

Abstract

Recent studies show that the use of technological tools in emergency situations contribute significantly to the success of the evacuation plans; because of this, in the last years different initiatives have been proposed, mainly in terms of solving the availability of information on escape routes and alertness. YANAPAY is an evacuation system, developed for mobile devices (Android), which provides personalized assistance in emergencies. The mobile application shows to the user its location into the building and the shortest and safest evacuation route. The user has two information mechanisms, firstly the calculated evacuation routes are shown over the 2D planes; and second, the system sends alert messages of the dangerous sites. Users are monitored using RFID technology in corridors, stairs and emergency exits, and by coupling an RFID lecture module to the mobile device. The routes are updated periodically through sensors in corridors and offices, and they will connect to a server using an acquisition module, which will wirelessly update the mobile device data. YANAPAY was validated through methodologies of international tests for each one of their components.

Keywords: Android, IoT, RFID, Evacuation system.

^{1,*} Máster en Redes de Telecomunicación, ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones. Profesor/Investigador en el Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica de la Universidad Técnica Particular de Loja – UTPL. Autor para correspondencia ✉: pjludena@utpl.edu.ec

²Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica – Universidad Técnica Particular de Loja – UTPL.

Recibido: 12-11-2015, aprobado tras revisión: 20-11-2015.

Forma sugerida de citación: Ludeña, P.; Rohoden, K.; Palacios, C.; Rohoden, M. (2015). “Yanapay: sistema de evacuación basado en tecnología RFID y dispositivos Android”. INGENIUS. N.º 14, (Julio-Diciembre). pp. 5-13. ISSN: 1390-650X.

1. Introducción

La evacuación de un determinado lugar en caso de emergencia ha constituido, desde hace mucho tiempo atrás, una preocupación continua para el sector de la seguridad ciudadana. Existen varios análisis académicos de situaciones de evacuación desde los más básicos, como el de metodología estática, hasta los que han arrojado mejores resultados, como el de metodología de modelado [1].

Este interés por las situaciones de evacuación se ha visto reflejado en varios proyectos de desarrollo de aplicaciones móviles para los ocupantes dentro de edificaciones [2–5]. Estos proyectos estudian falencias de los procesos de evacuación e incluso de la infraestructura de evacuación, y basándose en estas falencias se desarrolla una aplicación móvil con funcionalidades para mejorar la experiencia de evacuación. Algunas de estas aplicaciones requieren de montaje e infraestructura costosa en el edificio, mientras que, otras solo hacen uso de los sensores propios del teléfono móvil.

YANAPAY aprovecha el momento tecnológico que se está viviendo en el mundo y la característica de ubicuidad de las redes celulares. En la Unión Europea (UE) la medida del índice de penetración de Internet es del 68 % [6]. En Ecuador, según estadísticas del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) a diciembre del 2011, el 31,4 % de la población utilizó Internet. De este grupo un 62,5 % lo hizo fuera de sus hogares, es decir, en centros de acceso público, en instituciones educativas y en el trabajo; lugares adecuados para la aplicación de un sistema de evacuación basado en dispositivos móviles [7]. El 8,4 % de los ecuatorianos, que tienen un teléfono celular activo (46,6 %), poseen un *smartphone*, es decir, menos de la media de Latinoamérica (17 %) y muy por debajo de la media comunitaria de banda ancha móvil en la UE (43,1 %) [8]. Sin embargo, la tendencia en Latinoamérica es reducir la brecha digital con los países del primer mundo y subsecuentemente la implementación de los sistemas tecnológicos más avanzados, como son los sistemas de evacuación basados en dispositivos móviles.

El propósito de este trabajo es diseñar un sistema de evacuación en donde los dispositivos móviles puedan acceder a un servidor Web que les indique la mejor ruta de evacuación. Al realizarse los procesos de cálculo en el servidor Web, se libera a los dispositivos móviles de procesos inadecuados que pueden afectar a su rendimiento. Además, se garantiza que la batería del dispositivo móvil no se agote demasiado rápido y, por lo tanto, que el proceso de evacuación se pueda llevar a cabo.

2. Marco referencial

2.1. Identificación por radiofrecuencia (RFID)

La tecnología RFID [9] es una aplicación específica de los sistemas NFC (*Near Field Communications*). RFID

permite la identificación de manera inalámbrica y sin necesidad de línea de vista [10], esta característica la hace ideal para sistemas de localización, rastreo de mercancías, entre otras.

La Figura 1 muestra un sistema RFID básico que consta de un lector con una o más antenas, etiquetas de identificación y software que realice el procesamiento de la información recogida por los lectores. El lector es capaz de identificar las etiquetas cercanas por ondas de radio y además de diferenciar el tipo de comunicación de campo cercano de la que se trate. La etiqueta se activa con la presencia del campo RF, el lector establece la comunicación usando el esquema de modulación, codificación a nivel de bit, velocidad de bit, y otros parámetros asociados a los métodos de señalización [11].

RFID usa los siguientes rangos de frecuencia: LF de 135 KHz, HF 13,56 MHz, UHF 860-960 MHz y microondas 2.4 GHz y 5.8 GHz. Tales rangos limitan las condiciones de propagación del campo electromagnético, la distancia máxima de lectura y la sensibilidad de los materiales que conforman los dispositivos [12].

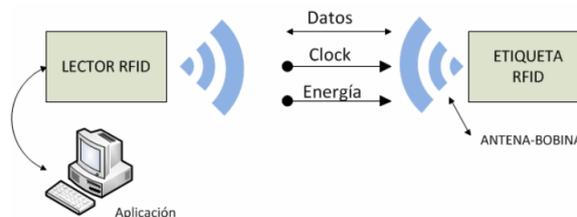


Figura 1. Elementos de un sistema RFID: Lector RFID, etiqueta RFID, canal de comunicación y aplicación.

3. Estado del arte

3.1. Aplicaciones RFID en dispositivos móviles

La tendencia actual de equipar dispositivos móviles con periféricos y aplicaciones innovadoras ha permitido que los usuarios accedan a nuevos y mejores servicios, este paradigma es abordado por *Internet of Things* (IoT) [13].

Cuando se integran estos sistemas con etiquetas RFID, el resultado es un conjunto de aplicaciones que permiten controlar y monitorear tareas y acciones en tiempo real. Lo que convierte a cada dispositivo móvil en un sensor disponible todo el tiempo, capaz de interactuar entre sí y con la suficiente densidad de penetración como para convertirlo en un recolector ideal de datos. Estas características permiten acciones con o sin la intervención humana en ciertos eventos.

RFID Móvil es una tecnología emergente que usa el teléfono móvil como un dispositivo de lectura RFID que integra tecnología inalámbrica, comunicaciones móviles y una infraestructura de red de sensores [14]. Actualmente, la tecnología RFID Móvil puede representar dos

tipos de combinaciones: teléfono inteligente equipado con etiqueta RFID (*RFID-tag-attached mobile phone*) o equipado con lector RFID (*RFID-reader-equipped mobile phone*). Claramente cada combinación tiene campos de aplicación diferentes. La primera apunta más al pago de tarjetas, control de accesos, autenticación de identidad, entre otras. La segunda, por otro lado, puede ser utilizada para proveer al usuario información detallada del objeto etiquetado accediendo a la red de datos inalámbrica.

Las redes de sensores inalámbricas también han sido consideradas para el desarrollo de sistemas de evacuación [15]. Por ejemplo, los autores de [16] trabajaron con sensores ZigBee. Estos sensores fueron desplegados cerca uno de otro para formar una red y detectar fuego. Sin embargo, las rutas de la red pueden ser fácilmente interrumpidas por el despliegue de fuego, provocando que las instrucciones de evacuación sean inaccesibles. En [17] se propone un sistema de red de sensores para detección de desastres. Este sistema está compuesto de varios sensores como: sensor de calor, sensor de humo, cámaras, etc. Sin embargo, este sistema no provee información sobre la situación del desastre en tiempo real, por lo que las personas afectadas no serán evacuadas a tiempo.

La mayoría de las propuestas se basan en transmisores de señales de radio, o en redes de sensores [15–18]. En donde las rutas de evacuación se dan de acuerdo con caminos preinstalados. Si el cálculo de una nueva ruta es necesario, estas propuestas no estarían en la capacidad de desarrollarlo, ya que no fueron diseñados para ello. Por lo tanto, los sistemas de evacuación en tiempo real son necesarios.

3.2. Estudio de situaciones de emergencia

Se define emergencia como “... la alteración de las condiciones normales de funcionamiento de un individuo o grupo humano...” [19]. La principal prioridad en un edificio ante una situación de emergencia es que la totalidad de los ocupantes puedan desplazarse hasta un lugar seguro en el mínimo tiempo con las mínimas garantías de seguridad. Este tiempo de evacuación (T_{evac}) se define en [16] según la ecuación (1):

$$T_{evac} = T_{det} + T_{resp} + T_{desp} \quad (1)$$

donde: T_{det} es el tiempo de detección, tiempo que tarda el sistema de detección en activar e iniciar la secuencia de notificación de alarma, T_{resp} es el tiempo de respuesta, cuánto tardan los ocupantes en empezar a moverse hacia las rutas de evacuación y T_{desp} es el tiempo de desplazamiento, tiempo efectivo que tardan los ocupantes en evacuar la zona y llegar a un lugar seguro.

La efectividad de una evacuación depende en gran porcentaje de la forma en que el ocupante elige la ruta

de escape y se rige casi en su totalidad por el comportamiento humano. Según [20] dos factores definen esta elección:

- Conocimiento del entorno de acuerdo con los factores internos, por ejemplo, un mapa cognitivo de la geometría del oficio y entrenamiento apropiado del personal.
- Conocimiento del entorno sobre la base de los factores externos, es decir, la interacción con el entorno y con otros ocupantes, por ejemplo, grandes aglomeraciones de personas, señalización adecuada de las salidas y un sistema eficiente de comunicación.

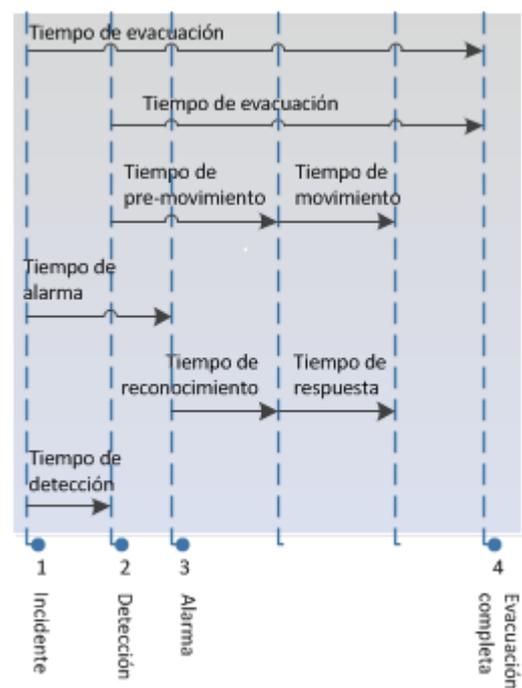


Figura 2. Línea temporal del desarrollo de evacuación ante una emergencia.

3.3. Desarrollo de aplicaciones móviles para situaciones de emergencia

Debido a que la información que disponen las víctimas en una situación de evacuación es decisiva, y considerando la ubicuidad de dispositivos móviles, se plantea el desarrollo de aplicaciones que reúnan estos elementos [21, 22].

El objetivo primordial que debe cumplir una aplicación de un teléfono móvil en una situación de emergencia es que las víctimas evacuen por la ruta más segura y corta en el menor tiempo posible [3]. Por ello una característica fundamental de este tipo de aplicaciones es que las formas de presentar las instrucciones de navegación se seleccionen sobre la base de las características de la situación de emergencia.

Baus, Cheverst y Kray [5] describen un estudio sobre las diferentes soluciones empleadas en guías móviles, entre ellas modelos 2D, modelos 3D, instrucciones textuales, direcciones auditivas, y croquis de rutas. Luego del estudio se concluye que si bien los modelos 2D son representaciones bien conocidas del entorno, los modelos 3D o fotografías con realidad aumentada usan las habilidades espaciales naturales del usuario. Sin embargo, si el modelo 3D no tiene una calidad excelente el entorno que navega sería confuso y tampoco serviría para entrenamiento. En este aspecto, un modelo 2D requiere un nivel mínimo de calidad y se presta a menos confusiones o desorientaciones del usuario.

En [2], Chitarro y Nadalutti describen la implementación de un prototipo que muestra instrucciones simples y efectivas para la evacuación mediante gráficos de realidad aumentada en el dispositivo móvil. El sistema usa lectores RFID en los celulares y varias etiquetas colocadas en lugares fijos del edificio, el fin es determinar la ubicación de la persona poseedora del móvil para guiarlo a la salida de emergencia. Luego de testeado el proyecto se observan dos restricciones importantes para que la determinación de la ubicación sea precisa.

1. La distancia entre cada etiqueta RFID no debe ser mayor a 2 m, lo que directamente implica un gran número de etiquetas en todo el edificio.
2. La velocidad de movimiento del dispositivo que realiza la lectura de cada etiqueta debe ser constante.

Otra solución eficaz de evacuación para teléfonos móviles es la desarrollada por Junho Ahn y Richard Han de la Universidad de Colorado (EU) denominada *RescueMe* [3]. Esta solución, está enfocada en edificios o fábricas de gran tamaño y con caminos complejos hacia las puertas de evacuación. Su objetivo primordial es indicar la salida óptima al usuario, es decir, la salida menos concurrida y a la cual toma menos tiempo llegar.

Todo el sistema de evacuación de la aplicación *RescueMe* tiene como base cuatro componentes:

- Localización basada en imágenes (*image-based location*).
- Realidad aumentada (AR, *Augmented Reality*).
- Podometría personalizada, y
- Algoritmo de recomendación.

En la evaluación del proyecto se llegaron a las siguientes conclusiones:

Cuando la gente está distribuida aleatoriamente el método de la salida más cercana y el de *RescueMe* son más efectivos y toman, en promedio, el mismo tiempo

de evacuación; y, por otra parte, cuando la gente está en grupos numerosos el método *RescueMe* permite la evacuación más rápida que el de la salida más cercana.

Otros trabajos en evacuación para situaciones de emergencia se enfocan más en la toma de decisiones de las personas cuando se encuentran en una situación de peligro. En un estudio para un sistema de evacuación para una circunstancia de desastre, liderado por la Universidad Karabuk (Turquía) [4], se indican ciertas consideraciones que se deben tomar en cuenta a la hora de diseñar un sistema como tal:

- En una situación de emergencia, los visitantes usan la puerta de entrada para evacuar porque les es más familiar.
- En una situación de emergencia, los ocupantes regulares del edificio usan la puerta de emergencia para evacuar.
- Cuando una alarma suena los ocupantes usan un periodo crítico de tiempo solamente en decidirse evacuar el edificio.
- El 82 % de las razones por las que los ocupantes evacuan un edificio es por humo, gritos, voces y llamadas. Solo un 7 % evacua inmediatamente luego de escuchar la alarma.
- Un 36 % de las razones de muerte en un incendio residencial es la inhalación de humo. Un 25 % es por quemaduras y asfixia.
- El tiempo de evacuación depende de dos factores: preferencias de salida y problemas de visibilidad por el humo.
- La mayoría de ocupantes se vuelven o detienen si el humo impide ver menos de 20 metros adelante en la ruta de evacuación.

4. Materiales y métodos

4.1. Metodología

La metodología usada se divide en tres fases: exploratoria, experimental y análisis de resultados.

En la fase exploratoria se construyó el estado del arte en función de proyectos de tesis, revistas y publicaciones científicas, artículos e informes técnicos sobre RFID y aplicaciones para sistemas de evacuación en emergencia.

La fase experimental divide el sistema de evacuación en bloques de desarrollo independientes, como se muestra en la Figura 3. Pudiendo trabajar en varios módulos a la vez, para su posterior integración al sistema. Los bloques definidos son cinco: red de sensores, servidor Web, aplicación móvil Android, sistema de localización RFID, montaje del sistema e infraestructura.

Finalmente, la fase de análisis de resultados, consiste en tres tipos de pruebas: validación de cada módulo por separado; luego, pruebas de la aplicación propuesta con el fin de optimizarla; y, finalmente, analizar el comportamiento y respuesta del sistema, mediante simulaciones de situaciones de emergencia en el modelo a escala del edificio.

4.2. Materiales

Los materiales que se utilizan en el desarrollo experimental del prototipo, responden a cinco necesidades básicas:

1) Red de sensores de monitoreo. Con respecto al prototipo instalado, se cuenta con sensores de calor y detectores antincendios. La red de sensores envía la información al servidor de rutas de evacuación a través de una interfaz de adquisición de datos (sensores, microcontrolador, módulo TCP/IP/, módulo Ethernet).

2) Sistema de monitoreo de sistema de evacuación. El sistema se instala en un servidor Web para la gestión de incidencias y evaluación de reportes posteriores. El servidor identifica de qué sensor proviene la información y la almacena en su base de datos, MySQL. El servidor también es responsable de emitir señales de alerta de acuerdo con patrones de identificación de emergencias.

3) *Software* de programación móvil. El dispositivo móvil toma lecturas de la red RFID, ubica al usuario en un plano 2D y envía un reporte de estado al servidor Web, a través de la red RFID o Ethernet. La aplicación es capaz de dar instrucciones de evacuación según las lecturas de la red de sensores, la localización de la víctima y planes de evacuación institucionales. Adicionalmente, se realizaron pruebas de desempeño para la aplicación, acorde a los lineamientos dictados por la alianza AQUA y los criterios UTI *Testing Criteria* (UTC) versión 1.1.

4) Sistema de localización RFID. Este sistema está conformado por las etiquetas de radiofrecuencia dispuestas a lo largo de las vías de acceso del escenario de prueba y el módulo de adquisición RFID conectado al teléfono. La Tabla 1 presenta el número de cada dispositivo por planta, para el escenario de prueba.

5) Escenario de prueba. El sistema de evacuación se evaluó implementándolo en un modelo a escala. En este modelo a escala se ubicaron las etiquetas RFID y los sensores de temperatura. Para facilitar la simulación del sistema se consideran las siguientes características, para los modelos a escala:

1. Carece de techo y cielorraso para permitir visualizar los cuartos, los pasillos y las salidas de emergencia, y consta de mínimo dos pisos para poder probar el sistema de evacuación de un piso a otro.

2. Las paredes de la maqueta son diseñadas tomando en cuenta la distancia máxima de lectura del módulo RFID.

El *software* utilizado para el sistema de evacuación, que se detalla a continuación, fue seleccionado por características como licencia libre, de tipo relacional y gestión sencilla:

1. CodevisionAVR, para programar el microcontrolador de adquisición de información de sensores.
2. WizNet, *software* para configuración del módulo conversor serial-Ethernet para la gestión de sensores.
3. IDE Netbeans, contiene las aplicaciones Java para la lectura de las tramas TCP/IP y para la generación del servicio Web.
4. GlassFish, para crear la aplicación Web.
5. Eclipse Indigo IDE, para la programación de las aplicaciones Android.

El diagrama de flujo de la Figura 4 muestra el proceso de ejecución de la aplicación para el sistema de evacuación.

4.3. Ruta de evacuación

La ruta de evacuación debe ser la más corta posible, para lo cual, el algoritmo de Dijkstra permite encontrar la ruta de coste mínimo desde un nodo origen a todos los demás nodos. Basa su funcionamiento en el principio de optimizar, es decir, si la ruta más corta entre dos nodos a y c pasa por el nodo b, entonces la ruta que va desde b hasta c deberá ser la ruta más corta entre todas las rutas que van desde b hasta c. La topología lógica se construye según los planos de cada planta, considerando la distancia de pasillos como peso de cada arista y actualizando las rutas de acuerdo con los obstáculos determinados por la red de sensores, por ejemplo: incendios, pasillos cerrados, líneas de evacuación no funcionales, etc.

5. Análisis de resultados

5.1. Tiempo máximo de actualización de las alarmas

El tiempo a esperar por la actualización de una alarma es la diferencia entre el instante en que la temperatura superó el valor máximo y el instante en el que el usuario visualiza la alerta en su teléfono.

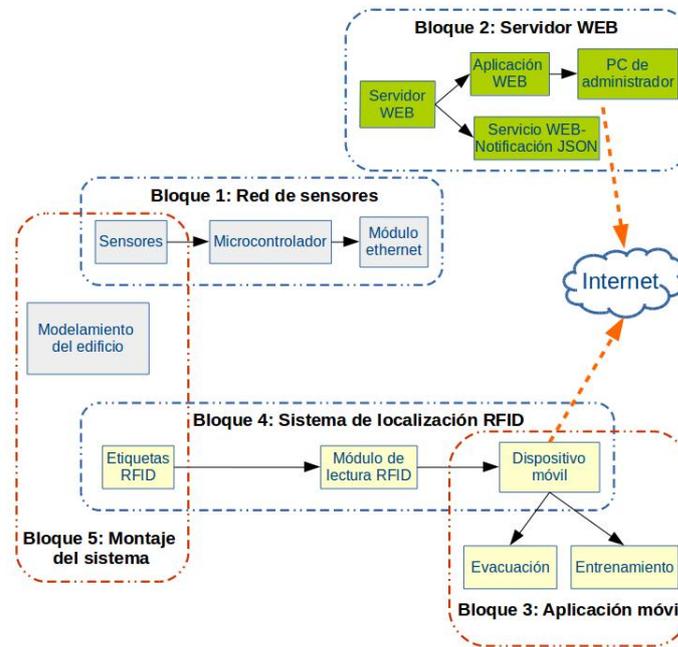


Figura 3. Fase experimental del sistema de evacuación.

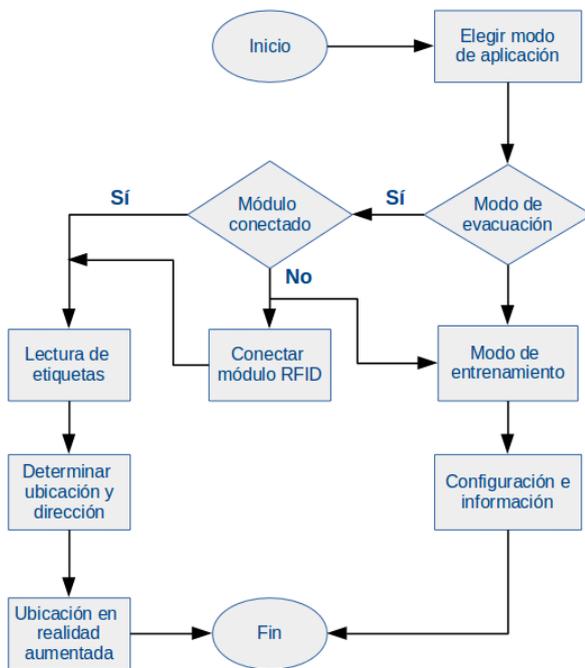


Figura 4. Fase experimental del sistema de evacuación.

Entonces, el tiempo máximo de actualización de alarmas T_{\max} puede calcularse como:

$$T_{\max} = T_{\text{act}} + T_{\text{micro}} + T_{\text{web}} + T_{\text{rfid}} \quad (2)$$

donde: T_{act} es el tiempo total de actualización de las alertas en el teléfono, T_{micro} es el tiempo máximo que tarda el microcontrolador en realizar las lecturas del valor de los sensores, T_{web} es el tiempo máximo de consumo de servicio Web desde el teléfono y T_{rfid} es

el tiempo de reconocimiento del módulo de lectura RFID.

La variable T_{rfid} debe considerarse en caso de que se conecte el módulo en el momento de iniciar la aplicación, caso contrario es igual a 0 s. Para la evaluación se fijó el valor de 2 s. Los valores máximos para el resto de variables de acuerdo con las características técnicas de equipos y a tiempos de procesado, son: $T_{\text{act}} = 20$ s, $T_{\text{micro}} = 2$ s, $T_{\text{web}} = 10$ s. Entonces el tiempo máximo para el prototipo probado es 34 s.

Se debe considerar que el tiempo de actualización de cada lectura de los sensores, no sea muy corto, porque se generaría muchos datos que pueden saturar la memoria del servidor, ni tampoco sea tan alto que haga que las alertas lleguen demasiado tarde. Según la revista online Means of Escape [23], la clasificación para el edificio considerado en este proyecto, es tipo A y el tiempo de evacuación mínimo recomendado para estas construcciones es de 3 minutos, este valor aumenta de acuerdo con el número de personas y salidas disponibles.

Además, un valor razonable para la actualización de alarmas, especialmente temperatura es de 1 minuto. El valor de T_{\max} , obtenido sobre la base de las pruebas realizadas, es considerablemente menor que el recomendado, ya que lo que determina su eficacia para notificar incidencias.

Se comprueba la navegación en el plano 2D de la edificación según la ubicación de las etiquetas RFID. Para el modelo a escala se establece 6 cm como distancia máxima de lectura del módulo RFID.

5.2. Alarmas mostradas en el dispositivo móvil

Para examinar la coherencia entre las imágenes mostradas en el teléfono y las alertas de los sensores, se activaron alarmas incrementando la temperatura alrededor de los sensores y describiendo tres posibles situaciones:

1) Resultados al activar alertas simultáneamente: En la Figura 5 se demuestra el comportamiento del sistema ante la presencia de alarmas al detectar cada alerta (zona roja), el mensaje de evacuación de la parte inferior de la aplicación cambia mostrando la salida disponible para evacuar. Con la activación de varias alarmas la aplicación actualiza la ruta de emergencia (línea verde) y el mensaje de evacuación presenta las salidas disponibles en ese momento tanto en el móvil como en el servidor Web (Figura 6).

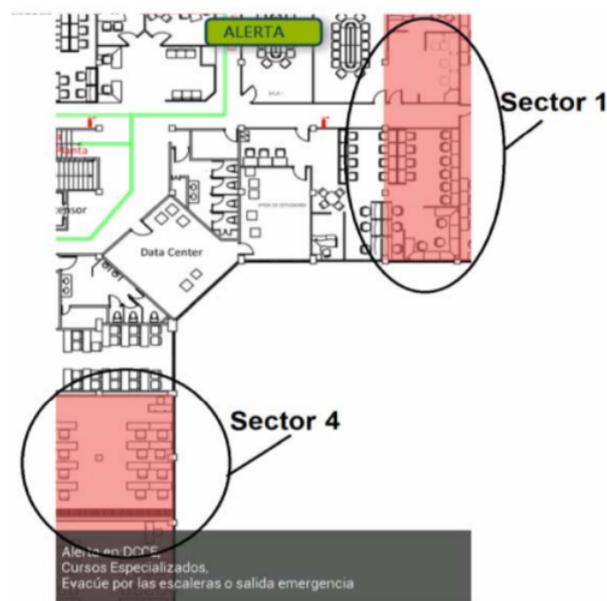


Figura 5. Alertas simultáneas en una misma planta.

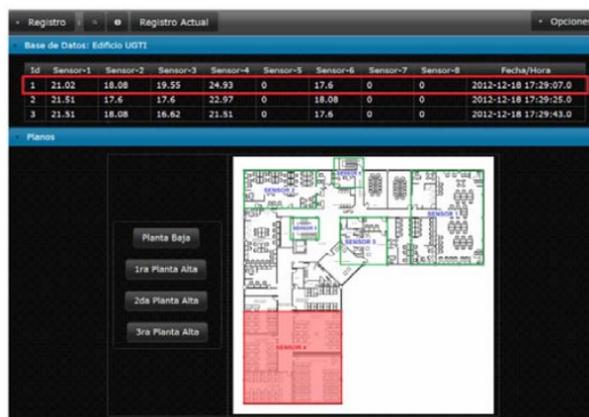


Figura 6. Visualización de alertas y rutas posibles en servidor Web (parte inferior) y con historial de reportes (parte superior).

2) Comportamiento del sistema de evacuación al activarse: Con la activación de todas las alarmas de un piso, implica que todas las salidas de evacuación están bloqueadas, el sistema recomienda al usuario ubicarse en un sector libre de amenazas y donde se facilite su rescate. La ruta de evacuación dirige al usuario a este sector y el mensaje le indica que espere la ayuda del cuerpo de bomberos. En la Figura 7, se puede ver que el sector libre de amenazas se recalca con un cuadrante azul.



Figura 7. Alerta visualizada desde la aplicación Android.

3) Comportamiento del sistema de evacuación con alarmas en diferentes pisos del edificio: Se comprueba que los mensajes y las rutas de evacuación, se actualizan con alarmas generadas en un piso diferente. El objetivo de estas pruebas es garantizar una ruta de evacuación segura, de acuerdo con la situación en todo el edificio.

Si el usuario se encuentra en el piso superior, el sistema de evacuación envía las notificaciones del piso donde se detectó una alerta. El sistema también actualiza el mensaje de evacuación. Si la alerta corresponde a las escaleras del piso inferior, el mensaje de evacuación recomienda usar únicamente la salida de emergencia.

6. Conclusiones

El sistema propuesto consta de la integración de tecnologías RFID, WiFi y Web. La utilización de tecnología RFID-móvil tiene impactos positivos en situaciones de emergencia y si se considera relación costo-beneficio, constituye una solución económica en

relación a tecnologías como WiFi o Bluetooth. Se propone redundancia con tecnología WiFi para actualización de rutas de escape en situación de emergencia, proponiendo el algoritmo Dijkstra básico como mecanismo de resolución de rutas, teniendo como obstáculos los determinados por los sensores. El sistema Web sirve como mecanismo de extracción de historiales y, por otra parte, permite la gestión de la emergencia en un contexto global.

El sistema YANAPAY maneja tiempos de actualización bajos, que influyen directa y positivamente a la reducción de tiempos totales de evacuación. Fue sometido a tests de funcionalidad para aplicaciones Android-UTC y cumple con todas las características de diseño especificadas por la norma.

Según el trabajo desarrollado, se han identificado los siguientes trabajos futuros:

Mejorar el sistema con mecanismo de inclusión para personas con capacidades especiales.

Analizar opciones de selección de rutas adaptables a problemas de evacuación.

Incorporar nuevas tecnologías de visualización, como son vistas 3D y realidad aumentada.

Proponer mecanismos de minería de datos para explotar la información almacenada por el servidor Web.

Referencias

- [1] Q. Rossetti and T. Sattar, *Simulating Large-Scale Evacuation Scenarios in Commercial Shopping Districts Methodologies and Case Study*, 1st ed. U.S. Department of Homeland Security, 2010.
- [2] D. Chittaro and L. Nadalutti. A mobile RFID-based system for supporting evacuation of buildings. Udine, Italia. Dept. of Math and Computer Science.
- [3] J. Ahn and R. Han. An indoor mobile augmented-reality evacuation system by personalized pedometry. EEUU. Department of Computer Science, University of Colorado.
- [4] A. Rakip and B. Fatmagul. (2012) An evacuation system for extraordinary in-door air pollution disaster circumstances. Turquía. Universidad Karabuk.
- [5] K. Jorg Baus and C. Kray. A survey of map-based mobile guides. Denmark. Saarland University.
- [6] n/d. Reporte digital. España. [Online]. Available: <http://www.rtve.es/noticias/20120618/espana-entre-paises-mas-caros-mayor-penetracioninternet-movil-ue/537595.shtml>
- [7] INEC, “Reporte anual de estadísticas sobre tecnologías de la información y comunicaciones (TIC’s 2011),” INEC, Tech. Rep., 2011.
- [8] n/d. Reporte digital. España. [Online]. Available: <http://www.coberturadigital.com/2012/02/16/internet-en-ecuador-smartphones-gananterreno/>
- [9] *ISO/IEC 14443*, ISO/IEC Std. [Online]. Available: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39693
- [10] *Technical and operating parameters and spectrum use for short-range radiocommunication devices*, ITU-R Std., 2010. [Online]. Available: <http://www.nearfieldcommunication.org/nfc-signaling.html>
- [11] NFC. Nfc signaling technologies. [Online]. Available: <http://www.nearfieldcommunication.org/nfc-signaling.html>
- [12] Libera. RFID: Tecnología, aplicaciones y perspectivas. Libera Networks. Málaga, España. [Online]. Available: http://www.libera.net/productos/libera-r_d-library-system
- [13] D. Bandyopadhyay and J. Sen, “Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization,” *Wireless Personal Communications*, vol. 58, no. 1, pp. 49–69, 2011.
- [14] P. Kumar. Framework of smart mobile rfid network. Vidya Vihar Institute of Technology.
- [15] Y. Zeng, S. Murphy, L. Sitanayah, T. Tabirca, T. Truong, K. Brown, and C. Sreenan, “Building fire emergency detection and response using wireless sensor networks,” in *9th IT & T Conference, School of Computing*, 2009.
- [16] Y. Cheng, “Using ZigBee and room-based location technology to constructing an indoor location-based service platform,” in *Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, Kyoto, September 2009, pp. 803–806.
- [17] W. H. van Willigen, R. M. Neef, A. van Lieburg, and M. Schut, “WILLEM: a wireless intelligent evacuation method,” in *Third International Conference on Sensor Technologies and Applications*, June 2009, pp. 382–387.
- [18] Y. Inoue, A. Sashima, T. Ikeda, and K. Kurumatani, “Indoor emergency evacuation service on autonomous navigation system using mobile phone,” in *Second International Symposium on Universal Communication*, 2008.

-
- [19] Secretaría de Riesgos de Ecuador, *Manual de Cooperación Internacional*, febrero. [Online]. Available: <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/manual-de-cooperacion-internacional-feb-2011.pdf>
- [20] S. McGlennon and B. Turner. (2010) Promoting safe egress and evacuation for people with disabilities. National Disability Authority.
- [21] O. Capote, D. Alvear, and A. Cuesta, “Modelado y simulación computacional de evacuación en edificios singulares,” *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, vol. 25, pp. 227–245, 2009.
- [22] L. Yang, S. Yang, and L. Plotnick, “How the internet of things technology enhances emergency response operations,” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 80, no. 9, pp. 1854–1867, 2013.
- [23] L. Eslim, W. Ibrahim, and H. Hassanein, “GOS-SIPY: A distributed localization system for internet of things using RFID technology,” in *Global Communications Conference (GLOBECOM), 2013 IEEE*, 2013, pp. 140–145.

EMERGENCY-ROUTE, EVACUATION ROUTE FINDER FOR EMERGENCY AND RESCUE SCENARIOS

EMERGENCY-ROUTE, BUSCADOR DE RUTAS DE EVACUACIÓN PARA ESCENARIOS DE EMERGENCIA Y RESCATE

Rommel V. Torres^{1,*}, Francisco Sandoval-Noreña², Vicente M. Martínez³

Resumen

Con el creciente ritmo de desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles se dispone de diversos sistemas de localización. El GPS es el de mayor utilización, permite conocer la ubicación actual de un dispositivo en cualquier momento, además, posibilita el desarrollo de soluciones para una interacción más cercana entre dos o más personas independientemente del entorno geográfico en el que se encuentren. Esta investigación permitió desarrollar una aplicación móvil basada en el sistema operativo Android, con la finalidad de ayudar a los usuarios en las tareas de evacuación en situaciones de emergencia, presentando una ruta de salida óptima desde la ubicación actual del usuario hacia la zona de evacuación más cercana. Las rutas son calculadas y transmitidas a los usuarios en relación con los obstáculos reportados y las zonas seguras establecidas.

Palabras clave: aplicaciones en red para desastres, escenarios de emergencia y rescate, redes móviles.

Abstract

With the increasing pace of application development for mobile devices, several location systems are available, being GPS widely used, which allows to know the actual location of a device at any time, besides it makes it possible to develop solutions allowing a close interaction among two or more people regardless the geographical position they are. The present research allowed us to develop a mobile application based on Android OS, in order to help users evacuate at emergency situations, showing an optimal exit route from the actual location to the closest evacuation zone. Routes are calculated and transmitted to users based on reported obstacles and pre-established safety zones.

Keywords: Disaster network applications, emergency and rescue, mobile networks.

^{1,*}Doctor por la Universidad Politécnica de Madrid, ingeniero en Informática, docente - Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica, sección de Electrónica y Telecomunicaciones.

Autor para correspondencia ✉: rovitor@utpl.edu.ec.

²M. Sc. en Ingeniería Eléctrica, ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, docente - Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica, sección de Electrónica y Telecomunicaciones.

³M. Sc. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, docente - Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica, sección de Electrónica y Telecomunicaciones.

Recibido: 13-11-2015, aprobado tras revisión: 24-11-2015.

Forma sugerida de citación: Torres, R.; Sandoval-Noreña, F.; Martínez, V. (2015). "Emergency-route, evacuation route finder for emergency and rescue scenarios". INGENIUS. N.º14, (Julio-Diciembre). pp. 14-20. ISSN: 1390-650X.

1. Introduction

Today, the important deployment that communication technologies have had, involves a different view about how people communicate with their social environment, in such way that distance and geographic location are not determining impairments anymore. With a continuous progress of technologies and huge user's collaboration, it is possible to have at our disposal any information that maybe it was impossible to obtain in the past. Furthermore, it is important to consider that mobility is becoming a prior characteristic, and also applications that allows users to interact each other regardless their situation (chat, calls, leisure, emergency situations, warnings, messages, etc.) maintaining two important characteristics: portability and ease [1]. Mobility is not only a matter of communication, but also a matter of emergency and rescue, where it is very important to dispose elements which help us to find the closest evacuation zone, and easing rescue operations to the personnel. The quick expansion of smartphones in the market as well as the operative system developer's community allows the opportunity to explore development kits and their offered possibilities to develop applications which can help to their users in emergency situations, specifically to evacuate to safety zones during complex situations as natural disasters or any other situation where evacuation is needed. This paper is organized in the following manner: a review about mobile applications applied to emergency situations is shown in Section II, a proposed solution is shown in Section III and later its development is shown in Section IV. Then, testing of application performance is shown in Section V, and finally conclusions are shown.

2. Review about Mobile Applications in Emergency Situations

Nowadays, technology consumers have a wide assortment of devices, which operate with different operating systems: Android (from Google), iOS (from Apple), Symbian OS (from Nokia), Blackberry OS (from RIM) and Windows Phone (from Microsoft). After a market share analysis, iOS from Apple keeps the first place, including all its devices (iPhone, iPad, iPod) [2]. On the other hand, Android keeps the first place considering smartphones sales only [3]. Now, if we consider the number of available applications, iOS exceeds Android. However, Android offers a wide range of free applications and it keeps growing quickly, being almost one million of regular application in May 2014 [4]. In [5] a mobile application review is approached (Android), for dealing with emergency situations. Among others, it is remarked that, from reviewed applications in [5], 50.8 % has a functional objective to ask for help

when users suffer a health issue, (for instance, heart attack, epilepsy, hypertension, diabetes), 23.2 % asks for help to police force or security personnel, whereas 3.6 % gives users a set of instructions about how to evacuate from an emergency location. Among existing applications oriented to emergency assistance (we consider the most relevant applications to our opinion, in relationship to the application that we propose to develop, and considering several operating systems) we can mention:

iRescue: Gives assistance to rescue teams obtaining information about people evacuation in traffic accidents. It allows to visualize the position of the device on a map and sends an image containing the GPS position of the device by email.

Emergency Alarm: This is a useful tool for alarming urgent events via SMS, even when the device is in silent mode. It notifies a relative or friend about an issue, and also it can be used in disasters like earthquakes, floods, or security threats for notification purposes.

Rescue Kit: it obtains emergency contacts of almost every country in the world, depending on the actual location, and users can use them. We can remark some features:

It allows visualization about actual locations and instant notification to the closest rescue agency.

It shares the location by using SMS, email or social network.

All the applications presented above required a continuous Internet connection, because the information is shared through the Internet, in order to send or receive data. Our solution has a different option which does not need an Internet connection for operation, considering that in many cases the occurrence of any issue can involve a temporal disconnection from the network like cellular network of data network.

3. Proposed solution

Until today, most of the available solutions for emergency evacuation shared data based on web services or APIs (Application Programming Interface) remotely. They restrict their use to environments where there is access to a data network only. This situation can differ depending on the emergency environment or disasters, where there can be a loss of communication services.

The proposed work is focused in the development of an application that suits to environments where there is no internet access. In contrast, there is the need of a local wireless network, from which the user can visualize the closer evacuation locations, avoiding obstacles reported by other users, which do not allow the regular personal or car displacement. Also, it allows to rescue equipment to find victims with reduced mobility.

For designing the application's operational environment, we will consider the following points:

Coverage: Application's coverage depends on the wireless network predefined.

Visibility: while using a wireless data network, there is no need of having a line of sight between devices.

Number of nodes: the number of nodes within the network depends on the number of connections supported by the wireless network, since the application does not keep a continuous connection with every node, but it works on demand.

In Fig. 1 the proposed solution model is shown, which includes four principal elements: users, application, data available to the user within the application, and the wireless network.

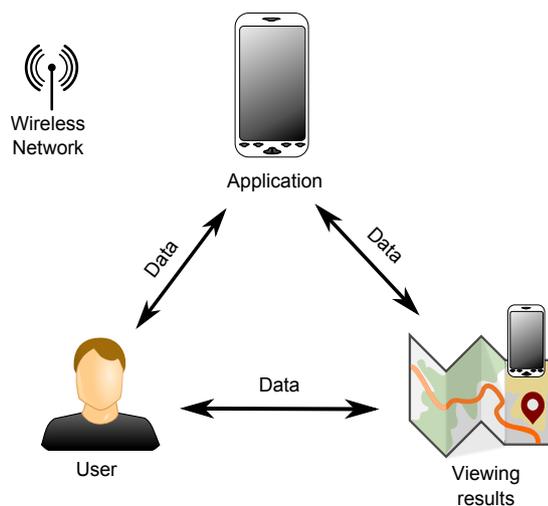


Figure 1. Diagram of proposed solution.

Users: We consider as user to each person within the coverage area that is using the application.

Application: Is the solution to develop, that will be installed in mobile devices working on Android, and it may work under a local wireless network without Internet access.

Results view: It represents to all data available to the user on the mobile device.

Wireless network: Implemented by a user's device or external equipment.

The information about possible existing obstacles can be found on server node and it contains all the information available at that moment. Besides, this information is available to all users, thus they can check it at any time and they can report the existence of new obstacles or secure zones. By using the information obtained by the application, there is possible to draw the optimal exit route from the actual position. Each time a new obstacle or secure zone is reported, the algorithm for searching the best exit route is redefined. Each user can search the existence of new obstacles, users, map or exit route at any time. Data synchronization can be performed manually or automatically.

The proposed solution involves three levels: a presentation layer, which is the graphic interface where the user can visualize the provided information and enter new data, a logic business layer, which define the exchange of information between model and presentation layer, and data access layer.

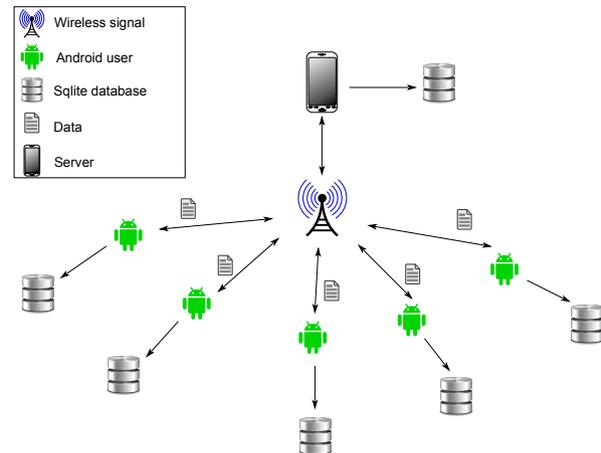


Figure 2. Application Topology.

In Fig. 2 is shown the proposed functional topology, where user's interaction can be visualized and the data stored in the local database. The proposed wireless signal is external, which means that it can be accessible by any other existing computer equipment. The server proposed in the architecture is a common mobile device which goal is to save the information sent to the rest of the nodes. The information that this server has is about the existing users in the network, reported obstacles and zones reported as secured zones. Finally, the database allows storing the received information from a mobile device (server), and there is one by each user. Therefore, for the proper operation of the application, it is required that the mobile device with the information to synchronize is working in the wireless network, and the users must access to the device mention above for downloading map data, existing obstacles and network users.

4. Solution development

In order to develop the application, we used the following tools:

- Eclipse IDE 3.7 [6],
- SDK tools Android [7],
- Android S.O. v4.1 [8],
- Mobac (Mobile Atlas Creator) Osmdroid android [9],
- GPS receiving antenna,
- Gpx files,
- Sqlite database [10].

Eclipse ID 3.7 Indigo, is a multi-platform open source Integrated Development Environment (IDE) for business application development under several programming languages such as Java, PHP, Python, C, C++, Ruby, Javascript, etc. SDK tools Android provides API libraries (Application Programming Interface) and enough development tools to build, test and debug applications for Android devices. Furthermore, Android OS v4.1, is a Linux-based operating system, design mainly for touch screen devices as smartphones and tablets. Android OS structure is composed of applications which are executed in a Java application framework object-oriented over a Java library core in a Dalvik virtual machine with real-time compilation [11]. Mobac (Mobile Atlas Creator), is a multi-platform open source application which creates maps for GPS devices and mobile applications like TrekBuddy (<http://www.trekbuddy.net/>), AndNav (<http://www.andnav.org>) and other Android and WindowsCE applications to use them without an internet connection. Osmroid-android is a library developed in Java which allows the use of the OpenStreetMap API for rendering the map in desktop applications or via web. The GPS receiver antenna is an essential component that has to include the mobile device that is going to use the application. It is used to obtain the actual location and send it to the other users when an obstacle is reported at any time. GPS system is composed of three segments: spatial, control and user [12]. .Gpx or GPS eXchange Format device is an XML scheme for GPS data transferring between applications. It can be used to describe waypoints, tracks, and routes. Finally, SQLite is a processing library which implements an autonomous SQL database, without server, configuration or transactional.

4.1. Obtaining the Evacuation Route

The evacuation route considers user location, evacuation point location, obstacles, and possible existing routes. Based on this information, it calculates point-to-point distances through an algorithm, and determines the most efficient route. These problems are solved in the following manner.

4.1.1. Point-to-point distance calculation

In order to calculate the distance between two points, two geographic coordinates are needed, the starting point (user location) and the end point (evacuation location). Both points must have predefined their geolocation coordinates. Considering the earth curvature, Haversine formula is needed [13], which is

$$\text{haversine} \left(\frac{d}{r} \right) = \text{haversine}(\phi_2 - \phi_1) + \dots + \cos(\phi_1) \cdot \cos(\phi_2) \cdot \text{haversine}(\lambda_2 - \lambda_1) \quad (1)$$

where haversin represents the haversine function, represented by

$$\text{haversine} = \sin^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) = \frac{1 - \cos \theta}{2} \quad (2)$$

Where d is the distance between two points (spherical distance), r is the earth radius, which is 6378 km, assuming that the earth is perfectly round (equatorial radius is 6378.14 km and polar radius is 6356.78 km). ϕ_1 and ϕ_2 are initial point latitude (user) and end point (evacuation location) respectively, and λ_1 and λ_2 are the initial point and end point longitude respectively. On the left side of the equation 1, d/r term is the central angle, assuming that it is measured in radians (an early conversion of latitudes and longitudes to radians is needed, which are expressed in degrees, minutes and seconds) is possible to solve the equation 1 for d , applying the inverse haversine function or inverse sine function:

$$d = r \cdot \text{haversin}^{-1}(h) = 2r \cdot \arcsin(\sqrt{h}) \quad (3)$$

where $h = \text{haversin}^{-1}(d/r)$ and it must be a number between 0 and 1 for d to be real, or explicitly

$$d = 2r \cdot \arcsin \left[\sin^2 \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \dots + \cos(\phi_1) \cdot \cos(\phi_2) \cdot \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

The implementation of the distance calculation between starting point and ending point is shown in Algorithm 1.

4.1.2. Exit Routes Matrix

In order to find routes where users can get the exit from the actual location, we use Mobac tool which generates a matrix that includes the main existing points inside an area for calculating the routes. This matrix has several points located at street intersections within a predefined area. Then, the best route is calculated through Dijkstra algorithm, which is explained below.

4.1.3. Exit routes search

Dijkstra algorithm is an efficient algorithm (of complexity $O(n^2)$ where n is the number of vertices) which is used to find the minimum-cost route from an initial node to the rest of the graph nodes [14]. It was designed by the Dutch Edsger Wybe Dijkstra in 1959. Algorithm 2 shows the Dijkstra algorithm implementation, which works in a recursive manner and it is responsible for finding and tracing the closest evacuation route from the initial point to the closest evacuation zone. At each iteration, the algorithm chooses the best option from the available ones in order to find the best global solution.

Algorithm 1. Distance calculation between two coordinates.

```
/**
 * @param lon1. Origin point length
 * @param lat1. Origin point latitude
 * @param lon2. Destination point length
 * @param lat2. Destination point
 *   latitude
 * @return. Distance between two points,
 *   origin and destination.
 */
private static double
CalcularDistanciaHaversine(double
lon1, double lat1,
double lon2, double lat2) {
double radio = 6378; // km Radio de
la Tierra
lat1 = Math.toRadians(lat1);
lon1 = Math.toRadians(lon1);
lat2 = Math.toRadians(lat2);
lon2 = Math.toRadians(lon2);
double dlon = (lon2 - lon1);
double dlat = (lat2 - lat1);
double sinlat = Math.sin(dlat / 2);
double sinlon = Math.sin(dlon / 2);
double a = (sinlat * sinlat) +
Math.cos(lat1)*Math.cos(lat2)*
(sinlon*sinlon);
double c = 2 * Math.asin
(Math.min(1.0, Math.sqrt(a)));
double distancia = radio * c * 1000;
return distancia;
}
```

5. Operational Tests

In order to perform tests, we chose a predefined area, we generated an offline map by using Mobac, and we use devices with Android 4.0.1 O.S. On each device, we installed the application to check its operation and further evaluation following the requirements below:

1. One node must be set up as Master, which means that the rest of devices will connect to it as a first step, working as an access point.
2. All nodes must have access to the available wireless network.
3. The application must be correctly installed on all devices.
4. The device must have an activated GPS system which should work properly.
5. The application must download the map previously generated by Mobac at each device.

Algorithm 2. Dijkstra algorithm implementation.

```
/**
 * @param inicio. Inicial node.
 * @param fin. Destination node.
 */
publicString
encontrarRutaMinimaDijkstra(String
inicio, String fin)
{
// calcula la ruta mas corta del
inicio a los demas
encontrarRutaMinimaDijkstra(inicio);
// recupera el nodo final de la lista
de terminados
Nodo tmp = new Nodo(fin);
if(!listos.contains(tmp))
{
System.out.println("Nodo no
alcanzable"); return "";
}
tmp = listos.get(listos.indexOf(tmp));
Double distancia = tmp.distancia;
// crea una pila para almacenar la
ruta desde el nodo
//final al origen
Stack<Nodo> pila = new Stack<Nodo>();
while(tmp != null)
{
pila.add(tmp);
tmp = tmp.procedencia;
}
String ruta = "";
// recorre la pila para armar la ruta
en el orden correcto
while(!pila.isEmpty())
ruta += (pila.pop().id + ";");
return ruta;
}
```

5.1. Operating Scenarios

We define two operating scenarios in order to test the application. The first scenario is shown in Fig. 3b where an urban area has been selected in downtown Loja (located in southern Ecuador, South America), in which the street distribution is better defined than rural area. This area has better features in terms of route visibility and location.

The second scenario is shown in Fig. 3c, which UTPL University Campus has been selected. This campus is located in San Cayetano Alto, a neighborhood in Loja city. In this operating scenario, the main goal is to visualize the exit route trace in emergency case, where there are no predefined routes.

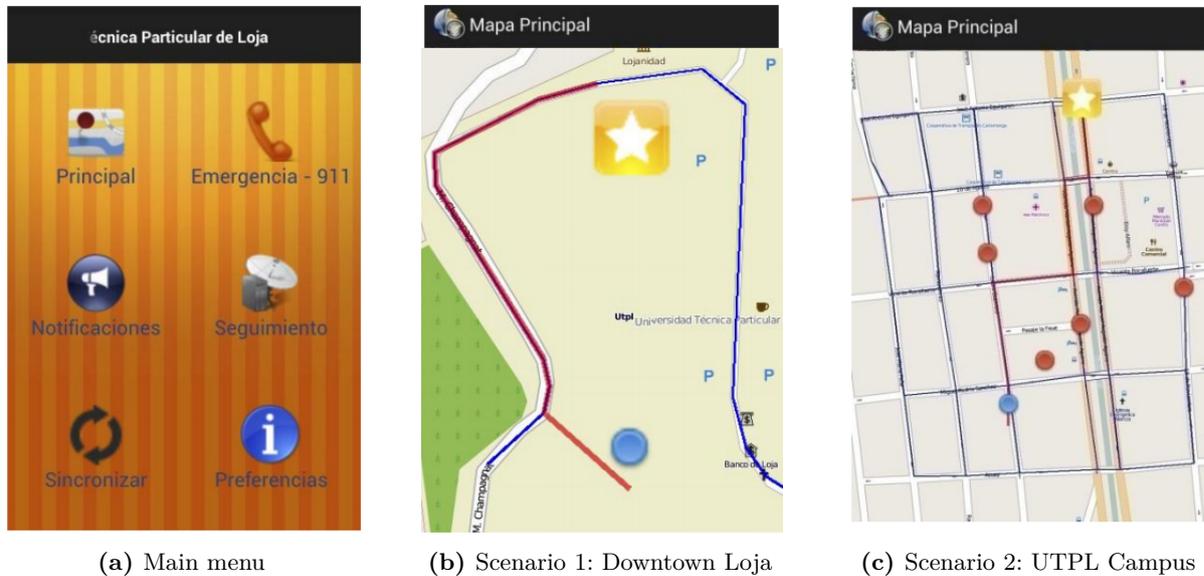


Figure 3. Data visualization.

5.2. Application Interface

When the application starts, the user can choose among several available menus, shown in Fig. 3a, which are described below:

- Principal (main): objects that will appear in the map.
- Emergencia (emergency): 911 emergency call.
- Notificaciones (notifications): sent and received notifications.
- Seguimiento (monitoring): route chosen by the user and already registered.
- Sincronización (sync): sync options with other devices.
- Preferencias (preferences): user preferences.

5.3. Object view on the map

In Fig. 3b we can see several obstacles (red dots), the user's actual location (blue dot), the closest evacuation zone (white star within a yellow square) and an exit route calculated by the application, which user must follow in order to arrive to the evacuation zone (red line). Each object on the screen will change or update while the user is walking or moving.

5.4. Types of Data Synchronization

There are several types of data synchronization, depending on the object that we want to synchronize: maps, obstacles, users and evacuation points. Each sync event executes depending on the user's decision (manual synchronization) or each amount of time selected by the user (automatic synchronization).

6. Conclusions

This research shows the development of an emergency and rescue application for mobile devices, which goal is to reduce evacuation time of people to secure zones in disasters. There is no need of data connection; the application needs a local wireless network which allows a synchronization service between devices. Android operating system has been used and geolocation features from mobile devices have been considered in order to define user's location. Operating tests showed positive results in terms of functionality and user interaction with the application, offering the opportunity to report or remove obstacles, evacuation points to the user, and to obtain a secure evacuation route without the need of data connection. This application is the first in its category because it uses a communication strategy based on device communication capabilities without depending on a predefined communication structure.

Acknowledgement

We wish to acknowledge the contribution of Luis Sancho in completing this research. This article has also been supported in part by Senescyt-Ecuador. An earlier version of this article was presented in Extremecom 2014 at the national researchers track.

References

- [1] R. Torres, L. Mengual, O. Marban, S. Eibe, E. Menasalvas, and B. Maza, "A management Ad Hoc networks model for rescue and emergency scenarios," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 10, pp. 9554–9563, 2012.

-
- [2] A. Asthana and R. Asthana. IOS 5, Android 4.0 and Windows 8 - A Review. *BEACON IEEE* 31, 33-43, 2012.
- [3] Gartner's report. (2012) Market share: Mobile devices, worldwide. [Online]. Available: <http://www.gartner.com/resId=2117915>.
- [4] Android market stats. Number of available apps. [Online]. Available: <http://www.appbrain.com/stats/>.
- [5] D. Gómez, A. Bernardos, J. Portillo, P. Tarrío, and J. Casar, *Highlights on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems*. Springer Berlin Heidelberg, 2013, ch. A Review on Mobile Applications for Citizen Emergency Management, pp. 190–201.
- [6] Eclipse Foundation. (Mayo 2014) Eclipse indigo. [Online]. Available: <http://www.eclipse.org/indigo/>
- [7] Android. (Mayo 2014) SDK Tools. [Online]. Available: <http://developer.android.com/tools/sdk/tools-notes.html>
- [8] ——. (Mayo 2014) Android 4.1 APIs. [Online]. Available: <http://developer.android.com/about/versions/android-4.1.html>
- [9] Mobac. (Mayo 2014) Mobile atlas creator. [Online]. Available: <http://mobac.sourceforge.net/>
- [10] SQLite. (Mayo 2014) SQLite. [Online]. Available: <http://www.sqlite.org/>
- [11] Google, Inc. (Mayo 2014) What is android? [Online]. Available: <https://developer.android.com/.about/index.html>
- [12] US Government. (Mayo 2014) Global positioning system. [Online]. Available: <http://www.gps.gov/>
- [13] C. Veness. (January 2012) Calculate distance and bearing between two latitude/longitude points using haversine formula in Javascript. [Online]. Available: <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>
- [14] G. Torrubia and V. Terrazas, “Algoritmo de Dijkstra. Un tutorial interactivo,” in *VII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2001)*, 2012.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SENSORES AUTOMATIZADOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA BAJA TROPOSFERA

DESIGN, CONSTRUCTION AND AUTOMATION OF SENSORS FOR MONITORING GREENHOUSE GASES IN THE LOWER TROPOSPHERE

Jesús Palacios¹, Nelson Falcón² y Erith Muñoz^{3,*}

Resumen

La determinación del contenido de monóxido de carbono (CO) y metano (CH₄) en la baja troposfera tiene gran importancia en los estudios de cambio climático y polución del aire. Por este motivo, este trabajo se enfocó en el diseño, construcción y calibración de un instrumento que permita medir la concentración de CO y CH₄, además de la temperatura y presión ambiental. El dispositivo diseñado cuenta con un circuito de acople para los sensores de CO, CH₄, temperatura y presión, un microcontrolador, una pantalla LCD, un reloj y una microSD para el almacenamiento y transmisión de datos a través de un convertidor RS-232 a USB. Los resultados indican que la señal de los detectores de CO y CH₄ genera una respuesta de tipo exponencial proporcional con la concentración en el rango de 0 a 120 ppm, sin embargo, se estableció que la respuesta fue de tipo lineal para concentraciones bajas en el rango 0 a 15 ppm. La respuesta de los gases evaluados difiere para cada uno de los sensores, siendo el CH₄ el que mostró la mejor sensibilidad en el rango de 0 a 2 ppm.

Palabras clave: Automatización, gases de efecto invernadero, polución atmosférica, construcción de sensores.

Abstract

The determination of carbon monoxide (CO) and methane (CH₄) in the lower troposphere is of great importance in studies of climate change and air pollution. This work is focused on the design, construction and calibration of an instrument to measure the concentration of CO and CH₄, as well as the temperature and pressure of atmospheric air. The designed device also has a coupling circuit, a microcontroller, a LCD display, a clock and a MicroSD which enables the storage and transmission of data via a RS-232 to USB. The results indicate that the signal of the CO and CH₄ detectors have an exponential response, which is proportional to the concentration in the range of 0 to 120 ppm, however, it was established that the response was linear for low concentrations in the range 0 to 15 ppm. The instrument sensitivity differs for both gases evaluated, being CH₄ which showed the best sensitivity in the range of 0 to 2 ppm.

Keywords: Automation, atmospheric pollution, greenhouse gases, construction of sensors.

¹Licenciado en Física, miembro del Laboratorio de Física de la Atmósfera y el Espacio Ultraterrestre, FaCYT Universidad de Carabobo, Apdo. postal 129 Avda. Bolívar Norte, Valencia, Edo. Carabobo, Venezuela.

²Doctor en Física, Licenciado en Física, Profesor del Departamento de Física de la Universidad de Carabobo, Jefe del Laboratorio de Física de la Atmósfera y el Espacio Ultraterrestre, FaCYT Universidad de Carabobo, Apdo. postal 129 Avda. Bolívar Norte, Valencia, Edo. Carabobo, Venezuela.

³Magíster en Aplicaciones Espaciales de Alerta y Respuesta Temprana a Emergencias, Magíster en Ingeniería Eléctrica, Licenciado en Física, consultor de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Quito, Ecuador. Autor para correspondencia ✉: erith7@gmail.com

Recibido: 18-11-2015, aprobado tras revisión: 08-12-2015.

Forma sugerida de citación: Palacios, J.; Falcón, N.; Muñoz, E. (2015). "Diseño y construcción de sensores automatizados de gases de efecto invernadero en la baja troposfera". INGENIUS. N.º 14, (Julio-Diciembre). pp. 21-29. ISSN: 1390-650X.

1. Introducción

La medición de trazas de gases en la troposfera, tiene gran importancia en el entendimiento de los mecanismos químicos, transporte y deposición de los mismos, con el fin de establecer las estrategias de control, que permitan minimizar el impacto de estos sobre la contaminación del aire y el cambio climático. Las técnicas para estas mediciones han evolucionado enormemente desde la década de los años treinta, cuando se desarrolló la primera generación de equipos de monitoreo de gases contaminantes del aire, con la adaptación de los instrumentos de medición que se utilizaban en la industria de procesos químicos [1]. Posteriormente, la *National Air Pollution Control Administration* (NAPCA) inició el desarrollo de una segunda generación de instrumentos con el fin mejorar la sensibilidad, especificidad y velocidad de respuesta, sobre la base de la medición de las propiedades físicas que eran características del gas de interés.

Hoy en día, la combinación de las técnicas químicas y espectroscópicas ha permitido un avance significativo en el desarrollo de equipos de medición de gases atmosféricos [2]. Diversas técnicas de medición han sido utilizadas para los estudios de la química y los procesos dinámicos en la baja troposfera [3–9], las cuales han permitido medir, a lo largo del perfil atmosférico, la concentración de una variedad de gases como el ozono (O_3), óxidos de nitrógeno (N_xO_y), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2), formaldehído (HCHO), ácido clorhídrico (HCl), entre otros [10], [11].

Por otra parte, una nueva generación de sensores denominados “de estado sólido”, muestran un menor tamaño, bajo costo, alta durabilidad, fácil construcción, ligeros y bajo límite de detección (menor a una parte por millón) en comparación a los ya mencionados. Estos sensores, que se basan en las propiedades electroquímicas o modulación de la resistencia eléctrica del material expuesto a diferentes gases, han venido tomando importancia en el monitoreo de la contaminación del aire [12], [13].

En las últimas tres décadas, los semiconductores de óxidos metálicos (SOM) como el SnO_2 , WO_3 y ZnO han sido estudiados extensivamente para el monitoreo de hidrocarburos y otras especies químicas, sin embargo, la principal desventaja de estos materiales ha sido la baja selectividad [12].

Estudios recientes han buscado maximizar la selectividad y sensibilidad, a partir de la combinación de métodos de filtración y concentración de los gases de interés a través de membranas, zeolitas y otros tipos de absorbentes capaces de separar y concentrar selectivamente las moléculas del gas que se desea medir, de aquellos que interfieren en la medición [12].

Por otra parte, los requerimientos de acople de estos sensores a un circuito capaz de medir la señal

de salida, también resultan complicados; ya que se requieren condiciones eléctricas y térmicas muy específicas para el funcionamiento de dichos sensores. Otro factor importante, que tiene un rol determinante en la selección de sensores para las estimaciones de concentraciones de gases en la atmósfera y que ha sido considerado en este trabajo, es la capacidad de almacenamiento y transmisión de datos.

El presente trabajo consiste en el diseño, construcción y calibración de un dispositivo que posee dos (2) sensores MQ-7 y MQ-4, de SnO_2 , los cuales permiten medir de forma selectiva el CH_4 y CO respectivamente.

Estos sensores presentan una baja conductividad para el oxígeno y nitrógeno molecular. Sin embargo, experimentan un incremento de la conductividad y una disminución de la resistencia cuando las moléculas del gas de interés son adsorbidos sobre la superficie de SnO_2 , produciéndose de esta manera una señal eléctrica que es proporcional a la concentración de la especie de interés en el aire.

El dispositivo diseñado posee dos entradas analógicas para incorporar los sensores de temperatura y presión; además, tiene incorporado un dispositivo de almacenamiento de datos. Este instrumento en fase experimental, que busca medir la concentración de las especies químicas presentes en la baja troposfera, también puede tener otras aplicaciones en el área de higiene ocupacional y seguridad industrial [14].

El diseño, construcción y la implementación efectiva de estos sensores representan una contribución importante en términos de reducción de costos para posteriores investigaciones en el estudio de concentración de contaminantes, y también fija una base elemental para establecer líneas de investigaciones en el desarrollo de instrumentación y equipos de medición de bajo costo, con características de precisión prediseñadas.

2. Materiales y métodos

2.1. Diseño del dispositivo

Para el diseño y construcción del dispositivo se consideró el acople de los cuatro (4) bloques mostrados en la Figura 1. El primero contempla los sensores, con el uso de dos tipos de semiconductores pasivos MQ-7 [15] y MQ-4 [16] capaces de medir el CO y CH_4 respectivamente. El segundo bloque corresponde al circuito de acople que permite igualar las impedancias de los sensores con las de entrada al microcontrolador. El tercero pertenece a la unidad central de procesamiento que cuenta con un microcontrolador PIC18 el cual se encarga de manejar los sensores, almacenar y procesar los datos. El último bloque es el dispositivo de almacenamiento de datos, que pese a que no interviene en el proceso de generación de datos, está encargado de

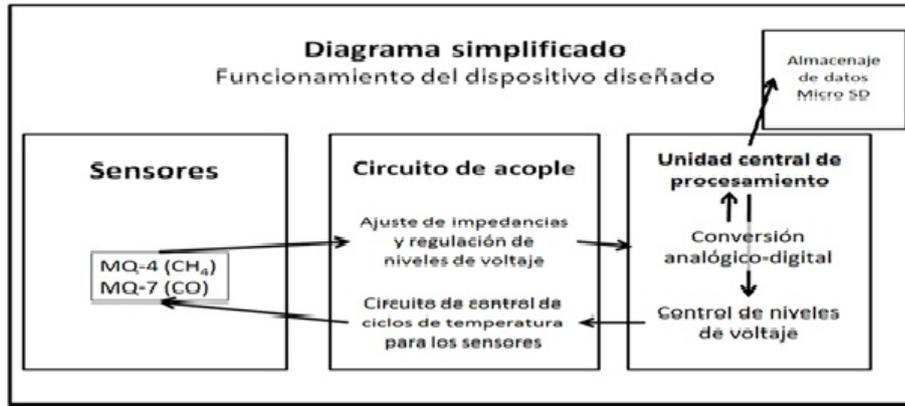


Figura 1. Diagrama de funcionamiento del dispositivo de medición de CH₄ y CO.

registrarlos y de esta manera simplificar el análisis de los mismos.

El dispositivo es alimentado con cualquier fuente DC con un rango de tensión de 11,5 a 27 V y consume 785 mA ± 4 %. Internamente regula la tensión de entrada a 5 V, que es el voltaje de trabajo de los sensores y el microcontrolador. Este cuenta con un dispositivo de control y procesamiento analógico digital que permite realizar las mediciones con los sensores, y también almacenar los datos obtenidos en una tarjeta microSD de hasta 32 Gb. A continuación se detalla cada uno de los componentes del dispositivo.

2.2. Sensores

Los sensores seleccionados para el diseño y construcción del equipo de CH₄ y CO fueron el MQ-7 y MQ-4 de fabricación comercial. Estos semiconductores que cambian su conductividad y resistencia en función de la cantidad de CH₄ y CO adsorbido, poseen un circuito interno que funge como divisor de tensión [15], [16]. En general, el elemento semiconductor del sensor, se encuentra conectado en serie con una resistencia de carga RL.

De esta forma, cuando se aplica una diferencia de potencial V_c de 5 V ± 0,1 V entre el punto de salida V_{out} y la tierra (V = 0), es posible identificar el cambio de resistencia R_S total en el sensor, como una función de la cantidad de moléculas absorbidas sobre la superficie del sensor. En otras palabras, la concentración del gas en el aire es medida a partir de la magnitud de R_S, que se determina mediante la siguiente ecuación:

$$V_o = \left(\frac{V_c}{V_{out}} - 1 \right) \cdot R_L$$

Ahora bien, para desorber las moléculas de CH₄ y CO adsorbidas sobre la superficie de los semiconductores MQ-7 y MQ-4 respectivamente, y además, cerrar el ciclo de una medición, y dar inicio a otro, los sensores incorporan un calentador (*heater*) con una

resistencia típica de 31 Ω ± 3. El método de calentamiento empleado en el sensor MQ-7 y MQ-4, consiste en suministrar 5 V a la bobina de calentamiento, durante 60 s, y luego se cambia a 1.4 V por 90 s, con el fin de estabilizar y llevar a cabo la medición. Este proceso se repite nuevamente entrando en un ciclo donde se genera un dato cada 150 ss. El control cíclico del voltaje en las bobinas de calentamiento y el registro de voltaje de salida V_{out} de los sensores se lleva a cabo por medio del circuito de acople, mientras que el control cíclico lo lleva a cabo la unidad central de procesamiento. Estos se describen en las siguientes secciones.

2.3. Circuito de acople

El circuito de acople tiene la función de igualar las impedancias de los sensores con la de la entrada al microcontrolador, ya que la salida de los sensores no puede ir directamente hacia el microcontrolador, debido a la diferencia en las características eléctricas de ambos dispositivos. Es por esto por lo que se diseñó y construyó un circuito de acople tal y como se presenta en la Figura 2 para conectar los sensores al microcontrolador.

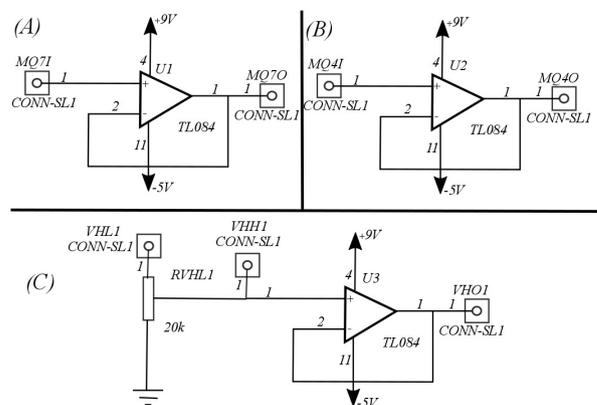


Figura 2. Esquema del circuito de acople de corriente para el microcontrolador.

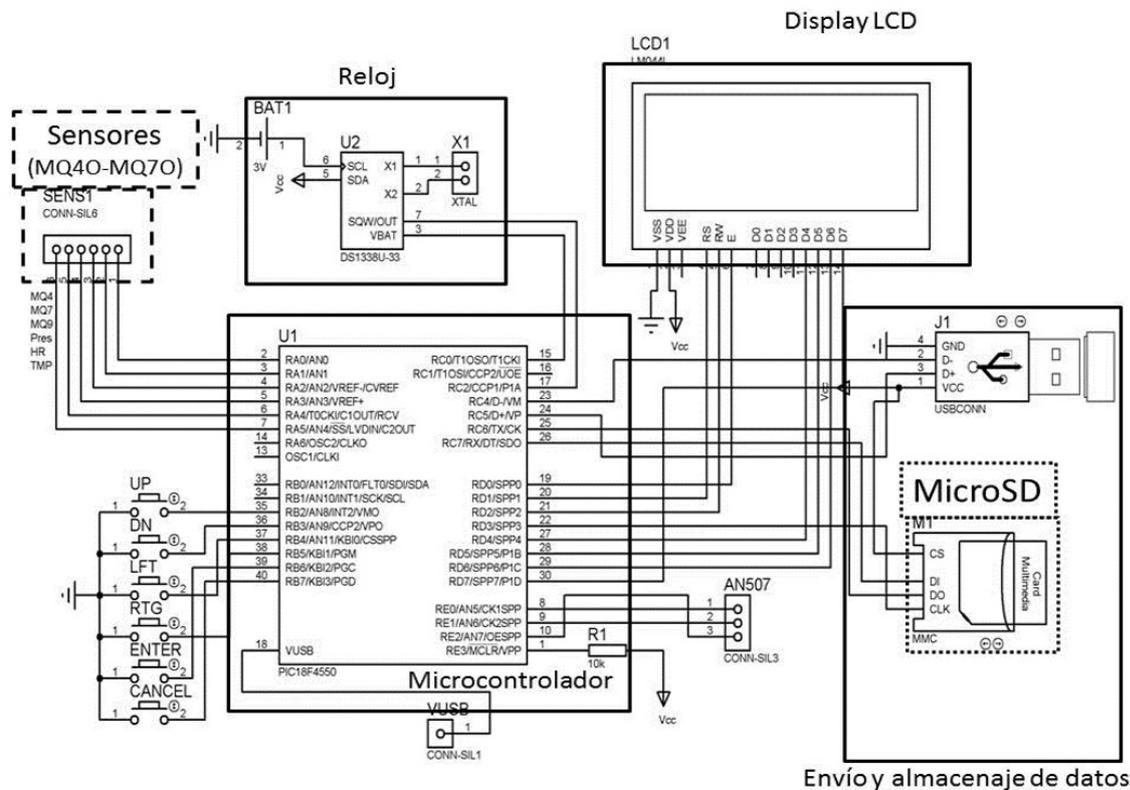


Figura 3. Esquema electrónico del microcontrolador.

Las Figura 2A y 2B son amplificadores configurados como seguidores. Las entradas etiquetadas como MQ7I y MQ4I es donde se conectan las salidas de los sensores. Y los conectores etiquetados como MQ4O y MQ7O son las salidas que van hasta el convertidor analógico - digital del microcontrolador. Estos amplificadores configurados como seguidores, proporcionan una alta impedancia de entrada para los sensores y una impedancia de salida baja hacia el microcontrolador con la finalidad de evitar caídas de tensión y por ende evitar medidas erróneas. La Figura 2C, muestra el circuito que se encarga de mantener el voltaje de encendido y apagado del microcontrolador.

El microprocesador tiene asignado dos terminales para el control de voltaje del calentador. Estos terminales provenientes del microcontrolador van a las entradas VHL1 y VHH1. Teniendo en cuenta que el voltaje de salida de estos terminales del microcontrolador es 5 V, cuando el terminal conectado a VHH1 se activa, el voltaje que se envía el amplificador será también de 5 V. Cuando la entrada VHL1 se activa, la corriente circula a través de RVHL1 (potenciómetro) el cual funge como divisor de tensión.

2.4. Unidad central de procesamiento

La información proveniente de los circuitos de acople de la Figura 2 es procesada y almacenada por el microcon-

trolador, un PIC 18F4550 de la empresa Microchips(c) cuyo esquema electrónico para su operación fue diseñado como se muestra en la Figura 3. El reloj permite controlar la captura de datos a través del microcontrolador, el cual se lleva a cabo a intervalos de 150 s (60 + 90 s) como se explicó en la sección 2.2.

Este control de tiempo por parte del reloj, también se emplea para correlacionar las medidas de CH₄ y CO con la altitud, en el caso de utilizar este instrumento en globos aerostáticos con el fin de caracterizar el perfil vertical de la baja troposfera. Estas medidas de tiempo de ascenso o descenso del globo, junto con los valores de presión atmosférica permiten estimar la altitud en un momento determinado. La pantalla LCD permite visualizar los valores instantáneos registrados por los sensores, los tiempos de calentamiento y estabilización, y también la fecha y hora del día.

2.5. Almacenamiento de datos

La información proveniente de los sensores con la fecha y hora asociada, es almacenada en la microSD, la cual puede ser visualizada en un archivo con formato de texto (.txt), cuyo nombre es un número correlativo, que cambia secuencialmente cada vez que el equipo es encendido. En dicho archivo se ordenan en columnas separadas por coma, los parámetros de cada uno de los sensores (CH₄, CO, temperatura y presión).

Estos datos pueden ser leídos con un software de graficación y análisis de datos como MATLAB®, SCILAB® u ORIGINLAB®. En la Figura 4A se muestra el *holder* para la microSD y la abertura inferior del dispositivo que permite pasar el aire a través de los sensores por medio de un ventilador ubicado en el otro extremo del ducto. En la Figura 4B, se presenta la pantalla o display del dispositivo y los seis botones que permiten controlar y ajustar los parámetros de operación del sensor como el tiempo, fecha y configuración interna de calibración.

La Figura 5A exhibe en la pantalla del dispositivo el menú de inicio donde se modifican los parámetros de tiempo, tiempo de calentamiento y estabilización térmica de los sensores MQ-7 y MQ-4 durante sus ciclos de medición. Pulsando los botones de la derecha o izquierda, se puede recorrer en la pantalla los parámetros como hora, minutos, segundos, fecha, tiempo ON (calentador encendido) y tiempo OFF (calentador en estabilización). Con los botones más y menos se puede incrementar o disminuir los valores de cada uno de estos parámetros. Para salir del menú sin producir ningún cambio se presiona Cancelar, o si desea aplicar algún cambio se presiona ENTER.

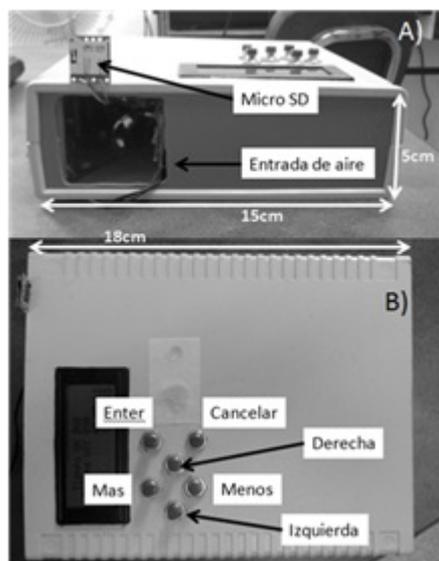


Figura 4. Vista externa del prototipo construido para la medición de CH₄ y CO.

La Figura 5B muestra el menú de STANDBY, donde el dispositivo detiene la medición temporalmente, en ese momento la pantalla mostrará la fecha y hora del día. Para salir de este menú se debe presionar Enter. En la Figura 5C se muestra la pantalla de precalentamiento de los sensores. Esta pantalla aparece de manera informativa una vez que se enciende el dispositivo. Este precalentamiento tiene una duración de cinco minutos y puede ser cancelado de ser requerido, pero no se recomienda para asegurar la estabilidad en las medidas.

Por último, el menú de medición se presenta en la Figura 5D donde se muestran los valores instantáneos de cada uno de los sensores de CO (mq4), CH₄ (mq7), presión (press) y temperatura (temp), además de la fecha y hora del día. Los valores mostrados corresponden a unidades arbitrarias que son correlacionadas con los valores de cada uno de estos parámetros por medio de sus respectivas curvas de calibración.

2.6. Calibración del dispositivo

Las pruebas de calibración se llevaron a cabo en el laboratorio de Contaminación Atmosférica y Tecnología de Control de Emisiones del Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo (INTEVEP). Para ello el dispositivo se colocó dentro de una bolsa de polietileno con cierre hermético que cuenta con un orificio de entrada a un extremo y otro de salida o purga al otro extremo de la bolsa, con el fin de garantizar una condición estacionaria y controlada de concentración, temperatura, presión y humedad (Figura 6).

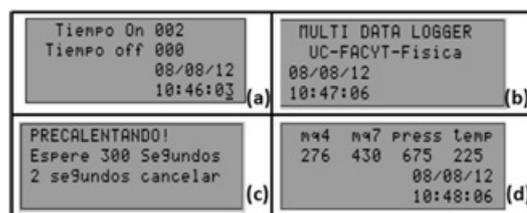


Figura 5. Parámetros de inicio y configuración del dispositivo.

En el orificio de entrada se introdujo la salida del mezclador de gases Thermo Scientific modelo 55i, el cual permitió variar las concentraciones de CO y CH₄ con una resolución de 1 ppm. Los gases patrones utilizados fueron marca Matheson de 700 ppm CO y 700 ppm de CH₄ en balance de nitrógeno, y el gas de dilución fue aire limpio y seco generado por un equipo de aire zero Teledyne modelo 701. El registro de temperatura y humedad dentro de la bolsa se realizó con un sensor Fisher Scientific. Para la calibración del dispositivo se prepararon concentraciones de CH₄ y CO entre 0 y 120 ppm.



Figura 6. Montaje experimental utilizado para calibración.

La curva de calibración se construyó a razón de 1 ppm entre 0 y 3 ppm, luego a razón de 5 ppm entre 5

y 100 ppm y finalmente a razón de 10 ppm entre 100 y 120 ppm. La calibración se realizó a una temperatura de 22 °C, una presión de 879 mbar y una humedad de 35 %. El flujo de gas de calibración que se introdujo a la bolsa fue de 5 l/min y el tiempo de calibración de cada uno de los puntos de la curva tuvo una duración no menor a 5 min.

Este tiempo está muy por encima del tiempo asociado al ciclo de medición del sensor de 2,4 min (150 s), el cual fue controlado de forma automática por el reloj del dispositivo. Los tiempos de calibración garantizaron alcanzar una condición estacionaria en cada uno de los puntos de la curva de calibración, además de disminuir la incertidumbre de la medición.

3. Resultados y discusión

Los valores de salida de los sensores a intervalos de 150 s fueron graficados con cada una de las concentraciones patrón con las se calibraron los sensores, siguiendo el montaje experimental de la Figura 6. Estas gráficas se presentan en las Figuras 7, 8, 9 y 10. Es importante mencionar que los valores arrojados por el sensor están expresados en una unidad arbitraria proporcional al voltaje de salida de cada uno de los sensores y que dicha unidad está dada por el convertidor analógico-digital del microcontrolador al momento de leer el voltaje que proviene de los sensores.

3.1. Sensor de metano

En la Figura 7 se observa la respuesta del sensor MQ-4 para el rango de concentración entre 0 y 120 ppm de CH₄. El sensor muestra una respuesta proporcional creciente con tendencia exponencial al aumento de la concentración de metano en ppm. Los parámetros de la curva de ajuste de la señal del sensor MQ-4 con la concentración de metano en el rango de 0 y 120 ppm son presentados en la Tabla 1. Para un n de 26 pares de datos se obtuvo un coeficiente cuadrático de Pearson de 0,997 y un residuo de 0,19, indicando que la curva de ajuste obtenida por el método de mínimos cuadrados para el rango de 0 a 120 ppm se ajusta muy bien para un 95 % de confianza, además la desviación estándar se encuentra por debajo de la unidad de medición.

La forma asintótica de la curva alcanzada por la señal del sensor a los 120 ppm de CH₄, sugiere explorar un rango mayor de concentración (hasta 10 000 ppm) especificado para este sensor, con el fin de estudiar su comportamiento y buscar otras aplicaciones de este sensor como monitor de gases de salida de las unidades combustión. Para el monitoreo del perfil atmosférico, la Figura 8 muestra que la señal del sensor correlaciona linealmente con la concentración de metano (n = 7, p < 0,005) para el rango de 0 a 15 ppm, siendo significativo para un 99,5 % de confianza. Esta alta correlación evidencia la capacidad del

sensor para responder linealmente a los cambios de concentración de metano en la baja troposfera. Por otra parte, el intercepto de esta curva arrojó un valor de $0,83 \pm 0,25$, el cual mostró no ser significativamente distinto de cero.

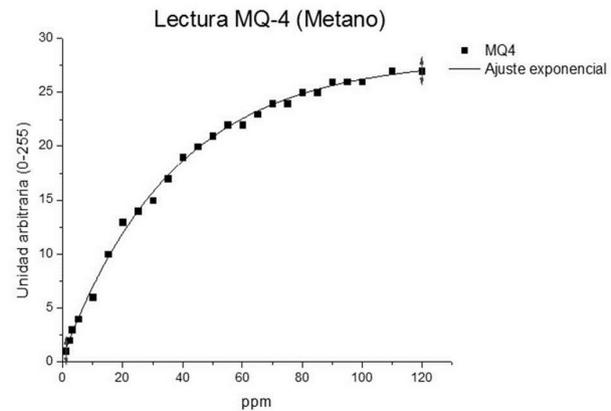


Figura 7. Curva de calibración del sensor de metano MQ-4 rango 0-120 ppm.

Tabla 1. Parámetros de la curva de ajuste del sensor MQ-4 rango 0 a 120 ppm.

Ecuación	$y = a - b \cdot c^x$	
Parámetro	Valor	Error estándar
a	28,13	0,32
b	27,61	0,32
c	0,97	0,001

Este nos indica que el sensor puede medir la concentración de metano a muy bajas concentraciones, específicamente en el orden de 0 a 2 ppm el cual se ubica en el rango de concentración a escala global. Es por esto por lo que se sugiere pasar a una segunda fase donde se pueda evaluar la respuesta de este sensor con medición de concentraciones ambientales.

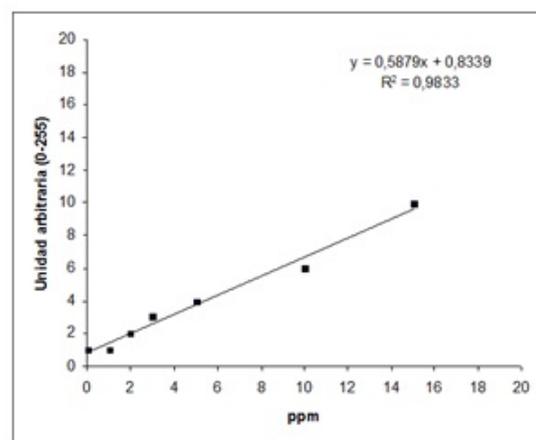


Figura 8. Curva de calibración del sensor de metano MQ-4 rango 0-15 ppm.

3.2. Sensor de monóxido de carbono

En la Figura 9 se muestra la respuesta del sensor MQ-7 para el rango de concentración entre 0 y 120 ppm de monóxido de carbono. Al igual que el sensor de metano, el CO muestra una respuesta creciente con tendencia exponencial proporcional al aumento de su concentración en ppm. Los parámetros de la curva de ajuste de la señal del sensor MQ-7 presentada en la Figura 9 con la concentración de monóxido de carbono en el rango de 0 y 120 ppm se muestra en la Tabla 2 y se observa un coeficiente cuadrático de Pearson 0,998 y un residuo de 42,46, que indica que la curva obtenida por el método de mínimos cuadrados se ajusta a los datos obtenidos para el sensor MQ-7; sin embargo, la precisión es menor a la del sensor MQ-4 de metano. A pesar de que su desviación estándar está ligeramente por encima de la apreciación del aparato, es posible medir concentraciones de monóxido de carbono en lugares donde sobrepase las 12 ppm aproximadamente.

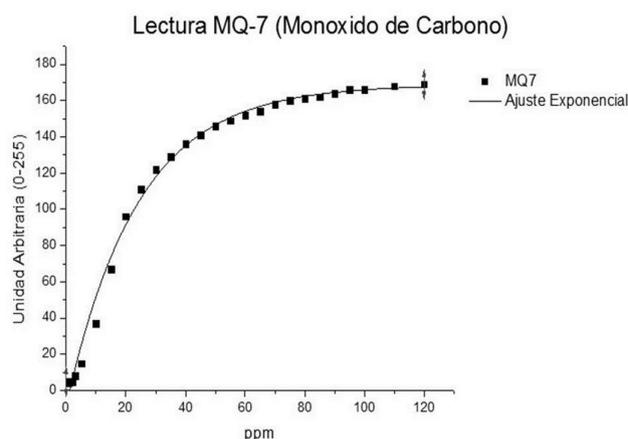


Figura 9. Curva de calibración del sensor de monóxido de carbono MQ-7, 0-120 ppm.

Por otra parte, en la Figura 10 se muestra la curva de la señal del sensor MQ-7 para un rango de concentración de monóxido de carbono entre 0 y 15 ppm. La correlación encontrada evidencia una significativa linealidad ($n = 7$, $p < 0,005$) para un 99,5 % de confianza. Esto puede generar apreciables errores en la medición de bajas concentraciones de monóxido de carbono ubicadas en el orden de 0 a 9 ppm que son típicas de áreas urbanas.

Es por esto por lo que se sugiere estudiar otros sensores de estado sólido que puedan tener una mayor sensibilidad y precisión para bajas concentraciones de monóxido de carbono. Finalmente, es importante mencionar que los cambios de temperatura y humedad ambiental, influyen en la señal generada por estos tipos de sensores, por lo que se sugiere llevar a cabo pruebas que permitan evaluar la respuesta de estos sensores a los cambios de temperatura, humedad y presión, con

el fin de evaluar su aplicación para el monitoreo de estos gases en el perfil vertical de la baja troposfera.

Tabla 2. Parámetros de la curva de ajuste del sensor MQ-7 rango 0 a 120 ppm

Ecuación	$y = a - b \cdot c^x$	
Parámetro	Valor	Error estándar
a	168,73	2,73
b	176,74	3,77
c	0,96	0,003

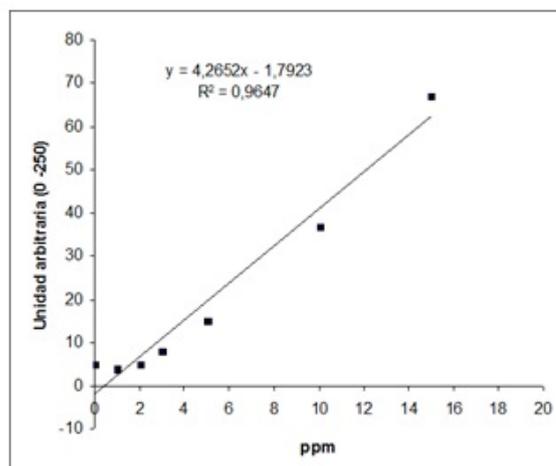


Figura 10. Curva de calibración del sensor de monóxido de carbono MQ-7 rango 0-15 ppm.

4. Conclusiones

En el rango de 0 a 120 ppm los sensores MQ-4 y MQ-7 muestran una respuesta exponencial a los cambios de concentración de CH_4 y CO respectivamente. A bajas concentraciones la respuesta de los sensores MQ-4 y MQ-7 es lineal con la concentración CH_4 y CO respectivamente, sin embargo, la sensibilidad en ambos sensores es distinta, siendo más sensible MQ-4. Se requiere estudiar la sensibilidad de estos sensores a diferentes condiciones de humedad, presión y temperatura para evaluar su aplicación para los estudios de estos gases en el perfil vertical de la baja tropósfera.

Se recomienda analizar otros tipos de sensores de estado sólido para el monitoreo de óxidos de azufre SO_x y óxidos de nitrógeno NO_x que son de gran importancia en los estudios atmosféricos. La investigación de la aplicación de estos tipos de sensores de bajo costo y flexibles abre una gran potencialidad en el desarrollo endógeno de instrumental para el monitoreo de calidad de aire en áreas urbanas e industriales.

Si bien es cierto que en este trabajo no se realiza la comparación de las salidas de los dispositivos, respecto

a equipos certificados de uso comercial, principalmente por motivos de presupuesto, es importante destacar que se ha realizado un proceso de calibración para condiciones de concentraciones controladas en laboratorio.

De tal forma que los niveles de ajuste entre la medición parametrizada de los dispositivos y los valores esperados en términos de partes por millón, configuradas cuidadosamente en laboratorio, reportan resultados congruentes, que soportan el alcance de la evaluación inicial presentada en este trabajo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Fonacit de la República Bolivariana de Venezuela a través del proyecto estratégico N.º 2011-000326, "Caracterización de fenómenos transitorios en la troposfera baja: electrometeoros, litometeoros, microtornados y trombas marinas". Agradecemos la colaboración del Laboratorio de Contaminación Atmosférica y Tecnología de control de emisiones de PDVSA Intevep, S. A. en la calibración del dispositivo.

Referencias

- [1] R. K. Stevens and A. E. O’Keeffe, “Modern aspects of air pollution monitoring, analytical chemistry,” vol. 42, no. 2, February 1970. 143A.
- [2] R. K. Roscoe and C. Kevin, “Clemittshaw measurement techniques in gas-phase tropospheric chemistry: A selective view of the past, present, and future science.” vol. 276, no. 5315, pp. 1065–1072, 16 May 1997.
- [3] S. S. Brown, W. P. Dubé, H. D. Osthoff, D. E. Wolfe, W. M. Angevine, and A. R. Ravishankara, *High resolution vertical distributions of NO₃ and N₂O₅ through the nocturnal boundary layer*. Atmos. Chem. Phys., 2007, vol. 7.
- [4] J. Stutz, B. Alicke, R. Ackermann, and A. Geyer, *Vertical profiles of NO₃, N₂O₅, O₃, and NO_x in the nocturnal boundary layer: 1. Observations during the Texas Air Quality Study 2000*. Journal of Geophysical Research, 2004, vol. 109.
- [5] C. Prados-Roman, A. Butz, T. Deutschmann, M. Dorf, L. Kritten, A. Minikin, U. Platt, H. Schlager, H. Sihler, N. Theys, M. Van Roozendael, T. Wagner, and K. Pfeilsticker, *Airborne DOAS limb measurements of tropospheric+ trace gas profiles: case studies on the profile retrieval of O₄ and BrO.*, D12306, doi:10.1029/2003JD004209 2011, vol. 4.
- [6] D. W. T. Griffith, N. M. Deutscher, C. G. R. Caldwell, G. Kettlewell, M. Riegenbach, and S. Hammer, “A fourier transform infrared trace gas analyser for atmospheric applications.” *Atmos. Meas. Tech. Discuss.*, vol. 5, pp. 3717–3769, 2012.
- [7] J. Ungermann, C. Kalicinsky, F. Olschewski, P. Knieling, L. Hoffmann, J. Blank, W. Woiwode, H. Oelhaf, E. Hösen, C. M. Volk, A. Ulanovsky, F. Ravegnani, K. Weigel, F. Stroh, and M. Riese, “Crista-nf measurements with unprecedented vertical resolution during the reconcile aircraft campaign.” *Atmos. Meas. Tech.*, vol. 5, pp. 1173–1191, 2008.
- [8] B. F. Taubman, J. C. Hains, A. M. Thompson, L. T. Marufu, B. G. Doddridge, J. W. Stehr, A. Piety, and R. R. Dickerson, “Aircraft vertical profiles of trace gas and aerosol pollution over the mid-atlantic united states: Statistics and meteorological cluster analysis,” *Journal of geophysical research*, vol. 111, D10S07, doi:10.1029/2005JD006196 2006.
- [9] M. O. Andreae, P. Artaxo, V. Beck, M. Bela, S. Freitas, C. Gerbig, K. Longo, J. W. Munger, K. T. Wiedemann, and S. C. Wofsy, “Carbon monoxide and related trace gases and aerosols over the amazon basin during the wet and dry seasons.” *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 12, pp. 6041–6065, 2012.
- [10] A. Geyer and J. Stutz, “Vertical profiles of NO₃, N₂ O₅, O₃, and NO_x in the nocturnal boundary layer: 2. model studies on the altitude dependence of composition and chemistry.” *Journal of Geophysical Research*, vol. 53109, doi:10.1029/2003JD004211. 2004.
- [11] S. Wang, R. Ackermann, and J. Stutz, “Vertical profiles of no_x chemistry in the polluted nocturnal boundary layer in phoenix, az: I. field observations by long-path doas.” *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, vol. 6, pp. 45–106, 2006.
- [12] S. M. Kanan, O. M. El-Kadri, I. A. Abu-Yousef, and M. C. Kanan, “Semiconducting metal oxide based sensors for selective gas pollutant. detection sensors,” vol. 9, pp. 8158–8196, doi:10.3390/s91008158 2009.
- [13] Y. Zheng, X. Li, and P. K. Dutta, “Exploitation of unique properties of zeolites in the development of gas sensors.” 2012, iISSN 1424-8220.
- [14] D. T. Teitelbaum, *Farmacología básica y clínica. Lange medical book*, 11th ed. México: McGraw-Hill-Lange, 987 - 998 2009, ch. Introducción a la toxicología ocupacional y ambiental, pp. 1–207.

- [15] Z. Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. (2014) Toxic gas sensor manual (MQ-7). [Online]. Available: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7%20Ver1.3%20-%20Manual.pdf>.
- [16] ——. (2014) Flammable gas sensor manual (MQ-4). [Online]. Available: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-4%20Ver1.3%20-%20Manual.pdf>.

EFFECTIVENESS OF GREY CODING IN AN AWGN DIGITAL CHANNEL DATA TRANSMISSION

EFFECTIVIDAD DE LA CODIFICACIÓN GREY EN LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN UN CANAL DIGITAL AWGN

Germán Arévalo¹

Resumen

El presente artículo presenta el análisis de la probabilidad de error en la transmisión de datos en un canal digital con ruido blanco gaussiano aditivo (AWGN), considerando una cadena de bits codificada con el código Grey, para diferentes valores de umbral de decisión y de voltajes de transmisión. El análisis se desarrolla a través de la comparación de la evaluación numérica de la probabilidad de error, a través de fórmulas matemáticas exactas, con la frecuencia estadística de error a través del conteo de errores.

Palabras clave: Ruido blanco gaussiano aditivo (AWGN), código de Grey, tasa de bits errados (BER), tasa de símbolos errados.

Abstract

This paper presents the analysis of the error probabilities in a digital AWGN channel data transmission, for a line-coded string of bits, using the Gray code, for different values of thresholds and voltage levels in the transmission. The analysis is performed throughout the comparison of the numeric evaluation of exact formulas with the error probability estimation obtained by statistical frequency repetition and error counting.

Keywords: Additive white gaussian noise (AWGN) channel, Gray code, bit error rate (BER), symbol error rate.

¹Ph. D. (candidate) in Telecommunications Engineering, Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia; Master in Optical Communications, Politécnico di Torino, Italy; Engineer in Electronics and Telecommunications, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. Currently working as Director of the Electronics Engineering Bachelor Program and as Coordinator of the Electronics and Telematics Research Group (GIETEC) at Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. For correspondence: ✉: garevalo@ups.edu.ec

Recibido: 04-12-2015, aprobado tras revisión: 10-12-2015.

Forma sugerida de citación: Arévalo, G. (2015). "Effectiveness of Grey coding in an AWGN digital channel data transmission". INGENIUS. N.º14, (Julio-Diciembre). pp. 30-34. ISSN: 1390-650X.

1. Introduction

The Gray code has been employed many years for line coding and error correction in digital transmissions [1]. For instance, some popular uses of Gray coding are in digital TV transmission [2], logical data flux control [3], optical communications [4], visible light communications [5], among others.

The Gray code is a NRZ four level code, based on the coding of a couple of bits in the next way: 00 = -3A, 01 = -A, 11 = A, 10 = 3A [6]. For any chosen voltage level A, and its reception through the comparison of the received signal with three threshold voltage levels as illustrated in Figure 1.

The four symbols have the same probability 0.25, and distance of one bit between two neighbor symbols. Therefore, if any symbol, due to noise in the channel, becomes into its neighbor symbol, only one bit is affected.

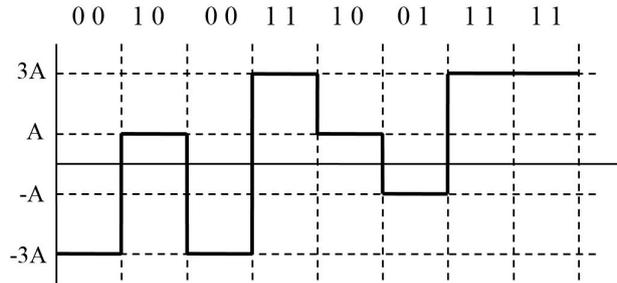


Figure 1. Grey codification example.

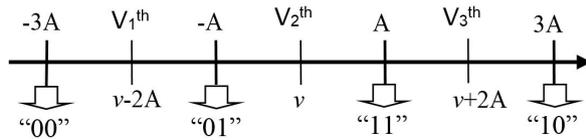


Figure 2. Decision thresholds at the receiver.

Another popular application of the Gray codes is in control systems, due to its unique cyclic property of maintaining only one bit of distance between neighboring symbols, that render this code very suitable for digital logic design of genetic algorithms [7].

The remaining of this paper is organized as follows: Chapter 2 describes the data codification setup employed for the analysis, Chapter 3 presents the main results of the study and Chapter 4 concludes this paper.

2. Channel coding setup

Since the AWGN channel corrupts the signal by the addition of Gaussian noise n whit variance σ^2 , and mean μ , the received signal r is equal to the transmitted signal α plus the noise n in the channel,

$r = \alpha + n$. The receiver decides which of the four possible levels was transmitted through the comparison with the fixed decision thresholds (Figure 2) $V_1^{th} = v - 2A$, $V_2^{th} = v$, $V_3^{th} = v + 2A$. Where v is a constant, assuming values in $[-A, A]$.

This paper covers two cases: In the first case, “A” assumes different values in order to span the symbol error probability, $P_s(e)$, from 10^{-2} to 10^{-4} in function of the ratio A^2/σ^2 , with $v = 0$, (optimal threshold). And, in the second case A^2/σ^2 is fixed to the value that gives a symbol probability equal to 10^{-4} and v is variable in the range $[-A, A]$. For simplicity, the randomly generated white Gaussian noise has mean equal to zero ($\mu = 0$) and variance equal to one ($\sigma^2=1$).

2.1. Error-probability based on statistical frequency estimation

For the symbol error rate, it is accounted the number of times the transmitted signal is received wrong. For the bit error rate, the analysis consider also which is the symbol that is received as “wrong received symbol”, in order to consider how many bits were changed and keep account of such events.

The number of repetitions is a very important issue because the accuracy of the experiment increases as the number of repetitions increases. For the current analysis, the number of repetitions is established in function the most critic case, which is the estimation of the symbol error probability $P_s(e)$ is equal to 10^{-4} . Other error probabilities (from 10^{-2} to 10^{-4}) require a lower number of repetitions to get the desired accuracy.

Since a probability of 10^{-4} means that it may occur one error within 10000 transmitted symbols, then, with 10000 repetitions, we can get for instance, one, two, or zero errors if we repeat the process three times. Therefore, we might get $P_s(e) = 10^{-4}$, $P_s(e) = 0$ and $P_s(e) = 2 \times 10^{-4}$, for the same system.

For this reason, in order to make the statistical determination of the error probability less sensible to the inherent variations of the possible successes (errors occurred in this case), it is necessary to increase the number of repetitions. In this paper, the statistical estimation is performed employing 106 repetitions in order to span 100 possible successes and get a good accuracy for a symbol error probability around 10^{-4} .

2.2. Numerical evaluation of probabilities

For the symbol error rate numerical estimation, it must be considered the average of the error probabilities:

$$P_s(e) = \frac{1}{4} \left(P_s(e|00Tx) + P_s(e|01Tx) + P_s(e|10Tx) + P_s(e|11Tx) \right) \quad (1)$$

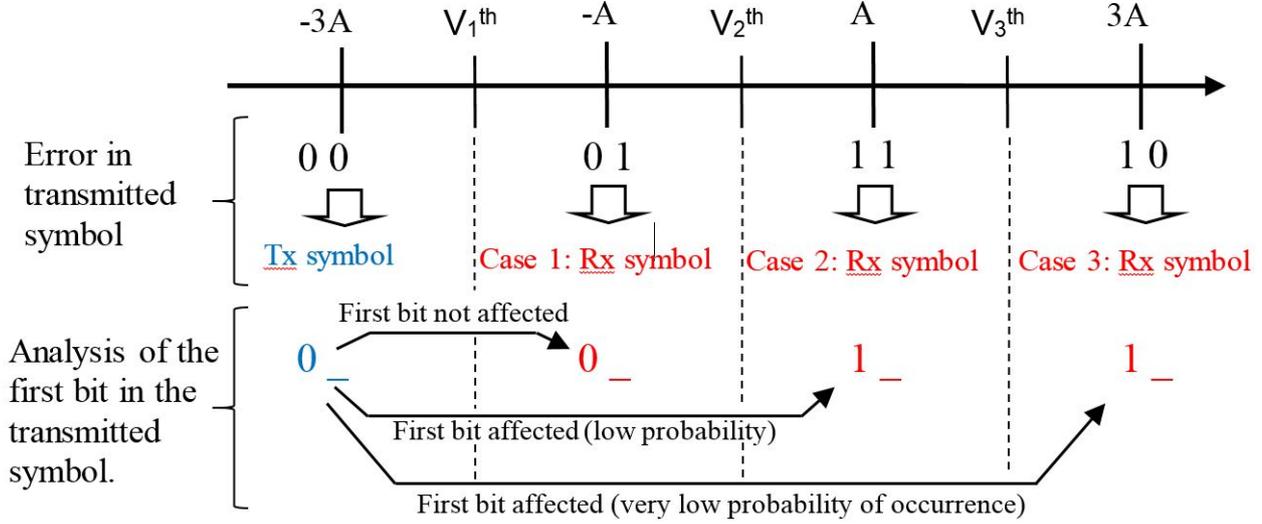


Figure 3. BER estimation (example of analysis for the first bit of the symbol 00).

The $P_s(e)$ for a given symbol, is related to the probability that the received signal $r(i)$ (for any given transmitted signal $i = -3A, -A, A, 3A$), be greater or less than the respective decision thresholds (see Figure 2):

$$P_s(e) = \frac{1}{4} \left(P_s(r_{(-3A)} > V_1^{th}) + P_s(r_{(-A)} < V_1^{th} \vee r_{(-A)} > V_2^{th}) + P_s(r_{(A)} < V_2^{th} \vee r_{(A)} > V_3^{th}) + P_s(r_{(3A)} < V_3^{th}) \right) \quad (2)$$

Replacing in (2) the correspondent signal values for r and V_i^{th} we have:

$$P_s(e) = \frac{1}{4} \left(P_s(-3A + n > v - 2A) + P_s(-A + n < v - 2A \vee -A + n > v) + P_s(A + n < v \vee A + n > v + 2A) + P_s(3A + n < v + 2A) \right) \quad (3)$$

Next, considering the fact that the events are statistically independent (thus, the "or" condition, \vee , implies the sum of related probabilities), (3) can be simplified as:

$$P_s(e) = \frac{3}{4} (P_s(n > v + A) + P_s(n < v - A)) \quad (4)$$

Then, since n is a Gaussian (with $\mu=0$), $P_s(e)$ can be expressed in terms of the Complementary Error Function, $erfc$:

$$P_s(e) = \frac{3}{4} \left(\frac{1}{2} erfc \left(\frac{(v+A)-\mu}{\sqrt{2}\sigma} \right) + \frac{1}{2} erfc \left(\frac{\mu-(v-A)}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right) \quad (5)$$

$$P_s(e) = \frac{3}{8} \left(erfc \left(\frac{A+v}{\sqrt{2}\sigma} \right) + erfc \left(\frac{A-v}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right) \quad (6)$$

In order to evaluate the bit error rate ($P_b(e)$ or BER), it is necessary to split the symbols in order to consider the probability of each individual bit, which gets to eight cases instead of the four cases found in the symbol error analysis (see Figure 3).

Therefore, the BER is equal to the sum of the probability of considering the first or the second bit in each symbol, times the error probability of the first and second bit respectively:

$$P_b(e) = P(\text{first bit}) \times P(e|\text{first bit}) + P(\text{second bit}) \times P(e|\text{second bit}) \quad (7)$$

Given that, the most useful assumption to be considered is assuming or channels is a symmetric binary channel, then:

$$(P(\text{first bit}) + P(\text{second bit})) \quad (8)$$

Therefore,

$$P_b(e) = \frac{1}{2} (P(e|\text{first bit}) + P(e|\text{second bit})) \quad (9)$$

This way, the individual probabilities can be determined considering the appropriate thresholds to be compared when a bit is wrong (Figure 3). Thus, with the same resolution as for P_s , in the end for the BER we get,

$$P_s(e) = \frac{1}{8} \left(erfc \left(\frac{3A+v}{\sqrt{2}\sigma} \right) + erfc \left(\frac{3A-v}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right) + \frac{3}{16} \left(erfc \left(\frac{A+v}{\sqrt{2}\sigma} \right) + erfc \left(\frac{A-v}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right) \quad (10)$$

Equations 6 and 10 are directly applicable to the case when A is fixed and v is variable. Nevertheless, when A is variable, and $v = 0$, the formulas for symbol error rate and bit error rate would be,

$$P_s(e) = \frac{3}{4} \operatorname{erfc} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \times \sqrt{\frac{A^2}{\sigma^2}} \right) \quad (11)$$

$$P_s(e) = \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \left(\frac{3}{\sqrt{2}} \times \sqrt{\frac{A^2}{\sigma^2}} \right) + \frac{3}{8} \operatorname{erfc} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \times \sqrt{\frac{A^2}{\sigma^2}} \right) \quad (12)$$

3. Main results

Figure 4, shows the curves for the first case of analysis: “ A ” with variable values and $v = 0$ (which correspond to the optimal threshold). Notice the values of the signal to noise ratio (SNR), A^2/σ^2 , are extremely determinant on the error probability because lower SNR values mean greater noise level and, consequently, a greater degradation in the signal quality.

Notice that the use of 106 repetitions permit to get very accurate results so that there is a good approximation of the statistical curves to the numerical curves.

In the second case of analysis, “ A ” is fixed to 3.6455 (which is the value that gets a $\text{BER} = 10^{-4}$), and v variable in the range $[-A, A]$. This case considers a variation of the three decision thresholds through sweeping the v parameter, around the optimal value given by $v = 0$. Therefore, it can be expected that the number of errors grows as the value of v moves away from zero. In fact, it is exactly the behavior of the curves of symbol error rate and BER in Figure 5.

Notice that for $v = 0$, the value of the probability in the curves of statistical and numerical estimated BER is 10^{-4} , which is precisely what was set through the value $A = 3.6455$ ($A^2/\sigma^2 = 13.29$). Again, thanks to the use of a high number of repetitions, the approximation of the statistical curves to the numerical curves is also good in this case. It is very notorious the difference for the numerically evaluated and statistically estimated probabilities for values of v around zero (lower probabilities needs more repetitions to be more accurate). Table 1 shows a set of interesting values and their probabilities, numerically calculated and estimated by means of statistical frequency repetitions.

4. Conclusions

This paper demonstrates the increased performance the Grey code provides to a digital signal transmission even in cases when the white noise is very strong and

significantly degrades the SNR of the data transmission.

The simplicity of the code constitutes one of the best advantages of employing it in many fields of digital transmission systems and the results show that, statistically, the behavior of the code is practically the same as the mathematically evaluated results.

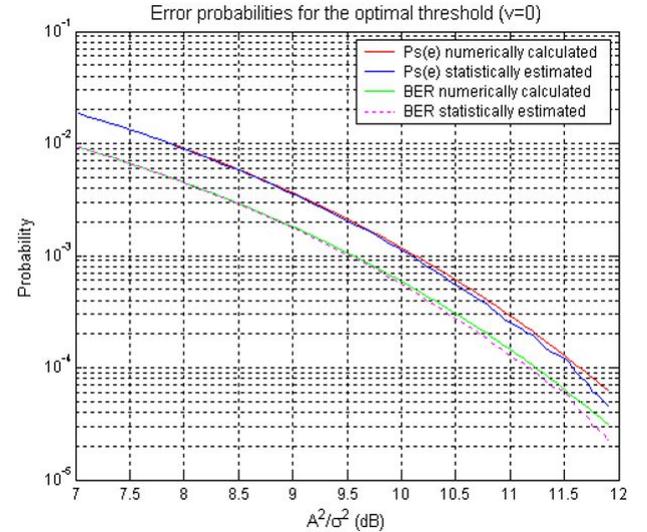


Figure 4. Error-probability curves for v fixed to the optimal threshold ($v = 0$) and signal to noise ratio, A^2/σ^2 , variable.

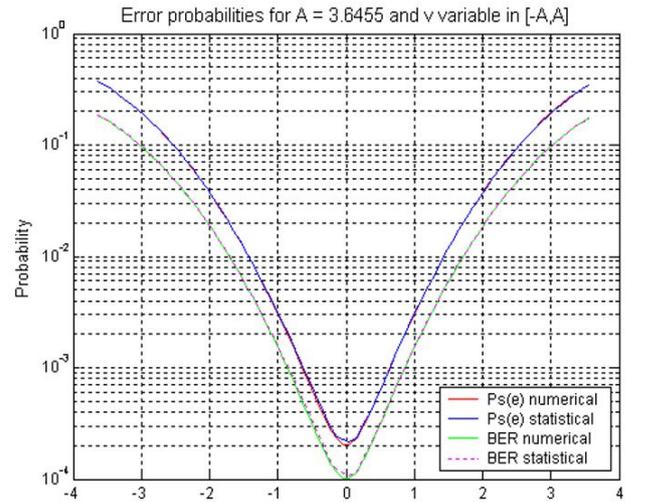


Figure 5. Probability curves for variable thresholds and $A^2/\sigma^2 = 13.29$ ($\text{BER} = 10^{-4}$ when optimal threshold used).

Referencias

- [1] S. Counter, A. G. C and Even, “A grey code counter,” *IEEE Transactions on Computers*, vol. 18, pp. 662 – 664, July 1969.

Table 1. Some interesting values for the statistically and numerically estimated probabilities.

Probabilities when A^2/σ^2 variable, $v=0$						Probabilities for v variable, $A=3.6455 (\sqrt{13.29})$				
A^2/σ^2 [dB]	A^2/σ^2 (linear)	Statistical		Numerical		v	Statistical		Numerical	
		BER	$P_s(e)$	BER	$P_s(e)$		BER	$P_s(e)$	BER	$P_s(e)$
6.91	4.91	9.99e-3	1.97e-2	1.00e-2	2.00e-2	3	9.78e-2	0.195	9.75e-2	0.194
7.87	6.12	4.97e-3	9.85e-3	5.00e-3	1.00e-2	2	1.86e-2	3.75e-2	1.87e-2	3.74e-2
9.55	9.01	9.96e-4	1.94e-3	1.00e-3	1.99e-3	1	1.54e-4	3.11e-4	1.52e-4	3.05e-4
10.13	10.30	4.67e-4	9.94e-3	5.01e-4	1.00e-3	0	1.10e-4	2.20e-4	1.05e-4	2.00e-4
10.65	11.61	2.24e-4	4.62e-4	2.45e-4	5.00e-4	-1	1.54e-4	3.11e-4	1.52e-4	3.05e-4
11.23	13.29	0.95e-4	1.86e-4	1.00e-4	2.00e-4	-2	1.86e-2	3.75e-2	1.87e-2	3.74e-2
11.64	13.29	4.47e-5	9.05e-5	5.01e-5	1.00e-4	-3	9.78e-2	0.195	9.75e-2	0.194

- [2] L. Grover, "Weighted code approach to generate gray code," *IEEE Potentials*, vol. 34, no. 3, pp. 39–40, 2015.
- [3] R. Hakenes and Y. Manoli, "A segmented gray code for low-power microcontroller address buses." *Conf. Proc. EUROMICRO*, vol. 1, pp. 240 – 243, 1999.
- [4] T. Nishitani, T. Konishi, and K. Itoh, "All-optical analogue-to-digital conversion with bitwise signal allocation using a spatial coding method for 3bit grey code," *25th EUROMICRO Conference Proceedings*, pp. 6 – 8, 2005.
- [5] X. Xu, C. Wang, Y.-J. Zhu, X. Ma, and X. Zhang, "Block markov superposition transmission of short codes for indoor visible light communications," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 19, no. 3, pp. 359 – 362, 2011.
- [6] W. N. Waggner, "Pulse code modulation systems design," *First Edit. Norwood: Artech House Inc*, 1999.
- [7] A. Ahmad, "A nonconventional approach to generating efficient binary gray code sequences relationships," *IEEE Potentials*, vol. 31, no. 3, pp. 16 – 19, 2012.

ADAPTACIÓN DEL ALGORITMO SCHMIDL & COX A SISTEMAS DE PORTADORA ÚNICA EN UN CANAL INALÁMBRICO

ADAPTATION OF THE SCHMIDL & COX ALGORITHM TO SINGLE-CARRIER SYSTEMS IN A WIRELESS CHANNEL

Wellington Espinoza¹, Maricela Freire², Tanny Chávez³, Jorge Gómez⁴ y
Boris Ramos⁵

Resumen

Actualmente los sistemas de telecomunicaciones manejan tasas de velocidad muy elevadas, debido al gran aumento de la demanda de los mismos. Este aumento de demanda de información ha desembocado en utilizar equipos más rápidos, ya que a mayor demanda, se necesitan equipos de mayor velocidad. Por lo cual para poder identificar las tramas de datos es necesario el uso de algoritmo de sincronización, pero actualmente dichos algoritmos no ofrecen la robustez necesaria cuando se reciben las señales en un medio no favorable (ciudades con gran concentración de edificios).

Abstract

Telecommunication systems are currently handling very high speed rates, due to the large increment in demand thereof. This increased demand for information has led to use faster devices, since the higher demand, higher speed devices are needed. Whereby to identify a data frame it is necessary to use a synchronization algorithm, but now these algorithms do not provide the necessary strength when signals are received in an unfavorable environment (cities with large buildings concentration).

¹Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones – Escuela Superior Politécnica del Litoral – Guayaquil, Ecuador.

²Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones – Escuela Superior Politécnica del Litoral – Guayaquil, Ecuador.

³Estudiante de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, Asistente del Laboratorio de Simulación de Telecomunicaciones – Escuela Superior Politécnica del Litoral – Guayaquil, Ecuador.

⁴Estudiante de Maestría en Telecomunicaciones, ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, investigador Junior de CIDIS – Escuela Superior Politécnica del Litoral – Guayaquil, Ecuador.

⁵Doctorado Interdisciplinario en Telecomunicaciones y Dinámica de Sistemas, maestría en Ciencias de la Computación, magíster en Administración de Empresas, ingeniero en Electricidad especialidad Electrónica, Director del grupo IRNI y coordinador de la carrera de Telecomunicaciones – Escuela Superior Politécnica del Litoral – Guayaquil, Ecuador.

Autor para correspondencia ✉: wespinoza, mfreire, tchavez, jolugome,bramos@espol.edu.ec

Recibido: 26-02-2015, aprobado tras revisión: 18-06-2015.

Forma sugerida de citación: Espinoza, W.; Freire, M.; Chávez, T.; Gómez, J.; Ramos, B. (2015). “Adaptación del algoritmo Schmidl & Cox a sistemas de portadora única en un canal inalámbrico”. *INGENIUS*. N.º14, (Julio-Diciembre). pp. 35-43. ISSN: 1390-650X.

Este tipo de medio puede ser modelado usando una variable de tipo Rayleigh la cual se asemeja al comportamiento de las múltiples trayectorias que una señal tiene en un ambiente con edificios, el mismo que puede generar desplazamiento de frecuencia. En el presente trabajo se analiza los cambios necesarios para adaptar el algoritmo Schmild & Cox, diseñado para la corrección del desplazamiento de trama y de frecuencia en los sistemas multiportadora OFDM, a sistemas de una sola portadora. El algoritmo adaptado sincroniza apropiadamente la trama de datos y corrige efectivamente el desplazamiento de frecuencia generado por el efecto Doppler y por el desfaseamiento que se introduce en el proceso de conversión analógico-digital de los dispositivos de transmisión y recepción utilizados.

Palabras clave: Secuencia de entrenamiento, sincronización, Rayleigh.

This kind of medium can be modeled using a Rayleigh variable which resembles the behavior of multiple paths that a signal has in an environment with buildings, which can generate frequency offset. In this paper we analyze the changes needed to adapt the Schmild & Cox algorithm, designed to correct the frame offset and frequency offset in OFDM multi-carrier systems, to be used in single carrier systems. The adapted algorithm synchronizes the data frame properly and effectively corrects the frequency offset generated by the Doppler shift and the phase shift which is introduced in the process of analog - digital conversion of the transmitting and receiving devices.

Keywords: Training Sequences, Synchronization, Rayleigh.

1. Introducción

Actualmente los sistemas de telecomunicaciones manejan tasas de velocidad muy elevadas, debido al gran aumento de la demanda de los mismos y los requerimientos de servicios con mayor valor agregado, el cual requiere una mayor cantidad de datos para poder ofrecer la calidad que el cliente necesita.

Cada día el avance de la tecnología obliga a tener equipos con mayor capacidad de transmisión de información, más robusta y confiable, ya que el proceso de recepción debe tener la menor cantidad de procesos posibles. Las tecnologías de transmisión de datos, tanto alámbrica como inalámbrica, han ido evolucionando con el pasar del tiempo.

A medida que los requerimientos del cliente iban evolucionando, la tecnología también estuvo en la obligación de suplir dichas necesidades, por lo cual, en el campo de las comunicaciones inalámbricas se ha observado la transformación de la tecnología desde GSM hasta LTE (4G), en donde el primero solo podía ofrecer servicios de voz y SMS con unos pocos kbps de velocidad y el último puede ofrecer velocidades en el orden de los Gbps, con lo cual ofrecer servicios multimedia de alta calidad no resulta un problema.

Por otra parte, tomando en consideración las redes inalámbricas, estas han tenido problemas por el desarrollo de las urbes metropolitanas, debido al incremento de edificios y aumento de zonas de alta reflexión. Estos factores generan un problema común en los sistemas inalámbricos llamado multitrayectoria, el cual puede generar múltiples inconvenientes al momento de recibir la señal, por un desvanecimiento de la misma, que puede ser, plano o selectivo dependiendo de las características de la señal y el medio de transmisión. Las características del medio ofrecen patrones, tanto en amplitud como en fase a las trayectorias generadas, los cuales se pueden modelar usando variables estadísticas como Rayleigh, Rician y Nakagami-N; dichas variables representan el comportamiento que tiene la amplitud una componente del canal de multitrayectoria (CM).

Muchos sistemas de telecomunicaciones se han creado para que puedan enfrentar este problema, y esto exige nuevas técnicas de sincronización, para encontrar el inicio de la trama y sincronizar transmisor (Tx) y receptor (Rx), y ecualización para recuperar la señal y mitigar el efecto del canal por el cual pasa la onda. Este trabajo se enfoca en los algoritmos utilizados para corregir los desplazamientos de trama y de frecuencia aplicados en los sistemas de comunicación inalámbricos de una sola portadora. Por esto se diseñó un nuevo algoritmo que corrige los desplazamientos de trama y de frecuencia basado en el algoritmo de Schmidl & Cox aplicado en los sistemas OFDM que utilizan múltiples portadoras. Enfrentamos el reto de buscar la viabilidad de adaptar dicho algoritmo a sistemas de portadora única, y evaluar su efectividad para la sincronización

de trama y su correspondiente corrección del desplazamiento de frecuencia usando la plataforma NI USRP en presencia de ruido y de un canal Rayleigh, que representa el comportamiento real de un canal multitrayectoria inalámbrico.

En esta investigación se analiza el desempeño del algoritmo Schmidl & Cox adaptado que se ha implementado usando la plataforma NI USRP [1]. Inicialmente se observa la capacidad del algoritmo en sincronizar la trama de datos, específicamente se mide la tasa de error binaria real que se obtiene en un sistema de comunicación con diferentes esquemas de modulación digital, que es afectado por el ruido AWGN y por el canal multitrayectoria Rayleigh.

Posteriormente se determina la capacidad del algoritmo en corregir el desplazamiento de frecuencia, encontrando la tasa de error binaria para diferentes valores de frecuencias que puede corregir el algoritmo. Finalmente, se analiza el impacto de las propiedades de correlación de la secuencia de entrenamiento en el desempeño del algoritmo.

2. Sincronización de trama y desplazamiento de frecuencia

2.1. Diseño del dispositivo

Como sabemos, toda señal transmitida posee una estructura preestablecida, ya sea por diseño de proveedor o basándose en algún estándar de transmisión, que debe ser conocida por el receptor. El objetivo de la sincronización de trama es resolver los múltiples retardos en los periodos de símbolos, determinando la estructura de la trama, ubicado al inicio de la misma.

Para realizar la búsqueda del inicio de la trama se utiliza una palabra codificada o como la llamaremos una secuencia de entrenamiento. Como se vio en la revisión del sistema digital la inserción de dicha secuencia se la realiza en el transmisor delante de la trama de datos.

Una vez transmitida la señal, el receptor recibe la señal y después del proceso de RF, el filtro de acoplamiento y el *downsampling*, se ejecuta el proceso de sincronización de trama. La señal antes del sincronizador es:

$$y[n] = h_s[n - d] + v[n] \quad (1)$$

donde h es un coeficiente complejo del canal y d es el desplazamiento de trama que deseamos corregir.

El desplazamiento de frecuencia es generado porque los osciladores en el transmisor y receptor no tienen la misma frecuencia de portadora.

Otras razones de desplazamiento de frecuencia incluyen el *Doppler Shift* causado por el movimiento relativo entre el transmisor y el receptor, y la fase de ruido introducido por un canal no lineal.

El desplazamiento de frecuencia causa una rotación de fase en la constelación de símbolos recibidos, provocando que los símbolos no se ubiquen en sus respectivas regiones, lo cual en sistemas de una sola portadora tiene como efecto degradar la señal recibida lo que se aprecia en el *bit error rate*.

Desde la perspectiva de una señal banda base, el problema del desplazamiento de frecuencia puede ser visualizada usando el modelo de señal de la Figura 1 donde el desplazamiento de frecuencia es f_0 . El efecto del desplazamiento es rotar la señal recibida por $e^{j2\pi f_0 t}$. Cuanto más grande es el desplazamiento, más rápido rotará la señal recibida. El no estar sincronizada la frecuencia de portadora complica la mayor parte de las funciones de procesamientos del receptor incluyendo la sincronización de trama, la estimación de canal y la ecualización.

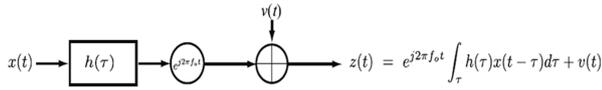


Figura 1. Diagrama de bloques con desplazamiento de frecuencia [1].

3. Sincronizador de trama y de frecuencia Schmidl & Cox

Timothy M. Schmidl y Donald C. Cox presentaron un método robusto de sincronización aplicado a sistemas OFDM [1], en donde aprovechaban una secuencia de entrenamiento muy larga para realizar la búsqueda del inicio de la trama.

El transmisor OFDM inserta dos secuencias de entrenamiento, de igual longitud, las cuales son insertadas al inicio de la trama en el transmisor. Otorgándonos una gran similitud con la trama del sistema de portadora única facilitado la adaptación del método.

El método Schmidl & Cox (SAC) es descrito por:

$$R[d] = \sum_{n=0}^{N-1} y^*[n+d] y[n+d+L] \quad (2)$$

La ecuación representa el producto de dos muestras diferentes de la señal de entrada. Donde d es el índice en el tiempo donde empieza la secuencia de entrenamiento. L es la longitud de la primera mitad de la secuencia de entrenamiento y N es el número de subportadoras en OFDM. Luego determinamos la energía de la segunda muestra:

$$P[d] = \sum_{n=0}^{N-1} |y[n+d+L]|^2 \quad (3)$$

Y calculamos la métrica de tiempo:

$$M[d] = \left| \frac{R[d]}{P[d]} \right|^2 \quad (4)$$

La cual nos permite estimar el desplazamiento de trama producido por el canal, por medio de:

$$\hat{d} = \underset{d}{\operatorname{argmax}} M[d] \quad (5)$$

donde \hat{d} es el inicio de nuestra trama. Si el desplazamiento de frecuencia es pequeño y un muestreo suficiente es empleado, luego la señal discreta en el tiempo en el receptor después de filtro de acoplamiento y del *downsampling* puede escribirse como:

$$y[n] = e^{j2\pi\epsilon n} \sum_{i=0}^L h[l] s[n-l] + v[n] \quad (6)$$

donde $\epsilon = f_0 T$. El objetivo de la sincronización de la frecuencia es el estimar el parámetro ϵ . Dando un estimador $\hat{\epsilon}$, elimina el desplazamiento de frecuencia realizando lo siguiente:

$$\bar{y}[n] = e^{-j2\pi\epsilon n} y[n] \quad (7)$$

Hay diferentes algoritmos para estimación de frecuencia de desplazamiento usando diferentes propiedades de la señal transmitida tales como periodicidad. Uno de los métodos más usados fue propuesto por Moose [2] y desde entonces ha sido estudiado ampliamente. Este método se basa en una especial secuencia de entrenamiento periódica. Además, otro algoritmo empleado fue el de Schmidl & Cox [3].

4. Doppler Shift

Doppler Shift f_d es proporcional a la frecuencia de portadora f_c , y está dada por:

$$f_d = \frac{v f_c}{c} \cos \alpha \quad (8)$$

tal que, v es la velocidad relativa entre las dos antenas transmisor y receptor, f_c es la frecuencia de portadora, c es la velocidad de la luz (3×10^8 m/s) y $\alpha \in [0, \pi]$ es el ángulo del vector velocidad. La máxima f_d ocurre cuando $\alpha = 0$.

$$\max(f_d) = \frac{v f_c}{c} \quad (9)$$

Si asumimos $\alpha = 0^\circ$, el valor de f_d para 915 MHz de portadora se muestra en la Tabla 4 para varios valores de velocidad.

Tabla 1. Doppler Shift para varias velocidades.

V(km/h)	f_d (Hz) ($f_c = 915$ MHz)
1	3.05
5	15.25
10	30.50
20	61.00
30	91.50
40	122.00
50	152.50
60	183.00
70	213.50
80	244.00
90	274.50
100	305.00
150	457.50
200	610.00

5. Adaptación de Schmidl & Cox

El algoritmo de Schmidl & Cox se desarrolló para sistemas OFDM, basándose en las múltiples portadoras presentes en ese sistema. Para la implementación en nuestro sistema se buscó una relación entre ciertos valores para poder resolver la ecuación (1) [4].

L deberá ser referenciado a otro parámetro de nuestra trama original en el sistema de portadora única.

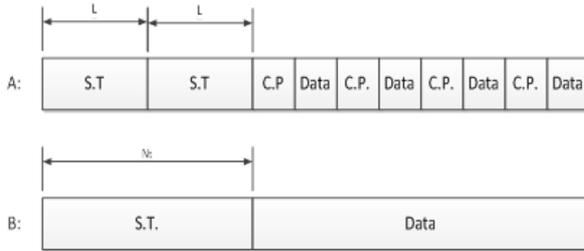


Figura 2. a) Trama OFDM compuesta por dos secuencias de entrenamiento (ST), el prefijo cíclico (CP) y los datos b) Trama de un sistema de una sola portadora.

Como se muestra en la Figura 2, la estructura de la trama de cada sistema tiene una similitud, por lo que podemos plantear:

- $N_t = 2L$, se iguala las dimensiones de las secuencias de entrenamiento.
- N , es la cantidad de la ventana de operación (número de muestras) el cual tendrá una dimensión de $\frac{N_t}{2}$, la mitad de la dimensión de la secuencia insertada.

Quedando la expresión:

$$R[d] = \sum_{i=0}^{\frac{N_t}{2}} y^* [i+d] y \left[i+d + \frac{N_t}{2} \right] \quad (10)$$

$$P[d] = \sum_{i=0}^{\frac{N_t}{2}} \left| y \left[i+d + \frac{N_t}{2} \right] \right|^2 \quad (11)$$

donde se toma en consideración:

$$d[0, 1, 2, \dots, Z-1] \quad (12)$$

$$Z = \left\lfloor \frac{P}{N_t} - 1 \right\rfloor \frac{N_t}{2} \quad (13)$$

Siendo Z el valor que limita a la correlación, ya que se toman muestras de igual dimensión y se calcula su correlación, luego se obtiene la métrica con la ecuación 3 y el inicio de trama con la ecuación 4.

Una vez estimado el inicio de trama se procede a corregir el desplazamiento de frecuencia para lo cual se propone lo siguiente.

Se parte del primer paso del algoritmo para la sincronización trama, donde se calculó la correlación entre las dos mitades del símbolo $R[d]$ de forma que se han cancelado los efectos del canal.

Se calcula el desplazamiento en frecuencia de la siguiente forma:

$$\phi = \angle(R[d]) \quad (14)$$

$$\hat{f}_e = \frac{\phi}{\pi T} \quad (15)$$

ϕ : es la fase que forma la correlación $R[d]$.

\hat{f}_e : es la desviación en frecuencia que ha sufrido la señal y que habrá que corregir.

ϵ : es \hat{f}_e pero normalizada.

De esta forma, cuando la métrica temporal supere el umbral de detección se habrá estimado que la trama acaba de empezar y, cuando supere el de estimación, se tomará en ese instante el valor correspondiente de ϵ y ese será el *offset* de frecuencia a corregir en el resto de la trama.

Un punto importante en la corrección de desplazamiento de frecuencia, es que gracias a la periodicidad de la exponencial de tiempo discreto, la estimación de ϵ solo será exacta para $|\epsilon N_t| \leq \frac{1}{2}$ o de forma equivalente:

$$|\epsilon| \leq \frac{1}{2N_t} \quad (16)$$

$$|f_e| \leq \frac{1}{2T N_t} \quad (17)$$

Esto revela una interesante compensación para el estimador de correlación. Escoger un grande mejora la estimación, pero reduce el rango de compensación que pueden ser corregidos. Una forma de resolver este problema es utilizar múltiples repeticiones de una secuencia de entrenamiento corta.

6. Secuencias de entrenamiento

Las secuencias de entrenamiento son tramas de bits que poseen grandes propiedades de auto correlación y correlación cruzada. Estas son utilizadas para la sincronización y la estimación de canal.

La secuencia es conocida tanto en el transmisor como en el receptor. Se inserta al inicio de la trama de los datos modulados antes de ser enviados al canal.

Tabla 2. Código Barker y Willard Longitud 11 [3].

Longitud del código	Secuencia Barker
11	[- - - + + + - + + - +]
Longitud del código	Secuencia Willard
11	[+ + + - + + - + - - -]

Se utilizarán cuatro secuencias de Barker y cuatro de Willard, ambas de longitud 11, Tabla 6. Las cuales se modularán con igual método que la modulación de los bits de datos.

Cabe considerar que el símbolo modulado de la secuencia de entrenamiento debe conservar las mismas propiedades de la secuencia.

7. Resultados

Una vez implementados los algoritmos de sincronización de trama y desplazamiento de frecuencia, se procedió a realizar las gráficas mediante el programa Labview en donde se muestran cómo funcionan dichos algoritmos ante la presencia de un canal AWGN y otro Rayleigh con secuencia de entrenamiento Barker; tanto para simulación como en transmisión real para diferentes esquemas de modulación.

En la Figura 3 se muestra que para un canal AWGN con esquema 4 QAM se presenta una gran variación de la simulación con respecto a transmisión real, mientras que en esquemas como 16 y 64 QAM las curvas solo presentan una ligera variación.

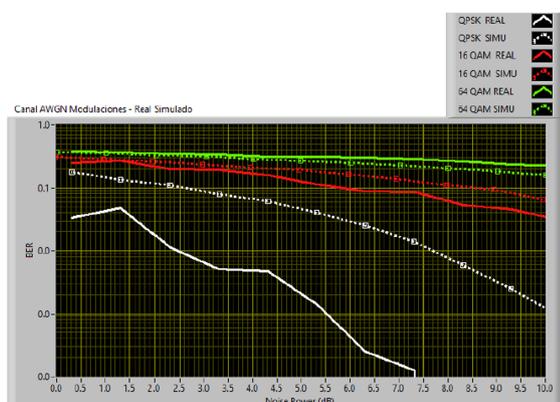


Figura 3. SNR vs. BER de un canal AWGN transmisión real y simulación.

En la Figura 4 al cambiar el tipo de canal a Rayleigh el mismo comportamiento que en el caso de un canal AWGN tanto para simulación como para transmisión real.

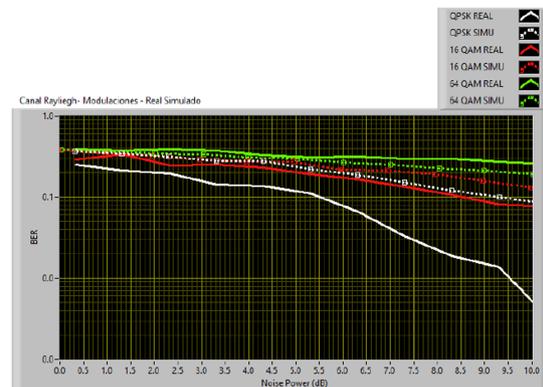


Figura 4. SNR vs. BER de un canal Rayleigh transmisión real y simulación.

Mediante estas pruebas se demuestra que la adaptación del algoritmo fue correcta y el sistema tiene la misma funcionalidad como si se trabajara con el algoritmo *Sliding Correlator* implementado en el libro *Digital Communications: Physical Layer Lab using the NI USRP Platform* [1]; estas pruebas se compararon con los resultados del algoritmo Sliding Correlator mostrando el mismo comportamiento con nuestras gráficas de SNR vs. BER.

El sincronizador basado en correladores necesita en el receptor reconocer una secuencia patrón lo que lo hace ineficiente frente al sincronizador Schmid & Cox que solo trabaja con la señal que llega al receptor.

Una vez corregido el inicio de trama y estimado $R[d]$, se procede a la detección y corrección del desplazamiento de frecuencia entre el transmisor y receptor, provocando una rotación en la constelación.

En la Figura 5 se muestra el efecto de desplazamiento de frecuencia, al colocar en el transmisor una frecuencia de desplazamiento de 150 Hz; se puede observar que el canal Rayleigh es más robusto a los desplazamientos de frecuencia, ya que aún se definen las regiones de constelación 4QAM; sin embargo, el canal AWGN es más propenso a generar mayor tasa de error a grandes desplazamientos de frecuencia.

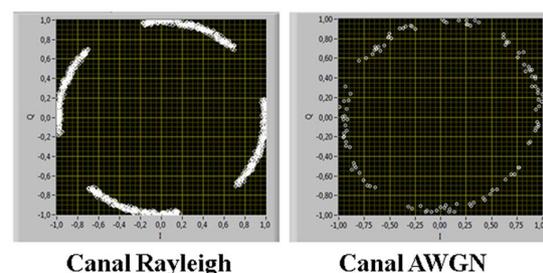


Figura 5. Efectos del desplazamiento de frecuencia en la constelación.

En la Figura 5 podemos observar que la constelación QPSK transmitida a través de un canal AWGN es mayormente afectada por el desplazamiento de frecuencia, mientras que el canal Rayleigh es más robusto frente a dicho desplazamiento.

En la Figura 6 también se puede observar como el canal Rayleigh es más robusto a desplazamientos de frecuencia mostrando un BER menor al que genera un canal AWGN. Una vez realizada la corrección de frecuencia mediante el algoritmo adaptado observamos los cambios en la constelación así como en el *bit error rate* del sistema.

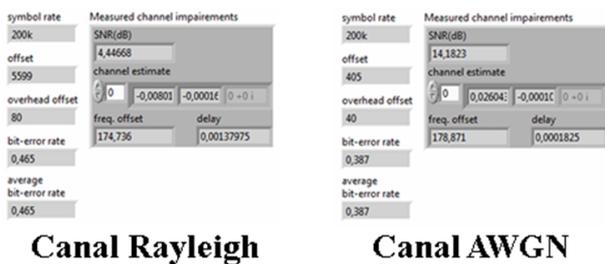


Figura 6. Parámetros afectados por el desplazamiento de frecuencia.

En las Figuras 7 y 8 se muestra la corrección del desplazamiento de frecuencia utilizando el algoritmo SAC, por lo que el sistema de detección y corrección del desplazamiento de frecuencia funciona correctamente tanto en un canal Rayleigh como en AWGN mostrando un BER de 0.

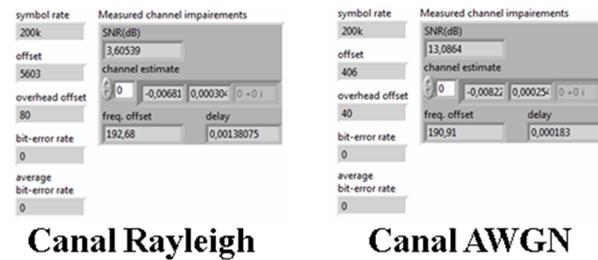


Figura 7. Después de corregir la frecuencia de desplazamiento.

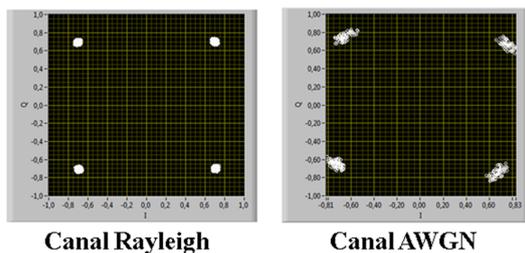


Figura 8. Constelación con corrección de frecuencia.

Para demostrar los máximos valores de corrección de frecuencia de desplazamiento al cambiar la secuen-

cia de entrenamiento se realizó las gráficas *Frequency Offset vs. BER* que se muestran a continuación.

En la Figura 9 se observan las gráficas de frecuencia de desplazamiento para una secuencia Barker y Willard de longitud 11 para el algoritmo de Schmidl & Cox, ya que la secuencia Willard (curva en blanco) presenta mejores propiedades de correlación para el algoritmo Schmidl and Cox, muestra una tasa de error menor a 0,1 en comparación con la secuencia Barker que se incrementa a 0,13 hasta una frecuencia de desplazamiento de 4500 Hz.

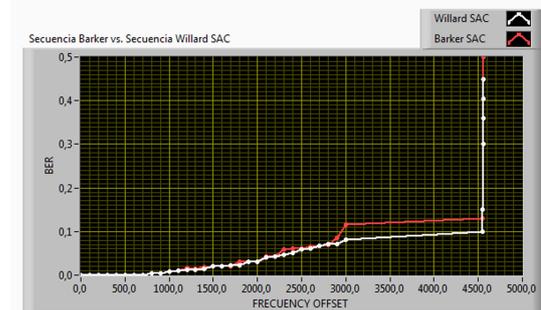


Figura 9. Secuencia Barker vs. Secuencia Willard en Schmidl and Cox.

Con las pruebas realizadas se obtuvo una mayor eficiencia utilizando el algoritmo Schmidl & Cox con secuencia de entrenamiento Willard o Barker con las cuales alcanza una corrección de 4500 Hz, superando a la frecuencia máxima corregida por Moose. Este valor máximo de corrección de frecuencia depende de varios parámetros tales como tipo de canal, *Oversample factor* y *sample rate*.

En la Figura 10 se realizó las curvas de BER vs. Noise Power con una secuencia Willard de longitud 11, para una frecuencia de desplazamiento de 500 Hz en este caso observamos un mejor BER cuando se utiliza el algoritmo Schmidl & Cox, lo mismo ocurre para una frecuencia de desplazamiento de 250 Hz.

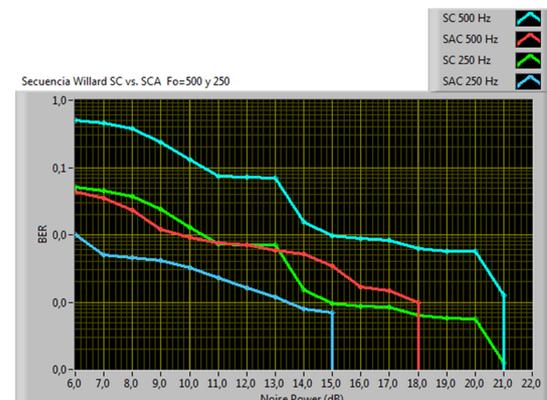


Figura 10. BER vs. Noise Power con varias frecuencias de desplazamiento.

Finalmente, se cambió el tamaño de la secuencia de Willard por una de longitud 13, en este caso al aumentar el tamaño de la secuencia de entrenamiento se disminuye el valor máximo de corrección de frecuencia 3846,15 Hz con un *Oversample* de 20 y *Sample Rate* 4 MHz en un canal Rayleigh, al cambiar uno de estos parámetros se ve afectada la máxima corrección de frecuencia de desplazamiento lo cual se puede demostrar mediante la relación

$$|f_e| \leq \frac{1}{2T N_t}; \quad T = \frac{\text{Oversample_Factor}}{\text{Sample_Rate}}$$

Al cambiar el tamaño de la secuencia de entrenamiento (mejores propiedades de autocorrelación) incrementa la robustez del algoritmo, siendo unos KHz (en el caso de Moose) hasta más de 100 KHz (en el caso de SAC). Dejando como indicio para futuros temas de investigación la búsqueda de una palabra que incremente la robustez y mejore los algoritmos de sincronización de trama y de frecuencia dentro de un sistema de comunicación.

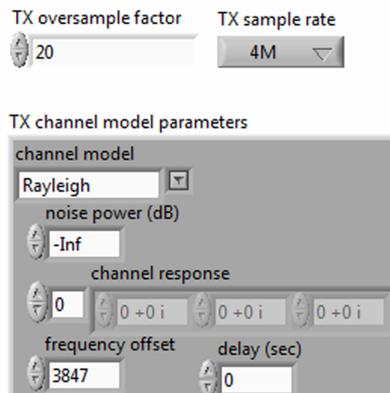


Figura 11. Parámetros de configuración en el transmisor.

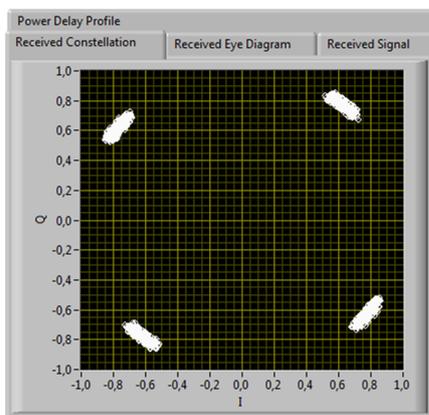


Figura 12. Constelación con corrección de frecuencia utilizando algoritmo Schmidl & Cox.

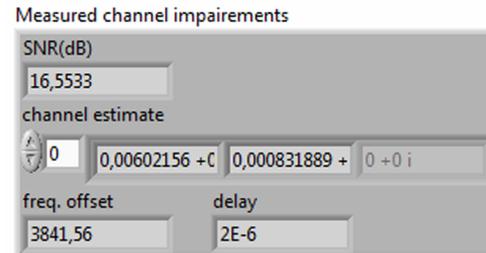


Figura 13. Estimación de frecuencia de desplazamiento corregida.

8. Conclusión y comentario

De los resultados obtenidos para el esquema diferentes esquemas de modulación en un canal Rayleigh se concluye que:

- La sincronización de trama en un sistema de comunicación tiene como propósito resolver retardos que no pueden ser corregidos por el sincronizador de símbolo ya que este no es capaz de corregir retardos que son múltiplos del periodo de símbolo, por tal motivo se utilizan los sincronizadores de trama:
- Dada la relación, para lograr una mayor corrección de frecuencia de desplazamiento se debe seleccionar pequeño, pero esto a su vez reducirá la estimación de trama por lo tanto lo que se debe hacer es utilizar múltiples repeticiones de una secuencia de entrenamiento corta.
- Se puede observar que el sistema de sincronización funciona perfectamente hasta una frecuencia de 500 Hz (163.93 km/h) en la cual no agrega ningún porcentaje de error al sistema. Lo cual indica que el sincronizador funcionaría en el caso de una persona que se traslada en un automóvil a alta velocidad.
- Cabe recalcar que el sistema puede operar hasta 4500 Hz como máximo en el cual puede corregir la frecuencia, pero a consecuencia de poder corregir la frecuencia puede agregar hasta un 10 % de error en el sistema lo cual afectaría al sistema de comunicación.

Referencias

- [1] R. Heath, *Digital Communications: Physical Layer Lab using the NI USRP Platform*. National Technology and Science Press, 2012.
- [2] B. Lathi, *Modern Digital and Analog Communication System*. Oxford University Press, 1998.

-
- [3] T. Schmidl and D. Cox, "Robust frequency and timing synchronization for ofdm," *Communications, IEEE Transactions on*, vol. 45, no. 12, pp. 1613–1621, Dec 1997.
- [4] J. Hamad-Ameen, "Proposed sets of polyphase spreading sequences for DS-CDMA system," in *Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Telecommunications and Informatics*, Turkey, 2006.

A PROPOSAL OF AN ECOSYSTEM BASED ON INTELLIGENT ICT TOOLS TO SUPPORT THE DIAGNOSIS AND INTERVENTION OF PATIENTS WITH COMMUNICATION DISORDERS

UNA PROPUESTA DE UN ECOSISTEMA BASADO EN HERRAMIENTAS TIC INTELIGENTES PARA APOYAR EL DIAGNÓSTICO Y LA INTERVENCIÓN DE PACIENTES CON TRASTORNOS DE LA COMUNICACIÓN

Vladimir Robles-Bykbaev^{1,*}, Martín López-Nores², Jorge García-Duque³, José Pazos-Arias⁴, Daysi Arévalo-Lucero⁵ and Paola Ingavélez-Guerra⁶

Resumen

La intervención temprana en personas con discapacidades de comunicación (PWCD) es una estrategia fundamental que tiene el objetivo de mejorar varias habilidades relacionadas con el habla, el lenguaje y la deglución. Sin embargo, las herramientas existentes se centran en el diagnóstico o el tratamiento de trastornos específicos, y por lo general, no cubren las diferentes necesidades de las personas que proporcionan rehabilitación, asistencia sanitaria y servicios educativos para los pacientes (médicos, patólogos, y los familiares de los pacientes).

Abstract

Earlier intervention on People With Communication Disabilities (PWCD) is a fundamental strategy that has the aim of improving several skills related to speech, language, and swallowing. However, the existent tools are focused on the diagnosis or treatment of specific disorders, and commonly, they do not cover the different needs of people that provides rehabilitation, healthcare and educational services for patients (doctors, pathologists, and patient's relatives).

^{1,*}Máster en Inteligencia Artificial Reconocimiento de Formas e Imagen Digital, estudiante de doctorado en Tecnologías de la Información y Comunicación - Universidad de Vigo, colaborador del GIATA, Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca. Autor para correspondencia ✉: vrobles@ups.edu.ec

² Ph. D., Profesor contratado de la Universidad de Vigo, Investigador del AtlantTIC Research Center for Information and Communication Technologies, Department of Telematics Engineering.

³Ph. D., Profesor titular de la Universidad de Vigo, investigador del AtlantTIC Research Center for Information and Communication Technologies, Department of Telematics Engineering.

⁴Ph. D., catedrático de la Universidad de Vigo, investigador del AtlantTIC Research Center for Information and Communication Technologies, Department of Telematics Engineering.

⁵ Ingeniera de Sistemas, experta en TIC y discapacidad, colaboradora del GIATA, Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca.

⁶Máster en Diseño Multimedia, estudiante de doctorado en Ingeniería de la Información y el Conocimiento – Universidad de Alcalá, colaboradora del GIATA, Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca.

Recibido: 08-12-2015, aprobado tras revisión: 17-12-2015.

Forma sugerida de citación: Robles-Bykbaev, V.; López-Nores, M.; García-Duque, J.; Pazos-Arias, J.; Arévalo-Lucero, D.; Ingavélez-Guerra, P. (2015). "A proposal of an ecosystem based on intelligent ICT tools to support the diagnosis and intervention of patients with communication disorders". INGENIUS. N.º 14, (Julio-Diciembre). pp. 44-52. ISSN: 1390-650X.

Por estos motivos, en este trabajo se presenta una visión general de las herramientas existentes para el diagnóstico y la intervención de PWCD, y sobre esta base, se propone un ecosistema que implementa herramientas TIC inteligentes y un sistema experto capaz de generar automáticamente planes de terapia de lenguaje. El sistema experto ha sido evaluado previamente y ha alcanzado resultados alentadores.

Palabras clave: Terapia del lenguaje; sistema experto; TIC.

On those grounds, in this paper, we present a general overview of existing tools for diagnosis and intervention of PWCD, and on this basis, we propose an ecosystem that implements intelligent ICT tools and an expert system able to automatically generate therapy plans. The expert system has been previously evaluated and has reached encouraging results.

Keywords: Speech-language therapy; expert system; ICT tools.

1. Introduction

Nowadays, the developing countries must face several difficulties and problems for providing health care and education services for PWCD. Some of the most critical problems are the lack of personnel, resources, and the non-existence of intelligent ICT-based tools to provide effective support in the several activities that should conduct the Speech-Language Pathologists (SLPs).

Another problem is that there exist several disabilities that can affect the communication skills, like Down syndrome, autistic disorder, Cerebral Palsy (CP), intellectual disabilities, etc. This circumstance makes a more complex situation, given that a SLP should be able to handle accurately several activities like the following:

- To design specific intervention strategies for each patient, bearing in mind his/her particular profile: medical and Speech-Language (SL) diagnosis, affected skills, family situation, environment (at school and at home), among others.
- To carry out an effective monitoring of each patient's progress, with the aim of making decisions to adjust the therapy long term plans, and intervention strategies.
- To provide counseling services for patients and their relatives.
- To provide remote support, and telerehabilitation services for those patients that are not able to assist to special education centers.
- To generate reports in different degrees of detail.

On those grounds, in this paper, we present a comprehensive ecosystem able to handle a wide spectrum of disabilities and services required by patients, SLPs, doctors, and patient's relatives.

The rest of the paper is organized as follows. A general overview of existing tools to provide support in the diagnosis and intervention of SL disorders are presented in detail in Section 2. The proposed ecosystem and its design (architecture) are described in Section 3. Some conclusions and ideas for future work are presented in Section 4.

2. Related work: a general overview

Over the last decade, there have been several approaches to apply information and communication technologies (ICT) to support SLT. Next, we describe some of the most interesting proposals, according to the disorder in which are focused.

2.1. Language disorders: aphasia

Aphasia is a disturbance of the comprehension and expression of language caused by dysfunction in the brain.

Its effects range from having difficulty remembering words, to losing the ability to speak, read or write. It also affects visual language, such as sign language. Some authors have worked to develop "virtual therapists" to support the different activities involved in the treatment of this disorder. Abad et al. [1] presents an online tool that incorporates automatic speech recognition and conducts exercises of word naming recognition, for Portuguese native speakers. Another approach was developed by Teodoro et al. [2] to evaluate the quality of the interaction with aphasic patients, by means of an avatar with basic animation and expressions of visual emotions. Given a real situation (booking a flight, at the doctor's office, etc.) and a script of what should each one should say the system records the interaction between the patient and the virtual clinician, for subsequent analysis.

The use of gestures in aphasia as a compensatory communication strategy is another field of study [3,4]. Some researchers have found that gesture and speech have a trade-off relationship, and thereby suggested opportunities for gestures as targets of aphasia therapy. In this line, a computer gesture therapy tool (GeST) was developed by Marshall et al. [5], aimed at improving the gesture production and/or spoken naming. The experiments revealed some positive effects on the patients' gesturing skills.

Another technique used in the treatment of naming deficits is Semantic Feature Analysis (SFA). The approach presented by Davis and Stanton [6], showed that patients improved in the naming of targeted items (with generalization to control stimuli) and learned a process for accessing semantic networks. Likewise, Higgins, Kearns, and Franklin [7] investigated the potential of SFA therapy programs in domestic and clinical settings, using a mobile-web paired application to support the therapy and implementing some features like a rapid data entry, aggregation and remote analysis.

2.2. Speech disorders: dysarthria, dyslalia and laryngeal disorders

Dysarthria is a motor speech disorder resulting from neurological injury, characterized by poor articulation of phonemes, whereas dyslalia relates broadly to difficulties in talking due to structural defects in the speech organs. Laryngeal disorders, for example, can affect the voice quality and cause difficulties such as hoarseness, limitations in pitch and loudness, etc.

These disorders have motivated the application of Automatic Speech Recognition (ASR) techniques for diagnosis tasks. For example, a model for automatic assessment of pronunciation quality for children was presented by Schipor, Pentiu, and Schipor [8], using a Hidden Markov Model (HMM) and implementing a modified correlation measure to compare the level of intelligibility of new utterances presented to the

system, previously trained by experts with reference utterances. Likewise, Saz et al. [9] used HMM and a subword-based pronunciation verification method to design and develop a semi-automated system to provide speech therapy. The aim of that proposal was to provide support in the acquisition of basic phonatory skills, phonetic articulation and language understanding in children and young speakers ranging in age from 11 to 21 years. In the same line of research, a new contribution presented by Caballero-Morales and Trujillo-Romero [10] improves the recognition rates in ASR systems for dysarthric patients. They present a model to integrate multiple pronunciation patterns using a novel weighting method based on Genetic Algorithms (GA).

In the realm of planning sessions of speech therapy for dyslalia treatment, Schipor, Pentiu and Schipor [11] developed an expert system based on fuzzy logic. Their system uses three types of information to define the inference rules: (i) social, cognitive and affective parameters; (ii) homework reports; and (iii) test scores. With the inference rules, the system provides outputs about the frequency, duration and type of exercises of therapy sessions. As regards laryngeal defects, it is important to mention the proposal presented by Verikas et al. [12], which conducts a comparative study between voice analysis systems and questionnaires, in order to classify healthy patients and those suffering from diffuse and nodular mass lesions. This research has found evidence that the questionnaire data provide more information for the disease categorization than the voice data.

2.3. Hearing loss

The Auditory Verbal Therapy (AVT) is based on the use of residual hearing on children with hearing disorders. These children generally use cochlear implants and need to develop several speech abilities such as elementary productions (sounds, vowels or phonemes) or complex productions (spontaneous speech). In this context, Loaiza et al. [13] introduced the use of a video game based on AVT to provide support in voice interaction and reinforcement of voice production. Moreover, Alamoudi et al. [14] presented an interactive multimedia program for AVT in Arabic language, providing exercises aimed to improve perceptual skills in children with auditory-related problems and learning difficulties. The exercises were grouped in three categories: auditory discrimination, articulation and auditory attention.

2.4. Swallowing disorders: dysphagia

Dysphagia is a disorder that produces different difficulties like the impossibility of safely swallowing liquids, food or saliva, the presence of pain in the swallowing

process or the impossibility to swallow at all. Nowadays, the approaches to provide dysphagia therapy are focused on the telerehabilitation area, with some promising results. For example, a pilot experiment to provide telerehabilitation for dysphagia treatment was performed by Sharma et al. [15], where ten patients suffering from a range of swallowing difficulties were provided with two types of assessment: face-to-face and telerehabilitation. The results showed the good acceptance of patients to use the telerehabilitation-based therapy. Yeh, Hou and Chang [16] presented an intelligent approach to classify a wide range of problems, including some related to swallowing, in order to provide occupational therapy to children. This approach uses Artificial Neural Networks (ANN) and Classification and Regression Trees (CART) along 127 attributes of children's profiles to assist the therapists for precise assessment and appropriate treatment. Most recently, Ward, Burns, Theodoros and Russell [17] conducted an experiment to perform a Clinical Swallowing Examination (CSE) on 100 patients (25 nondysphagics and 25 mild, 25 moderate, and 25 severe dysphagics) using a telehealth system. Their research reported good levels of acceptance in each group of patients during the clinical decision making for safety of oral intake and the clinicians' perceptions of CSEs conducted via telerehabilitation.

2.5. Communication disorders: selective mutism

Selective mutism (SM) is an anxiety disorder in which a person who is normally capable of speech does not speak in specific situations or to specific people. Selective mutism usually co-exists with shyness or social anxiety. Cognitive-Behavioural Therapy (CBT) defines some techniques that have shown excellent results in the management of these and other problems, with noticeable improvements in the patients' general well-being and distress [18]. An approach to web-based CBT for the treatment of children with selective mutism (SM) was presented by Ooi et al. [19]; the proposal was tested with 5 children during 14 weeks, and the results showed significant progress in the speech frequency in social situations (school and home) in 4 of them. Likewise, Bunnell and Beidel [20] described a case where the traditional therapy (intensive exposure based on an extinction paradigm) was not helpful, whereas the use of mobile applications for engagement in amusing tasks and the pairing of vocalization with positive emotions obtained much better results.

3. Proposed ecosystem

Our ecosystem has been designed with the aim of providing a comprehensive set of functionalities that allow extending services, applications and components that

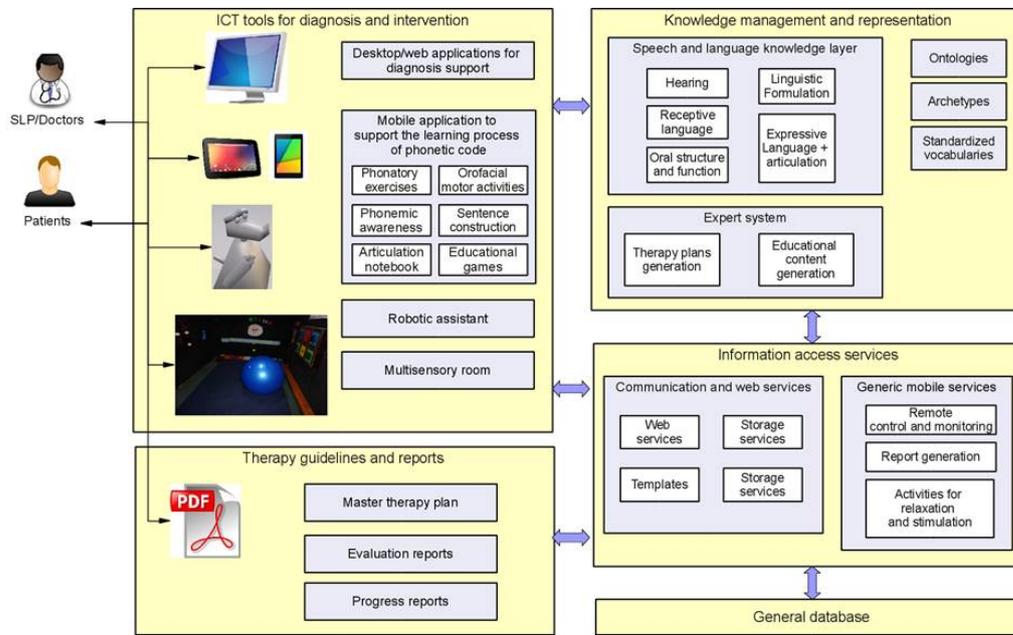


Figure 1. General overview of services, layers and components that make up the proposed ecosystem.

constitute it. In the Figure 1 are depicted the most relevant elements of each layer.

- A set of ICT tools to provide support during the diagnosis and intervention of patients with communication disorders. Through these tools a SLP is able to conduct the initial screening, the evaluation of the patient progress, and provide counseling and rehabilitation services. The applications for desktop and web environments are commonly used with patients that can interact with computers (sitting in front). On the other hand, the mobile applications are very useful to conduct activities with those patients that suffer from motor disabilities and must use wheelchairs. In order to support the therapy, this layer provides three different ICT tools: a mobile application to support the learning process of phonetic code, a robotic assistant, and a multi-sensory room.

The mobile application contains phonatory exercises (breathing exercises), phonemic awareness (perception and discrimination of letters and syllables), articulation notebook (learning and using consonants, vowels and phonemes), orofacial motor activities, sentence construction, and educational games based on therapy exercises. The robotic assistant is able to recognize faces, and interact with patients through sounds, games, relaxation activities as well as several therapy activities (motor, visual, and auditory stimulation). The multi-sensory room is used to provide early stimulation, relaxation activities, and several stimulation exercises of hearing, touch, and sight.

- With the aim of representing and managing the information, the ecosystem implements a layer that models five speech and language areas through ontologies, archetypes, and standardized vocabularies [21].

These areas are the following: hearing, linguistic formulation, receptive language, oral structure and function, and expressive language and articulation. Using this information a SLP is able to determine the patient's skills in each of the five areas mentioned above. Likewise, the expert system can generate therapy plans containing general guidelines to conduct activities for long-term periods (6 months) [22]. Each therapy plan consists of an ensemble of sub plans in each of the five areas previously mentioned and is generated using a multilevel cluster approach based on Partition Around Medoids and K Nearest Neighbors criterion. Another important feature of the expert system is the automatic generation of educational content according to each patient profile (currently not yet implemented).

- All information generated is stored in the device database, and subsequently is synchronized through the web and storage services with a central database. The ecosystem provides a set of templates based on Open Electronic Health Records (www.openehr.org) to access, share and enter information related to SLT process.

The relatives of each patient can use some templates to conduct reinforcement therapy activities using a computer or mobile device. Likewise, the ecosystem provides services to carry out a remote evaluation and monitoring of the therapy activities conducted with patients. The remote control can be used by SLPs to perform reinforcement activities like improving the spontaneous speaking, evaluate psychological patterns, and provide remote assessment and counseling services, among others. Once the therapy activities are done, is possible to generate a complete report that contains the areas that must be improved, the achieved goals,

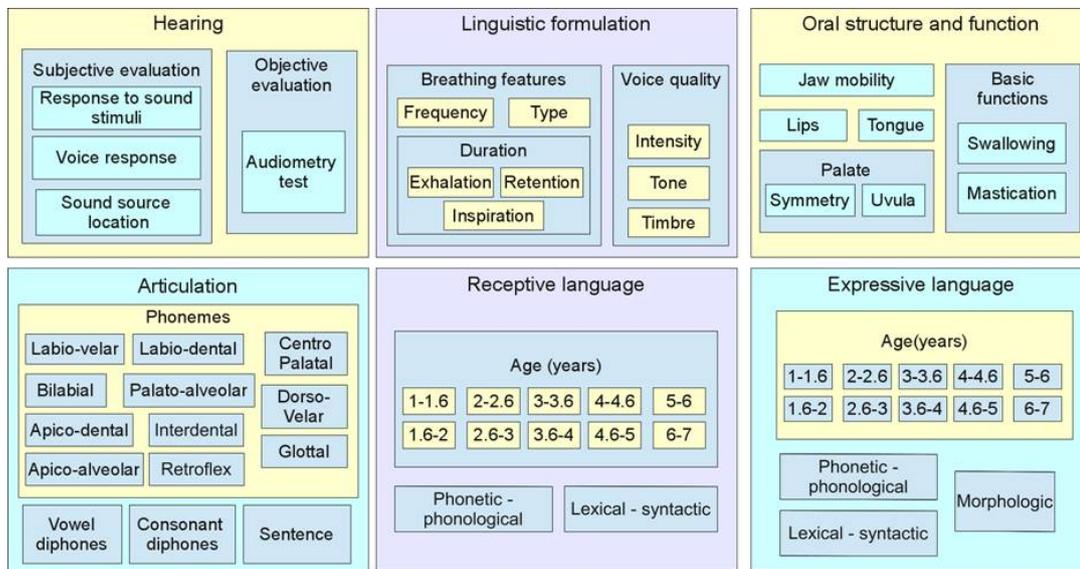


Figure 2. The different areas and concepts of the SLT knowledge model.

and a therapy plan automatically generated by the expert system, among other features.

- The therapy guidelines and reports are presented in PDF (Portable Document Format) or Word® formats, and contain information related to patient progress, the results that he/she has obtained in each test, clinical data, medical information, and personal data.

As can be seen, one of the most important elements of our ecosystem is the SLT knowledge model. In the following lines we will describe the main goal of each area depicted in the Figure 2.

- The hearing area allows to determine whether a patient present hearing problems through two different tests. The first one is a subjective evaluation based on response to voice and sound stimuli, and the patient's ability to locate sound sources. The second evaluation is objective, and is based on the results that are provided by an audiometry test.

- The linguistic formulation is an area that defines the parameters required to evaluate the patient's phonatory-respiratory system. In this area are defined the following characteristics: breathing frequency, thorax's symmetry, breathing duration (inspiration, exhalation, and retention), and voice quality (intensity, tone, and timbre).

- The main characteristics of the oral peripheral mechanism are described in the oral and structure function area. Some of the most relevant are the following: tongue (size, ability to move laterally, alternating movements, etc.), lips (symmetry, ability to protrude, retract, and move), palate (symmetry), uvula (position, size, and shape), teeth (state, occlusion, etc.), and the basic functions of mastication and swallowing.

- The articulation layer defines the several charac-

teristics to evaluate the point and manner of articulation on phonemes (labio-velar, labio-dental, bilabial, apico-dental, etc.), vowel diphones, and consonant diphones. Likewise, in this area are defined the basic sentence features (number of words, structure, etc.).

- The receptive language allows to evaluate whether a patient is able to understand orders (questions, concepts, and size and use of the objects), identification and discrimination of objects (pictograms, parts of an object, etc.), among others. The level of difficulty of these elements is defined according to receptive language's age.

- The expressive language allows evaluating if a patient is able to perform the following activities: imitate language, to use pronouns, repeat sentences, maintain dialogs, use phonemes, etc.

In the Figure 3 is depicted an example of a report automatically generated by the system. This report contains a resume of the personal data of the patient, and a complete description of the problems found in the 5 areas mentioned previously.

The menu to collect the patient's anamnesis (clinical story) is depicted in the screen capture of the Figure 4. As can be seen, the application allows feeding the database with the information related to the early childhood, the parents and relatives, the diseases and surgeries, etc. This information is very important, given that allows for an expert system to analyze which patient's skills could be affected, and which strategies are best for a specific profile.

4. Conclusions and future work

In this paper, we have presented an intelligent ecosystem based on several layers able to handle a wide

spectrum of disabilities related to communication disorders. Our proposal can easily incorporate new tools and methodologies to handle other kinds of disabilities by the implementation of ontologies, archetypes, and intelligent ICT tools. Likewise, our ecosystem allows pathologists conducting several activities in a more comfortable way, given that they can use mobile devices, desktop applications, robotic assistants, or web-based environments, according to specific situations and the patient's needs.

NOMBRE Y APELLIDOS: A.M.A.F
 FECHA NACIMIENTO: 06/01/2006
 FECHA EVALUACIÓN: 02/06/2010
 DIAGNÓSTICO MÉDICO: Síndrome de Lennox
 Hipoacusia neurosensorial moderada derecha y leve izquierda
 DIAGNÓSTICO DE LENGUAJE: Retardo en desarrollo del lenguaje

Áreas de Evaluación	Estado Actual
MOTRICIDAD BUCOFACIAL	- Lengua de tamaño Medio: - Los Movimientos alternos: de Saque y meta la lengua Rápidamente es nula - El vibramiento de la lengua es nula - No Tiene temblores en la lengua - Los labios Si tiene simetría - El estado es Bueno
FORMULACIÓN LINGÜÍSTICA	- La fuerza respiratoria es Normal - No tiene obstrucción nasal - Trabaja fuerza respiratoria - La calidad de la voz tiene un timbre Hiporinofonia
LENGUAJE COMPRENSIVO	- La edad de comprensión auditiva es de 1 años 1 meses

Ing. Dayvi Arévalo L.	Universidad Politécnica Salesiana Cuenca	Ing. Vladimir Robles B.
S.V.M.L.v1		Página 2 de 10
LENGUAJE EXPRESIVO	- La edad de habilidad verbal es de 1 año 1 meses - La edad de lenguaje es de 1 año 1 meses - problemas al Medio con el fonema: /d/ /v/ - Problemas al Medio con el fonema: /k/ - Problemas al Medio con el fonema: /x/ - Problemas al Medio con el fonema: /s/ - Problemas al Final con el fonema: /b/	

Figure 3. A screen capture of a patient's report generated by the system.

As lines of future work, we propose the following ones:

- Develop a module to automatically evaluate several features related to the patient's voice quality.
- Develop a module to automatically evaluate the quality of spontaneous speaking of patients suffering from speech disorders.

Acknowledgements

The authors from Universidad Politécnica Salesiana have been supported by the "Sistemas Inteligentes de Soporte a la Educación" research project (CIDII-010213). We would like to thank the collaborating people from Instituto de Parálisis Cerebral del Azuay (IPCA), Fundación "General Dávalos" and CEDEI School. The authors from the University of Vigo have been supported by the European Regional Development Fund (ERDF) and the Galician Regional Government under agreement for funding the Atlantic Research Center for Information and Communication Technologies (AtlantTIC), as well as by the Ministerio de Educación y Ciencia (Gobierno de España)

research project TIN2013-42774-R (partly financed with FEDER funds).

References

- [1] A. Abad, A. Pompili, A. Costa, I. Trancoso, J. Fonseca, G. Leal, L. Farrajota, and I. Martins, "Automatic word naming recognition for an on-line aphasia treatment system," *Computer Speech & Language*, vol. 27, no. 6, pp. 1235–1248, 2013.
- [2] G. Teodoro, N. Martin, E. Keshner, J. Shi, and A. Rudnicky, "Virtual clinicians for the treatment of aphasia and speech disorders," in *Virtual Rehabilitation (ICVR), 2013 International Conference on*, Aug 2013, pp. 158–159.
- [3] K. Hogrefe, W. Ziegler, S. Wiesmayer, N. Weidinger, and G. Goldenberg, "The actual and potential use of gestures for communication in aphasia," *Aphasiology*, vol. 27, no. 9, pp. 1070–1089, 2013.
- [4] K. Sekine and M. L. Rose, "The relationship of aphasia type and gesture production in people with aphasia," *American Journal of Speech-Language Pathology*, vol. 22, no. 4, pp. 662–672, 2013.
- [5] J. Marshall, A. Roper, J. Galliers, S. Wilson, N. Cocks, S. Muscroft, and T. Pring, "Computer delivery of gesture therapy for people with severe aphasia," *Aphasiology*, vol. 27, no. 9, pp. 1128–1146, 2013.
- [6] L. A. Davis and S. T. Stanton, "Semantic feature analysis as a functional therapy tool," *Contemporary Issues in Communication Science and Disorders*, vol. 32, pp. 85–92, 2005.
- [7] C. Higgins, Á. Kearns, and S. Franklin, "Poster: the development of a semantic feature analysis based mobile application for individuals with aphasia," in *Proceedings of the 10th international conference on Mobile systems, applications, and services*. ACM, 2012, pp. 513–514.
- [8] O. Schipor, S. Pentiuc, and M. Schipor, "Automatic assessment of pronunciation quality of children within assisted speech therapy," *Electronics & Electrical Engineering*, vol. 122, no. 6, pp. 15–18, 2012.
- [9] O. Saz, S.-C. Yin, E. Lleida, R. Rose, C. Vaquero, and W. R. Rodríguez, "Tools and technologies for computer-aided speech and language therapy," *Speech Communication*, vol. 51, no. 10, pp. 948–967, 2009.



Figure 4. A screen capture of the anamnesis menu of the desktop application.

- [10] S.-O. Caballero-Morales and F. Trujillo-Romero, "Evolutionary approach for integration of multiple pronunciation patterns for enhancement of dysarthric speech recognition," *Expert Systems with Applications*, vol. 41, no. 3, pp. 841–852, 2014, methods and Applications of Artificial and Computational Intelligence.
- [11] O. A. Schipor, S. G. Pentiu, and M. D. Schipor, "Improving computer based speech therapy using a fuzzy expert system," *Computing and Informatics*, vol. 29, no. 2, pp. 303–318, 2012.
- [12] A. Verikas, M. Bacauskiene, A. Gelzinis, E. Vaiciukynas, and V. Uloza, "Questionnaire-versus voice-based screening for laryngeal disorders," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 6, pp. 6254–6262, 2012.
- [13] D. Loaiza, C. Oviedo, A. Castillo, A. Portilla, G. Alvarez, D. Linares, A. Navarro, and G. Ivarez, "A video game prototype for speech rehabilitation," in *Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), 2013 5th International Conference on*, Sept 2013, pp. 1–4.
- [14] A. Alamoudi, M. Almozaini, R. Alabdulrahman, S. Alkoblan, S. Drine, and A. Al-Wabil, "Interactive serious gaming for children with auditory processing difficulties in the arabic language," in *HCI International 2013 - Posters' Extended Abstracts*, ser. Communications in Computer and Information Science, C. Stephanidis, Ed. Springer Berlin Heidelberg, 2013, vol. 373, pp. 188–191.
- [15] S. Sharma, E. C. Ward, C. Burns, D. Theodoros, and T. Russell, "Assessing dysphagia via telerehabilitation: patient perceptions and satisfaction," *International journal of speech-language pathology*, vol. 15, no. 2, pp. 176–183, 2013.
- [16] Y.-L. Yeh, T.-H. Hou, and W.-Y. Chang, "An intelligent model for the classification of children's occupational therapy problems," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 5, pp. 5233–5242, 2012.
- [17] E. C. Ward, C. L. Burns, D. G. Theodoros, and T. G. Russell, "Impact of dysphagia severity on clinical decision making via telerehabilitation," *Telemedicine and e-Health*, vol. 20, no. 4, pp. 296–303, 2014.
- [18] T. Miller, V. Deary, and J. Patterson, "Improving access to psychological therapies in voice disorders: a cognitive behavioural therapy model," *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery*, vol. 22, no. 3, pp. 201–205, 2014.
- [19] Y. P. Ooi, M. Raja, S. C., Sung, D. S. Fung, and J. B. Koh, "Application of a web-based cognitive-behavioural therapy programme for the treatment of selective mutism in Singapore: a case series study," *Singapore Medical Journal*, vol. 53, no. 7, pp. 446–450, 2012.
- [20] B. E. Bunnell and D. C. Beidel, "Incorporating technology into the treatment of a 17-year-old girl with selective mutism," *Clinical Case Studies*, p. 1534650113483357, 2013.

- [21] American Speech-Language-Hearing Association (ASHA). (2014, October) International classification of diseases, tenth revision-clinical modification, related to speech, language, and swallowing disorders. (icd10cm). [Online]. Available: <http://www.asha.org>.
- [22] V. E. Robles-Bykbaev, M. López-Nores, J. J. Pazos-Arias, and D. Arévalo-Lucero, "SPELTA: An expert system to generate therapy plans for speech and language disorders," *Expert Systems with Applications*, vol. 42, no. 21, pp. 7641–7651, 2015.

NORMAS PARA PUBLICAR EN LA REVISTA INGENIUS

Los artículos enviados a la revista INGENIUS deben ajustarse a los siguientes criterios:

Aspectos generales

1. Podrán ser publicados todos los trabajos realizados por investigadores nacionales o extranjeros, una vez que cumplan los criterios de calidad científica requeridos.
2. La revista INGENIUS publica artículos relacionados con investigaciones culminadas, revisiones bibliográficas, informes de desarrollo tecnológico, ensayos científicos, propuestas de modelos e innovaciones, productos de la elaboración de tesis de grado siempre que sean un aporte para el campo de la ciencia y tecnología.
3. La revista INGENIUS publica trabajos originales e inéditos en español e inglés; es decir, no pueden haber sido publicados a través de ningún medio impreso ni electrónico.
4. Todo artículo será sometido a un riguroso proceso de arbitraje; la evaluación del artículo se hará conforme a criterios de originalidad, pertinencia, actualidad, aportes, rigurosidad científica y cumplimiento de las normas editoriales establecidas.
5. Por tratarse de una publicación arbitrada, el Consejo Editorial aprueba su publicación en base al concepto de pares especializados. La recepción de un documento no implica compromiso de publicación.
6. Es indispensable presentar una carta dirigida al Consejo Editorial autorizando a la revista INGENIUS la publicación de la investigación, dando fe de la originalidad y de ser autor de la misma. Además, debe consignar constancia o credencial que confirme la adscripción a la Universidad o centro de investigación, tal como lo confirma el artículo.
7. Como reconocimiento a su aporte, a cada autor se le remiten dos ejemplares de la edición en la

cual se publica el artículo.

8. El artículo propuesto se debe remitir a:
<revistaingenius@ups.edu.ec> o
<jcalle@ups.edu.ec>.
9. El sitio de consulta de ediciones anteriores de la revista es <<http://ingenius.ups.edu.ec/>>

Requerimientos técnicos

10. Los artículos pueden estar escritos sobre Microsoft Word® (.doc o .docx) o L^AT_EX (.tex). Las plantillas a ser utilizadas pueden ser descargadas del sitio web de la revista.
11. Las ilustraciones y tablas deberán estar numeradas secuencialmente incluyendo una descripción explicativa para cada una. Las ecuaciones incluidas en el artículo deberán también estar numeradas.
12. Cuando presente el artículo, no intente diseñar el manuscrito. Use un tamaño de letra de 12 puntos en todo el manuscrito. Justifique el margen derecho.
13. Use espacio después de punto, comas y signos de interrogación.
14. Use doble “enter” al final de cada párrafo, título encabezamiento. No use “enter” en ningún otro lugar, deje al programa procesador de palabras romper automáticamente las líneas.
15. No centre encabezamientos o subencabezamientos y déjelos estar alineados a la izquierda.
16. Las tablas deben estar creadas en el mismo programa usado para el cuerpo del documento, pero deben estar guardadas en un archivo separado. Use tabuladores, no espacios, para crear columnas. Recuerde que el tamaño final de las páginas impresas será aproximadamente de 21 x 28 cm, entonces sus tablas deben estar diseñadas para ajustarse al espacio de la impresión final.

Instrucciones para preparación de manuscritos

17. El manuscrito no debe tener más de 5000 palabras de extensión e incluir algunos o todos los siguientes elementos:

Encabezamiento

- Título
- Autores y su adscripción institucional con referencia al final de la primera hoja
- Resumen en español e inglés
- Palabras clave en español e inglés

Cuerpo del trabajo

- Introducción
 - Fundamentación
 - Definiciones
 - Revisión de literatura
 - Formulación de objetivos y establecimiento de hipótesis
- Materiales, fuentes y métodos
 - Recopilación de datos
 - Tratamiento de las variables
 - Análisis estadístico
- Resultados
- Discusión
- Conclusiones

Referencias bibliográficas

- Referencias

Material adicional

- Elementos gráficos
 - Tablas
 - Agradecimientos
18. El artículo debe incluir en el encabezado: el ‘Título’, a continuación se debe informar los datos de cada uno de los autores con nombre completo, y con referencia al final de la página el título universitario de pregrado y el de posgrado más alto obtenido, cargo e institución donde labora, números telefónicos (convencional y celular), la dirección y correo electrónico. Si hay más que un autor, indicar quien es el autor a quien la correspondencia debe ser enviada.

19. El ‘Resumen’ y el ‘Abstract’ deben ser en español e inglés, respectivamente en todos los manuscritos; deben ser de un solo párrafo, corto y conciso (máximo de 250 palabras) y resumir los resultados del artículo. Deben ser informativos no indicativos.
20. Las palabras clave serán de tres a seis y representarán los principales temas del artículo y deberán ser colocadas al final del resumen.
21. Las secciones de ‘Introducción’, ‘Materiales y métodos’, ‘Resultados’, ‘Discusión’ y ‘Conclusiones’ del artículo pueden estructurarse divididas en diferente forma. Si el artículo describe un estudio efectuado en un área particular, esta debe ser escrita en subencabezamientos bajo ‘Materiales y métodos’.
22. Los ‘Resultados’, ‘Discusión’ y ‘Conclusiones’ pueden ser en algunos casos combinados.
23. Los ‘Agradecimientos’ deben ser cortos, no deben exceder de un párrafo y se colocan al final del artículo.
24. Para la integración de citas dentro del artículo, debe usarse un corchete con un número en el interior, el mismo que hará referencia al documento de citación que constar en la bibliografía [1], y se irá colocando de forma ascendente. Cuando se trata de citas textuales se escribirá entre comillas con el texto en cursiva y a continuación se colocará el corchete con el número que corresponda siguiendo el formato de la IEEE.
25. Las ‘Referencias bibliográficas’ se colocan al final del texto, luego de la sección de conclusiones.
26. Las ‘Referencias bibliográficas’ se colocan ordenadas en orden de citación, de acuerdo el estilo de la IEEE.
27. Se debe verificar con cuidado que todas las citas colocadas en el texto, aparezcan en la lista de ‘Referencias bibliográficas’. En la lista solo deben aparecer las referencias que fueron utilizadas en el texto principal del trabajo, en las tablas o en las figuras, esto implica que no deben aparecer otras referencias aunque el autor las haya consultado durante la preparación del artículo.
28. La sección de ‘Referencias bibliográficas’ deberá incluirse en un archivo aparte sobre \LaTeX , proporcionando un archivo de información bibliográfica (.bib); o si el artículo está escrito

sobre Microsoft Word® u otro procesador de texto, añadir una tabla en Microsoft Excel® (.xls o .xlsx). De esta manera, el formato de la revista para las referencias se coloca automáticamente, tal y como se muestra en algunos ejemplos a continuación.

Referencias

- [1] R. Balasubramani and V. Kannan, "Efficient use of MPEG-7 color layout and edge histogram descriptor in CBIR systems," *Global Journal of Computer Science and Technology*, vol. 9, no. 4, pp. 157–163, 2009.
- [2] S. Berretti, A. Del Bimbo, and P. Pala, "Retrieval by shape similarity with perceptual distance and effective indexing," *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 2, no. 4, pp. 225–239, 2000.
- [3] L. Graham, *Introduction to Mechanical Measurements*, Houston, 2006. [Online]. Disponible en: <http://cnx.org/content/col10385/1.1/>
- [4] T. Kijak, T. Furon, and L. Amsaleg, "Deluding image recognition in SIFT-based CBIR systems," in *Multimedia in Forensics, Security and Intelligence (MiFor)*, Florence, Italy, October 29 2010.
- [5] M. Kozłowski, M. Mackiewicz-Talarczyk, M. Muzyczek, and J. Barriga, "Future of natural fibers, their coexistence and competition with man-made fibers in 21st century," *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, vol. 556, no. 1, 2012.
- [6] D. Tahmoush, "CBIR for mammograms using medical image similarity," *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*, vol. 7628, p. 8, 2010.
- [7] X. Xu, Y. Wang, X. Zhang, G. Jing, D. Yu, and S. Wang, "Effects on surface properties of natural bamboo fibers treated with atmospheric pressure argon plasma," *Surface and interface analysis*, vol. 38, no. 8, pp. 1211–1217, 2006.

Para más detalles consultar:

<<http://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf>>

Preparación de las figuras

29. Las figuras pueden ser dibujos lineales, mapas o fotografías de medios tonos en blanco y negro o a color en resolución de 300 dpi.
30. No combine fotografías y dibujos lineales en la misma figura.
31. Diseñe las figuras para que se ajusten eventualmente al tamaño final de la revista 21 x 28 cm. Asegúrese de que las inscripciones o detalles, así como las líneas, tengan tamaños y grosores adecuados de tal manera que no queden ilegibles cuando sean reducidos a su tamaño final (números, letras y símbolos deben ser reducidos al menos a 2,5 mm de altura después que las ilustraciones han sido reducidas para ajustarse a la página impresa). Idealmente, las ilustraciones lineales deben ser preparadas a aproximadamente un cuarto de su tamaño final de publicación.
32. Diferentes elementos en la misma figura deben ser deletreados a, b, c, etc.
33. Las fotografías deben grabarse con alto contraste y en alta resolución. Recuerde que las fotografías frecuentemente pierden contraste en el proceso de impresión.
34. Dibujos lineales y mapas deben ser preparados con tinta negra.
35. El texto de las figuras y mapas debe escribirse con letras fácilmente legibles.
36. Si las figuras han sido previamente usadas, es de responsabilidad del autor obtener el permiso correspondiente para evitar problemas posteriores relacionados con los derechos de autor.
37. Cada figura debe ser entregada en un archivo aparte, ya sea como mapa de bits (.jpg, .bmp, .gif, o .png) o como gráfico vectorial (.ps, .eps, .pdf)

Procedimiento editorial

Para la publicación de artículos en la revista INGENIUS, su presentación y revisión se realiza con dos procedimientos:

38. Cuando el artículo ha sido recibido por el editor responsable, una primera revisión se realiza dentro de un consejo editorial interno que determinará la pertinencia y solvencia científica del

documento presentado, si este es aceptado en esta revisión se pasa al siguiente proceso.

39. El segundo proceso de revisión es la evaluación por expertos nacionales o extranjeros considerando el método *blind review* considerando los siguientes pasos:

- Al artículo se le asigna un número.
- El editor asigna el artículo a un miembro del consejo editorial interno, quien supervisará el proceso de revisión.
- El miembro del consejo editorial interno asignado solicitará dos o más revisores para el artículo.
- Una vez revisado el artículo, el revisor remitirá el informe hacia el miembro del consejo editorial interno en forma digital.
- El miembro del consejo editorial interno hace recomendaciones en base a todas las revisiones.
- Posteriormente el miembro del consejo editorial interno, presenta los formatos de revisión completos al editor responsable con las recomendaciones.
- El editor confirma o discute las recomendaciones.

- Una vez confirmado, el editor informa las recomendaciones al autor y hace llegar los comentarios de la revisión.
- El editor hace llegar una copia de las recomendaciones y comentarios de la revisión al miembro del consejo editorial interno y a todos los revisores.

40. Las revisiones para la revista INGENIUS son realizadas anónimamente; el autor recibe únicamente los comentarios de los revisores.

41. Si el revisor rechaza un artículo, se da una apropiada retroalimentación a el(los) autor(es).

42. El(los) autor(es) tiene una única oportunidad para mejorar un artículo haciendo las revisiones y correcciones necesarias; por lo tanto reciben de los revisores claros, concisos y completos comentarios para mejoras.

Comentario final

43. La revista INGENIUS publica dos números por año en los meses de diciembre y junio por lo tanto es importante considerar las fechas para el envío de los artículos para su revisión.

GUIDELINES FOR PUBLICATION IN THE INGENIUS JOURNAL

The papers submitted to the INGENIUS journal must be adjusted to the following criteria:

General criteria

1. Papers written by national or foreign researchers could be published if they accomplish the required scientific quality.
2. INGENIUS journal publishes articles related to complete research, literature reviews, reports of technological development, scientific papers, proposals for models and innovations and thesis results as long as they are a contribution to the field of Science and Technology.
3. The journal publishes original papers in English or Spanish, that is, they should not have been published before through any printed or electronic means.
4. All papers will undergo a rigorous process of arbitration and the evaluation, made according to the following criteria: originality, relevance, timeliness, contributions, scientific rigor and compliance with established publishers.
5. Being an arbitrated publication, the Editorial Board approves its publication based on the concept of specialized pairs. The receipt of a paper does not imply commitment to be published.
6. It is necessary to present a letter to the Editorial Board, authorizing the journal's publication of the research, attesting to the originality and to being the author of it. In addition, recorded evidence or credentials must be given to confirm the affiliation to the university or research center, as it is stated in the paper.
7. In recognition of his or her contribution, each author will receive two copies of the edition in which the paper is published.
8. The proposed paper should be submitted to: <revistaingenius@ups.edu.ec> or

<jcalle@ups.edu.ec>.

9. The site to access previous published journals is: <http://ingenius.ups.edu.ec/>

Technical requirements

10. Articles must be written using Microsoft Word® (.doc or .docx) or L^AT_EX (.tex). The templates to be used can be downloaded from the journal website.
11. The illustrations and tables should be numbered sequentially and include a narrative description for each. The equations in the article should also be numbered.
12. When submitting the article, do not try to design the manuscript. Use a font size of 12 points in the entire manuscript. Justify the right margin.
13. Use space after periods, commas and question marks.
14. Use double "enter" at the end of each paragraph and heading title. Do not use "enter" anywhere else, let the word processing program automatically break the lines.
15. Do not center headings or subheadings and let them be left aligned.
16. Tables should be created in the same program used for the body of the document, but must be stored in a separate file. Use tabs, not spaces, to create columns. Remember that the final size of printed pages is approx. 21 x 28 cm, and that your tables should be designed to fit the space of the final print.

Instructions for preparing manuscripts

17. The manuscript should be no more than 5000 words in length and include some or all of the following elements:

Header

- Title
- Authors and their institutional affiliation
- Abstract in English and Spanish
- Keywords in English and Spanish

Body of work

- Introduction
 - Substantiation
 - Definitions
 - Review of the literature
 - Formulation of objectives and development of hypotheses
- Materials, sources and methods
 - Data collection
 - Treatment of the variables
 - Statistical analysis
- Results
- Discussion
- Conclusions

Bibliography references

- References

Additional material

- Graphic elements
 - Tables
 - Acknowledgment
18. The article must include the header title, and then the information from each of the authors: below the header the full name, and at the bottom of the page: the title, undergraduate degree and the highest obtained graduate degree, position and institution where the author works, telephone numbers (conventional and cellular), address and email. If more than one author exists, indicate who the principal author is to whom correspondence should be sent.
 19. The ‘Abstract’ should be in Spanish and English, respectively; all manuscripts must be a single paragraph, short and concise (maximum 250 words) and summarize the results of the article. The abstract should be informative not indicative.
 20. There will be three to six keywords to represent the main topics of the article and these should

be placed at the end of the abstract.

21. The sections of ‘Introduction’, ‘Materials and methods’, ‘Results’, ‘Discussion’ and ‘Conclusions’ may be structured differently. If the article describes a study in a particular area, it must be described in a subheading under ‘Materials and methods’.
22. ‘Results’, ‘Discussion’ and ‘Conclusions’ can be combined in some cases.
23. ‘Acknowledgment’ should be short, not to exceed one paragraph and placed at the end of the paper.
24. When using citations in the article, you must use a bracket with a number inside which would be included in the literature eg. [1], and it would be placed in ascending order. Textual citations must be used with quotation marks in italics and then use a bracket with the corresponding number in the IEEE format.
25. ‘References’ are placed at the end of the text, after the concluding section.
26. Las ‘References’ are placed and sorted in order of appearance.
27. It should be checked carefully that all citations are placed in the text and appear in the list of ‘References’. In the list should appear only references that were used in the main body of the paper, in tables or figures; this means that no other references should appear, even those ones that the author has consulted for the preparation of the article.
28. The section ‘References’ should be included in a separate file, for L^AT_EX, provide the bibliographic information file (.bib); or if the article is written on Microsoft Word[®] or another word processor add a table on Microsoft Excel[®] (.xls or .xlsx). Thus the references format of the journal are automatically positioned, as shown in examples below.

References

- [1] R. Balasubramani and V. Kannan, “Efficient use of MPEG-7 color layout and edge histogram descriptor in CBIR systems,” *Global Journal of Computer Science and Technology*, vol. 9, no. 4, pp. 157–163, 2009.

- [2] S. Berretti, A. Del Bimbo, and P. Pala, "Retrieval by shape similarity with perceptual distance and effective indexing," *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 2, no. 4, pp. 225–239, 2000.
- [3] L. Graham, *Introduction to Mechanical Measurements*, Houston, 2006. [Online]. Disponible en: <http://cnx.org/content/col10385/1.1/>
- [4] T. Kijak, T. Furon, and L. Amsaleg, "Deluding image recognition in SIFT-based CBIR systems," in *Multimedia in Forensics, Security and Intelligence (MiFor)*, Florence, Italy, October 29 2010.
- [5] M. Kozłowski, M. Mackiewicz-Talarczyk, M. Muzyczek, and J. Barriga, "Future of natural fibers, their coexistence and competition with man-made fibers in 21st century," *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, vol. 556, no. 1, 2012.
- [6] D. Tahmoush, "CBIR for mammograms using medical image similarity," *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*, vol. 7628, p. 8, 2010.
- [7] X. Xu, Y. Wang, X. Zhang, G. Jing, D. Yu, and S. Wang, "Effects on surface properties of natural bamboo fibers treated with atmospheric pressure argon plasma," *Surface and interface analysis*, vol. 38, no. 8, pp. 1211–1217, 2006.
32. Different elements in the same figure should be spelled a, b, c, etc.
33. The photographs must be recorded with high contrast and high resolution. Remember that pictures often lose contrast in the printing process.
34. Line drawings and maps should be prepared with black ink.
35. The text figures and maps should be written in letters easily legible.
36. If the figures have been previously used, it is the responsibility of the author to obtain a permit to avoid further problems related to copyright.
37. Each figure must be submitted in a separate file, either as a bitmap (.jpg, .bmp, .gif, or .png) or vector graphic (.ps, .eps, .pdf)

For more details see:

<<http://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf>>

Preparation of figures

29. Figures may be line drawings, maps and half tone photographs in black and white or color resolution of 300 dpi.
30. Do not combine photographs and line drawings in the same figure.
31. Design figures to eventually fit to the final size of the journal 21 x 28 cm. Make sure the registration or details as well as lines are set with appropriate sizes and thicknesses so that they are not unreadable when reduced to its final size. (numbers, letters and symbols should be reduced at least 2.5 high after the pictures have been reduced to fit the printed page). Ideally, line art should be prepared to approximately one quarter of its final size of publication.

Editorial procedure

For publication of articles in the *INGENIUS*, submission and review is carried out with two procedures:

38. When the item has been received by the editor, a first review takes place with in a national editorial board to determine the relevance and scientific soundness of the submission, if this is accepted in this review it passes to the next process.
39. The second review process is the evaluation by national or foreign experts using the blind-review method following the next steps:
- The article is assigned a number.
 - The editor assigns the article to an internal editorial board member, who will oversee the review process.
 - The internal editorial board member assigns the article to two or more reviewers.
 - After reviewing the article, the reviewer forwards the report to the internal editorial board member in a digital format.
 - The internal editorial board member makes recommendations based on the reviews.
 - Subsequently, the internal editorial board member presents the complete review formats to the editor with the recommendations
 - The editor confirms or discusses the recommendations.

- Once confirmed, the publisher informs the author of there commendations and gets feedback from the review.
 - The editor makes a copy of the recommendations and commentaries which were made by the internal editorial board member and all the reviewers.
40. The reviews for the INGENIUS journal are made anonymously. The author receives only the reviewers' comments.
 41. If the reviewer rejects a paper, there is a proper feedback to the author.
 42. The author has a unique opportunity to improve an article by making revisions and corrections, so the reviewers use clear, concise and complete comments for improvements.

Final comment

43. The INGENIUS journal publishes two issues per year in the months of December and June, so it is important to consider the dates for submission of articles for review.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR

Javier Herrán Gómez, sdb

Rector

©Universidad Politécnica Salesiana

Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja

Casilla postal 2074

Cuenca, Ecuador

Teléfono: (+593 7) 205 00 00

Fax: (+593 7) 408 89 58

Correo electrónico: srector@ups.edu.ec

CANJE

Se acepta canje con otras publicaciones periódicas.

Dirigirse a:

Secretaría Técnica de Comunicación

Universidad Politécnica Salesiana

Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja

Casilla postal 2074

Cuenca, Ecuador

Teléfono: (+593 7) 205 00 00 Ext. 1182

Fax: (+593 7) 408 89 58

Correo electrónico: rpublicas@ups.edu.ec

www.ups.edu.ec

Cuenca – Ecuador

INGENIUS, Revista de Ciencia y Tecnología, publicación semestral, N.º 14,

Julio/Diciembre 2015

Editor responsable: John Calle Sigüencia.

Diseño, diagramación y maquetación **L^AT_EX**

Andrés P. Sarmiento / Universidad Politécnica Salesiana

Diseño de portada e impresión

Centro Gráfico Salesiano: Antonio Vega Muñoz 10-68 y General Torres.

Teléfono: (+593 7) 283 17 45

Cuenca – Ecuador

Correo electrónico: centrograficosalesiano@lms.com.ec