

# Proposal pilot broadcasting system to distribute an emergency alert protocol via RDS

R. G. Chavez, M. Chuchón, I. S. Ulloa, L. E. León, A. W. Rivera, and A. J. Llanos

**Abstract**— A protocol for emergency alert that is transmitted through the RDS, will allow to optimize and standardize the sending of different types of alert messages through FM broadcasting. The implementation of a pilot FM broadcasting system that uses the free groups 9A and 11A of the RDS, in which the emergency protocol called CAP-PER (Common Alerting Protocol - Peru) is inserted in the information bytes: Blocks C and D of the RDS baseband coding structure. The reception of the emergency messages is achieved through a developed RDS decoder module, which is synchronized to a specific FM radio frequency and allows extracting the emergency information contained in the CAP-PER protocol fields. Finally, we successfully performed laboratory tests in the INICTEL-UNI and field tests in the city of Arequipa-Peru with the collaboration of the TV-Peru broadcasting station.

**Keywords**— Broadcasting radio FM, coding and decoding emergency information, common alerting protocol (CAP), emergency warning system (EWS), radio data system (RDS).

## I. INTRODUCTION

LOS DESASTRES naturales pueden ocurrir sin previo aviso, y es necesario contar con sistemas de alerta de emergencia, con los cuales se pueda difundir a la población la información de emergencia lo más pronto posible, según la norma técnica Europea TS-102-182[1], los sistemas de difusión de emergencia deben comunicar al 50% de la población vulnerable en los 3 primeros minutos y al 5to minuto se deberá cubrir el 97% de la población.

Según la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones), existen tres fases durante el desarrollo de una emergencia en las cuales las tecnologías de información y telecomunicaciones intervienen activamente; las etapas son: “Predicción y Detección”, “Alerta” y “Asistencia” [2]; centrándonos en la componente de Alerta.

---

R. G. Chavez, Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones, (INICTEL-UNI), San Borja, Lima, Perú, rchavez@inictel-uni.edu.pe.

M. Chuchón, Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones, (INICTEL-UNI), San Borja, Lima, Perú, mchuchon@inictel-uni.edu.pe.

M. I. Chávez, Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones, (INICTEL-UNI), San Borja, Lima, Perú, mchavez@inictel-uni.edu.pe.

L. E. Ulloa, Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones, (INICTEL-UNI), San Borja, Lima, Perú, lulloa@inictel-uni.edu.pe.com.

I. S. León, Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones, (INICTEL-UNI), San Borja, Lima, Perú, ileon@inictel-uni.edu.pe.com.

A. W. Rivera, Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones, (INICTEL-UNI), San Borja, Lima, Perú, arivera@inictel-uni.edu.pe.com.

A. J. Llanos, Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones, (INICTEL-UNI), San Borja, Lima, Perú, allanos@inictel-uni.edu.pe.

Para poder alertar a la población de manera rápida y efectiva sin saturar algún medio de comunicación de deberán emplear tecnologías de radiodifusión, como Radio y TV, como se especifica en la ITU-R BT.1774-1 [3].

Con respecto a las tecnologías de radiodifusión, específicamente la radio FM, es la que tiene la mayor cobertura y en la que se encuentra la mayor población en zonas urbanas y rurales en comparación con la televisión y otras tecnologías, y es por esto que se pretende emplear el sistema RDS (Radio Data System), el cual permite incluir información digital sobre la señal de radio FM. De esta manera se puede transmitir el protocolo de emergencia denominado CAP-PER [4] sobre los grupos 9A y 11A propuesto para el presente artículo. Esto permitirá el envío de múltiples mensajes de alerta para cada uno de los tipos de emergencias que puedan presentarse.

Varias organizaciones de la Unión Europea y Estados Unidos continuaron trabajando conjuntamente en un sistema para la transmisión de datos, utilizando sub-portadoras dentro del espectro de FM, buscando transmitir audio y datos simultáneamente y, de esta forma, lograr una optimización en el uso del espectro. Este esfuerzo dio origen a dos estándares: el estándar norteamericano RBDS (Radio Broadcast Data System) que se introdujo en 1984 y el europeo RDS (Radio Data System) introducido en marzo de 1992.

Los sistemas RDS y RBDS utilizan la infraestructura de transmisión de las radiodifusoras en FM para transmitir datos presentados en forma de texto. Se puede incluir información como hora, estado del tráfico, indicadores económicos [5].

Lo interesante es que dentro del canal RDS permite enviar datos los cuales se modulan en un pequeño canal el cual es adecuado para transmitir mensajes de texto y datos a los receptores, así mismo el CAP-PER se puede enviar.

Así mismo el presente artículo describe una propuesta e implementación de un sistema de difusión de alertas de emergencia basado en el protocolo CAP-PER empleando un canal de radio FM.

Se pueden tener diversas aplicaciones para el empleo de este canal digital en un medio urbano y masivo en el cual también se permite enviar información emergencia con lo cual se tendrá información a tiempo, así mismo se podrá proponer una estructura de datos adecuado para la recepción de los mismos en forma oportuna considerando valores adecuados de parámetros para su recepción.

## II. SISTEMA RDS

El sistema RDS (Radio Data System) está destinado al uso de aplicaciones sobre transmisiones VHF/FM en el rango de 87.5 MHz hasta 108.0 MHz. Es importante que los receptores de data FM-RDS no se vean afectados por otras señales en el espectro multiplexado fuera del canal de data. Por esta razón la señal de data es llevada por una subportadora agregada a la

señal multiplexada Estéreo en la misma transmisión VHF/FM. Ya sea en fase o en cuadratura, la subportadora será ubicada en el tercer armónico de un tono piloto de 19 KHz. La capa de enlace de datos del sistema RDS nos ofrece una estructura de codificación en banda base llamada “Grupo” el cual posee 104 bits para el envío de información digital a través de la radiodifusión FM [6].

El grupo se divide en 4 bloques de 26 bits cada uno, de los cuales 10 bits son utilizados para proveer protección de errores y sincronización de información de bloque y de grupo y 16 bits para el contenido de información a ser transmitido. Mostrado en la figura 1.

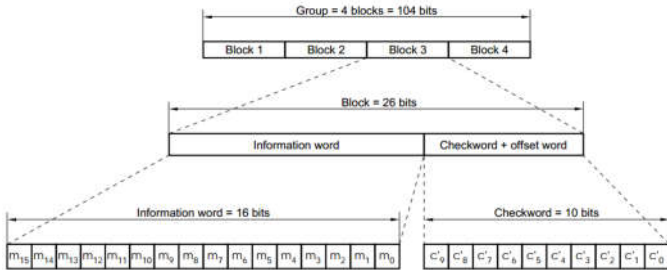


Figura 1. Estructura de codificación en banda base.

La transmisión inicia con el bit más significativo (m.s.b) (most significant bit) del grupo RDS de 104 bits, mostrado en la figura 2, de esta manera la primera información que obtiene un receptor RDS es el (PI code) Program Information Code del bloque 1.

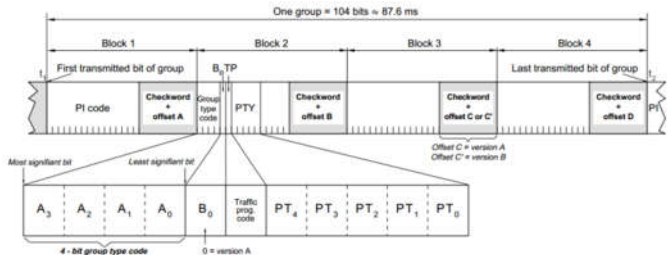


Figura 2. Direccionamiento y formato de mensaje.

Los primeros 11 bits del bloque 2 del grupo RDS componen el direccionamiento y formato de mensaje, de los cuales 4 bits son para determinar el código de tipo de grupo, 1 bit para la versión de tipo A o tipo B del código de tipo de grupo, 1 bit para el TP (Traffic Program) el cual identifica los programas de radio que continuamente transmiten tráfico de información y por ultimo 5 bits para el PTY (Program Type) el cual muestra el nombre del tipo de programa en difusión. De esta manera el bloque 2 del grupo RDS solo dispone de 5 bits libres para el envío de información. En la tabla I se muestra algunos de los tipos de grupo que posee el estándar RDS con un total de 32 grupos, donde 16 de ellos son de tipo de versión A y los otros 16 son de tipo de versión B.

TABLA I  
LA TABLA MUESTRA LOS TIPOS DE GRUPO MÁS IMPORTANTES Y LOS TIPOS DE GRUPO 9A Y 11A DEL ESTÁNDAR RDS.

| Group type | Group type code |    |    |    |    | Flagged in type 1 A groups | Description                                         |
|------------|-----------------|----|----|----|----|----------------------------|-----------------------------------------------------|
|            | A3              | A2 | A1 | A0 | B0 |                            |                                                     |
| 0A         | 0               | 0  | 0  | 0  | 0  |                            | Basic tuning and switching information only         |
| 1A         | 0               | 0  | 0  | 1  | 0  |                            | Programme Item Number and slow labelling codes only |
| 1B         | 0               | 0  | 0  | 1  | 1  |                            | Programme Item Number                               |
| 2A         | 0               | 0  | 1  | 0  | 0  |                            | Radio Text Only                                     |
| 9A         | 1               | 0  | 0  | 1  | 0  | Y                          | Emergency Warning System or ODA                     |
| 11A        | 1               | 0  | 1  | 1  | 0  |                            | Open Data Application                               |

El envío de información puede ser realizado a través de una ODA (Open Data Application), la cual es una aplicación para una transmisión VHF/FM sujeto a un proceso de registro, en donde las aplicaciones registradas están listadas en el EBU/RDS Forum – ODA Directory. Una ODA puede ser de versión A ó de versión B y el tipo de grupo para cualquier transmisión debe ser especificado en el AID (Application Identification) agregado en el grupo 3A. La tabla II muestra todos los tipos de grupos que pueden ser asignados como aplicaciones ODA.

TABLA II  
TIPOS DE GRUPO DISPONIBLES EN EL GRUPO 3A.

| Group type | Application Group Type code | Availability for Open Data Applications                |
|------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|
|            | 0 0 0 0 0                   | Special meaning: Not carried in associated group       |
| 3B         | 0 0 1 1 1                   | Available unconditionally                              |
| 4B         | 0 1 0 0 1                   | Available unconditionally                              |
| 5A         | 0 1 0 1 0                   | Available when not used for TDC                        |
| 5B         | 0 1 0 1 1                   | Available when not used for TDC                        |
| 6A         | 0 1 1 0 0                   | Available when not used for IH                         |
| 6B         | 0 1 1 0 1                   | Available when not used for IH                         |
| 7A         | 0 1 1 1 0                   | Available when not used for RP                         |
| 7B         | 0 1 1 1 1                   | Available unconditionally                              |
| 8A         | 1 0 0 0 0                   | Available when not used for TMC                        |
| 8B         | 1 0 0 0 1                   | Available unconditionally                              |
| 9A         | 1 0 0 1 0                   | Available when not used for EWS                        |
| 9B         | 1 0 0 1 1                   | Available unconditionally                              |
| 10A        | 1 0 1 0 0                   | Available unconditionally                              |
| 11A        | 1 0 1 1 0                   | Available unconditionally                              |
| 11B        | 1 0 1 1 1                   | Available unconditionally                              |
| 12A        | 1 1 0 0 0                   | Available unconditionally                              |
| 12B        | 1 1 0 0 1                   | Available unconditionally                              |
| 13A        | 1 1 0 1 0                   | Available when not used for RP                         |
| 13B        | 1 1 0 1 1                   | Available unconditionally                              |
|            | 1 1 1 1 1                   | Special meaning: Temporary data fault (Encoder status) |

Las aplicaciones ODA pueden ser utilizadas en 2 tipos de formato: la versión A, la cual podrá disponer de 37 bits libres y para el caso de la versión B se podrá disponer de 21 bits libres. La figura 3 muestra la disponibilidad de bits según el tipo A y en la figura 4 muestra la disponibilidad de bits según el tipo B.

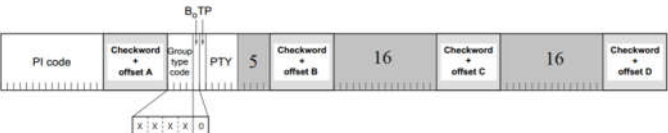


Figura 3. En el grupo RDS se observa la versión tipo A con 37 bits libres para disponer.

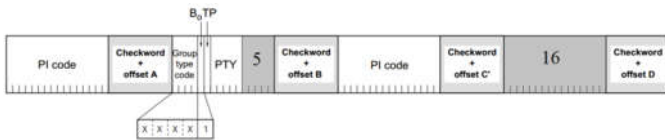


Figura 4. En el grupo RDS se observa la versión tipo B con 21 bits libres para disponer.

Por último, para una correcta transmisión de la información RDS según la norma internacional, se necesita realizar un etiquetado de identificación en el grupo 1A RDS según se muestra en la figura 5. Es decir se añade el grupo 1A en la transmisión RDS.

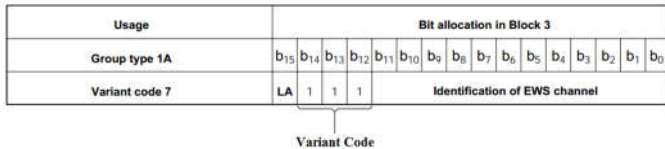


Figura 5. Method for linking RDS Programme Services

El sistema RDS es un sistema de transmisión de datos por emisoras de radio FM comerciales en sus canales de emisión regular, sin afectar la calidad del audio normalmente transmitido. Los datos transmitidos proveen de una serie de servicios al público con receptores de radio RDS. La idea del sistema RDS es enviar datos en forma digital junto con una señal de radio en frecuencia modulada FM. Los datos transmitidos pueden llegar a un gran número de usuarios gracias a la amplia cobertura de la red de emisoras FM y a un costo mínimo por parte de éstas. La información enviada con el sistema de RDS puede ser muy diversa [7]:

- Identificación de la emisora
- Frecuencias alternativas de la misma emisora
- Información sobre los programas emitidos
- Radiotexto

El sistema RDS es el ancho de banda reducido de 4,8 KHz centrado en una subportadora de 57 KHz con velocidad de transmisión de 1187,5 bit/s. La modulación utilizada es PSK (Phase Shift Keying) o modulación por desplazamiento de fase, con desviación de fase de  $\pm 90$  grados con una tolerancia de  $\pm 10$  grados [8].

El espectro de la transmisión en banda base de la señal RDS se muestra en la figura 6.

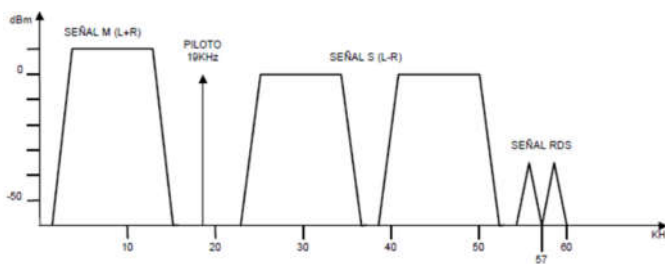


Figura 6. Espectro RDS en banda base

### III. SISTEMA DE EMERGENCIA CON FM - RDS

Se ha desarrollado un sistema piloto de emergencia con el cual se propone una solución integral para el empleo de un protocolo de emergencia para alertar a la población en riesgo por un caso de desastre. Esta solución comprende un transmisor FM con RDS, un receptor FM con RDS, un protocolo de alerta de emergencia de múltiples eventos y la propuesta de envío en la capa de enlace de datos RDS.

En la figura 7, se observa un diagrama del sistema piloto propuesta que emplea la radiodifusión RDS. El funcionamiento del sistema para activación inicia con el envío de un protocolo de emergencia con información estructurada desde el centro de operaciones de emergencia (COE) hacia una estación de radiodifusión FM donde se encuentra el encoder de emergencia RDS, para luego inserta la información del protocolo al transmisor FM agregando el estándar RDS; por último el receptor RDS es ubicado en una zona adecuada para difundir un mensaje de alerta según el evento presentado en el momento, recibe y procesa la información del protocolo de emergencia para generar la alerta.

Así mismo en la figura 7 observamos que el sistema se divide en 3 partes: El centro de operación de emergencia, la estación de radio FM y la difusión del mensaje de alerta de emergencia para indoor y outdoor.

#### A. Centro de Operación de Emergencia

El centro de operaciones de emergencia es aquí donde se confirma y ejecuta la orden de enviar la alerta de emergencia. El Centro de Operaciones de Emergencia cuenta con equipos como un servidor dedicado conectado a una red de datos para emplear una plataforma Web que permite la activación de alertas en caso de eventos de emergencia, simulacros, adicional a esto es capaz de monitorear y configurar los parámetros del receptor RDS para emergencia. En esencia esta plataforma Web permite generar y enviar un protocolo de emergencia adecuado para cada tipo de evento de emergencia. Esta información es enviada a la estación de radio FM por medio de un enlace P2P (Punto a Punto), donde el encoder RDS de emergencia recibe el protocolo de emergencia para ser insertada e enviada en la transmisión FM, cabe resaltar que esta información es enviada con el protocolo SFTP (Secure File Transfert Protocol) para transferir la data de manera segura.

#### B. Estación de Radio FM

El encoder RDS para emergencia desarrollado en INICTEL-UNI se conecta y adapta de manera sencilla al FM Transmitter Exciter en la estación de Radio FM. Este Encoder recibe el protocolo de emergencia desde el centro de operaciones de emergencia (COE) para codificar y preparar la inserción de la data en la capa de enlace de datos RDS (grupos RDS) para su posterior difusión FM. Cabe resaltar que el encoder RDS para emergencia está diseñado para codificar todas las múltiples variaciones que pueda tener el protocolo de emergencia emitido.

### C. Cobertura de Radiodifusión

Es el área de cobertura de señal FM donde se ubica el receptor de emergencia con RDS desarrollado por el INICTEL-UNI. El receptor se adapta al presentar la información de alerta de múltiples eventos debido a que está desarrollado de manera modular. Dos ejemplos se muestran en la figura 7 en donde nuestro receptor de emergencia RDS se encuentra incorporado a una estación de alarma sonora y un panel visual tipo led, los cuales emiten mensajes auditivos y visuales respectivamente.

Una parte fundamental del receptor RDS para emergencia es tener lectura de los grupos RDS en una frecuencia fija sintonizada. Una vez detectado el mensaje de alerta el receptor de emergencia con RDS decodifica el dato y procede a procesar la información para enviarlo en forma binario a un equipo electrónico.

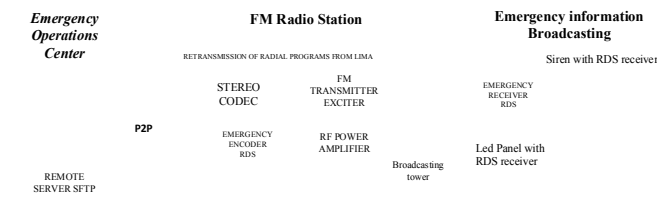


Figura 7. Esquema del sistema de difusión del protocolo de alerta de emergencia CAP-PER a través de la radiodifusión FM bajo el estándar RDS.

### IV. SISTEMA DE EMERGENCIA CON FM - RDS

El protocolo de alerta de emergencia CAP-PER, surge como una propuesta de tener un protocolo homogéneo con soporte para múltiples tipos de eventos de emergencia y está basado en el PLANAGERD-PERU [9] y el protocolo CAP [10].

Este protocolo nos permite incluir diferentes tipos de informaciones de emergencia acorde a los siniestros naturales de la realidad peruana generando una información estructurada obteniendo un fichero XML como se muestra en la figura 8. Para insertar el protocolo CAP-PER propuesto en los sistemas de transmisión, se busca adaptar la información en banda base al estándar RDS en una transmisión de radio FM.

```

<?xml version = "1.0" encoding = "UTF-8" ?>
<alerta>
  <identificador>GobiernoLocal</identificador>
  <fechaHora>2017-08-15T16:16:16-07:00</fechaHora>
  <estado>Prueba</estado>
  <tipo_mensaje>Alerta</tipo_mensaje>
  <ambito>Privado</ambito>
  <referencia>AbcdefghiJklmnopqrst</referencia>
  <informacion>
    <idioma>Quechua</idioma>
    <categoria>Biologico</categoria>
    <evento>Huayco</evento>
    <tipo_respuesta>Evaluar</tipo_respuesta>
    <urgencia>Futuro</urgencia>
    <severidad>Moderado</severidad>
    <certeza>Improbable</certeza>
    <efectivo>2016-08-29T14:32:45-07:00</efectivo>
    <inicio>2016-02-12T15:35:32-07:00</inicio>
    <fin>2016-12-31T16:18:54-07:00</fin>
    <color_alerta>Verde</color_alerta>
    <parametros>AbcdefghiJklmnopqrst</parametros>
    <area>01-15-07</area>
  </informacion>
</alerta>

```

Figura 8. Protocolo CAP-PER generado desde la interfaz web de usuario

### V. PROPUESTA PARA DISTRIBUCIÓN DEL PROTOCOLO DE ALERTA DE EMERGENCIA SOBRE RDS

#### A. Difusión del protocolo de emergencia sobre RDS

En el envío del protocolo de emergencia CAP-PER es almacenado en una buffer de 64 bytes en el receptor de emergencia RDS. Para configurar este almacenamiento se utilizan los últimos 4 bits del bloque 2 generando el direccionamiento de los bytes de información de los bloques 3 y 4 de la estructura codificada en banda base RDS, estos bits nos ofrecen 16 diferentes direcciones. Por lo tanto por cada dirección tenemos 4 bytes de información, generando un total de  $(16 * 4 = 64)$  bytes disponibles para ser transmitidos vía RDS.

#### a. Propuesta de grupos RDS de información de emergencia

Para el caso especial de envío de emergencia se tomó las siguientes consideraciones: Uso de los grupos 9A y 11A del RDS, debido a que ambos grupos están disponibles a ser utilizados para nuevas propuestas de envío, además el grupo 9A también está definido a ser usado como EWS (Emergencia Warning System) como se observa en la tabla II de grupos RDS.

La versión tipo A para los grupos 9A y 11A seleccionados, permiten utilizar los 16 bits de información del bloque C, ya que en la versión de grupos tipo B el PI Code del bloque A va repetido en el bloque C.

El tipo de programación en la transmisión RDS de emergencia debe estar debidamente normado, por esta razón para la transmisión de un protocolo de emergencia debe indicarse debidamente el (PTY) según la tabla III.

TABLA III  
LOS ÚLTIMOS DOS TIPOS DE PROGRAMACIÓN QUE SE UTILIZAN EN EL ESTÁNDAR RDS.

| Number | Code  | Programme Type | 8-character display | 16-character display |
|--------|-------|----------------|---------------------|----------------------|
| 30     | 11110 | Alarm Test     | TEST                | Alarm Test           |
| 31     | 11111 | Alarm          | Alarm!              | Alarm - alarm!       |

#### b. Módulo de envío RDS

El Módulo de Envío RDS tiene como objetivo enviar la alerta de emergencia a través de la transmisión FM usando RDS. Este módulo recibe el protocolo CAP enviado desde el servidor web y lo prepara para la inserción en un transmisor FM.

Consta de los siguientes elementos principales:

- Un Raspberry Pi 2, mediante el cual se recibirá vía Ethernet el protocolo CAP-PER en formato xml (Alerta.xml),

además se codificará el protocolo CAP-PER para su transmisión por los grupos 9A y 11A de RDS.

- Un módulo Smartgen Mini, el cual se encargará de insertar los grupos RDS deseados a la señal de audio antes de la transmisión de la misma.

El Raspberry Pi 2 y el Módulo Smartgen Mini estarán conectados por interfaz USB y comunicándose por consola serie. Estos se encuentran instalados en una caja metálica, la cual cuenta con una pantalla LCD y 4 pulsadores para configuración.

Al recibir el protocolo CAP-PER, este módulo automáticamente empezará a transmitir por los grupos 9A y 11A de RDS con la información concerniente al protocolo CAP-PER. Nótese que los grupos 0A y 2A serán emitidos todo el tiempo, haya o no un mensaje de alerta, esto servirá para monitorear el correcto estado de funcionamiento del encoder RDS.

La figura 9 muestra el diagrama de bloques general del módulo en el que se especifica los componentes generales.

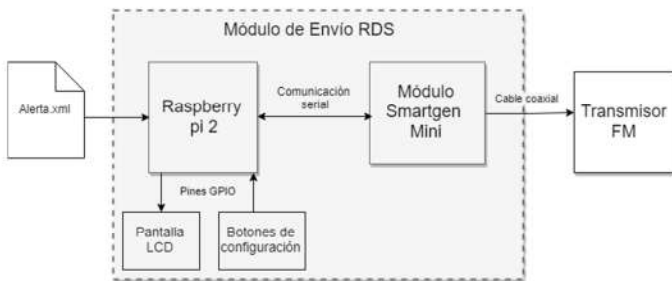


Figura 9. Diagrama del Módulo de envío RDS.

#### c. Monitoreo de la recepción del protocolo CAP-PER

El protocolo CAP-PER en formato xml (Alerta.xml) será recibido en la siguiente dirección: `/home/pi/RDS/Extraccion/Alerta.xml`

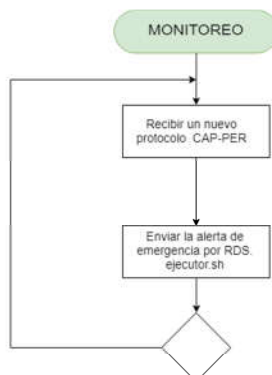


Figura 10. Diagrama de Flujo: Monitoreo

#### d. Codificación y Envío de Información de Alerta por RDS

Estas tareas son realizadas por el proceso “Ejecución”. El diagrama de bloque se muestra en la figura 11.



Figura 11. Diagrama de Flujo: Ejecución

#### B. Recepción del protocolo de emergencia RDS

Para la recepción del protocolo de emergencia CAP-PER el INICTEL-UNI ha desarrollado un receptor RDS para emergencia capaz de decodificar la señal recibida de emergencia y obtener la información en secuencia binaria del protocolo de emergencia. Este receptor está basado en la tarjeta de desarrollo (sintonizador FM/RDS) Si4703 SparkFun mostrado en la figura 12. Así mismo se ha empleado como una antena receptora con audífonos manos libres con conector tipo mini Jack.

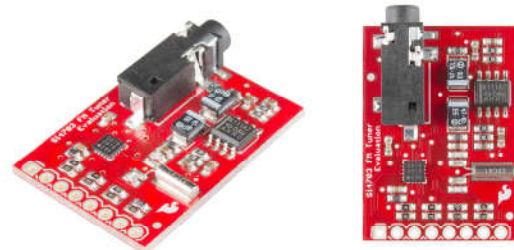


Figura 12. Tarjeta SparkFun Si4703, capaz de sintonizar estación FM/RDS en el rango de 87.5 hasta 108 MHz.

#### a. Diseño del receptor de emergencia RDS

Para el desarrollo del receptor de emergencia RDS se planteó el diagrama de flujo mostrado en la figura 13. Donde se configura la frecuencia de operación a la cual serán detectados los grupos RDS 9A y 11A. Al iniciar una emergencia se procede a recuperar todo el protocolo de emergencia CAP-PER para luego generar una activación de alerta en base a sus parámetros. Cuando este proceso finaliza, el receptor de emergencia RDS queda listo para otra eventual emergencia y el monitoreo o seteo de los parámetros del receptor.

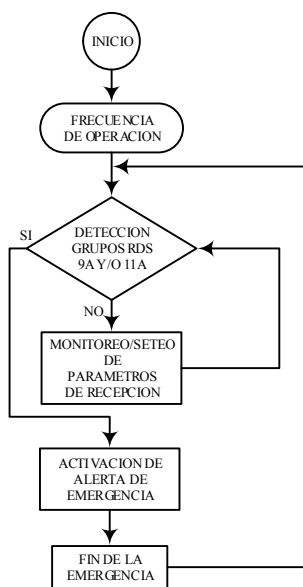


Figura 13. Diagrama de flujo del funcionamiento general del receptor de emergencia RDS.

La implementación final del receptor de emergencia RDS, consiste en una tarjeta electrónica donde se encuentra adaptado el Si4703 FM Turner y un micro controlador atmega. Este receptor tiene salida serial para la comunicación con equipos electrónicos, como por ejemplo: los paneles led y las sirenas sonoras de la figura 7. En la figura 14 se observa la tarjeta del receptor.

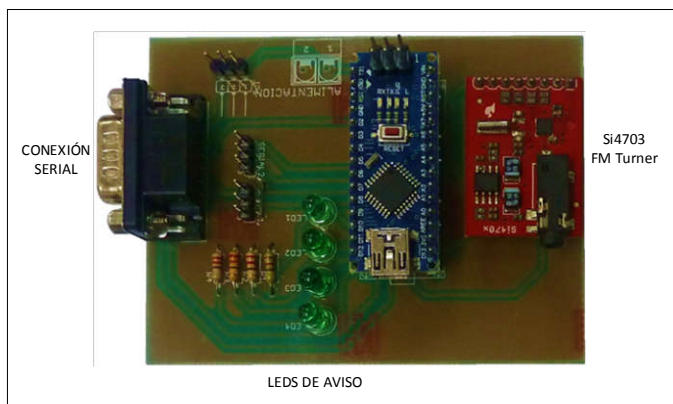


Figura 14. Diagrama de flujo del funcionamiento general del receptor de emergencia RDS.

b. Recepción del protocolo de emergencia CAP-PER

Una vez emitido el protocolo de emergencia CAP-PER a través de los grupos 9A y/o 11A del RDS, nuestro receptor de emergencia RDS filtra la información para almacenarla en un en una cadena de tipo char de 64 bytes. Luego esta cadena es cambiada de formato para obtener un vector tipo byte de 64 bytes de longitud. Para la decodificación del protocolo CAP-PER se utiliza principalmente corrimientos binarios, obteniendo todos los campos de la información de emergencia [w] de manera aislada y ordenada. Finalmente se genera un vector tipo byte con la información del protocolo de

emergencia CAP-PER, la cual es enviada por el puerto serial del receptor de emergencia RDS al equipo electrónico sonoro o visual, según sea el caso.

TABLA IV  
CAMPOS DEL PROTOCOLO DE EMERGENCIA CAP-PER EN  
FORMATO BINARIO.

| <b>Nº</b>          | <b>VARIABLE</b> | <b>BITS</b> |
|--------------------|-----------------|-------------|
| 1                  | identifier      | 2           |
| 2                  | date hour       | 33          |
| 3                  | state           | 2           |
| 4                  | message type    | 3           |
| 5                  | ambit           | 2           |
| 6                  | reference       | 160         |
| 7                  | language        | 2           |
| 8                  | category        | 3           |
| 9                  | event           | 5           |
| 10                 | answer type     | 3           |
| 11                 | urgency         | 3           |
| 12                 | severity        | 3           |
| 13                 | certainty       | 2           |
| 14                 | effective       | 33          |
| 15                 | start           | 33          |
| 16                 | end             | 33          |
| 17                 | alert color     | 2           |
| 18                 | parameters      | 160         |
| 19                 | area            | 12          |
| <b>TOTAL BITS</b>  |                 | <b>496</b>  |
| <b>TOTAL BYTES</b> |                 | <b>62</b>   |

c. Ensamblado del protocolo de emergencia

La recepcion del protocolo de emergencia CAP-PER via RDS es una cadena tipo char de 62 elementos la cual llamamos recepcion. Donde la primera fila representa la enumeracion de los subindices de la cadena recepcion, desde el subincide 0 hasta el subindice 22, la segunda fila representa el protocolo CAP-PER en formato binario, la tercera fila indica la numeracion de cada campo del protocolo CAP-PER mostrado en la tabla V y por ultimo la cuarta fila posee la informacion del protocolo CAP-PER en formato hexadecimal.

TABLA V  
PROTOCOLO DE EMERGENCIA CAP-PER RECIBIDO Y  
ALMACENADO POR EL RECEPTOR DE EMERGENCIA RDS.

|    |   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |    |   |    |    |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |      |   |
|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|----|---|----|----|----|---|---|----|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|------|---|
| 0  |   |   |   | 1  |   |   |   | 2  |   |   |   | 3  |    |   |    | 4  |    |   |   | 5  |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |      |   |
| 0  | 0 | 1 | 0 | 1  | 0 | 1 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  | 1  | 1 | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 1  | 1 | 1 | 1  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0    | 0 |
| 1  | 3 | 4 | 5 | 7  | 8 |   |   | 9  |   |   |   | 10 | 11 |   | 12 | 13 | 17 |   |   |    |   |   | 19 |   |   |   |   |   |   |   | Free |   |
| 16 |   |   |   | 00 |   |   |   | 64 |   |   |   | 10 |    |   |    | FF |    |   |   | F0 |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |      |   |

|    |   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6  |   |   |   | 7  |   |   |   | 8  |   |   |   | 9  |   |   |   | 10 |   |   |   | 11 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 1 | 1 | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 1  | 1 | 0 | 0 | 1  | 0 | 1 | 1 | 1  | 1 | 0 | 1 | 1  | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
|    |   |   |   |    |   |   |   | 2  |   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   | 14 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| E0 |   |   |   | C9 |   |   |   | BF |   |   |   | 7D |   |   |   | F0 |   |   |   | 8E |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|    |   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 |   |   |   | 13 |   |   |   | 14 |   |   |   | 15 |   |   |   | 16 |   |   |   | 17 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 0 | 1 | 1 | 1  | 0 | 1 | 0 | 0  | 0 | 0 | 1 | 0  | 1 | 1 | 1 | 0  | 0 | 0 | 0 | 1  | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 14 |   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   | 15 |   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| BA |   |   |   | 0B |   |   |   | 78 |   |   |   | 15 |   |   |   | 9F |   |   |   | 1C |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|    |   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 |   |   |   | 19 |   |   |   | 20 |   |   |   | 21 |   |   |   | 22   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 0 | 0 | 1 | 1  | 0 | 0 | 1 | 0  | 0 | 1 | 0 | 0  | 1 | 0 | 0 | 0    | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 |   |   |   |    |   |   |   | 16 |   |   |   |    |   |   |   | Free |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1C |   |   |   | 33 |   |   |   | 30 |   |   |   | 4B |   |   |   | 60   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|          |  |
|----------|--|
| 23 to 42 |  |
| bits     |  |
| 6        |  |
| Bytes    |  |

|          |  |
|----------|--|
| 43 to 62 |  |
| bits     |  |
| 18       |  |
| Bytes    |  |

Obtenida toda la información se puede disponer de todos los campos del protocolo de emergencia CAP-PER enviado desde la estación de radiodifusión FM. Esto nos permite por ejemplo mostrar la información del campo referencia Tabla V, en el panel led o en su lugar emitir mensajes sonoros en una sirena

electrónica con las indicaciones que transportaba el protocolo de emergencia CAP-PER.

## VI. PRUEBAS Y RESULTADOS

Para probar esta propuesta se consideró un área apropiada para la prueba, por ello se tiene un transmisor FM de baja potencia (1 Watt), encoder RDS. En esta prueba se consideró la relación del comportamiento del canal digital con la recepción de los datos. Así mismo tendremos considerar mediciones con una antena dipolo a 1.50 mts de altura. Con un tiempo promedio de 5min se recibe el CAR-PER,

### a. Disposición de los instrumentos de medida

El transmisor FM se le coloca una antena Yagui de 6 segmentos a una potencia de 1Watt por ello para recortar el área de alcance se le atenuó la señal 20dB. Así mismo se tomó un tiempo para realizar la medida con el tiempo 5min.

El receptor puede entregar información del nivel de señal principal de audio. Para el caso de canal RDS se midió el nivel de la señal. Se tomó una medida del canal esto en la disposición de la máxima señal en función del patrón de radiación de antena.

### b. Escenario de medida experimental

Una de las medidas es la relación de la recepción en dBm con respecto a la distancia en mts con ello vamos a tener hasta qué punto se tiene recepción en el canal RDS. Como se aprecia en la figura 15 se tiene un nivel de portadora de FM de hasta -65dBm como límite de recepción del canal RDS. Es evidente que ahun se tiene audio pero el canal digital la señal es muy bajo.

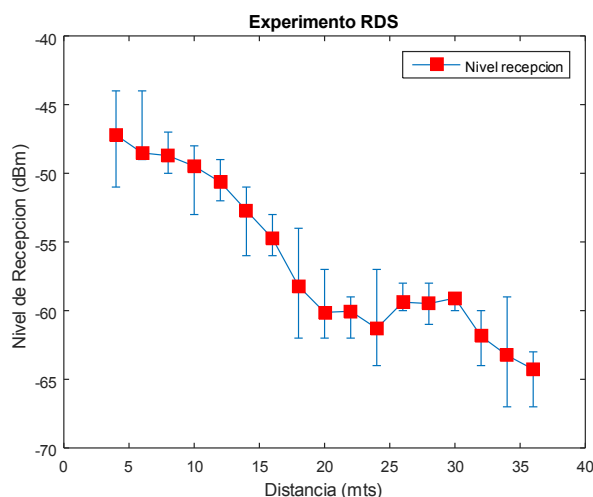


Figura 15. Grafica de relación Distancia vs Nivel de Recepción.

## VI. CONCLUSIONES

Esta propuesta de sistema piloto de Alerta se presenta como una alternativa para enviar mensajes de alerta en un sistema de radiofrecuencia. Según las pruebas realizadas se demuestra que se requiere un nivel umbral para la correcta recepción de

los datos, es evidente para una correcta y adecuada recepción de datos en un tiempo menor a 50seg es de -65dBm. Por ello para colocar receptores para interior y exterior se debe considerar estas medidas.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado por INOVATE-PERU como parte del proyecto "Implementación de un piloto de sistema automático de alerta de emergencias en la cuenca del río Chili empleando la radiodifusión para la ciudad de Arequipa". Los autores agradecen las contribuciones de todos los miembros de INICTEL-UNI, TV-PERU filial Arequipa, Universidad Católica San Pablo (UCSP) y Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER) quienes con su apoyo continuo hicieron posible la conclusión del presente trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] "Technical Specification Emergency Communications (EMTEL);Requirements for communications from authorities/organizations to individuals, groups or the general public during emergencies,," ETSI, FRANCE, ETSI TS 102 182 V1.4.1, 2010-07.
- [2] "Compendium of ITU's work on Emergency Telecommunications. International Telecommunication Union," ITU, 2007.
- [3] "Use of satellite and terrestrial broadcast infrastructures for public warning, disaster mitigation and relief BT Series Broadcasting service (television)," ITU, Recommendation ITU-R BT.1774-2(10/2015), 10/2015.
- [4] "Automatic novel system for sending emergency alert and alarm for multi events through radio broadcasting transmission system in Perú," *IEEE Xplore, ISBN Information: Electronic ISSN: 2155-5052, DOI: 10.1109/BMSB.2017.7986155*, 20 July 2017.
- [5] HERMES JAVIER ESLAVA BLANCO, LUIS ALEJANDRO ROJAS CASTELLAR, and MARTHA LUCÍA TELLO CASTAÑEDA, "Modelo de un sistema de radio digital utilizando infraestructura de FM comercial y recomendaciones de implementación en Colombia," *Tecnura*, no. 22, pp. 16-27, 2008.
- [6] LORENA GABRIELA MORALES REINOSO and TANNIA PAULINA VALLEJO MÁRQUEZ, ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS ESTÁNDARESDE RADIODIFUSIÓN DIGITAL TERRENA ORIENTADO A DEFINIR SU APLICABILIDAD EN EL ECUADOR, 2012.
- [7] David Carralero Alonso, RADIO DEFINIDA POR SOFTWARE ENDISPOSITIVOS DE BAJO COSTE, 2016.
- [8] Dayanna Micaela Montalvo Gómez, Análisis comparativo de los estándares de radio difusión sonora digital en la banda AM, y propuesta demigración tecnológica para el Ecuador., 2014.
- [9] "PLAN NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES PLANAGERD 2014-2021," SINAGERD, PCM,SGRD,CENEPRED,INDECI, LIMA, 2014.
- [10] OASIS, "Common Alerting Protocol Version 1.2," OASIS Standard, 01 July 2010.



**Ronald Gilbert Chavez Rojas**, egresado de la carrera de ingeniería de telecomunicaciones en la Universidad Nacional de Ingeniería.



**Mariano Chuchón Núñez** recibió su grado de ingeniero en ingeniería electrónica por la Universidad Nacional del Callao. Ha concluido sus estudios de maestría en la Universidad Nacional de San Marcos. Sus principales intereses de investigación se concentran en propagación de campos electromagnéticos, comunicaciones de redes inalámbricas, antenas, RNI, redes de sensores y redes de datos.



**Manuel Isidro Chávez Huacachino**, egresado de la carrera de ingeniería electrónica en la Universidad Nacional de Ingeniería. Con conocimientos en programación de microcontroladores y diseño de tarjetas electrónicas. Sus principales intereses se concentran en sistemas embebidos e IoT.



**Luis Enrique Ulloa Barriga**, egresado de la carrera de ingeniería de telecomunicaciones en la Universidad Nacional de Ingeniería. Con conocimientos en las áreas de Networking, Ciberseguridad, Cloud y Seguridad Informática. Actualmente sus campos de interés son IA y SDN.



**Alberto W. Rivera Canales** estudiante de ingeniería que cursa el 8vo ciclo de la carrera de ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional de Ingeniería cuyo campo de estudios de interés es Sistemas embebidos e IOT.



**Ivan Santos León Gavino**, Ingeniero de Sistemas de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Principales intereses en la investigación son IoT y SDN.



**Alejandro José Llanos García**, Ingeniero de Electrónico por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo UNPRG. Con estudios concluidos de Maestría en Telecomunicaciones con mención en redes de Banda Ancha en Universidad Nacional Mayor de San Marcos UNMSM. Miembro activo de la IEEE, específicamente del capítulo BTS Broadcast Transmission System, En la Actualidad desarrollo labores de I+D+i, además de Docencia Universitaria y Técnica en Redes y Sistemas de televisión digital Terrestre ISDB-T; Docencia de Cursos de certificaciones Internacionales; como el Cisco CCNA R&S, obteniendo reconocimientos como Instructor Excellence Advanced, además formulación y ejecución de proyectos de sistemas de alerta de emergencia y radiodifusión.