**Sistema de Telemetría de Rápido Despliegue en Zonas de Catástrofes Naturales**

*Fast Telemetry System Deployment on Natural Disaster Areas*

Diego Cancio\*, Jorge Favier\*\*

**RESUMEN**

La creciente tendencia hacia la automatización y el control de los procesos productivos, incrementaron la utilización de la telemetría para cumplir con dichos fines. Su implementación suministra plataformas de información para la toma de decisiones. Los sistemas de telemetría utilizan como medio de transporte para datos, las redes de comunicaciones primarias (GSM/GPRS, telefonía, enlaces F.O). Ante una catástrofe natural, estas redes son afectadas, produciéndose interrupciones en los servicios, causando pérdidas de información. Este trabajo muestra las ventajas obtenidas al combinar una unidad de hardware (UH – APRS) con el (SMMI). Se denomina Sistema de Telemetría de Rápido Despliegue en Zonas de Catástrofes Naturales (STRDZCN) y reúne requisitos básicos como mínimo tiempo de puesta en marcha, fácil implementación con recursos escasos y funcionamiento en zonas inhóspitas sin cobertura.

**Palabras clave:** UH – APRS (Unidad de Hardware APRS), SMMI (Sistema Multi Aplicación de Móviles por Internet).

**ABSTRACT**

The growing trend towards automation and control of production processes, increased use of telemetry to meet those goals. Its implementation platforms provides information for decision-making. Telemetry systems used as a transport medium for data, primary communications networks (GSM / GPRS, telephony links FO). In a natural disaster, these networks are affected, resulting in service interruptions, causing data loss. This work shows the advantages obtained by combining a hardware unit (UH - APRS) in (SMMI). Telemetry System is called Fast Deployment in Natural Disaster Areas (STRDZCN) and meets basic requirements such as minimum start-up time, easy to implement with limited resources and operating in inhospitable areas without coverage.

**Key words:** UH – APRS (hardware unit APRS), SMMI (Mobile Multi Application System of Internet).

**\*** Alumno Avanzado de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones Universidad de Mendoza.

**\*\*** Director del Grupo de Investigación de Packet Radio, Doctor en Ingeniería docente en la Universidad de Mendoza.

E-mail: diego\_cancio@hotmail.com

**INTRODUCCIÓN**

La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema. Se utilizó por primera vez en 1915, a mediados de la [primera guerra mundial](http://es.wikipedia.org/wiki/Primera_guerra_mundial). En la actualidad, la tendencia hacia la automatización y el control de los procesos productivos, han llevado a grandes desarrollos en dicha materia. La telemetría se utiliza en variados sistemas, tales como naves espaciales, plantas químicas, redes de suministro eléctrico, redes de suministro de gas entre otras empresas de provisión de servicios públicos, debido a que facilita la monitorización automática y el registro de las mediciones, así como el envío de alertas o alarmas al centro de control, con el fin de que el funcionamiento del sistema a controlar sea seguro y eficiente. La medición a distancia es, sin embargo, relativa, ya que la telemetría también se utiliza para obtener información en lugares cercanos pero de acceso difícil, peligroso e incluso prácticamente imposible.

Garantizar la continuidad del envío y recepción de datos de un sistema de telemetría, es un tema muy importante, ya que de acuerdo a la información obtenida, se deberán tomar decisiones que muchas veces pueden poner en peligro vidas humanas. A grandes rasgos, los componentes de un sistema de telemetría son, sensores y transductores, unidades terminales remotas (RTU), los canales de comunicaciones para el transporte de datos, el equipo transmisor y el receptor, entre otros componentes.

Los sistemas de telemetría, hacen uso de las redes primarias de comunicación, como redes celulares, conexiones TCP/IP, fibra óptica, entre otros canales de comunicación.

Ante la ocurrencia de fenómenos climatológicos y desastres naturales, los canales de comunicación nombrados anteriormente pueden resultar dañados. El restablecimiento de estos servicios (canales de comunicación) puede tardar días, semanas o meses enteros, dependiendo de cuál haya sido el daño causado, con la consecuente pérdida de información de suma importancia.

El trabajo presentado, hace un enfoque sobre cómo se comportan los sistemas de telemetría ante el eventual suceso de alguna catástrofe natural, y las consecuencias que pueden traer asociadas la perdida de información que envían estos sistemas, y que resultan de vital importancia. El mismo se denomina Sistema de Telemetría de Rápido Despliegue en Zonas de Catástrofes Naturales (STRDZCN) y reúne requisitos básicos como un mínimo tiempo de puesta en marcha, fácil implementación con recursos escasos y costos de operación y mantenimiento casi nulos. Estas cualidades hacen que el sistema no solo se comporte de manera segura ante una situación de catástrofe, sino que también pueda ser utilizado en zonas inhóspitas, donde no exista cobertura de redes primarias de comunicación. Se plantea como objetivo de este trabajo desarrollar un sistema de telemetría de rápido despliegue, para mostrar las bondades del mismo como un conjunto de tecnologías elegidas, y profundizar en conocimientos, para el desarrollo de futuras aplicaciones, que puedan ser útiles a la comunidad.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

Como mencionamos anteriormente, el Sistema de Telemetría de Rápido Despliegue en Zonas de Catástrofes Naturales (STRDZCN) está formado por una unidad hardware (UH – APRS) complementada por un conjunto de módulos de software, embebidos en la plataforma SMMI.

Todos los componentes del STRDZCN están diseñados para trabajar sobre un mismo protocolo estándar de comunicaciones denominando APRS (Automatic Position Reporting System).

A*. Hardware*: Unidad de Hardware APRS (UH – APRS), Osciloscopio, Multimetro digital, Estación de Soldadura, Computadora, Programador de PIC PICKIT3.

B*. Software:*Plataforma SMMI o Sistema Multiaplicación de Móviles por Internet, MPLAB V8.9, PHP, MYSQL (Base de Datos), HTML, KICAD (Diseño del Circuito Electrónico)

**Metodología**

*A. Esquema general funcional del STRDZCN*

Como primera medida daremos una breve explicación del funcionamiento general del STRDZCN.



**Figura 1.** Esquema general funcional del STRDZCN

Las magnitudes físicas medidas por los sensores en la RTU, son traducidos a niveles de tensión y enviados en forma de caracteres ASCII, siguiendo algún tipo de protocolo como i2c, MODBUS, entre otros hacia el módulo APRS. Los datos enviados hacia la UH - APRS, deben ser compatibles con el estándar RS-232, con 8 bits de datos, paridad none y un bit de parada, sin control de flujo.

La mayoría de las RTU cuentan con un puerto serie (conector DB9), para realizar la comunicación serie con otros dispositivos. Una vez que el módulo UHF – APRS recibió esa cadena de datos serie, con los mismos formara la trama de telemetría APRS, luego la embebe en el campo de información de la trama AX.25. Posteriormente es modulada en frecuencia (FSK), con una velocidad de 1.200 bps o 9.600 bps, representando en 1.200 bps un cero con una frecuencia de 2.200 Hz y un uno con una frecuencia de 1.200 Hz. Si conectáramos un parlante o auricular podríamos notar la diferencia de ambos tonos, ya que los mismos se presentan en dos frecuencias audibles por el ser humano, donde un tono es más agudo que el otro.

Una vez que la trama de datos en forma digital AX.25 ha sido convertida a tonos de audio (modulación en frecuencia), es insertada en el terminal del micrófono del equipo HT, mediante un conector adaptador de hardware. El PIC (micro controlador)es el encargado de realizar las funciones de lógica y control, mediante el mismo se realizan funciones como el PTT (Push To Talk), enviando los tonos de audio en la frecuencia designada para APRS (145.800MHz).

Existen estaciones APRS fijas o móviles que actúan como digi repetidoras, es decir que al recibir un paquete con la trama APRS, esta la repetirá a otra estación dentro de su alcance y así sucesivamente, multiplicándose varias veces la distancia que puede recorrer un paquete de datos APRS.

Existen estaciones APRS denominadas I-GATE, las cuales tienen todas las funcionalidades de una estación APRS típica y además cuentan con una conexión a internet. Cuando un paquete con la forma de la trama APRS, es recibida por un I-GATE, este inyecta los datos en la nube (internet) en el servidor APRS.IS a través de una conexión TCP/IP. Esto significa que el I-GATE ha hecho de Gateway valga la redundancia, convirtiendo un paquete que venía viajando en forma de ondas de radio por el espacio libre, a información digital, que ahora circula por la internet.

Una vez que los datos han ingresado en el servidor APRS.IS, pueden ser accedidos por los usuarios en cualquier parte del mundo, a través de la plataforma SMMI. El usuario podrá de esta manera acceder a los datos arrojados por los sensores que se encuentran en cualquier parte del mundo, desde la comodidad de una oficina con una PC con conexión a internet. De esta manera, podrá evaluar la información mediante las herramientas desarrolladas en la plataforma SMMI y realizar la toma de decisiones, acerca de las acciones a tomar.

Otra de las funcionalidades del módulo APRS, es que tiene la capacidad de actuar como un modem, es decir que puede modular información en formato digital, en tonos de audio o frecuencia (modulación FSK), y también puede demodular la información desde tonos de audio o frecuencia (FSK) y transformarla en formato digital, de tal manera que se puede realizar el proceso inverso. Es decir que el UH – APRS puede recibir a través de un equipo HT tonos de audio modulados en FSK y los puede demodular para obtener nuevamente la trama en formato digital y de esta manera ingresarlos a una PC o dispositivo que permita mostrarlos gráficamente.

*B. Ensayos realizados sobre la UH-APRS.*

Se trabajó sobre la Unidad de Hardware – APRS (UH - APRS), el cual es un dispositivo que permite vincular un puerto RS-232 (puerto serie) con un puerto APRS. Su función principal, es la de recibir una cadena de datos serie (información relevante) enviada hacia el modulo UH - APRS por algún sensor, RTU (Unidad Terminal Remota), o dispositivo de medición que arroje datos con una configuración 8 n 1 con una velocidad de 1.200 bps o 9.600 bps.

Una vez que los datos son ingresados al módulo UH - APRS, son procesados y re formateados en modo de trama de telemetría del protocolo APRS. Cuando se obtiene la misma es embebida dentro del campo de información de un paquete AX.25, luego los datos digitales de la trama AX.25 son modulados en FSK (Frequency Shift Keying), para poder ser enviados por el equipo transceptor en forma de tonos de audio, utilizando la frecuencia asignada para APRS (bandas de VHF o UHF – FM).

En la siguiente imagen se puede ver la primera versión del UH – APRS. Mediante este prototipo se pueden realizar pruebas con el objetivo de mejorar los desarrollos de las futuras versiones de esta unidad.

****

**Figura2**. Unidad de Hardware APRS (UH – APRS)

El módulo UH - APRS está formado por un micro controlador, encargado de formatear (transmisión) y decodificar (recepción) la trama APRS, ya sea para la transmisión de un paquete APRS o cuando se realiza la recepción de un paquete de este tipo, también se encarga de embeber la trama APRS en un paquete AX.25. Otra de las funciones de este módulo es la adaptación de los niveles de tensión entre un puerto RS-232 y un puerto TTL para, por ejemplo, poder conectar el módulo APRS con el puerto serie de una RTU o para conectar a un puerto de una PC.

Por otra parte, dentro de este módulo, se encuentran los circuitos integrados encargados de la modulación y demodulación de la información digital en tonos de audio para poder ser transmitida por la unidad transceptora.

La modulación es FSK, en 1.200 bps o 9.600 bps, que son las velocidades estándares para transmisión de datos en APRS. Un cero es representado para una velocidad de 1.200 bps por un tono de 2.200 Hz y un uno es representado por un tono de 1.200 Hz.

También encontramos la unidad transceptora VHF - UHF, que en nuestro caso utilizamos un Handy (HT), pero los tamaños pueden ser reducidos si se utiliza un transceptor que cuente con las funciones básicas (placas OME), es decir, solo con las funciones de transmisión y recepción (sin pantalla, teclado,etc).

Con un equipo HT, que tienen una potencia del orden de los 5 W, podemos lograr distancias en el orden de los 50 a 100Km, dependiendo de las condiciones geográficas del lugar. De manera tal que el alcance del sistema, dependerá de la potencia del equipo transceptor y del perfil del terreno. Cabe destacar que el prototipo fue realizado, con componentes electrónicos seleccionados para tal aplicación, y agregando algunos (potenciómetros, leds indicadores) que permitan realizar el debug de la placa, para simular distintas condiciones y modos de trabajo, como variar las frecuencias de modulación, etc.

El SMMI es una plataforma global y flexible que permite la implementación de distintas aplicaciones que involucren móviles, entendiendo como móvil, a toda entidad u objeto susceptible de generar información (Favier, 2000).

Esta plataforma global permite una optimización de los costos de desarrollo, ingeniería e inversiones necesarias para la implementación de cada nuevo sistema.

Al ser la plataforma global y flexible permite una optimización y reutilización de todas las herramientas que se diseñen para la implementación de otros subsistemas que estén implementados en la plataforma SMMI. En la plataforma SMMI podemos visualizar en cualquier parte donde tengamos acceso a una conexión a internet y en tiempo real la información transmitida por la (UH-APRS).

A continuación podemos observar una captura de pantalla de la plataforma SMMI.



**Figura3**. Portada principal del SMMI. Su dirección web es <http://www.um.edu.ar/aprs/>

La plataforma fue desarrollada por estudiantes de ingeniería en computación y electrónica de la Universidad de Mendoza. En ella se encuentran distintas herramientas como posicionamiento a través de GPS en mapas digitales (google maps).

Se construyó una primera versión o prototipo de la unidad de hardware APRS (UH-APRS) con componentes electrónicos seleccionados adecuadamente para el tipo de aplicación donde se desempeñará el mismo. Una vez finalizado el diseño, quemado de la placa, y montaje de los componentes en la misma se procedió a realizar el test la misma. Se inyecto una señal digital (cadena de caracteres) y se testeo el equipo a través de un bucle cerrado (sin el equipo de transmisión VHF-UHF). Al realizar este tipo de test en bucle cerrado, lo que se corroboro fue que la señal digital que ingresara por el terminal fuera convertida a tonos de audio al ser modulada, y que al ser demodulada, la misma fuese reconvertida al formato digital nuevamente. Los caracteres que se obtuvieron a la salida se pudieron observar en un programa como el Hyperterminal y fueron los mismos que ingresaron al dispositivo .Como segunda prueba se conectó un equipo VHF en una frecuencia seleccionada y se realizó la misma secuencia que la anterior, pero en este caso con los equipos transceptores incorporados. Se logró la transmisión y recepción de los caracteres conservando la integridad de la información.

**RESULTADOS**

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Se logró la transmisión y recepción de las cadenas de caracteres de prueba en forma íntegra. Al analizar la forma de onda de la información digital en el osciloscopio, se observó que al alimentar la UH - APRS con una fuente conmutada o switching, la misma introducía cierto Jitter en los pulsos digitales. Cuando la UH - APRS se alimentó con baterías de CC, el Jitter no estuvo presente.

**ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

Se puede decir que los resultados obtenidos fueron satisfactorios, ya que al ser el primer prototipo construido, su funcionamiento fue el esperado. Se logro la transmisión integra de la información (cadena de caracteres). Está claro que este protocolo, por su característica fue diseñado para bajas tasas de transferencia, pero ello no impide que no solo se pueda enviar información como cadenas de caracteres, sino que también se pueden enviar imágenes.

Obviamente el tiempo que demanda dicha transferencia es bastante prolongado, pero es una tecnología que no debe ser dejada de tener en cuenta, pues en la ISS(Estación Espacial Internacional ) todavía sigue vigente, y se utiliza para enviar imágenes de barrido lento o SSTV.

Sin dejar de mencionar que varias marcas líder en el desarrollo de equipos de comunicaciones como kenwood, sigue incorporando en sus equipos el protocolo APRS y dispositivos para el envío de imágenes como SSTV. Para futuras versiones de la UH - APRS se debería incluir un análisis de la compatibilidad electromagnética, por ejemplo para poder alimentar el dispositivo con cualquier tipo de fuente sin que el desempeño de la misma se vea afectado. Otra consideración importante sería la de realizar el desarrollo con componentes de montaje superficial, ya que se podría disminuir el tamaño y peso del dispositivo.

**CONCLUSIONES**

Con este trabajo se espera haber mostrado las bondades del sistema de telemetría de rápido despliegue en zonas de catástrofes naturales, como también de las distintas tecnologías que forman parte del mismo.

Veremos ahora las conclusiones que se obtuvieron del presente trabajo de ITP; primero las referidas a los aspectos técnicos, posteriormente, las referidas a los aspectos relacionados con los recursos humanos que intervinieron en dicho proyecto. Las referidas a los aspectos técnicos son:

El STRDZCN es una muy buena opción para pensar en desarrollos de sistemas alternativos de envío y recepción de información de importancia vital como son los datos de telemetría, ya que reúne características que lo hacen ideal para situaciones catastróficas.

Aunque las tecnologías presentadas en este trabajo resulten ser conocidas, la combinación realizadas de las mismas para la implementación del STRDZCN no lo es. La combinación exitosa de las tecnologías involucradas en este sistema da por resultado un nuevo producto; el cual es moderno, confiable, de bajo costo y útil en situaciones extremas o donde las redes primarias de comunicaciones son inexistentes.

Actualmente en la mayoría de las empresas y lugares donde se realiza telemetría en procesos críticos, disponen de equipos de comunicaciones VHF - UHF, generalmente es la parte más cara. En una situación de catástrofe, solo bastaría con conectar la UH - APRS mediante la interfaz adecuada a los transceptores VHF - UHF y el sistema quedaría completamente operable para realizar la transmisión de la información al centro de operaciones.

Otro gran campo de aplicación que se presenta no es solo en zonas de catástrofes naturales, sino en campos donde no existe cobertura de las redes primarias de comunicación, o donde realizar un enlace cableado se hace inviable por las características geográficas del lugar. Por ejemplo podemos nombrar las zonas de perforación de pozos petroleros. Las empresas cuentan con equipos VHF - UHF en grandes cantidades, de manera que se podrían armar redes que cubran varios kilómetros, con la infraestructura y los recursos que ya están disponibles, solo habría que agregar la UH - APRS.

Por último, una plataforma global y flexible como es la SMMI, nos permite gestionar y controlar los procesos en observación y mediciones llevadas a cabo en tiempo real y desde cualquier parte del mundo donde tengamos acceso a una conexión de internet. A la misma se puede acceder a través de la siguiente web <http://www.um.edu.ar/aprs/> .

Las conclusiones, referidas a los aspectos humanos, las podemos resumir en los siguientes puntos:

Se logró armar un equipo de trabajo, pudiendo superar varios inconvenientes que surgieron en el camino, en gran parte, gracias a los aportes realizados por el Dr. Ing. Jorge Luis Favier, que en los momentos de dudas, supo brindarnos su experiencia.

Se logró mantener la discusión y el debate, en forma grupal, de todos y cada uno de los temas logrando así un mayor resultado que el que se hubiera obtenido a partir de una sola opinión o punto de vista.

El trabajo STRDZCN fue presentado en el ARGENCON-IEEE, en la Universidad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales (FCEFyN), Universidad Nacional de Córdoba, en un congreso internacional con duración de tres días y que conto con la presencia de importantes expositores de numerosos países.

Como conclusión final se puede destacar que además del producto desarrollado, se ha adquirido una enorme experiencia tanto a nivel de lo que implica un trabajo de ITP, como del desarrollo de las capacidades personales y de trabajo en grupo.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. The APRS Working Group: APRS PROTOCOL REFERENCE. Version 1.0 (2000).
2. Beech, Taylor, Nielsen :AX.25 Link Access Protocol for Amateur Packet Radio. Version 2.2(1998).
3. Tucson Amateur Packet Radio (TAPR), <http://www.tapr.org/>
4. Sistemas de Telemetria(Wikipedia),http://es.wikipedia.org/wiki/Telemetría
5. Estación de Packet Radio de la Universidad de Mendoza. ([www.um.edu.ar/estacion](http://www.um.edu.ar/estaci%C3%B3n)/)