

## Cerco Perimetral Inalámbrico

Mario R. Modesti<sup>(1)</sup>, Dimas A. Benasulin<sup>(2)</sup>, Darío O. Tamburi<sup>(3)</sup>

Laboratorio de Sensores e Instrumentación  
Centro de Investigaciones en Informática para la Ingeniería  
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Córdoba,  
[mmodesti@scdt.frc.utn.edu.ar](mailto:mmodesti@scdt.frc.utn.edu.ar)  
[dimasbenasulin@gmail.com](mailto:dimasbenasulin@gmail.com)  
(Maestría en Ingeniería en Control Automático UTN-FRC)  
[tamburi@arnet.com.ar](mailto:tamburi@arnet.com.ar)  
(Maestría en Redes de datos UNLP)

**RESUMEN** Se implementa la indicación de intensidad de señal recibida RSSI (Radio Signal Strength Indicator) como detector de proximidad para la delimitación de “zona de riesgo” en entornos industriales y de la construcción, constituyendo una señal de aviso para el operario con el objetivo de minimizar accidentes. Se emplea como plataforma de desarrollo el kit EZ430-RF2500 equipado con un trancceptor en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) de 2.4GHz, mediante el cual se efectúa la caracterización de la respuesta de intensidad de señal recibida en función de la distancia. Finalmente se construye una plataforma experimental para evaluación.

**PALABRAS CLAVE:** Seguridad Industrial, Sistemas Inteligentes, Redes inalámbricas de sensores

### INTRODUCCIÓN

A través de la historia el problema de la seguridad industrial ha representado la principal preocupación de las empresas y compañías aseguradoras.

A pesar de los esfuerzos realizados en cuanto a capacitación y provisión de elementos de seguridad, los accidentes laborales han disminuido pero no eliminado por completo.

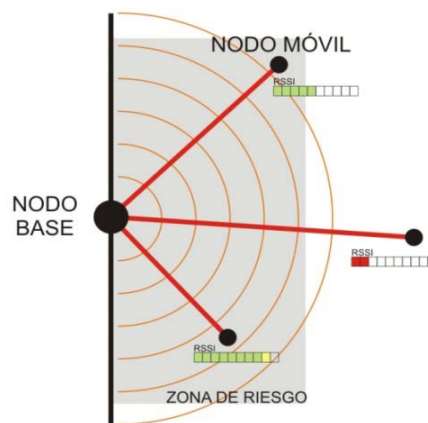
Una de las causas más frecuentes es el error humano, debido principalmente al no uso de los elementos de protección personal.

La señalización constituye una medida importante para disminuir los accidentes siempre que sean tenidas en cuenta por parte del operario. En el presente trabajo se desarrolla un sistema de aviso de “zona de riesgo” la cual puede ser por ejemplo, en las proximidades de caídas al vacío en edificios en construcción o tableros de alta tensión por nombrar algunos [8].

Gracias a la tecnología actual es posible contar con un Nodo de Red alimentado por baterías capaz de gestionar el sistema de seguridad, alertando al operario a emplear el elemento de seguridad correspondiente.

Debido a su reducido tamaño es posible montarlo en el casco de seguridad. En este trabajo se emplea el nivel de intensidad de señal recibida para estimar la proximidad del nodo móvil a la

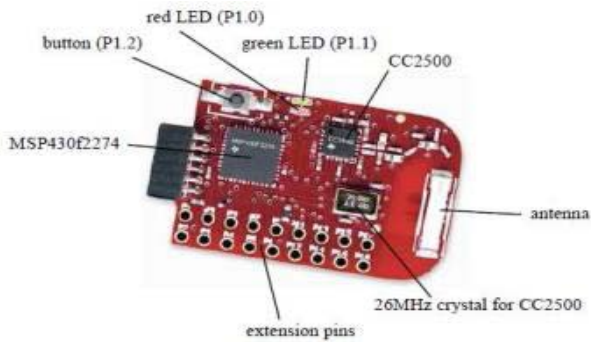
base y en base a este nivel dar una señal de aviso, indicando la proximidad a la zona de riesgo. La Figura 1 representa una situación típica.



**Figura 1**  
**Delimitación de zonas de riesgo a través de Señales de Radio**

### PLATAFORMA

El nodo de red está basado en el microcontrolador MSP430 de la firma Texas Instruments y el chip de comunicaciones CC2500.



**Figura 2**  
**Nodo de Red**

La familia de los MSP430 se caracteriza por su extremadamente bajo consumo de energía, favoreciendo su empleo en equipos alimentados por baterías, además, la arquitectura de 16 bits optimizada para su programación en lenguaje “C” permiten desarrollar cálculos complejos de forma óptima y sencilla.

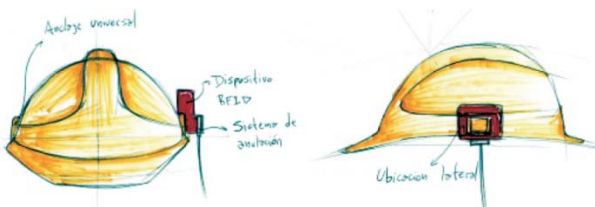
El chip de comunicaciones empleado es el CC2500 de la Firma ChipCon operando en la banda ISM de 2.4GHz. Diseñado para emplearse en aplicaciones de corto alcance logra +1dBm con 10 niveles configurables de potencia. La sensibilidad se encuentra -104 dBm a 2.4 kBaud, con una tasa del 1% por paquete.

La sección del modem puede configurarse con tasas de transferencia que van desde 2.5 hasta 500 kBaud [9].

Debido a su bajo consumo de potencia y emisión de RF este dispositivo puede ser empleado en atmósferas explosivas.

## DESARROLLO DE LA aplicación

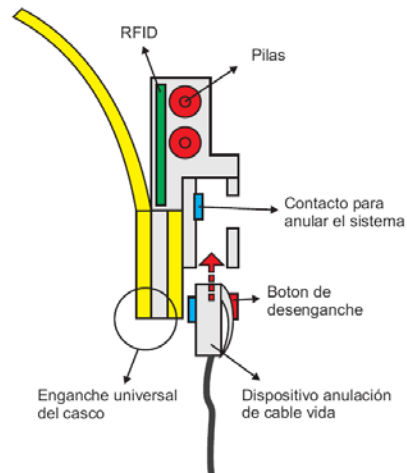
Se optó por montar el dispositivo en el casco de seguridad ya que es el elemento imprescindible para ingresar a la obra, de esta manera cada casco cuenta con su respectivo nodo.



**Figura 3**  
**Montaje del nodo móvil en el Casco de Seguridad.**

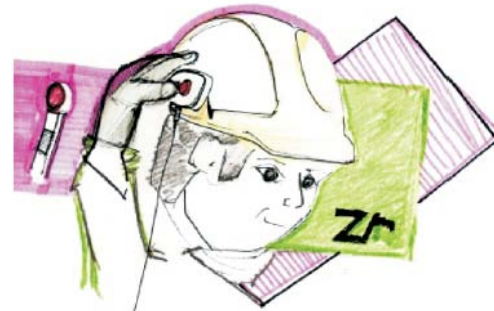
La Figura 3 muestra el montaje del dispositivo en el casco de seguridad, el mismo cuenta con un cordón de anclaje al cable vida.

La Figura 4 presenta un esquema del enclave donde se encuentran los contactos del testigo de cable vida. De esta manera, mediante una entrada digital el nodo móvil se informa del momento en que el operario se asegura efectivamente.



**Figura 4**  
**Dispositivo de seguro al cable vida**

Ver en la Figura 5, el prototipo de casco equipado con el sistema propuesto



**Figura 5**  
**Casco equipado con un Nodo de Red**

## LOCALIZACION Y MAPEO

La aplicación desarrollada monitorea periódicamente la intensidad de señal recibida, una vez superado el umbral mínimo de detección, almacena el ID (Identificador del nodo móvil) en una tabla de consulta, actualizando su correspondiente indicación de RSSI [4].

En esta situación el nodo móvil se encuentra en el área de detección, fuera de la

“zona de riesgo” definida por programa. Si la indicación de RSSI se incrementa y supera la cota definida como máxima segura, dicho de otra manera, el operario ha ingresado a la “zona de riesgo”, se dispara el sistema de aviso de alarma.

La Figura 6 presenta la Tabla de Consulta dinámica almacenada en el Nodo Base, la misma almacena el estado de todos los nodos que se encuentran en el área de detección en cada instante de tiempo, además del ID correspondiente y el nivel RSSI se almacena un campo booleano que indica si el operario se ha asegurado de forma adecuada, en caso contrario, si al menos un operario no se encuentra asegurado y permanece en la “zona de riesgo” el sistema de aviso permanece activo.

Bajo la condición de que todos los operarios o Nodos Móviles se encuentren asegurados se desactiva el sistema de alarma.

Si en caso de descuido un operario se quitara el elemento de protección, estando en “zona de riesgo”, automáticamente el sistema activa nuevamente la señal de aviso.

ID	RSSI[dBm]	Seguro
0x1A	-90	Si
0x2B	-67	Si
0x23	-20	No
0x1F	-50	Si

Figura 6  
Tabla de Consulta

## MEDICIONES

Para obtener la relación entre la indicación de señal RSSI y la distancia física entre nodos se relevaron las indicaciones cada 20 cm.

Una aplicación en PC devuelve el valor medio de las últimas k mediciones con su correspondiente varianza. Luego con los datos obtenidos se obtuvo un polinomio de primer orden que representa la función de distancia a ser empleada por el nodo base para estimar la distancia a la que se encuentra el nodo móvil. Ver Figura 7.

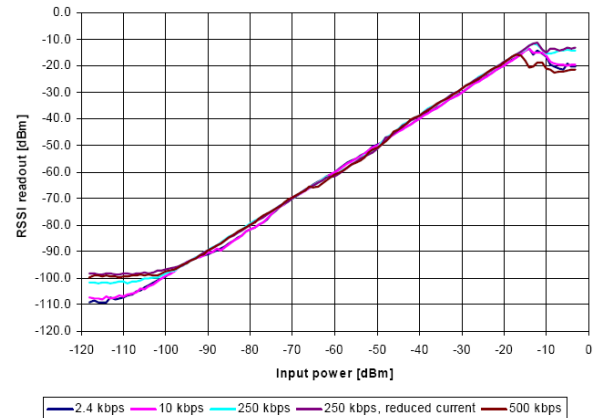


Figura 7  
Indicación de RSSI en función del Nivel de Potencia recibida

La Figura 8 muestra la interface gráfica de la aplicación con las variables relevadas y la elaboración final.

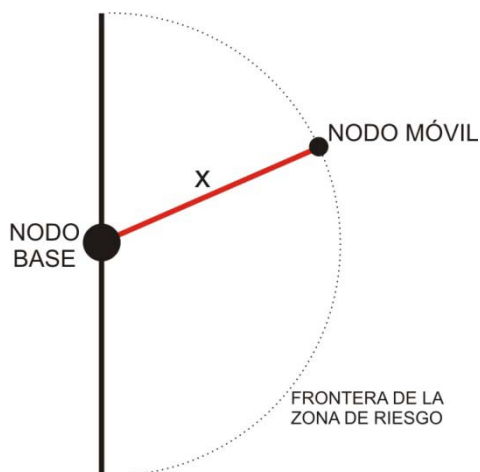


Figura 8  
Aplicación en PC empleada para caracterizar la indicación de RSSI

## MODO DE APRENDIZAJE

Un modo especial de configuración permite establecer la zona de riesgo en forma manual, para ello se ubica el nodo móvil en la frontera de la zona a controlar y mediante una aplicación en PC se configura esta nueva distancia como la distancia de “zona de riesgo”, ver Figura 9.

Esto es especialmente conveniente en ambientes con obstáculos en los cuales la relación de señal RSSI no es constante [1].



**Figura 9**  
Configuración de zona de riesgo en modo de aprendizaje.

## LOGGING REMOTO

El nodo base cuenta con un puerto de comunicaciones USB en modo esclavo, esto permite a una aplicación en PC grabar periódicamente el estado de la zona de riesgo constituyendo una "caja negra" que en caso de accidente puede indicar que nodos se encontraban en la zona durante un siniestro [3].

## AUTONOMIA

La familia de microcontroladores MSP430 se caracterizan por su extremadamente bajo consumo, haciéndolos especialmente aptos para su empleo en equipos alimentados por baterías.

Por otra parte el chip de comunicaciones CC2500 permite configurar su potencia de transmisión en 10 niveles permitiendo establecer con cierta flexibilidad la potencia necesaria en función de la distancia de operación, minimizando el consumo de energía.

La norma de seguridad indica que los cascos deben ser reemplazados con periodicidad de un año, siendo este el límite deseado de autonomía de las baterías para el nodo móvil.

## CONCLUSIONES

Las Redes inalámbricas encuentran aplicación en un gran número de aplicaciones en las que las que el trabajo cooperativo en Red simplifica, optimiza y expande las posibilidades de realizaciones.

En el presente trabajo se logró implementar la métrica de RSSI como estimativo de

distancia física, permitiendo concebir un sistema inteligente de alarma o advertencia de riesgo. La posibilidad de contar con nodos de red inteligentes alimentados a baterías permitió concretar satisfactoriamente la aplicación planteada.

## RHHH

El presente trabajo está contenido en el marco del Proyecto de Investigación y Desarrollo "Guiado remoto por medio de telemetría y posicionamiento global inalámbrico" desarrollado en las Instalaciones del Laboratorio de Sensores e Instrumentación

La formación de RRHH no se limita a recursos propios sino también de posgrados propios y de otros programas que se incorporan conformando una red de recursos integrados de grado y posgrado, a detallar:

Tesis de Doctorado en Ingeniería Electrónica, "Caracterización, modelado y simulación de un sistema de RFID en UHF" UCC

Tesis de Maestría en Ingeniería de Control Automático, "Sistema de navegación por telemetría WireLess", UTN-FRC

Tesis de Maestría en Redes de Datos, "Protocolo de ruteo adaptable para redes de sensores inalámbrica" UNLP

Proyecto Final de Grado Diseño Industrial UNC, "Sistema Complementario de prevención en Zona de Riesgo para la Construcción en Altura".

Por otra parte se cuenta con la formación de dos becarios pasantes de investigación no graduados.

Los objetivos que se persiguen con este proyecto son de diferentes características, por una lado los intereses locales del CIII que por medio del LabSen pretende adquirir know how en estas tecnologías, formando RRHH y desarrollando aplicaciones que trascienden de la localización de objetos, aplicable al contexto de la Seguridad Industrial para la prevención de accidentes, para continuar en aplicaciones de colaboración de vehículos móviles.

## REFERENCIAS

- [1] Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing RFC 3561
- [2] C. Intanagonwiwat, R. Govidan, D. Estrin, Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks

- [3] W. B. Heinzelman, A Chandrakasan, H Balakrishman, Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks
- [4] Jamal N. Al-Karaki, Ahmed E. Kamal Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: A Survey
- [5] OLSR Routing Protocol RFC 3626
- [7] Dynamic Source Routing RFC 4728
- [8] Ley 19587. Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [9] CC2500 datasheet Texas Instruments