

Localización Geográfica de Ganado Utilizando Modelos de Propagación de Señal y XBee

Eduardo O. Sosa^{1,2,b}, Diego Alberto Godoy^{1,a}, Rodolfo M. Lilli^{1,c}, Juan de Dios Benitez^{1,d}, Edgardo A. Belloni^{1,e}, Hernán Barreiro^{1,f}

¹Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y Comunicaciones (C.I.T.I.C.)/Universidad Gastón Dachary (UGD)
Av. López y Planes 6519. Posadas –Teléfono: +54-376-4438677

² Secretaría de Investigación y Posgrado (SECIP). Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, UNaM
Félix de Azara N° 1552 - 6to Piso. Posadas – Teléfono: 376 4432356 / 4437023

^adiegodoy@citic.ugd.edu.ar, ^bes@fceqyn.unam.edu.ar, ^crodolfoilli@gmail.com,
^djuan.benitez@citic.ugd.edu.ar, ^ebelloni@citic.ugd.edu.ar, ^febarreiro@citic.ugd.edu.ar

Resumen

En este artículo se presentan los avances en una línea de investigación y desarrollo enfocada en la experimentación con aplicaciones de Redes de Sensores Inalámbricos para soportar servicios en un contexto de Ambientes Inteligentes.

El objetivo de la línea, radica en el diseño e implantación de un prototipo hardware/software basado en Redes de Sensores Inalámbricos (Wireless Sensor Networks WSN) para capturar la intensidad de las señales de los enrutadores móviles, y mediante el método de Trilateración, ayudar a la localización de ganado en un área determinada.

El prototipo permite analizar distintos modelos de propagación y técnicas de estimación de distancia y visualizar los resultados en una interfaz web amigable.

El prototipo está en su fase de prueba en laboratorio y de obtención de los primeros resultados en campo.

Palabras clave: Modelos de Propagación, Redes de Sensores Inalámbricos, Localización Geográfica de Ganado.

Contexto

La línea descrita en este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación denominado “Diseño de Arquitecturas de Soporte a la Internet del Futuro y Ambientes Inteligentes”, acreditado en la Secretaría de Investigación y Desarrollo de la UGD (RR.19/A/12 y RR.18/A/14).

Asimismo, la línea se relaciona y articula directamente con diversos proyectos de investigación acreditados en la Secretaría de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la UNaM, enfocados en las temáticas “Internet del Futuro” e “Internet de las Cosas”, entre los que se incluyen: Proyecto 16Q457 “Hacia la Programación de Sensores Inalámbricos en la Forma Web 2.0”; Proyecto 16Q474 “Simulaciones de Sistemas Modernos de Comunicación”; y Proyecto 16Q519 “Ambientes Inteligentes. Una Mirada a Internet del Futuro”.

El presente trabajo se realiza en el Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y Comunicaciones de la Universidad Gastón Dachary

Introducción

En una actualidad tecnológica donde se disponen de distintos métodos para la localización de objetos, personas, vehículos, etc., también pueden ser utilizados para la

búsqueda y control del ganado haciendo la tarea más fácil para los ganaderos.

Aunque algunas tradiciones, como la identificación de marcas en la piel y el acorralamiento del ganado que realizan los ganaderos no han cambiado, el uso de tecnología inalámbrica, computadoras y dispositivos de localización se han convertido en la nueva forma de rastrear e identificar el ganado para los ganaderos modernos. Además como herramienta, permite realizar la monitorización, trazabilidad, identificación de los distintos tipos de animales (vacas, corderos, etc.), y control en áreas extensas.

Para implementar la monitorización y control del ganado sobre un área determinada, existen básicamente tres tecnologías aplicables.

La primer tecnología para lograr esto es del tipo GPS/GSM. Esta tecnología es comúnmente utilizada en EEUU, ya que el acceso a esta no genera gastos elevados y es de bajo costo de mantenimiento. Esta tecnología utiliza el GPS para obtener la posición (la cual puede llegar a demorar hasta 1,5 minutos [1]) y la envían a través de la señal de GSM, por lo que para poder utilizarlo se requiere de un proveedor de telefonía y una adecuada señal en el lugar donde se va a implementar. A pesar de lo indicado, esta tecnología cuenta con la desventaja que implica una solución costosa en lo relacionado al consumo energético[2].

La segunda alternativa, basada en la tecnología de radiofrecuencia, es el RFID con la utilización de Tags. Esta tecnología presenta dos inconvenientes fundamentales. El primero es la seguridad, la cual constituye un tema fundamental a la hora de implementar una red en un espacio abierto donde cualquier persona puede leer la información de estos, ya que la comunicación entre Tag/Reader no implementa mecanismo de seguridad. Por otro lado, la estandarización entre los diferentes dispositivos Tags/Readers. Como ejemplo podemos citar, las normas ISO que han desarrollado estándares paralelamente con EPC, siendo algunos de estos incompatibles entre sí,

haciendo que la comunicación Tag/Reader no sea posible [3][4].

Una tercera alternativa a considerar es XBee, basado en la norma IEEE 802.15.4, el cual por su bajo consumo energético, seguridad en la transición de datos y escalabilidad, puede ser utilizado con fines de rastreo de ganado. Una de las limitaciones que se puede encontrar en XBee, la determinante para su aplicación es que no permite conocer la posición geográfica de la misma manera que se puede hacer con GPS/GSM, por lo que es necesario realizar cálculos de estimación de distancia teniendo en cuenta la atenuación de la señal entre los distintos nodos Xbee.

Si bien esta última tecnología es una posible alternativa para su implementación, nos encontramos con el inconveniente de precisión en la estimación de la distancia y por lo tanto se introducen errores en el posicionamiento, esto se debe a que propagación de la señal en terrenos con relieve irregular y vegetación, se ve afectada produciendo una reducción en la intensidad de la misma.

A los efectos de hacer aplicable la tercer alternativa para resolver el problema de la localización del ganado, sería interesante que se analizarán los modelos de propagación descritos por [5] en las zonas de diferentes relieves y con presencia de vegetación obstructiva a los efectos de optimizar los valores de la distancia y posición entre el Enrutador (Nodo ancla) y el dispositivo final (Nodo móvil).

Objetivos

Como Objetivo General de esta línea se propone comparar modelos de propagación de señal de radiofrecuencia con el fin de optimizar la localización geográfica del ganado en un escenario de terrenos con topografía irregular y diferentes estratos de vegetación.

Como objetivos específicos se definieron los siguientes: A) Describir las tecnologías y seleccionar la más conveniente

para el proyecto que permita realizar rastreo de ganado, teniendo en cuenta el consumo energético, seguridad y estandarización. B) Determinar qué modelos de propagación y técnicas de estimación de distancia van a ser utilizados en el proyecto. C) Diseñar un prototipo de hardware/software que permita la interconexión entre nodos, realizar cálculos de propagación y estimación de distancia para determinar la ubicación geográfica de los nodos móviles. D) Determinar qué modelos de propagación permiten realizar una mejor estimación para cada zona.

Desarrollo del prototipo.

El prototipo presentado se centra en la monitorización y optimización de la posición geográfica del ganado teniendo como parámetro inicial el indicador de intensidad de la señal recibida (RSSI).

El tipo de topología para la conexión entre los nodos utilizada es punto a multipunto. Esto permite determinar a nivel de detalle las variaciones en la intensidad de la señal provocadas por las irregularidades del terreno y vegetación que existe en la zona (RSSI_{AT}), así mismo el software encargado del análisis permite seleccionar entre los modelos de propagación para vegetación: Weissberger, Temprano ITU e ITU actualizado; y los modelos para terrenos irregulares: Egli y modelo ITU, dependiendo del punto donde esté ubicado el nodo, una vez seleccionado, la aplicación realizará los cálculos de posicionamiento mediante el método matemático Trilateración, para esto es necesario en el dispositivo final, envíe un mensaje a tres Enrutadores como mínimo para capturar el RSSI que será propagado hasta la central y estimar la distancia respecto de los Enrutadores cuya posición geográfica es conocida.

También, se puede realizar una comparación de los resultados obtenidos entre los diferentes modelos, a fin de detectar cual es el más conveniente para el escenario en estudio, por lo que permitirá delimitar las zonas para optimizar la posición de los dispositivos finales

El hardware utilizado para los nodos será XBee Pro S2 [6]. Los Enrutadores están ubicados de manera que al menos tres de ellos están en la línea de visión. El dispositivo final será ubicado a diferentes distancias en zonas irregulares y zonas con vegetación, para determinar la distancia de prueba, se tomará la distancia máxima de conexión y se variará en un %20 en tanto la zona lo permita, formando una matriz de 5x5, por lo que si la distancia máxima soportada por los dispositivos es de 1500m, se harán pruebas cada 300m.

Por esto, se debe plantear un escenario el cual este conformado por un conjunto mínimo de tres Enrutadores (Nodos anclas) cuyas coordenadas conocidas (X_{Nr1} , Y_{Nr1}), (X_{Nr2} , Y_{Nr2}) y (X_{Nr3} , Y_{Nr3}) establecen un área o perímetro de localización y uno o más nodos móviles (X_{M1} , Y_{M1}) de los cuales se desconoce la ubicación, por lo que se obtendrán tres señales RSSI (RSSI_{r-1}, RSSI_{r-2}, RSSI_{r-3}) entre los tres Enrutadores y los dispositivos finales. De esta manera se puede obtener la intensidad de la señal recibida real para cada nodo, la misma estará dada por la ecuación (1).

$$RSSI_{real-i} = RSSI_{r-i} + RSSI_{AT-i} [dBm] \quad (1)$$

Donde “i” es el nodo Enrutador al cual se está haciendo referencia.

Una vez obtenida la señal RSSI_{real-n}, se calcula la distancia que hay entre el Enrutador y el dispositivo final para luego obtener la latitud y longitud del dispositivo y posicionarlo en el mapa.

En la *Figura 1* se muestra cómo se distribuyen los nodos y cómo será la cuadrícula de prueba.

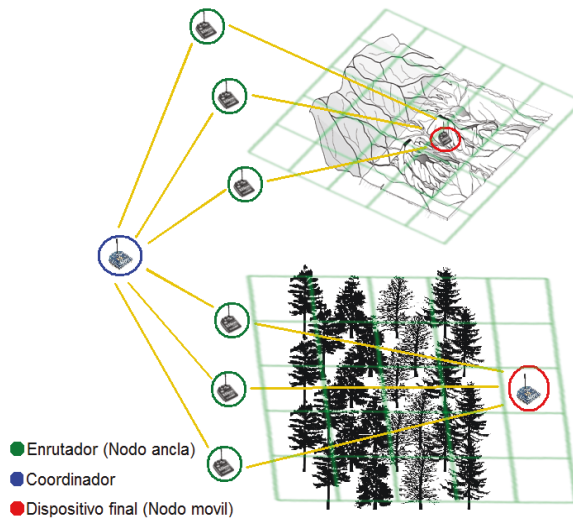


Figura 1: Esquema General de distribución de los nodos.

Es necesario destacar que las pruebas realizadas se basan en los estudios hechos en [7], donde se realizan estimaciones de modelos de propagación en un simulador para conocer la forma en que se van a ubicar los sensores en el área para no perder la conectividad entre ellos. En la figura 2 se muestra la primera versión del prototipo. Donde se representan solamente la captura de señal entre los Enrutadores y los dispositivos finales representados de la siguiente manera:

- Nodo Móvil con Posición real
- Nodo Móvil con Posición estimada
- Nodo Enrutador (Nodo Ancla)

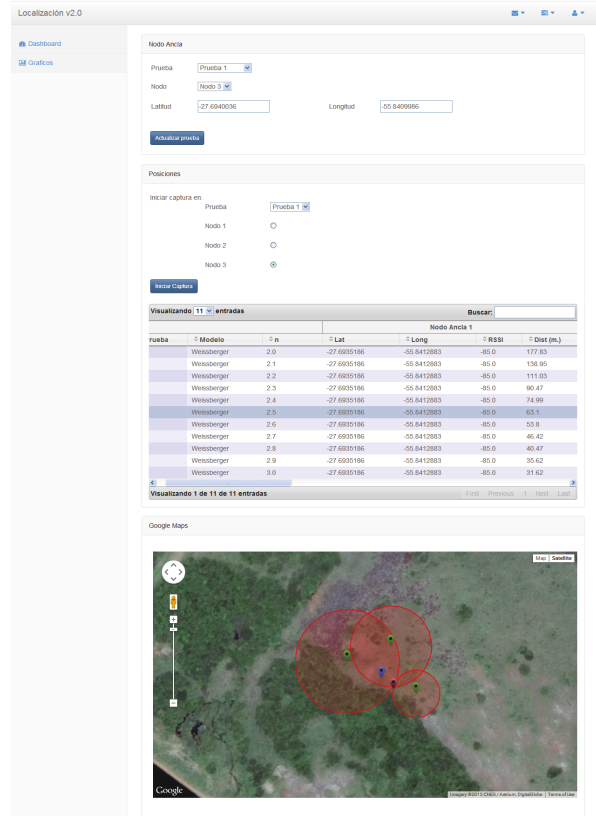


Figura 2: Interfaz del prototipo utilizado para la localización de nodos móviles.

Avances del Proyecto

Además de las pruebas de laboratorio realizadas se montó una WSN de prueba en un pequeño campo de la ciudad de Posadas, con el fin de realizar una primer captura de señales con el sistema sin tener en cuenta la atenuación de la señal y comprobar que la distancia calculada por la RSSI es la correcta, los cálculos de Trilateración y posicionamiento funcionen correctamente. Para esto, se utilizó una tabla con variación del parámetro de ajuste de distancia “n” para poder estimar la posición del nodo móvil como se refleja en la Figura 3. Para esto se utilizó el cálculo de distancia en base a la RSSI

$$d = 10^{\left(\frac{-A+RSSI}{-10n}\right)} [m]$$

# (m)	Lat	Long	RSSI	Dist (m)	Lat	Long	Lat Real	Long Real	Error (m)
1	-27.2554632	-85.9203642	87	269.11	-27.2552476	-85.920215	-27.2552476	-85.920215	No se pudo localizar el nodo.
2	-27.2554632	-85.9203642	87	269.36	-27.2552476	-85.920215	-27.2552476	-85.920215	No se pudo localizar el nodo.
3	-27.2554632	-85.9203642	87	270.01	-27.2552476	-85.920215	-27.2552476	-85.920215	No se pudo localizar el nodo.
4	-27.2554632	-85.9203642	87	182.33	-27.2552476	-85.920215	-27.2552476	-85.920215	No se pudo localizar el nodo.
5	-27.2554632	-85.9203642	87	146.76	-27.2552476	-85.920215	-27.2552476	-85.920215	No se pudo localizar el nodo.
6	-27.2554632	-85.9203642	87	120.23	-27.2552476	-85.920215	-27.2552476	-85.920215	No se pudo localizar el nodo.
7	-27.2554632	-85.9203642	87	100.0	-27.2552476	-85.920215	-27.2552476	-85.920215	No se pudo localizar el nodo.
8	-27.2554632	-85.9203642	87	84.59	-27.2552476	-85.920215	-27.2552476	-85.920215	No se pudo localizar el nodo.
9	-27.2554632	-85.9203642	87	72.87	-27.2552476	-85.920215	-27.2552476	-85.920215	No se pudo localizar el nodo.
10	-27.2554632	-85.9203642	87	63.1	-27.2552476	-85.920215	-27.2552476	-85.920215	No se pudo localizar el nodo.
11	-27.2554632	-85.9203642	87	54.19	-27.2552476	-85.920215	-27.2552476	-85.920215	No se pudo localizar el nodo.



Figura 3: Datos obtenidos en la primer prueba y representados en Google Maps.

Donde d es la Distancia entre nodo emisor y receptor, A el Valor absoluto de la intensidad de la señal (RSSI) a 1 metro de distancia entre el Enrutador y dispositivo final, RSSI el valor de la intensidad de la señal obtenida al momento de la prueba y n el parámetro de escala ajustable.

Luego se obtiene la posición realizando la intersección de las 3 circunferencias Trilateración:

$$d_b^2 - d_c^2 = 2x(x_c - x_b)^2 + x_b^2 - x_c^2 + 2y(y_c - y_b)^2 + y_b^2 - y_c^2 \quad (3)$$

$$d_b^2 - d_a^2 = 2x(x_a - x_b)^2 + x_b^2 - x_a^2 + 2y(y_a - y_b)^2 + y_b^2 - y_a^2 \quad (4)$$

El parámetro “n” es un factor de escala para adaptar la distancia real a la calculada, por medio de pruebas empíricas se obtuvo que con un parámetro de ajuste “n=2.8” es el valor con el que mejores resultados se obtuvieron en la estimación de distancia basada en la RSSI.

Conclusiones y Trabajo Futuro

Se comprobó hasta el momento que el valor del parámetro escala esta entre 2.5 y 2.8 para una estimación de distancia aceptable.

Como trabajos futuros se propone probar el prototipo en un campo de mayores dimensiones con mayor variedad de

topografía irregular y abundante vegetación con el fin de comprobar el valor escala y comparar los modelos de propagación de señales.

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo se encuentra conformado por un Doctor en Ciencias Informáticas, un Doctorando en Ingeniería Telemática y Especialista en Ingeniería de Software, un Maestrando en Ingeniería Web, tres auxiliares de investigación graduados, y cinco auxiliares de investigación en período de realización de trabajos de grado. El número de tesinas de grado en curso es de seis dentro de la línea de investigación

Bibliografía

- [1] Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias, 2013. [En línea]. Disponible: <http://www.itgganadero.com/itg/portal/documentos2.asp?Id=180>.
- [2] Junta de Castilla y León., 2013. [En línea]. Disponible: <http://www.jcyl.es/web/jcyl/binarios/430/595/SI%20STEMAS%20DE%20LOCALIZACION%20E%20INFORMACION%20GEOGRAFICA.pdf?blobheader=application%2Fpdf%3Bcharset%3DUTF-8>.
- [3] P. P. López, “Lightweight Cryptography in Radio Frequency Identification (RFID) Systems”. Ph.D. Thesis., Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2008.
- [4] O. Solomon, Zigbee versus Radio Frequency Identification. Tesis de Maestría., Blekinge: Blekinge Institute of Technology, 2009.
- [5] J. S. Seybold, Intoduction to RF Propagation, Wiley, 2005.
- [6] digi.com, 2013. [En línea]. Available: <http://www.digi.com/support/productdetail?pid=3430&type=documentation>.
- [7] L. Kamarudin, R. Ahmad, B. Ong, A. Zakaria y D. Ndzi, «Modeling and Simulation of near-earth Wireless Sensor Networks for Agriculture based Application using OMNeT++» de *Computer Applications and Industrial Electronics (ICCAIE)*, 2010.