

# Uso del campo magnético de la tierra para localizar a las personas en interiores

Carlos Eric Galván-Tejada, Juan Pablo García-Vázquez, Jorge Issac Galván-Tejada

## *Use of the earth magnetic field for indoor location estimation*

Recibido: julio 30, 2013  
Aceptado: agosto 21, 2013

Palabras clave: Campo Magnético; Localización en Interiores; Dispositivos Móviles.

### **Abstract:**

*The location of an individual is a fundamental element of information for some commercial and assistive location-based applications. Since the global positioning system, the most effective technology for positioning a mobile object in the outdoors does not work in indoor environments, several technological approaches have been proposed to tackle this problem. In this direction, in this paper we present an interesting approach based on the use of earth magnetic-field variations to estimate the localization of an individual in indoor environments.*

**Keywords:** Magnetic-Field; Indoor Location; Mobile Devices.

**E**N los últimos años la capacidad de localizar a un individuo en interiores se ha convertido en un elemento esencial para algunos sistemas comerciales (p. ej. sistemas de anuncios, redes sociales, entre otros), así como, para aplicaciones que tienen por objetivo asistir a un individuo con sus actividades de vida diaria (p. ej., sistemas de notificación). Aunque en la actualidad se cuenta con tecnologías que son efectivas para localizar a un individuo, como es el caso del sistema de posicionamiento global (GPS, Global Positioning System), el cual permite determinar la posición de un objeto móvil en ambientes de exteriores, este no tiene la misma efectividad en espacios de interiores (p. ej., un edificio, supermercado, entre otros), ya que el sistema de posicionamiento global requiere tener “a la vista” al menos 3 satélites, lo cual en interiores es casi imposible, debido a que la infraestructura de los espacios de interiores impiden la vista directa entre el objeto móvil y los satélites que son utilizados para estimar su posición; y aunque lo fuera, 3 satélites ofrecerían una precisión “pobre” y probablemente con errores mayores a los 100 metros, lo cual proporcionaría información poco útil para las aplicaciones basadas en la localización de un individuo. Para abordar el problema de GPS, la industria y la academia han propuesto diversos enfoques tecnológicos para estimar la localización de un individuo en interiores. La mayoría de estos enfoques se basa en la radio-localización y trabajan bajo los principios de funcionamiento de GPS, con la dife-

rencia de que en estos sistemas se cambian los satélites por tecnologías que comúnmente se encuentran distribuidas en espacios de interiores, por ejemplo, puntos de acceso para redes inalámbricas (Wi-Fi) o dispositivos Bluetooth. Enfoques recientes han considerado al dispositivo móvil como un elemento esencial para el desarrollo de los sistemas de localización para espacios de interiores debido a que estos permiten fácilmente recolectar datos ya que cuentan con una gran diversidad de sensores (p. ej. acelerómetro, magnetómetro, etc.) y dispositivos (p. ej. cámara, micrófono, Bluetooth y GPS, entre otros). En este sentido, en este artículo se presenta un enfoque de localización en interiores basado en las variaciones del campo magnético de la tierra y los dispositivos móviles.

## EL CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA COMO MEDIO DE ORIENTACIÓN

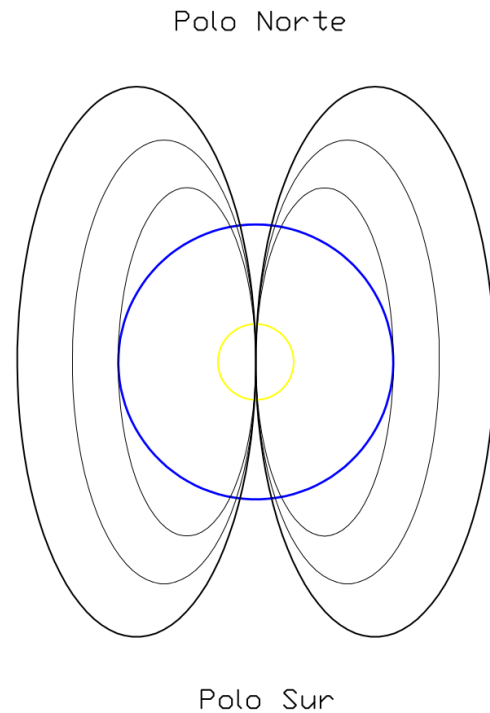
Existen varios ejemplos de cómo la señal del campo magnético ha sido utilizada para fines de orientación. Por ejemplo, el pelícano y el lobo marino utilizan el campo magnético de la tierra para orientarse cuando se desplazan de un lugar a otro [1,2].

Uno de los primeros indicios del uso del campo magnético por parte de la humanidad se remonta a la invención de la brújula atribuida al pueblo Chino que si bien no da una localización si da la orientación que es útil para muchos aspectos de la vida actual. Las características más detalladas de esta señal fueron modeladas matemáticamente hace aproximadamente 2 siglos atrás por el geodesta Carl Friedrich Gauss[3].

El campo magnético de la tierra puede ser visto como un dipolo magnético descrito por dos polos opuestos, comúnmente referidos como el polo norte y el polo sur[4], como se ilustra en la Figura 1.

Diversos trabajos han identificado que el campo magnético posee dos características que pueden ser utilizadas para estimar la localización de una persona, tales como:

Cada pulgada cuadrada de la tierra tiene una lectura del campo magnético única. El campo magnético es invariante aun en periodos de tiempo largos.



*Figura 1. Ejemplo del campo magnético de la tierra, se cree que es generado por el líquido del núcleo de la tierra.*

Por las características anteriores diversos trabajos han considerado al campo magnético como una señal del interés para estimar la localización de una persona[4,5].

## LOCALIZACIÓN DE UN USUARIO EN UN ESPACIO DE INTERIORES UTILIZANDO EL CAMPO MAGNÉTICO

Para estimar la localización de un individuo en un espacio de interiores utilizando el campo magnético se emplea la técnica de localización llamada Huella Digital (fingerprint),

la cual consiste en dos fases: la pasiva y activa. En la fase pasiva se recolectan muestras de la intensidad del campo magnético en diversas zonas del espacio de interiores, con la finalidad de crear una base de información con la intensidad del campo magnético, la cual posteriormente será utilizada en la fase activa. La recolección de las muestras es a través de un magnetómetro, sensor que podemos encontrar en la mayoría de los teléfonos inteligentes (SmartPhones). Estos sensores entregan un vector de 3 componentes que permite calcular un valor único para cada pulgada cuadrada representado por la magnitud, calculada con la ecuación 1, donde  $M_x, M_y$  y  $M_z$  son los ejes que representan a  $x, y$  y  $z$  respectivamente.

$$|M| = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2} \quad (1)$$

. La fase activa consiste en determinar la localización de un sujeto u objeto móvil, para localizarlo éste debe llevar consigo un dispositivo móvil capaz de medir la intensidad del campo magnético de una zona y realizar la comparación de la intensidad medida con la información que se encuentra en la base de datos creada durante la fase pasiva, esto con la finalidad de estimar su localización.

## SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN BASADOS EN EL CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA

Los sistemas de localización basados en el campo magnético de la tierra pueden ser agrupados principalmente en dos categorías, aquellos que requieren de una fase pasiva más extensa y detallada, refiriéndose a una recolección de información meticulosa dividiendo el área en superficies pequeñas de igual tamaño y obtener para cada una de esas pequeñas superficies su lectura del campo magnético, como lo podemos visualizar en la Figura 2.

Por otro lado, se tiene el enfoque siguiendo al líder (follow the leader), en el cual la fase pasiva es mucho más sencilla, ya que solamente consta de recolectar información dentro de la habitación generando un perímetro o recorrido predefinido que en la fase activa puede ser reconocido y así obtener la localización, enfoque representado en la Figura 3.

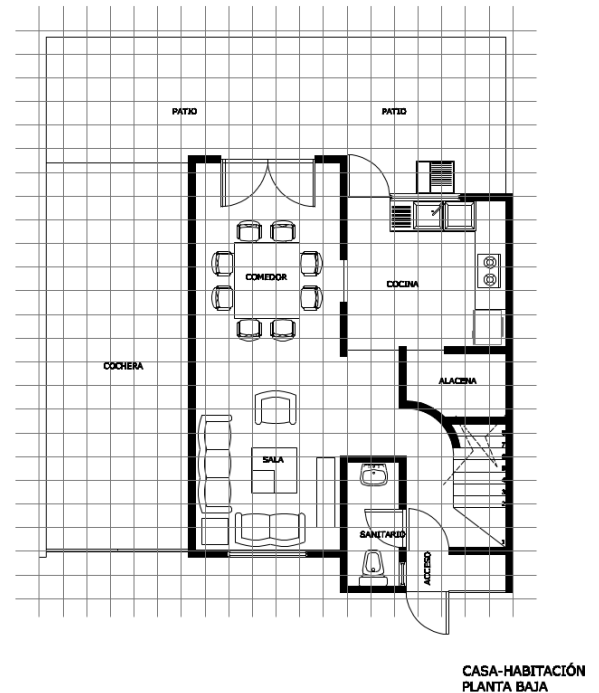


Figura 2. Ejemplo de división de una casa habitación para la recolección de información en la fase pasiva.

## COMPARACIÓN ENTRE ENFOQUES

Ambos enfoques cuentan con ventajas y desventajas y posibles aplicaciones finales. Aquellos que requieren de una fase pasiva extensa por lo general son sistemas de localización que nos permiten obtener las coordenadas donde se encuentra el objeto con respecto a un origen absoluto o relativo y en 2 o 3 ejes dependiendo de la propuesta del sistema y no dependen de un perímetro ni un número mínimo de muestras que tengan que ser recolectadas en la fase activa para otorgar una posición, esencial para aplicaciones tales como abrir una puerta, encontrar a una persona, cerrar

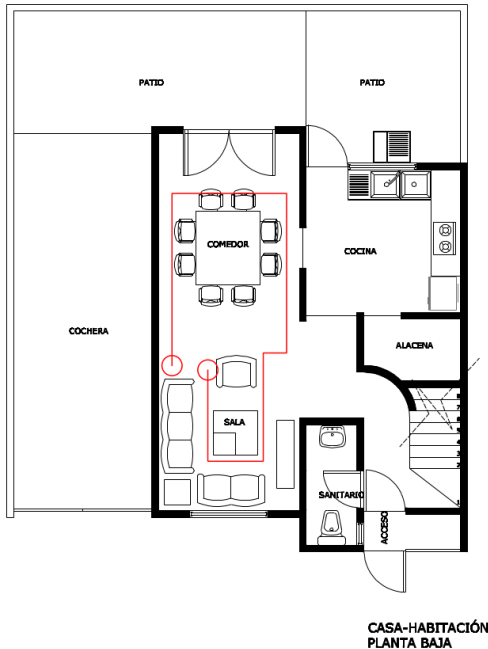


Figura 3. Ejemplo de perímetro requerido en el enfoque siguiendo al líder para reconocer una habitación.

una llave de agua, etc., pero su gran inconveniente es que el trabajo previo (fase pasiva) requerido es muy demandante y realizar una recolección de datos en un interior de gran tamaño, por ejemplo un centro comercial, requiere de una cantidad de información mayor, muchas horas de trabajo previo, etc. Aunado a esta desventaja tenemos que el mover algunos muebles, encender o apagar circuitos eléctricos o simplemente cambios ambientales pueden afectar las lecturas y por ende perder precisión dentro de la fase activa [3].

Por su parte, los sistemas basados en la técnica siguiendo al líder permiten conocer, en lo común, la habitación en la que se encuentra el objeto y la fase pasiva suele ser sencilla y rápida de realizar, ya que basta con caminar por la

habitación donde se aplicará el sistema de localización, hecho que le permite ser más robusto a las variaciones dado que no se depende de un único punto para obtener la localización. Esta información es suficiente para aplicaciones como lo es encender una luz de una habitación o conocer la habitación en la que se encuentra una persona por citar algunas, por otro lado, el tener un patrón que seguir para reconocer una habitación lo hace un modelo no apropiado para muchas aplicaciones y de menor cantidad de aplicaciones por el hecho de que es necesario seguir una ruta predefinida.

## Propuestas recientes

Tomando en consideración las ventajas y desventajas de las dos técnicas básicas mencionadas anteriormente recientemente están surgiendo propuestas para aprovechar las ventajas de ambas técnicas y minimizar las desventajas de cada una de ellas. En el trabajo [5] se realiza una fase pasiva con el enfoque siguiendo al líder, pero en la fase activa se analizan los datos recolectados en el dominio de la frecuencia lo cual permite no depender de un patrón ni perímetro que tenga que ser seguido para reconocer la habitación en la que se encuentra, demostrando tener el atributo de la velocidad en la fase pasiva del enfoque siguiendo al líder y la capacidad de no depender de un patrón predefinido de un enfoque meticuloso.

## Solución propuesta

Conociendo las propuestas recientes para solventar los problemas de los sistemas de localización basados en el campo magnético de la tierra se propone el aprovechar el resto de los sensores incluidos en el SmartPhone y complementar la señal del campo magnético. Por ejemplo el uso del acelerómetro y el sensor de orientación permiten calcular una posición con respecto a un origen relativo similar a la técnica de odometría. Por otro lado existen trabajos que realizan localización basado en la cantidad de lúmenes que pueden ser medidos en una habitación, bajo la premisa de que cada habitación tendrá una iluminación diferente. Estos ejemplos anteriormente mencionados pueden ser considerados como fuentes de infor-

mación alternas que pueden ser fusionadas con la localización basada en el campo magnético de la tierra mediante algoritmos de predicción/clasificación como lo es el filtrado de partículas con la finalidad de subsanar las carencias que tienen los modelos actuales de localización con el campo magnético.

## CONCLUSIONES

La señal del campo magnético ha sido utilizada para estimar la localización de un individuo en espacio de interiores debido a sus características de unicidad e invariabilidad en el tiempo y el espacio. El uso de esta señal permite desarrollar sistemas de localización para interiores que no requieren una infraestructura dedicada para su funcionamiento, lo que se traduce, en el desarrollo de sistemas de bajo costo de implementación y mantenimiento.

Sin embargo, debido a las características de variabilidad del campo magnético provocado por los cambios en espacio de interiores, es un nicho de oportunidad para la investigación.

## Bibliografía

- [1] Larry C Boles and Kenneth J Lohmann. “True navigation and magnetic maps in spiny lobsters”. *Nature*, 421(6918):60–63, 2003.
- [2] Henrik Mouritsen, Gesa Feenders, Miriam Liedvogel, and Wiebke Kropp. “Migratory birds use head scans to detect the direction of the earth’s magnetic field”. *Current Biology*, 14(21):1946–1949, 2004.
- [3] Binghao Li, Thomas Gallagher, Andrew G Dempster, and Chris Rizos. “How feasible is the use of magnetic field alone for indoor positioning?” In *Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)*, 2012 International Conference on, pages 1–9. IEEE, 2012.
- [4] William Storms, Jeremiah Shockley, and John Raquet. “Magnetic field navigation in an indoor environment”. In *Ubiquitous Positioning Indoor Navigation and Location Based Service (UPINLBS)*, 2010, pages 1–10. IEEE, 2010.

- [5] Carlos E Galván-Tejada, José C Carrasco- Jimenez, and Ramon Brena. “Location identification using a magnetic-field-based fft signature”. *Procedia Computer Science*, 19:533–539, 2013.

## Acerca del autor o autores

Galván-Tejada Carlos E. Recibió el título de Ingeniero en Computación y el grado de Maestro en Ingeniería por la Universidad Autónoma de Zacatecas. Actualmente está trabajando para obtener el grado de Doctor en Tecnologías de la Información y Comunicaciones en el Tecnológico de Monterrey campus Monterrey. Sus intereses de investigación incluyen Ambient Intelligence, Signal Processing, Contextual Research y Context-Aware Computing. [ericgalvan@uaz.edu.mx](mailto:ericgalvan@uaz.edu.mx)

García-Vázquez Juan P. Obtuvo su título de ingeniero en Computación, grado de Maestría en Electrónica y su Doctorado en Ciencias Computacionales en la Universidad Autónoma de Baja California. Sus intereses principales de investigación son Human-Computer Interaction (HCI), Ubiquitous Computing (UbiComp) y Ambient Intelligence (AmI). [jpablo.garcia@itesm.mx](mailto:jpablo.garcia@itesm.mx)

Galván-Tejada Jorge I. Obtuvo su grado de ingeniería en Comunicaciones y Electrónica y su grado de Maestría en Ingeniería de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Actualmente cursa su Doctorado en Tecnologías de la Información y Comunicaciones en el Tecnológico de Monterrey campus Monterrey. Sus áreas de interés incluyen Signal Processing, Intelligent Systems, Bioinformatics e Image Processing. [a00810378@itesm.mx](mailto:a00810378@itesm.mx)