



- (51) Clasificación Internacional de Patentes:
G01S 5/02 (2010.01) *H04W 64/00* (2009.01)
- (21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2012/000107
- (22) Fecha de presentación internacional:
24 de abril de 2012 (24.04.2012)
- (25) Idioma de presentación: español
- (26) Idioma de publicación: español
- (30) Datos relativos a la prioridad:
P201100463 26 de abril de 2011 (26.04.2011) ES
- (71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):
UNIVERSIDAD DE SEVILLA [ES/ES]; OTRI. Pabellón de Brasil, Paseo de las Delicias s/n, E-41013 Sevilla (ES).
- (72) Inventores; e
- (75) Inventores/Solicitantes (para US solamente):
BARBANCHO CONCEJERO, Julio [ES/ES]; Escuela Politécnica Superior, C/ Virgen de Africa, 7, E-41011 Sevilla (ES). LEÓN DE MORA, Carlos [ES/ES]; Escuela Politécnica Superior, C/ Virgen de Africa, 7, E-41011

Sevilla (ES). LARIOS MARÍN, Diego Francisco [ES/ES]; Escuela Politécnica Superior, C/ Virgen de Africa, 7, E-41011 Sevilla (ES). LUQUE RODRÍGUEZ, Joaquín [ES/ES]; Escuela Politécnica Superior, C/ Virgen de Africa, 7, E-41011 Sevilla (ES). MOLINA CANTERO, Francisco Javier [ES/ES]; Escuela Politécnica Superior, C/ Virgen de Africa, 7, E-41011 Sevilla (ES).

- (81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

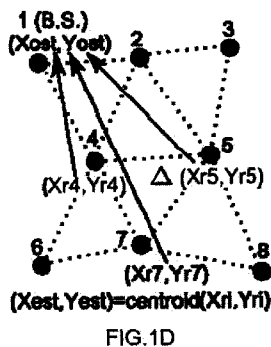
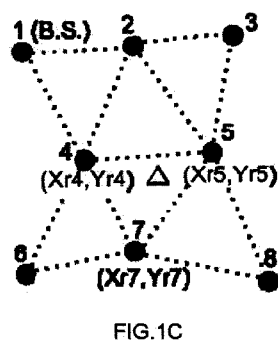
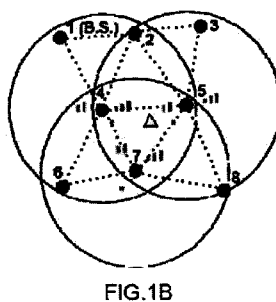
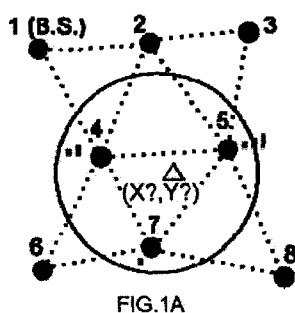
- (84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible):

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: INTELLIGENT LOCATION-FINDING METHOD USING WIRELESS SENSOR NETWORKS

(54) Título : MÉTODO DE LOCALIZACIÓN INTELIGENTE SOBRE REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS

Figuras



(57) Abstract: The invention relates to an intelligent localisation method using wireless sensor networks, comprising a first distributed process that is executed in each node and carries out an estimation of the possible location of the tag; and a second centralised process that combines all of said partial information to form a single solution.

(57) Resumen: Método de localización inteligente sobre redes de sensores inalámbricos que comprende un primer proceso distribuido, ejecutado en cada nodo que realiza una estimación de la posibles localización del Tag; y un segundo proceso centralizado, que une todas esas informaciones parciales en una única solución.



ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

- *con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))*
- *antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones (Regla 48.2(h))*

MÉTODO DE LOCALIZACIÓN INTELIGENTE SOBRE REDES DE SENSORES
INALÁMBRICOS

La presente invención está referida a un método y un sistema para la estimación de la posición de equipos móviles, cuya posición es desconocida a partir de una serie de equipos de posición conocida.

El objeto principal de la presente invención es un sistema de localización inteligente sobre redes de sensores inalámbricos, caracterizado por su bajo consumo y por estar diseñado para ser empleado en redes de sensores inalámbricas, y que determina la posición de los nodos móviles mediante el uso de técnicas de inteligencia computacional.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Una red de sensores inalámbricos está formada por una serie de pequeños dispositivos de bajo consumo, con capacidad de comunicación inalámbrica entre ellos y que colaboran para conseguir resolver un objetivo común. Cada uno de los elementos de esta red, denominados nodos o tags, están formados por un transceptor de comunicaciones inalámbricos que le permite la comunicación con otros nodos, un microcontrolador que procesa la información, una periferia que permite la interconexión de sensores y un sistema de alimentación que le permite funcionar de manera autónoma.

En un sistema de localización basado en redes de sensores inalámbricos se distinguen dos clases de dispositivos:

- (i) Nodos anclados: son aquellos que están en posiciones fijas y conocidas de antemano.
- (ii) Nodos no anclados: sus posiciones son desconocidas. Son los elementos a localizar.

La localización consiste en determinar las posiciones de los nodos no anclados a partir de datos interferidos de los nodos anclados.

Los métodos de localización existentes en la literatura se pueden clasificar en dos grandes familias:

1.- Métodos basados en mediciones (Range-based)

Se basan en la estimación de la distancia punto a punto entre todos los nodos. A partir de esta información y utilizando alguna teoría gráfica como la triangulación, se puede inferir la información de los nodos no anclados.

Existen varios métodos de medida de distancia, tales como:

- a) Los basados en la intensidad de campo recibida (RSSI) [**A Awad, T Frunzke, F Dressler, Adaptive distance estimation and localization in WSN using RSSI measures, Proc.-Euromicro Conf. Digit. Syst. Des. Archit., Methods Tools, DSD. (2007) 471-478].**
- b) Tiempo de llegada (TOA) [**S-Wu, N- Zhang. Two-step TOA estimation method for UWB based wireless sensor networks, Ruan Jian Xue Bao. 18 (2007) 1164-1172].**
- c) Diferencia de tiempo de llegada (TDOA) [**S Xiaoyan, L Jiandong, H Pengyu, P Jiyong, Total least-squares solution of active target localization using TDOA and FDOA measurements in WSN, Proc. Int. Conf. Adv. Inf. Netw. Appl. AINA. (2008) 995-999].**
- d) Ángulo de incidencia [**D Niculescu, B Nath, Ad hoc positioning system (APS) using AOA, Proc IEEE INFOCOM. 3 (2003) 1734-1743] [K Kucuk, A Kavak, H Yigit, C Ozdemir, A novel localization technique for wireless sensor networks using adaptive antenna arrays, IEEE Radio Wirel. Symp., RWS. (2008) 483-486][D Niculescu, B Nath. Localized positioning in ad hoc networks, Ad Hoc Networks. 1 (2003) 247-259][K Kucuk, A Kavak. Scalable location estimation using smart antennas in wireless sensor networks, Ad Hoc**

Net-works. 8 (2010) 889-903] [US 2007/0076638 A1] o los descritos en la patentes [US 2008/0080441 A1 y US 2007/0005292 A1].

- e) Otros métodos recientemente propuestos [**F Su, W Ren, H Jin, Localization algorithm based on difference estimation for wireless sensor networks, Proc. Int. Conf. Commun. Softw. Netw., ICCSN. (2009) 499-503]**, se basan en el empleo de cálculos estadísticos para la determinación de la distancia.

De todos ellos, el único que no requiere del empleo de hardware adicional es el de lectura de la intensidad de campo recibida (RSSI, acrónimo en inglés de "Received Signal Strength Indication"), puesto que esta función la integran todos los transceptores de radio actuales. De todas formas, estas técnicas presentan el problema de ser muy sensibles al ruido electromagnético. Por ello, para mejorar la precisión, estos sistemas requieren de una calibración que además depende de características cambiantes, tales como la climatología.

Por ello, la determinación de mejores modelos y técnicas para mejorar el comportamiento de los sistemas de localización basados en la medida del RSSI es un campo actualmente muy activo [**H Miura, K Hirano, N Matsuda, H Taki, N Abe, S Hori, Indoor localization for mobile node based on RSSI, Lect. Notes Comput. Sci. 4694 LNAI (2007) 1065-1072]** [**S Tian, X Zhang, P Liu, P Sun, X Wang, A RSSI-based DV-hop algorithm for wireless sensor networks, Int Conf Wirel Commun Networking Mob Comput. (2007) 2555-2558]** [**Z Shan, T-P Yum, Precise localization with smart antennas in ad-hoc networks, GLOBECOM IEEE Global Telecommun. Conf. (2007) 1053-1057]**.

2.- Métodos basados en conectividad (Range-free).

En estos métodos, la localización se obtiene a partir de características implícitas en las comunicaciones, tales como:

- (i) Condiciones de cobertura: Los nodos anclados tratan de localizar a los no anclados partiendo de la información de si están o no en su rango de cobertura de comunicaciones. Partiendo de estos datos, la posición se puede estimar como la intersección de las áreas de todos los nodos con los que puede establecer la comunicación. Ejemplo de esto, es la patente **US2005/0080924A1**.
- (ii) Números de saltos: La localización se establece en función del número de saltos que hay entre los nodos no anclados y algunos nodos anclados. Con estos datos y considerando una distancia media entre nodos, la localización se puede establecer utilizando métodos como la multirateración. Ejemplo de esto, es la patente **US2007/0159986A1**.

Los mecanismo empleados para obtener esta información se basan generalmente en el intercambio de mensajes, denominados generalmente balizas (beacons). El problema fundamental de estas técnicas reside en el hecho de necesitar una gran cantidad de intercambio de mensajes para obtener la posición estimada. Esto exige tener que llegar a una solución de compromiso entre la duración de la batería y el número de mensajes enviados, puesto que la radio es el elemento que más energía gasta en estos dispositivos.

De todas formas, en comparación con las técnicas basadas en mediciones, el consumo de los intercambios de mensajes es generalmente menor que el consumido por el hardware específico que requiere las técnicas basadas en mediciones. Además, el uso de hardware adicional incrementa el costo y el peso de los dispositivos, característica especialmente importante en los nodos móviles.

Existen varios métodos de localización en la literatura, tales como:

- a) La técnica del Centroide (CL) [N Bulusu, J Heidemann, D Estrin. *GPS-less low-cost outdoor localization for very small devices*, *IEEE Pers Commun.* 7 (2000) 28-34], DV-Hop [GQ Gao, L Lei, *An improved node localization algorithm based on DV-HOP in WSN*, *Proc. - IEEE Int. Conf. Adv. Comput. Control, ICACC.* 4 (2010) 321-324].
- b) Convex [L Doherty, KSJ Pister, L El Ghaoui, *Convex position estimation in wireless sensor networks*, *Proc IEEE INFOCOM.* 3 (2001) 1655-1663].
- c) APIT [Y Zhou, X Ao, S Xia, *An improved APIT node self-localization algorithm in WSN*, *Proc. World Congr. Intelligent Control Autom. WCICA.* (2008) 7576-7581].

Siendo de ellas la más representativa la técnica del centroide (CL) [Bulusu, op.cit]. Esta técnica estima la posición del nodo no anclado calculando el centroide de las posiciones de todos los nodos anclados que han recibido la baliza.

En la literatura hay propuestas algunas modificaciones de la técnica del centroide, ya sea buscando obtener un mejor comportamiento bajo ciertas condiciones particulares, tales como el uso de pesos en la estimación, obtenidos del valor medido del RSSI [J Blumenthal, R Grossmann, F Golatowski, D Timmermann, *Weighted centroid localization in Zigbee-based sensor networks*, *IEEE Int. Symp. Intelligent Signal Process., WISP.* (2007)] o del LQI [S Schuhmann, K Herrmann, K Rothermel, J Blumenthal, D Timmermann, *Improved weighted centroid localization in smart ubiquitous environments*, *Lect. Notes Comput. Sci.* 5061 LNCS (2008) 20-34].

Otros autores se centran en reducir el consumo energético [R Behnke, D Timmermann, *AWCL: Adaptive weighted centroid localization as an efficient improvement of coarse grained localization*, *Workshop Positioning, Navig. Commun., WPNC.* (2008) 243-250], modificando el método para que no requiera de

funciones costosas para este tipo de procesadores, tales como la raíz cuadrada.

Otros autores [*R Behnke, J Salzmann, R Großmann, D Lieckfeldt, D Timmermann, K Thurow, Strategies to overcome border area effects of coarse grained localization, Proc. - Workshop Positioning, Navig. Commun., WPNC. (2009) 95-102*] se centran en estudiar las zonas donde el sistema obtiene un mayor error, así como en acotar su precisión en función de las características de la instalación.

Otras técnicas de localización basadas en conectividad han sido propuestas recientemente, algunas centradas en el estudio de la intersección del área de cobertura entre nodos anclados [*H Lee, JL Welch, NH Vaidya. Location tracking using quorums in mobile ad hoc networks, Ad Hoc Networks. 1 (2003) 371-381*], y otras centradas en modificar características de la baliza, tales como la potencia de emisión [*H- Chu, R- Jan. A GPS- less, outdoor, self-positioning method for wireless sensor networks, Ad Hoc Netw. 5 (2007) 547-557*], con la finalidad de determinar el área mínima de cobertura en la que se tiene conectividad con el nodo a localizar.

También existen algunas técnicas híbridas que fusionan varios métodos de localización distintos para mejorar la precisión, como el descrito en la patente [*US 2007/0111735 A1*].

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Las técnicas de localización para redes de sensores son soluciones específicas que deben tratar de cumplir los siguientes objetivos, por un lado deben ser fáciles de extender en redes externas, por otro, utilizar métodos que no consuman mucha energía, y por último, tratar de utilizar la menor cantidad de hardware adicional posible, con el fin de mantener el consumo, costo y dimensiones a valores reducidos.

A la vista de estos objetivos, en muchas de las aplicaciones de redes de sensores el uso de dispositivos externos, tales como el GPS queda descartado debido fundamentalmente a que consume mucha energía, con lo que no se podría realizar una aplicación portable de poco peso y con una autonomía alta (tal y como se necesita para el Tag a integrar en la localización de animales). Además de no poder ser utilizable en algunos ambientes, tal y como se da en interiores.

Si se pretender tener dispositivos pequeños, económicos y de alta autonomía, las técnicas de media del tiempo de vuelo de la señal de comunicaciones no resultan buena opción, puesto que la potencia de cómputo de estos dispositivos es muy reducida y para poder tener una precisión cercana al metro, se requeriría relojes de al menos 300 MHz. Las medidas del tiempo de vuelo de ultrasonidos, si bien son realizables con estos sistemas, se descartan por la necesidad de requerir hardware adicional, además de que plantean la necesidad de requerir visión directa y sin obstáculos, teniendo un alcance típico de unos tres metros.

Por ello, se considera que la mejor solución pasa por el empleo de la radio para la localización, no considerándose válidas las técnicas clásicas basadas en mediciones que emplean el RSSI debido a su alta sensibilidad a las perturbaciones.

En su lugar, se propone una técnica que utiliza la estimación de la potencia recibida de un nodo y sus vecinos para realizar una estimación local de la posición del nodo a localizar. Dicha información se envía al nodo coordinador que calcula la posición estimada del nodo a partir de la recepción de todos los procesados locales enviados por los nodos anclados, realizando en el nodo coordinador un cálculo que une todos los resultados parciales en una solución única, denominada posición estimada.

Para paliar los problemas anteriormente descritos, se presenta el método y sistema de localización inteligente sobre redes de sensores inalámbricos, que está basado en técnicas de redes de sensores inalámbricos, buscando no añadir complejidad hardware al dispositivo que incrementen su coste y su peso. La principal ventaja del presente método con respecto a los otros que se proponen en el estado de la técnica, se resume, en la no necesidad de disponer de un entorno calibrado de antemano, siendo además, un sistema robusto frente al ruido.

A diferencia de otros métodos propuestos, para realizar esto no se requiere de ningún tipo de hardware adicional más allá del medidor de RSSI, integrado hoy en día en todos los transceptores comerciales de radio. Esto permite diseñar dispositivos livianos y con autonomía limitada, con lo que se obtiene un sistema aplicable a todos aquellos casos donde la autonomía y el peso sean restricciones importantes.

Todo ello, se logra empleado técnicas de inteligencia computacional, basadas en un motor de inferencia difuso y un procesamiento distribuido que no requiere de grandes capacidades de computación. Además, el sistema permite monitorizar el entorno y recolectar información de posibles sensores presentes en el nodo móvil, de manera similar a como se realiza habitualmente en las redes de sensores inalámbricos.

El sistema y método de la invención permite la estimación de la posición de equipos móviles, cuya posición es desconocida a partir de una serie de equipos de posición conocida.

Se parte de una red de dispositivos de posiciones fijas denominados nodos anclados. Estas posiciones se suponen conocidas de antemano y son estáticas, pudiéndose obtener en el momento de realizar la instalación mediante el uso de algún medio de localización, como por ejemplo la tecnología GPS, los planos cartográficos, etc. El sistema de localización propuesto

aporta precisión y robustez frente al ruido, comparado con los sistemas de localización basados en conectividad existentes actualmente.

Para poder realizar la estimación de la posición es necesario medir la potencia del campo electromagnético con el que llega el mensaje enviado al receptor. Esta información se podrá adquirir de dos formas diferentes:

a) El nodo remoto a localizar envía una baliza: esta situación se dará en aquellos casos en los que el tag móvil disponga de sensores adicionales o de información que desee transmitir al nodo coordinador. En este caso, el sistema enviará periódicamente un mensaje vacío (sin información útil), cuya única finalidad es poder estimar la potencia con la que llega este mensaje al receptor. Con la finalidad de ahorrar la batería, el tag solo tiene encendida la radio el tiempo suficiente para enviar la baliza, no esperando ningún tipo de acuse de recibo.

Los nodos anclados que reciben el mensaje, desechan los datos y miden la potencia con la que llega el mensaje, puesto que la información es irrelevante, no retransmitiéndola al nodo coordinador.

El periodo de envío en este caso lo determina el Tag, pudiendo ser una tasa de muestreo estática u organizada mediante un calendario, que tiene en cuenta las necesidades de la aplicación. Por ejemplo, en la monitorización de fauna salvaje, el sistema puede reducir la tasa de muestreo durante el tiempo que de antemano se sepa que el animal dedica a dormir, y por tanto, se espera que permanezca durante un periodo prolongado de tiempo en una posición estática.

b) El nodo remoto a localizar envía un mensaje: este caso se dará cuando el nodo móvil disponga de sensores adicionales,

cuyas medidas se desean transmitir al nodo coordinador. En este caso, el funcionamiento del sistema es idéntico al descrito anteriormente, con la salvedad de que en vez de enviar una trama vacía, ésta contendrá información útil que los nodos cercanos al Tag deberán reencaminar al nodo coordinador. Con el fin de ahorrar energía, el Tag no esperará acuse de recibo, apagando la radio inmediatamente tras enviar el mensaje. En este caso, el periodo de muestreo de los mensajes dependerá de los sensores del sistema.

Para la localización es necesario que llegue el mensaje enviado al menos a un nodo anclado del sistema, por lo que la separación entre estos debe determinarse en función de la precisión que desee obtenerse en la localización y de la cobertura que tenga el nodo móvil. También es necesario que la potencia de emisión de la radio sea constante y conocida de antemano.

No es necesario para este sistema realizar un modelado del entorno, más allá de asegurarse separar los nodos a una distancia tal que permita obtener la precisión requerida para la medida. Si una zona particular es de especial interés, para mejorar la precisión tan solo hay que aumentar el número de nodos anclados en dicha zona.

Más concretamente, el método objeto de la presente invención comprende las siguientes etapas:

- **Etapas 1:** envío de la baliza o del mensaje por parte del nodo móvil. Tal y como se ha comentado anteriormente, esto se realizará de forma periódica, en función de las necesidades del sistema y de la autonomía requerida. Para ahorrar batería, la radio del nodo móvil solo estará encendida durante este periodo de tiempo y además no se utilizarán sus recursos para el cálculo de la posición estimada.

- **Etapa 2:** los nodos anclados reciben el mensaje y deciden si el mensaje corresponde a una baliza o si contiene información útil. En cualquiera de los dos casos, los nodos anclados miden la intensidad de campo con la que han recibido dicho mensaje y la retransmiten a sus nodos vecinos.

- **Etapa 3:** los nodos reciben la potencia con la que sus vecinos han recibido el mensaje. A partir de estos datos y con la intensidad de campo medida por ellos, los nodos estiman un resultado parcial de la posición, empleando técnicas de inteligencia computacional, basadas en el empleo de un motor de interferencia difuso. Una vez estimadas las fases de las tensiones en la subestación, y conocidos los fasores de las corrientes durante la falta, se utilizan técnicas ya conocidas y probadas para el cálculo de la posición de la falta.

- **Etapa 4:** a partir de la salida del motor de interferencia difuso, los nodos que reciben la baliza del Tag estiman si han obtenido un resultado relevante o no. En caso negativo, desechan la información y se quedan esperando a la recepción de la próxima baliza. En caso informativo, reenvían su estimación parcial al nodo coordinador, junto con la información transmitida por los sensores del Tag, en caso de que este enviase un mensaje con datos.

- **Etapa 5:** el nodo coordinador recoge todas las estimaciones parciales de la posición y las utiliza para concretar la posición estimada, empleando para ello el cálculo del centro de gravedad de todos los resultados parciales. Para un conjunto discreto de soluciones, tal y como se obtiene en este caso, el centro de gravedad coincide con la media de todos los resultados recibidos. Además, en caso de recibir datos de los sensores del Tag, procesa dicha información de manera conveniente.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y dibujos se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

La FIG. 1 muestra esquemáticamente las distintas etapas que comprende el método objeto de la presente invención en donde la FIG.1A muestra un envío de la baliza por parte del nodo no anclado; la FIG.1B muestra la retransmisión de la potencia medida por los nodos anclados; la FIG.1C muestra la estimación de los distintos resultados parciales con el método difuso distribuido; y finalmente la FIG.1D muestra una determinación de la posición estimada en el nodo coordinador.

La FIG.2 muestra una representación de los sectores formados por un nodo anclado y sus vecinos.

La FIG.3 muestra una representación del método distribuido.

La FIG.4 muestra una representación de los conjuntos difusos de entrada.

La FIG.5 muestra una representación de los conjuntos difusos de salida.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

El método de localización inteligente sobre redes de sensores inalámbricos, objeto de la presente invención comprende, a su vez, dos procesos diferenciados: (i) un primer proceso distribuido, ejecutado en cada nodo que realiza una estimación de la posible localización del Tag; y (ii) un segundo proceso centralizado, que une todas esas informaciones parciales en una única solución.

En ambos casos se requiere poca potencia de cómputo, y se pueden aplicar a redes amplias.

Por tanto, el método de localización inteligente sobre redes de sensores inalámbricos, objeto de la presente memoria, queda caracterizado porque, esta secuenciado en las siguientes etapas:

- (i) Una primera etapa de envío de baliza por parte del Tag a localizar, tal y como muestra la FIG.1A; el Tag no anclado envía un mensaje o una baliza, en función de la aplicación que se pretenda desarrollar. Se considerará mensaje en el caso de incluir información útil que haya que reencaminar al nodo coordinador. La potencia de emisión del Tag tiene que garantizar que la comunicación llegue al menos a un nodo fijo. Este mensaje o baliza, la enviará cíclicamente el nodo no anclado, siendo este periodo únicamente durante el cual tendrá la radio activada, puesto que este elemento no participará en el proceso de cómputo, con el fin de aumentar la duración de las baterías. El Tag puede incluir sistemas para modificar el período de muestreo en función de las necesidades, bien sea mediante un calendario o usando sensores externos, de tal manera que se consiga aumentar

aún más la duración de la batería; posteriormente, hay una recepción de la baliza por parte de los nodos anclados, los nodos anclados cercanos al Tag que han recibido la baliza o el mensaje, miden el nivel de RSSI con el que llega, así como los datos de información de los sensores, en caso de existir;

- (ii) Una segunda etapa de recepción de la potencia recibida por los nodos anclados a sus vecinos, como se muestra en la FIG.1B; cada nodo anclado que este lo suficientemente cercano para poder recibir el mensaje del nodo a localizar, envía un mensaje a todos sus vecinos con el valor de la potencia con la que él ha recibido el mensaje. Esto provoca que los nodos alrededor del nodo a localizar terminen una tabla con la potencia de la señal que ellos han recibido, así como de sus vecinos. Los nodos vecinos que no hayan recibido el "beacon" no transmitirán respuesta alguna;
- (iii) Una tercera etapa de ejecución de un proceso difuso distribuido de localización, tal y como se muestra en la FIG.1C; en donde a partir del valor de potencia recibida por el nodo y aquella que le han transmitido sus vecinos que también han recibido el mensaje, el nodo ejecuta un método difuso, tal y como se muestra en la FIG.3, para determinar el/los cuadrantes más probables donde pueda estar situado el nodo móvil.

Se considera cuadrante al área encerrada por un nodo determinado y dos vecinos adyacentes entre ellos. Un ejemplo de esto, se muestra en la FIG.2, donde se puede apreciar que los cuadrantes o sectores considerados forman siempre secciones triangulares. El número de cuadrantes alrededor de un determinado nodo es variable y depende del número de vecinos (es decir, nodos con comunicación directa, sin reencaminar) que tenga.

Es importante tener en cuenta que cada nodo tiene una información parcial, ya que solo tiene información de su estimación de la potencia recibida y la de sus vecinos, pero puede haber otros nodos no vecinos que también hayan recibido el mensaje, cuya potencia recibida ignora este nodo.

Con dicha información parcial, y a partir de la ejecución del motor de inferencia difuso, el nodo determina los cuadrantes probables de localización, habiéndose considerado probables aquellos que ofrecen una salida mayor de 0,1. El método difuso es siempre el mismo, y se ejecuta una vez por cada cuadrante.

- (iv) una cuarta etapa de envío de los cuadrantes propuestos al nodo coordinador, tal y como se muestra en la FIG.1D, cada uno de los nodos anclados que han recibido el mensaje y que el método difuso haya dado una salida significativa, enviarán un mensaje al nodo coordinador indicando aquellos cuadrantes por los que "vota", es decir, informará de aquellos que han ofrecido una salida del motor de inferencia superior a 0,1. Además de ello, en caso de que el mensaje contuviera información útil, también la envía en la misma trama al nodo coordinador; en donde si ninguno de los cuadrantes ofrece una salida superior a 0,1, el nodo anclado, aunque haya recibido el mensaje, no "votará" por ningún cuadrante, es decir, no enviará ningún mensaje; y
- (v) una quinta etapa de cálculo de la posición estimada con un proceso centralizado, en donde a partir de cada uno de los resultados parciales recibidos de los diferentes nodos anclados que han votado por algún cuadrante, el nodo coordinador elabora un mapa de puntos con todos los resultados, considerando que el nodo se encuentra en el

área delimitada por todos estos cuadrantes. Con dicha información el sistema determina la posición estimada a partir del cálculo del centroide de toda esta área formada por el conjunto de puntos por el que han votado los nodos anclados. En este caso, el centroide se puede simplificar calculando la media de los resultados parciales.

Como se puede apreciar, la técnica consiste en el empleo de dos procesos diferenciados, siendo uno de ellos un proceso difuso distribuido, que se ejecuta en cada uno de los nodos que reciben el "beacon", y posteriormente a eso, un proceso centralizado realizado por el nodo coordinador que reúne todos los resultados parciales obtenidos por los distintos nodos.

Se podría haber realizado un método de localización similar al propuesto empleando un único método centralizado, pero en este caso, exigiría que el nodo coordinador realizara todos los cálculos. Además presentaría un consumo energético mucho mayor ante la necesidad de enviar todos los datos de RSSI recibidos por todos al nodo coordinador.

Por esto se ha empleado esta división en dos métodos, al considerar este sistema más eficiente, tanto desde el punto de vista de los recursos, ya que el sistema de esta forma realiza una computación distribuida, como desde el punto de vista energético.

1.- Proceso difuso distribuido

En la FIG.3 se muestra la función difusa para el método de localización, teniendo en cuenta que esta función deberá ejecutarse en la mota una vez por cada cuadrante que se tenga, entendiendo por cuadrante, cada una de las áreas formadas por el nodo y dos vecinos adyacentes, es decir, si hay cuatro vecinos,

se obtienen en total cuatro cuadrantes alrededor del nodo anclado, tal y como se muestra en la FIG.2.

La salida difusa ofrece un resultado por cuadrante, decidiendo cada nodo a partir de esta información el "voto" que transmite al nodo coordinador en donde informa de los cuadrantes representativos encontrados, habiéndose considerado representativos aquellos que ofrecen una salida superior a 0,1. Este valor de umbral se ha ajustado mediante simulación, siendo el mejor compromiso encontrado entre precisión e inmunidad al ruido.

Para facilitar la explicación del método distribuido, se ha dividido en varias fases: a) explicación de los conjuntos de entrada al motor de inferencia difuso; b) explicación del conjunto de salida del motor de inferencia difuso; y c) explicación del motor de inferencia implementado.

1.1 Conjuntos de entrada al motor de inferencia difuso

Las entradas del sistema de lógica difusa están formadas por una entrada que representa la potencia recibida por el nodo en cuestión, más un conjunto de entradas que representan a todos sus vecinos. Cada una de ellas, tiene definido un conjunto borroso formado por tres funciones que representan el valor bajo, medio y alto de la señal de potencia definida (tal y como se muestra en la FIG.4).

Se entiende como bajo un conjunto tropezoidal con función de pertenencia 1 para un valor de potencia igual a la sensibilidad y cayendo linealmente desde este punto, al valor definido como centro del triángulo de la potencia media. Con este conjunto se representa a la señal recibida si el nodo anclado está muy alejado del no anclado, recibiendo por tanto una señal de RSSI baja o incluso nula, tal y como se recibiría si no recibiera el beacon.

Se define como potencia media, a un conjunto triangular con el primer vértice definido en la sensibilidad, el vértice central (con valor de pertenencia 1) a la potencia que recibiría un nodo situado en el centro del triángulo formado por los tres nodos anclados y el vértice de la derecha en la potencia de transmisión. Con este conjunto se representa a la señal recibida en un punto estratégico, siendo este punto el centroide formado por los tres nodos que determinan el cuadrante. A este punto, se le considera el punto medio, definiéndose alejado el Tag si está por detrás de dicho punto, y cercano en caso contrario.

Por último, es definido, como potencia alta, un conjunto trapezoidal que empieza a crecer literalmente desde el punto de la potencia media a la potencia de transmisión, teniendo un valor de pertenencia 1, para la potencia de transmisión. Con este conjunto se representa a la señal que se recibiría si el nodo no anclado está muy cercano al nodo anclado.

1.2 Salida del motor de inferencia difuso

La salida está formada por tres conjuntos triangulares, que se corresponden con los valores bajo, medio y alto, tal y como se muestra en la FIG.5.

Se considera bajo al triángulo definido por los puntos -0,5 y 0,5, teniendo un valor de pertenencia 1 en el 0. Se considera medio, al triángulo definido entre los puntos 0; 0,5 y 1, teniendo un valor de pertenencia 1 en el 0,5. Y por último, se considera alto, al triángulo definido entre los puntos 0,5, 1 y 1,5, teniendo un valor de pertenencia 1 en el 1.

El sistema calculará una salida por cuadrante formado por el nodo en cuestión, y sus respectivos vecinos, realizando una transmisión al nodo coordinador si el valor de salida es superior a 0,1. Como se puede apreciar en la FIG.5, si el valor es solo bajo, el centroide del área se corresponde con el punto 0, si es el medio con el punto 0,5 y si es alto con el punto 1.

1.3 Motor de inferencia

El motor de inferencia propuesto se corresponde con una base del conocimiento de reglas de Mandani, usando una agregación de las reglas mediante la función máximo y una implicación de las salidas mediante la función mínimo. Todo esto, se ha elegido atendiendo a criterios de eficiencia de cómputo, puesto que la capacidad de procesamiento de los microcontroladores habituales en las redes de sensores es generalmente limitada.

Esta base de conocimiento consiste en evaluar cada una de las condiciones de las reglas, que son del tipo: Si A es... y B es...y...ENTONCES Salida es...

El motor difuso calculará el antecedente de cada regla mediante la intersección de los conjuntos de entrada, para lo que se ha usado la función mínimo para el operador "y" y el máximo para la función "o", que son fáciles de implementar en dispositivos con hardware limitado.

Con el valor calculado de los antecedentes con este método, se calcula la implicación de la salida mediante la función mínimo. Posteriormente, se hace la unión de todas las reglas y se calcula un valor concreto a partir de dicha intersección. A este proceso se le llama concresión, habiéndose utilizado en este caso un concresor de centroide, que lo que hace es ofrecer como dato de salida el centro de gravedad de la figura resultante de la unión de la salida de todas las reglas. Experimentalmente se ha comprobado que este concresor es el que ofrece mejores resultados.

El motor de inferencia, consta de un total de dieciocho reglas, que se deben ejecutar una vez por cada cuadrante formado entre el nodo y sus vecinos, las reglas pueden resumirse en la siguiente tabla:

RSSI del nodo	RSSI de los vecinos	Salida
Alto.	Todos medios.	Alta.
Bajo.	Todos bajos.	Baja.
Medio.	Todos medios.	Alta.
Medio.	Todos bajos.	Baja.
Alto.	Todos altos.	Media.
Medio.	Media en el sector actual. Baja en el resto.	Alta.
Medio.	Alta en algún sector, excepto en el actual. Baja en el resto.	Baja.
Alto.	Alta en algún vecino del sector actual. Baja en el resto.	Medio.
Alto.	Alta en algún nodo, excepto en los del sector actual. Baja en el resto.	Baja.
Medio.	Medio en algún vecino del sector actual. Baja en el resto.	Medio.
Medio.	Medio en algún nodo, excepto en los del sector actual. Baja en el resto.	Baja.

2.- Proceso centralizado.

El nodo coordinador es un nodo especial de una red de sensores, siendo este elemento un nodo que se encarga de recibir los datos que envían todos los demás nodos de la red y redirigirlos por la red adecuada, actuando de pasarela generalmente entre las redes de sensores, y un PC industrial o un PC embebido, que a su vez se encargará de distribuir la información recolectada por otros tipos de redes, tales como wifi o ethernet.

Se considerará como nodo coordinador al nodo que cumple con las funciones anteriores, y no al PC conectado a él. Debido a esto, el método propuesto se implantará en un nodo con los mismos recursos que el resto de los nodos sensores de la red, utilizando el PC para transmitir los resultados de localización obtenido, así como si redirigir el resto de información de los sensores presentes en la red.

2.1 Etapas del proceso centralizado

El nodo coordinador es un nodo especial que tiene que ejecutar las siguientes acciones para localizar al nodo no anclado. Se parte del hecho de que no el nodo coordinador, tiene acceso a una tabla de datos en la que está recogido el mapa de distribución de los nodos anclados. También se parte de que el

hecho de que aunque no se conoce su posición, el periodo mínimo entre mensajes que envía el Tag es conocido. Los pasos a realizar son:

a) Recepción de datos: a partir del mensaje del nodo no anclado, y mediante el método distribuido comentando anteriormente, algunos nodos de la red deciden votar por una localización, para lo que envían al nodo coordinador un dato indicando por cuales de todos los sectores formado entre él, y sus vecinos decide votar, además de la información recogida del nodo no anclado, en caso de existir.

El nodo coordinador recibe este mensaje, y determina las coordenadas de los nodos que forman el sector por el que "vota" el nodo a partir de leer el estado de los bits que forman la palabra recibida y de conocer el identificador del nodo que originó el mensaje, ya que cada uno de los sectores siempre formo un triángulo.

b) Determinación de un punto representativo: una vez completado el paso anterior, el nodo coordinador tiene las coordenadas de los tres vértices de cada triángulo. A partir de ellos, aplica un método para determinar un punto que representa a dicho triángulo, que en este caso se ha optado por utilizar el centro de gravedad.

Hay que tener en cuenta que puesto que los nodos anclados no varían su posición, no es necesario estar recalculando continuamente dichos centros de gravedad de todos los triángulos, sino que es suficiente con calcularlos una vez (o tenerlos calculados previamente a la hora de programación) y acceder a sus coordenadas mediante el acceso a una tabla, pudiéndose ahorrar recursos de este modo.

c) Añadir el punto a la tabla de votaciones: los puntos obtenidos anteriormente se consideran representativos, de forma

que en el caso de que el sistema solo vote por un triángulo, el centro de gravedad de dicho triángulo se considerará la posición estimada.

Lo que hace el sistema para poder estimar la posición es añadir los puntos obtenidos a una tabla en la que se almacenarán las coordenadas de todos los votos que decidan transmitir los nodos anclados.

d) Espera de un tiempo determinado para la votación de los nodos: debido a que el tiempo entre balizas del Tag es conocido de antemano, el nodo coordinador establece a partir de dicho periodo una ventana de tiempo durante el cual esperará la recepción de los votos de los nodos.

Hay que tener en cuenta que un nodo puede votar por varias regiones, pero solo puede votar una vez. En caso de que lleguen varios mensajes del mismo nodo en la misma ventana, solo se considerará el primero y se rechazarán todos los demás.

e) Cálculo de la posición estimada: una vez cerrada la ventana de tiempo para las votaciones, el nodo coordinador accede a la tabla con todos los votos y los concreta en la posición estimada.

Para ello se ha optado por el uso del método de cálculo del centro de gravedad, en el que para su cálculo se consideran como posiciones representativas los centros de gravedad de cada uno de los sectores que el nodo coordinador ha recibido como resultados parciales de la red de sensores.

Una vez obtenido las coordenadas estimadas, se transmiten del nodo coordinador al PC, y el nodo queda a la espera de que se cumpla el tiempo para abrir una nueva ventana.

REIVINDICACIONES

1.- Método de localización inteligente sobre redes de sensores inalámbricos que comprende un primer proceso distribuido, ejecutado en cada nodo que realiza una estimación de la posible localización del Tag; y un segundo proceso centralizado, que une todas esas informaciones parciales en una única solución, en donde dicho método **se caracteriza porque** comprende, a su vez, las etapas de:

- (i) una primera etapa de envío de baliza por parte del Tag a localizar, en donde el Tag no anclado envía un mensaje o una baliza; siendo dicho mensaje o baliza, enviado cíclicamente al nodo no anclado, siendo este periodo únicamente durante el cual tendrá la radio activada;
- (ii) una segunda etapa de recepción de la potencia recibida por los nodos anclados a sus vecinos; en donde cada nodo anclado que esté lo suficientemente cercano para poder recibir el mensaje del nodo a localizar, envía un mensaje a todos sus vecinos con el valor de la potencia con la que él ha recibido el mensaje; de tal forma que los nodos alrededor del nodo a localizar terminen una tabla con la potencia de la señal que ellos han recibido, así como de sus vecinos; y en donde los nodos vecinos que no hayan recibido el "beacon" no transmitirán respuesta alguna;
- (iii) una tercera etapa de ejecución de un proceso difuso distribuido de localización, en donde a partir del valor de potencia recibida por el nodo y aquella que le han transmitido sus vecinos que también han recibido el mensaje, el nodo ejecuta un proceso difuso para determinar el/los cuadrantes más probables donde pueda estar situado el nodo móvil;
- (iv) una cuarta etapa de envío de los cuadrantes propuestos al nodo coordinador, donde cada uno de los nodos anclados que han recibido el mensaje y que el método

difuso haya dado una salida significativa, enviarán un mensaje al nodo coordinador indicando aquellos cuadrantes por los que "vota", es decir, informará de aquellos que han ofrecido una salida del motor de inferencia superior a 0,1; y

- (v) una quinta etapa de cálculo de la posición estimada con un proceso centralizado, en donde a partir de cada uno de los resultados parciales recibidos de los diferentes nodos anclados que han votado por algún cuadrante, el nodo coordinador elabora un mapa de puntos con todos los resultados, considerando que el nodo se encuentra en el área delimitada por todos estos cuadrantes.

2.- Método de acuerdo con la reivindicación 1 en donde en la primera etapa se enviará un mensaje o baliza en función de la aplicación que se pretenda desarrollar, donde se considerará mensaje en el caso de incluir información útil que haya que reencaminar al nodo coordinador, y donde la potencia de emisión del Tag tiene que garantizar que la comunicación llegue al menos a un nodo fijo.

3.- Método de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2 en donde el Tag incluye medios para modificar el período de muestreo en función de las necesidades, bien sea mediante un calendario o usando sensores externos.

4.- Método de acuerdo con las reivindicaciones anteriores en donde en la recepción de la baliza por parte de los nodos anclados, dichos nodos anclados cercanos al Tag que han recibido la baliza o el mensaje, miden el nivel de RSSI con el que llega, así como los datos de información de los sensores, en caso de existir.

5.- Método de acuerdo con las reivindicaciones anteriores en donde en la cuarta etapa de envío de los cuadrantes, en caso de que el mensaje contuviera información

útil, también la envía en la misma trama al nodo coordinador; y donde si ninguno de los cuadrantes ofrece una salida superior a 0,1, el nodo anclado, aunque haya recibido el mensaje, no "votará" por ningún cuadrante, es decir, no enviará ningún mensaje.

6.- Método de acuerdo con las reivindicaciones anteriores en donde en la quinta etapa de cálculo, con la información recibida se determina la posición estimada a partir del cálculo del centroide de toda esta área formada por el conjunto de puntos por el que han votado los nodos anclados; y en donde el centroide se puede simplificar calculando la media de los resultados parciales.

7.- Método de acuerdo con las reivindicaciones anteriores en donde el proceso difuso distribuido comprende las etapas de a) entrada del conjunto de datos al motor de inferencia difuso; b) salida del conjunto de datos del motor de inferencia difuso; y c) inferencia borrosa de los datos recibidos, en donde,

las entradas del sistema de lógica difusa está formado por una entrada que representa la potencia recibida por el nodo en cuestión, más un conjunto de entradas que representan a todos sus vecinos; y donde cada una de ellas, tiene definido un conjunto borroso formado por tres funciones que representan el valor bajo, medio y alto de la señal de potencia definida;

y donde la salida está formada por tres conjuntos triangulares, que se corresponden con los valores bajo, medio y alto, calculándose una salida por cuadrante formado por el nodo en cuestión, y sus respectivos vecinos, realizando una transmisión al nodo coordinador si el valor de salida es superior a 0,1; y

donde el motor de inferencia se corresponde con una base del conocimiento de reglas de Mandani, que calculará el antecedente de cada regla mediante la intersección de los conjuntos de entrada, para lo que se ha usado la función mínimo

para el operador "y" y el máximo para la función "o", y donde posteriormente, se hace la unión de todas las reglas y se calcula un valor concreto a partir de dicha intersección, ofreciendo como dato de salida el centro de gravedad de la figura resultante de la unión de la salida de todas las reglas.

8.- Método de acuerdo con las reivindicaciones anteriores en donde el proceso centralizado del nodo coordinador comprende las etapas de:

a) recepción de datos, en donde a partir del mensaje del nodo no anclado, y mediante el proceso distribuido, algunos nodos de la red deciden votar por una localización, para lo que envían al nodo coordinador un dato indicando por cuales de todos los sectores formado entre él, y sus vecinos decide votar, además de la información recogida del nodo no anclado, en caso de existir; y donde el nodo coordinador recibe este mensaje, y determina las coordenadas de los nodos que forman el sector por el que "vota" el nodo a partir de leer el estado de los bits que forman la palabra recibida y de conocer el identificador del nodo que originó el mensaje, ya que cada uno de los sectores siempre formo un triángulo;

b) determinación de un punto representativo, en donde, una vez completado el paso anterior, el nodo coordinador tiene las coordenadas de los tres vértices de cada triángulo; y donde a partir de ellos, aplica un proceso para determinar un punto que representa a dicho triángulo, que en este caso se ha optado por utilizar el centro de gravedad;

c) añadir el punto a la tabla de votaciones, y en donde los puntos obtenidos anteriormente se consideran representativos, de forma que en el caso de que el sistema solo vote por un triángulo, el centro de gravedad de dicho triángulo se considerará la posición estimada; y en donde para poder estimar la posición es añadir los puntos obtenidos a una tabla en la que se almacenarán las coordenadas de todos los votos que decidan transmitir los nodos anclados;

d) espera de un tiempo determinado para la votación de los nodos, en donde debido a que el tiempo entre balizas del Tag es conocido de antemano, el nodo coordinador establece a partir de dicho periodo una ventana de tiempo durante el cual esperará la recepción de los votos de los nodos; y en donde un nodo puede votar por varias regiones, pero solo puede votar una vez; y donde en caso de que lleguen varios mensajes del mismo nodo en la misma ventana, solo se considerará el primero y se rechazarán todos los demás; y

e) cálculo de la posición estimada, en donde, una vez cerrada la ventana de tiempo para las votaciones, el nodo coordinador accede a la tabla con todos los votos y los concreta en la posición estimada;

y donde una vez obtenido las coordenadas estimadas, se transmiten del nodo coordinador al PC, y el nodo queda a la espera de que se cumpla el tiempo para abrir una nueva ventana.

9.- Sistema de localización inteligente sobre redes de sensores inalámbricos que comprende una pluralidad de sensores inalámbricos denotados como nodos distribuidos y al menos un nodo coordinador siendo este elemento un nodo que se encarga de recibir los datos que envían todos los demás nodos de la red y redirigirlos por la red adecuada, actuando de pasarela entre las redes de sensores, y un elemento externo de computación, que a su vez se encargará de distribuir la información recolectada por otros tipos de redes, tales como Wi-Fi o Ethernet, en donde dicho sistema **se caracteriza** porque cada nodo comprende medios para ejecutar el método de la reivindicación 1.

Figuras

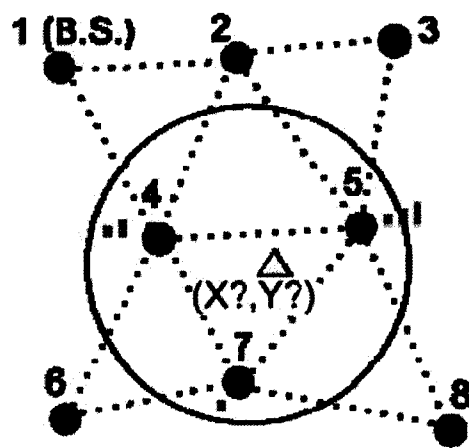


FIG. 1A

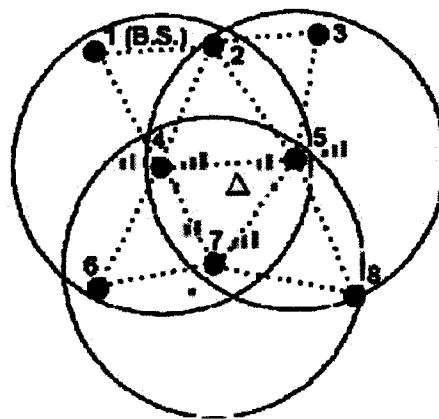


FIG. 1B

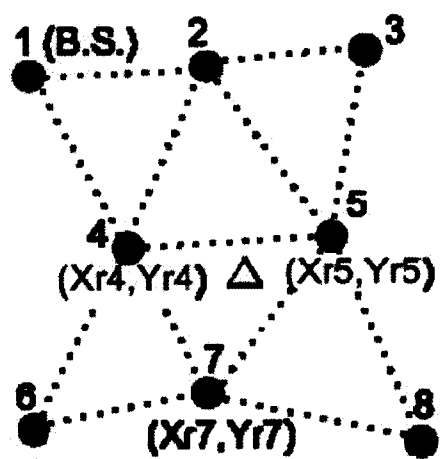


FIG. 1C

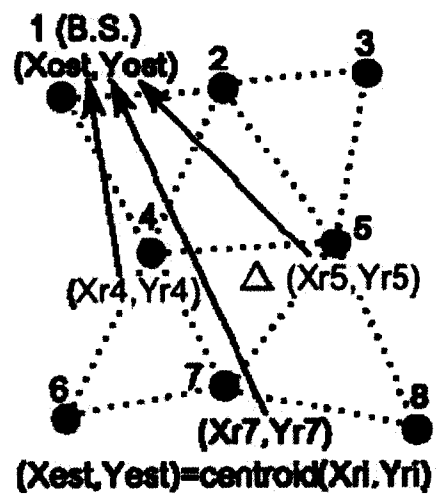


FIG. 1D

2/4

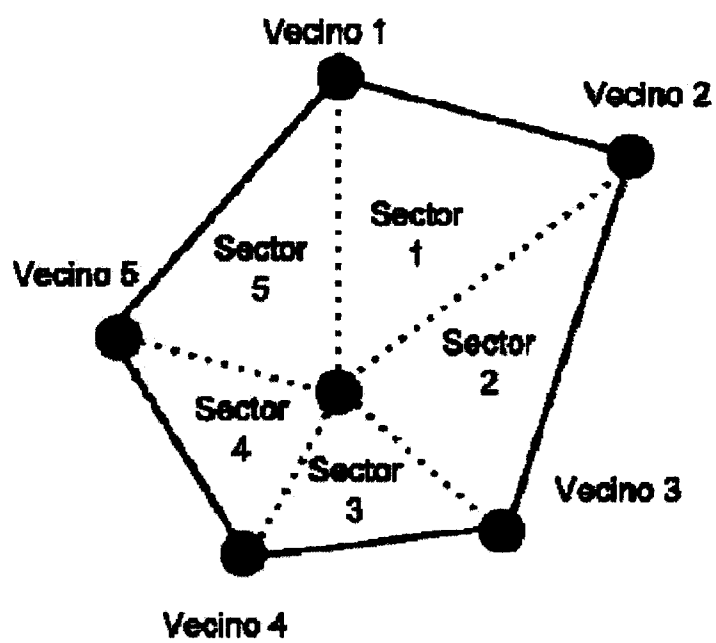


FIG.2

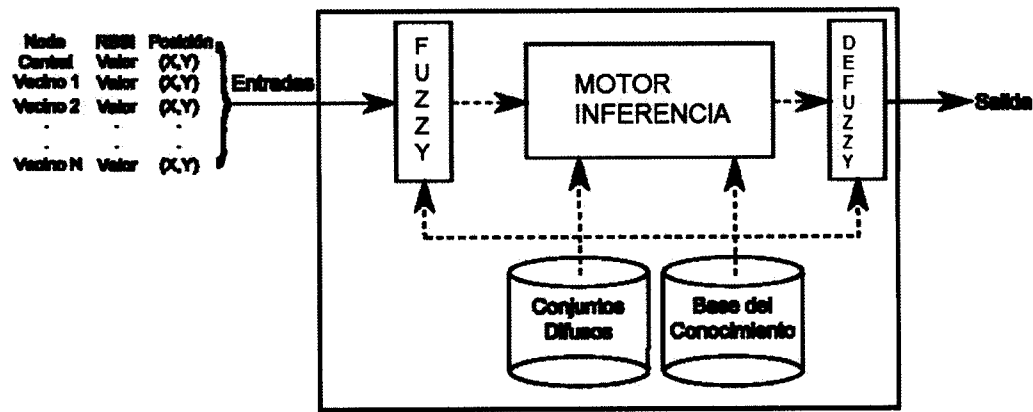


FIG.3

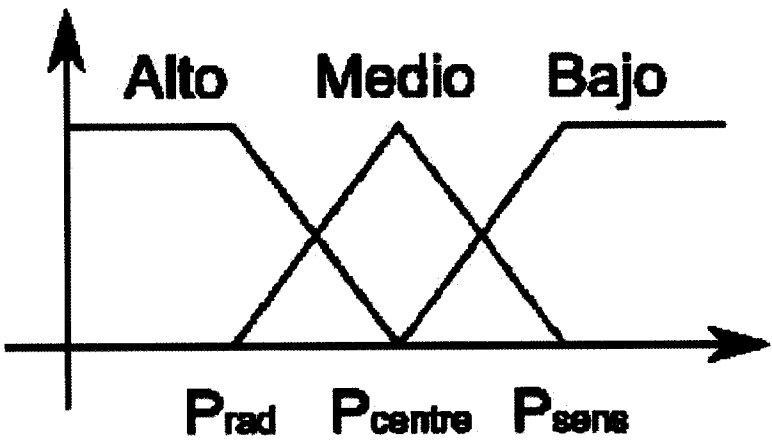


FIG.4

4/4

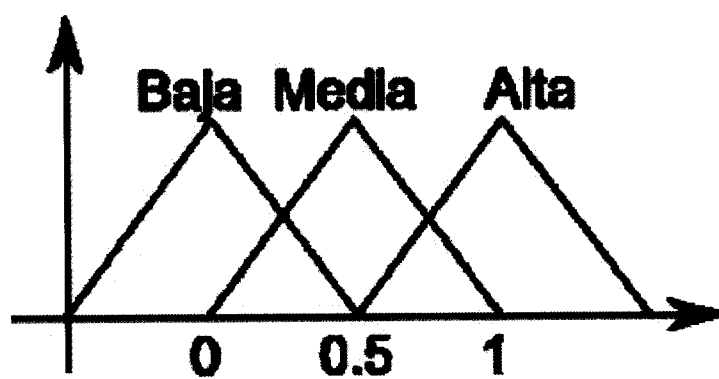


FIG.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2012/000107

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S5/02 (2010.01)

H04W64/00 (2009.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S, H04W

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES, XPI3E, XPESP, LNP

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Larios, D.F. et al , "Locating sensors with fuzzy logic algorithms," IEEE Workshop On Merging Fields Of Computational Intelligence And Sensor Technology (CompSens), 2011, pp.57-64, 11-15 April of 2011. doi: 10.1109/MFCIST.2011.5949514 The whole document.	1-9
A	Yun S. the al, "A soft computing approach to localization in wireless sensor networks", Experts Systems with applications, Vol. 36, Número 4, pp. 7552 – 7561. May of 2009. DOI:10.1016/j.eswa.2008.09.064 Secctions 1- 4.	1-9
A	US 2007060098 A1 (INNERWIRELESS) 15/03/2007, Paragraphs [0017-0057]; Figures 1-8.	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.	
"E" earlier document but published on or after the international filing date	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents , such combination being obvious to a person skilled in the art
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20/08/2012

Date of mailing of the international search report
(21/08/2012)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer
J. Cotillas Castellano

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Facsimile No.: 91 349 53 04

Telephone No. 91 3495410

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2012/000107

C (continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1617601 A2 (UNIV TWENTE) 18/01/2006, Paragraphs [0011 – 000026]; figure 1.	1-9
A	Wenping Chen et Al, "A Cooperative Localization Scheme for Zigbee-based Wireless Sensor Networks," 14th IEEE International Conference on Networks, 2006. ICON '06. Vol.2, pp.1-5, September of 2006.doi: 10.1109/ICON.2006.302647 Secctions 1 – 3.	1-9
A	Kadkhoda, M. et al, "A probabilistic fuzzy approach for sensor location estimation in wireless sensor networks," 2010 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ), pp.1-5, 18-23 July of 2010. doi: 10.1109/FUZZY.2010.5584410 Secctions I-IV.	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2012/000107

Information on patent family members

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US2007060098 A	15.03.2007	NONE	
-----	-----	-----	-----
EP1617601 A	18.01.2006	EP20050075907	18.04.2005
-----	-----	-----	-----

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional n°
PCT/ES2012/000107

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G01S5/02 (2010.01)

H04W64/00 (2009.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01S, H04W

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC, INVENES, XPI3E, XPESP, LNP

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones n°
X	Larios, D.F. et al , "Locating sensors with fuzzy logic algorithms," IEEE Workshop On Merging Fields Of Computational Intelligence And Sensor Technology (CompSens), 2011, pp.57-64, 11-15 Abril de 2011. doi: 10.1109/MFCIST.2011.5949514 Todo el documento.	1-9
A	Yun S. el al, "A soft computing approach to localization in wireless sensor networks", Experts Systems with applications, Vol. 36, Número 4, pp. 7552 – 7561. Mayo de 2009. DOI:10.1016/j.eswa.2008.09.064 Apartados 1- 4.	1-9
A	US 2007060098 A1 (INNERWIRELESS) 15/03/2007, Párrafos [0017-0057]; Figuras 1-8.	1-9

☒ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos

☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.	
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.
20/08/2012

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
21-AGOSTO-2012 (21/08/2012)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
N° de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado
J. Cotillas Castellano
N° de teléfono 91 3495410

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional n°

PCT/ES2012/000107

C (Continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES		
Categoría *	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones n°
A	EP 1617601 A2 (UNIV TWENTE) 18/01/2006, Párrafos [0011 – 000026]; Figura 1.	1-9
A	Wenping Chen et Al, "A Cooperative Localization Scheme for Zigbee-based Wireless Sensor Networks," 14th IEEE International Conference on Networks, 2006. ICON '06. Vol.2, pp.1-5, Septiembre de 2006. doi: 10.1109/ICON.2006.302647 Apartados 1 – 3.	1-9
A	Kadkhoda, M. et al, "A probabilistic fuzzy approach for sensor location estimation in wireless sensor networks," 2010 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ), pp.1-5, 18-23 Julio de 2010. doi: 10.1109/FUZZY.2010.5584410 Apartados I-IV.	1-9

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

PCT/ES2012/000107

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
US2007060098 A	15.03.2007	NINGUNO	
EP1617601 A	18.01.2006	EP20050075907	18.04.2005