(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 372 135**

(21) Número de solicitud: 200901907

(51) Int. CI.:

H04W 64/00 (2009.01)
G01S 5/02 (2010.01)

(12) PATENTE DE INVENCIÓN B1

(22) Fecha de presentación:

18.09.2009

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

16.01.2012

Fecha de la concesión:

07.03.2013

(45) Fecha de publicación de la concesión:

20.03.2013

(73) Titular/es:

UNIVERSITAT POLITÉCNICA DE CATALUNYA
JORDI GIRONA, 31
08034 BARCELONA (Barcelona) ES

(72) Inventor/es:

BARCELÓ ARROYO, Francisco y
MARTÍN ESCALONA, Israel

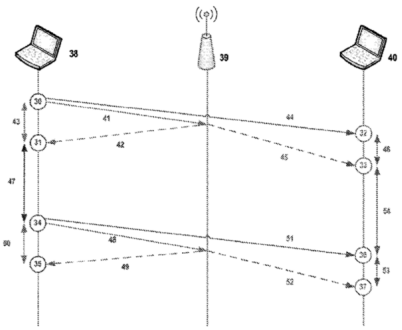
(54) Título: **SISTEMA Y PROCEDIMIENTO DE LOCALIZACIÓN BASADOS EN MEDIDAS PASIVAS DE DIFERENCIAS TEMPORALES PARA EL POSICIONAMIENTO CONJUNTO DE NODOS EN REDES COLABORATIVAS.**

(57) Resumen:

Sistema y procedimiento de localización basados en medidas pasivas de diferencias temporales para el posicionamiento conjunto de nodos en redes colaborativas.

Procedimiento destinado a obtener la localización conjunta de nodos en una red colaborativa de forma pasiva, basado en la existencia de un nodo (pasivo) que se posiciona a partir de las peticiones de localización realizadas por un subconjunto de nodos de la misma red (nodos activos), que emplean una técnica de localización basada en la estimación del tiempo de ida y vuelta. El procedimiento permite la estimación de los tiempos de propagación de los nodos activos en el nodo pasivo, pudiéndose calcular la posición de los nodos activos y la del nodo pasivo de forma conjunta en éste último. El procedimiento está basado en Sistema y procedimiento de localización basados en medidas pasivas de diferencias temporales tomadas a partir de escuchas de tiempo de llegada de otros nodos, donde se transforman las medidas de tiempo con las que operan los nodos activos, en diferencias temporales en los nodos pasivos.

FIG. 2



ES 2 372 135 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento de localización basados en medidas pasivas de diferencias temporales para el posicionamiento conjunto de nodos en redes colaborativas.

Sector de la técnica

Comunicaciones móviles. Geolocalización. Ingeniería telemática.

Estado de la técnica

Actualmente, son muchos los sistemas de localización propuestos para su uso en redes *ad hoc*. Dichos sistemas, se estructuran de acuerdo a tres etapas. La primera de ellas comprende la captura u observación de las métricas empleadas en el posicionamiento. Por sus características, en redes *ad hoc* las métricas que con mayor frecuencia se emplean son los ángulos de incidencia, los tiempos de propagación y el nivel de señal recibido, especialmente éstos dos últimos. En la segunda etapa, se toman las medidas capturadas y procede al cálculo de la posición de los nodos capaces de realizar dicha tarea por sí mismos, es decir, aquellos con capacidades de localización y con información local suficiente como para proceder con el cálculo de la posición. Estas dos etapas son comunes a todos los sistemas de localización [BON07]: OTDOA (multilateración basada en diferencias temporales en redes UMTS), GPS (multilateración basada en tiempos de propagación en la red NAVSTAR), etc.

La tercera etapa de un sistema de localización *ad hoc* es la encargada de definir el algoritmo de localización empleado. Dicho algoritmo se encarga de determinar la forma en la que obtienen su posición, todos aquellos nodos sin conocimiento suficiente como para proceder a su localización en una primera instancia. Son múltiples los algoritmos propuestos para sistemas de localización en redes *ad hoc*. Una de las primeras fue propuesta en [DPG01], donde el posicionamiento es resuelto como si fuera un problema de optimización-convexa. Para ello se propone que un servidor central recoja toda la información de localización de la red y procesa de esta forma al cálculo de la solución óptima para todas las posiciones involucradas. La principal ventaja de este sistema radica en su optimalidad. Sin embargo, tiene como contrapartida el hecho de ser un sistema centralizado, lo que redunda en un pobre balanceo del tráfico de localización (que impacta directamente sobre la vida útil de la red *ad hoc*), potenciales problemas de integridad en la red (si el centro de localización cae o se congestiona) y una escasa capacidad para escalar (el coste del algoritmo es cúbico respecto al número de conexiones).

Debido a las deficiencias anteriormente mencionadas, la mayoría de soluciones actuales optan por algoritmos distribuidos, como por ejemplo los presentados en [SHS01]. De entre todas las soluciones destacan las integrantes del *Ad hoc Positioning System (APS)*, presentado en [NN03]: *DV-Hop, DV-distance, Euclidean* y *DV-Coordinate*. El primero de ellos, los nodos mantienen tablas con la posición y la distancia (en número de saltos) para cada uno de los nodos de referencia (es decir, aquellos que obtienen su propia posición de forma ajena al algoritmo de localización *ad hoc*) bajo cobertura. Esa información se difunde de forma controlada por la red, de forma que todos los nodos llegan a conocer su distancia a los nodos de referencia. A su vez, los *landmarks* difunden la distancia media vinculable a un salto. Con toda esta información, los nodos proceden al cálculo de su posición mediante multilateración. La principal ventaja de este algoritmo es que no es especialmente sensible a los errores del canal radio, lo que le hace muy recomendable en entornos altamente ruidosos. Su principal inconveniente radia en que la precisión obtenida depende directamente de la densidad de nodos en la red y cuanto mayor sea ésta mayor es el tráfico de localización requerido para difundir la información que permite el posicionamiento. El algoritmo de *DV-distance* es similar al *DV-Hop*, si bien transmite distancias reales en lugar de salto, lo que lo hace más robusto frente a distribuciones no homogéneas de nodos en la red (escenario habitual). Sin embargo, al utilizar la distancia real como métrica, el algoritmo pasa a ser más sensible a los errores del canal radio sobre las medidas observadas, lo que redunda en la precisión obtenida. El algoritmo *Euclidean*, extiende la información de distancia a dos saltos, en lugar de uno como las propuestas anteriores. De esta forma, se crean cuadriláteros que involucran un nodo de referencia, dos nodos vecinos y un nodo a posicionar. La principal ventaja de esta propuesta multisalto es que se permite la estimación del error esperado, pudiéndose almacenar y difundir al resto de vecinos; por el contrario, la principal desventaja es que, por el hecho de ser multisalto, este algoritmo implica mayor gasto de recursos en los nodos (memoria para almacenar el error esperado) así como trafico de localización adicional, el cual redunda en una menor capacidad en la red. El último de los algoritmos propuestos en [NN03] extiende el *APS* de forma que opere con sistemas de coordenadas locales.

Otro algoritmo similar a *APS* es el propuesto en [NSB03], donde el autor calcula la distancia (en saltos) de los nodos a posicionar a distintos nodos de referencia. La diferencia principal radica en el hecho de que la longitud de un salto se calcula en una etapa previa al despliegue de la red, en función de la densidad de nodos en la misma. Esa etapa requiere de una recalibración siempre que se alteren las condiciones de operación, lo que redunda negativamente en la escalabilidad del algoritmo. Otro ejemplo de algoritmo distribuido se puede encontrar en [FLQ06], donde los autores proponen un mecanismo para propagar el reloj de un nodo a otro y así habilitar un sistema de localización virtualmente síncrono.

En la actualidad, la tendencia de los sistemas de localización en redes *ad hoc* parece ser hacia algoritmos colaborativos. Dichos algoritmos se basan en la colaboración entre nodos adyacentes para la consecución de un posicionamiento

en situaciones en las que los algoritmos tradicionales, basados en nodos de referencia, no son capaces de afrontar con éxito. Un primer ejemplo de algoritmo colaborativo se presenta en [SHS01], donde se presenta una solución colaborativa que identifica situaciones no resolubles con algoritmos tradicionales y procede al cálculo de la posición de forma colaborativa. Un ejemplo de este tipo de soluciones se puede encontrar en [US20080268873], donde los autores presentan un sistema de localización *ad hoc* colaborativo, es decir, en el que los nodos colaboran entre ellos para la obtención de posiciones en situaciones en las que no hay suficientes nodos de referencia a la vista. Sin embargo este tipo de algoritmos tienden a penalizar la escalabilidad del sistema de localización, pues habitualmente incurren en un mayor tráfico de localización durante la etapa del cálculo de posiciones. Esto es especialmente grave en situaciones en las que se requiere del posicionamiento conjunto de múltiples nodos en la red, en la actualidad uno de los mayores retos desde el punto de vista de localización. Son muchos los servicios de localización que requieren del posicionamiento de un subconjunto de nodos. Un caso especialmente crítico es el que involucra tareas de operación y mantenimiento de la red *ad hoc*, como puede ser el caso de protocolos de encaminamiento basado en la posición de los nodos de la red [STO02]. Este tipo de tareas requieren de sistemas de localización con características singulares. Normalmente, éstas se resumen en una alta precisión, una baja latencia, escasos requerimientos computacionales y una alta escalabilidad.

El procedimiento presentado tiene por objetivo el posicionamiento conjunto de nodos en redes *ad hoc*, manteniendo un compromiso adecuado entre precisión y escalabilidad del sistema de localización. Para ello se basa en el procedimiento reivindicado en [ESP200800454] y presentado y evaluado en [MB08] y [MB08B], que permite el posicionamiento de un nodo en una red *ad hoc* de forma pasiva. En la presente, dicho procedimiento se mejora proporcionando un mecanismo que permite extender el posicionamiento pasivo de un nodo (objetivo habitual del sistema de localización), a un conjunto de nodo.

Referencias

[ESP200800454] Francisco **Barceló**, Israel **Martín**. *Sistema y procedimiento de localización basados en medidas pasivas de diferencias temporales tomadas a partir de escuchas de tiempo de llegada de otros nodos*. Patente solicitada el 11 de febrero de 2008.

[MB08] I. **Martin-Escalona**, F. **Barcelo-Arroyo**, "A New Time-Based Algorithm for Positioning Mobile Terminals in Wireless Networks," EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, vol. 2008, no. 17, pp. 1-10, Enero 2008.

[MB08B] I. **Martin-Escalona**, F. **Barcelo-Arroyo**, "Impact of geometry on the accuracy of the passive-TDOA algorithm", Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), pp. 1-6. Septiembre 2008.

[B0N07] Azzedine **Bourkerche**, Horacio **Oliveira**, Eduardo **Nakamura** and Antonio **Loureiro**. *Localization Systems for Wireless Sensor Networks*. IEEE Wireless Communications, vol. 14, no. 6, pp. 6-12, Diciembre 2007.

[DPG01] Lance **Doherty**, Kristofer S.J. **Pister** y Laurent E. **Ghaoui**. *Convex Positioning Estimation in Wireless Sensor Networks*. IEEE INFOCOM. vol. 3, pp. 1655-1663, Marzo 2001.

[SHS01] Andreas **Savvides**, Chih-Chieh **Han** y Mani B. **Srivastava**. *Dynamic Fine-Grained Localization in Ad-Hoc Wireless Sensor Networks*. ACM International Conference on Mobile Computing and Networking, pp. 166-179, Julio 2001.

[NN03] Dragos **Niculescu** y Badri **Nath**. *DV based positioning in ad hoc networks*. Kluwer Journal of Telecommunication Systems, vol. 22, no. 1-4, pp. 267-280, 2003.

[NSB03] Radhika **Nagpal**, Howard **Shrobe** y Jonathan **Bachrach**. *Organizing a Global Coordinate System from Local Information on an Ad Hoc Sensor Network*. International Workshop on Information Processing in Sensor Networks (IPSN). Published as Lecture Notes in Computer Science (LNCS 2634), Abril 2003.

[FLQ06] Yaoxian **Fu**, Haitao **Liu**, Jiang **Qin** y Tao **Xing**. *The localization of wireless sensor networks nodes based on DSSS*. IEEE International Conference on Electro/Information Technology, pp. 465-469, Diciembre 2006.

[US20080268873] Henk **Wymeersch**, Moe Z. **Win** y Jaime **Lien**. *Cooperative localization for wireless networks*. Patente solicitada el 30 de octubre de 2008.

[STO02] Ivan **Stojmenovic**. *Position-based routing in ad hoc networks*. IEEE Communications Magazine, vol. 40, no. 7, pp. 128-134, Julio 2002.

[US20070002813] Nathan Edward **Tenny** y Farrokh **Khatibi**. *Apparatus and method for determining WLAN Access point position*. Patente publicada el 4 de enero de 2007.

Descripción

El sistema presentado en este documento se basa en el descrito en [ESP200800454] y [MB08], donde un nodo, que se denominará nodo pasivo, obtiene su posición a partir de las peticiones de localización en curso generadas por subconjunto de nodos de la misma red, llamados nodos activos. Dichos nodos activos emplean una técnica basada en el cálculo de distancias mediante la estimación de tiempos de tránsito de ida y vuelta [US20070002813], de acuerdo a la ecuación (1). Los nodos de la red accederán a la misma mediante un acceso compartido, en la que todos los nodos son capaces de recibir las emisiones del resto.

$$d = f(RTT). \quad (1)$$

Si bien no la única, una expresión que habitualmente se emplea para implementar la ecuación (1) es

$$d = \frac{RTT}{2} c, \quad (2)$$

donde c indica la velocidad de propagación de la señal empleada para el cálculo del RTT (habitualmente la velocidad de la luz).

La Fig. 1 ilustra el funcionamiento del procedimiento presentado en [ESP200800454] y [MB08]. En dicha figura, se muestra un nodo activo (14 en Fig. 1) y un nodo pasivo (15 en Fig. 1). En un momento determinado t_1 (1 en la Fig. 1), el nodo activo inicia un proceso de estimación del tiempo de ida y vuelta desde su enclave hasta el primer *landmark* (11 en Fig. 1.). Para ello emite un mensaje (16 en Fig. 1) hacia dicho *landmark*, el cual, al recibirlo, genera un mensaje de respuesta (17 en Fig. 1) para el nodo activo que es recibo en t_2 (2 en Fig. 1). Restando t_1 a t_2, el nodo activo es capaz de calcular un RTT y mediante la ecuación (2) derivar la distancia que lo separa del *landmark*. Puesto que la transmisión se realiza en el medio radio y se asume éste compartido por todas los nodos de la red, los mensajes (16 en Fig. 1) y (17 en Fig. 1) emitidos por el nodo activo y el *landmark* son también captados por el nodo pasivo (18 y 19 en Fig. 1 respectivamente) en los instantes (3 en Fig. 1) y t_4 (4 en Fig. 1) respectivamente. La resta de estos dos últimos valores temporales (t_4 - t_3) produce una diferencia temporal (comúnmente conocida como TDOA) que da lugar a una hipérbole de posiciones posibles para el nodo pasivo, tal y como se detalla en [MB08]. Para obtener su localización, el nodo pasivo deberá efectuar el procedimiento para la estimación del tiempo de ida y vuelta con tres *landmarks* distintos (11, 12 y 13 en Fig. 1), lo que producirá a su vez la estimación en el nodo pasivo de tres diferencias temporales. De esta forma, el nodo pasivo podría ejecutar un algoritmo de multilateración con las tres diferencias temporales observadas y obtener su posición.

El procedimiento descrito anteriormente requiere de la posición del nodo activo en el nodo pasivo para permitir que éste último pueda posicionarse. En [MB08] se propone el uso de algoritmos de difusión controlada para que los nodos pasivos cercanos al activo sean capaces de derivar su propia posición a partir de los observables recogidos. Este tipo de algoritmos, aun cuando se controle su propagación, impactan negativamente en la red sobre la que operan, disminuyendo el caudal disponible para el resto de servicios de la red y limitando la escalabilidad del sistema. Además, la difusión de posiciones entre nodos añade problemas de seguridad y privacidad que deben resolverse y que pueden limitar el despliegue del sistema en ciertos escenarios o para determinados propósitos.

El procedimiento de localización del sistema propuesto consiste en extender el algoritmo de localización pasiva descrito anteriormente para permitir el posicionamiento conjunto de terminales en una red colaborativa, de forma totalmente pasiva. Para ello se procederá a estimar la posición del nodo activo en el nodo pasivo, sin que ello implique un uso del canal por parte del nodo pasivo. De esta forma, una vez recogida toda la información necesaria, el nodo pasivo será capaz de posicionar al nodo activo y obtener su propia posición.

Los algoritmos basados en los tiempos de tránsito tienden a tomar múltiples muestras del tiempo de tránsito, con el objetivo de mitigar el error asociado a la métrica en cuestión. El procedimiento aquí descrito aprovecha esta característica para estimar en el nodo pasivo el tiempo de tránsito medido en el nodo activo. De esta forma, el procedimiento propuesto asume que el nodo activo realizará un mínimo de dos medidas para el tiempo de tránsito (o la distancia) que lo separa de un *landmark* o nodo de referencia. La Fig. 2 muestra un ejemplo del procedimiento a seguir. En dicha figura, el elemento (38) es considerado como un nodo activo, mientras que el elemento (40) será el nodo pasivo. Ambos nodos reciben señal de un nodo de referencia o *landmark* (39 en la Fig. 2), cuya posición es conocida. En el instante t_1 (30 en la Fig. 2), el nodo activo (38 en Fig. 1) envía un mensaje $E_1^{(1)}$ (41 en la Fig. 2) hacia el *landmark* (39). Dicho mensaje es recibido por el *landmark*, quien devuelve un mensaje $R_1^{(1)}$ (42 en la Fig. 2) al nodo activo (38 en Fig. 1), llegando dicho mensaje en el instante t_2 (31 en la Fig. 2). Dichos mensajes son recibidos también por el nodo pasivo en los instantes t_3 (32 en la Fig. 2) y t_4 (33 en la Fig. 2) respectivamente. De esta forma, siguiendo el procedimiento establecido en [MB08] y descrito anteriormente, el nodo activo obtiene una medida de distancia hasta el *landmark* a partir de una función dependiente del *RTT calculado* (43 en la Fig. 2) (por ejemplo la dispuesta en la ecuación (2)), mientras que el nodo pasivo obtiene una medida de diferencia de distancias: $TDOA^{(1)}$ (46 en la Fig. 2).

Tras esto, el nodo activo vuelve a emitir un mensaje ($E_1^{(2)}$) dirigido al mismo *landmark*, respondiendo éste con un nueva mensaje de reconocimiento ($R_1^{2)}$). El objetivo es volver a medir la distancia que separa a ambos elementos de acuerdo al procedimiento estipulado en [MB08]. De esta forma se obtiene una nueva muestra (50 en la Fig. 2) del tiempo de ida y vuelta entre el nodo activo y el *landmark* y por ende una nueva medida de la distancia que los separa. De igual forma que para la muestra anterior, el nodo pasivo estima una nueva muestra para la diferencia de distancias del triplete definido por el nodo activo, el *landmark* y nodo pasivo: $TDOA^{(2)}$ (53 en la Fig. 2). De esta forma, al finalizar este procedimiento, tanto el nodo pasivo como el activo disponen de dos muestras observadas de sus respectivas métricas. Esta duplicidad en las medidas permite alcanzar dos objetivos:

1. Mitigar el error de las medidas tomadas, tanto para el caso de la distancia (a partir de las medidas de RTT) como para el caso de la diferencia de distancias.

2. Estimar el valor de las medidas de distancias del nodo activo al *landmark* en el nodo pasivo. De esta forma, una vez conseguido el valor de distancia del nodo activo a un número suficiente de *landmarks*, el nodo pasivo es capaz de posicionar tanto al nodo activo como a sí mismo.

La estimación de la distancia entre el nodo activo y el *landmark*, en el nodo pasivo, puede llevarse a cabo simplemente tomando una medida más en el nodo pasivo: $PTDOA^{(1)}$ (54 en Fig. 2). Esta medida temporal ($PTDOA^{(1))}$ se define como la diferencia entre la llegada al nodo pasivo del segundo mensaje de datos (36 en Fig. 2) $E1^{(2)}$ y del primer mensaje de reconocimiento (33 en Fig. 2) $R1^{(1)}$ de donde debe eliminarse el tiempo transcurrido entre el primer y segundo proceso de estimación de la distancia entre el nodo activo y el *landmark* (47 en Fig. 2).

Las medidas de diferencia temporal ($TDOA^{(1)}$ y $TDOA^{(2)}$) junto a $PTDOA^{(1)}$ permiten deducir la distancia entre nodo activo y el *landmark*. Para ello se parte de la expresión que calcula la diferencia de distancias entre los caminos definidos por el procedimiento establecido en [MB08], es decir

$$TDOA^{(u)} \equiv T\langle i,j\rangle^{(u)} = R\langle i,j\rangle^{(u)} + R\langle j,k\rangle^{(u)} - R\langle i,k\rangle^{(u)}\,, \tag{3}$$

donde *u* identifica el número de muestra (por ejemplo 1 o 2 en el caso de la Fig. 2); los subíndices *i, j* y *k* indican el nodo activo, el *landmark* y el nodo pasivo respectivamente involucrados en el cálculo del $TDOAW^{(u)}$; *T(i,j)* hace referencia a la diferencia de distancias entre los dos caminos seguidos por los mensajes enviados por el nodo activo (*i* según la nomenclatura propuesta) hacia el *landmark* (*j* según la nomenclatura propuesta) (por ejemplo $TDOA^{(1)}$ o $TDOA^{(2)}$ en la Fig. 2); *R(i,j)* es la distancia entre el nodo activo y el punto de acceso; *R(j,k)* es la distancia entre el punto de acceso y el nodo pasivo; y *R(i,k)* la distancia entre los nodos activo y pasivo. De acuerdo a la ecuación (3), las dos medidas de diferencias en distancia establecidas en el escenario de la Fig. 2, se calculan como

$$T\langle i,j\rangle^{(1)} = R\langle i,j\rangle^{(1)} + R\langle j,k\rangle^{(1)} - R\langle i,k\rangle^{(1)} \tag{4}$$

y

$$T\langle i,j\rangle^{(2)} = R\langle i,j\rangle^{(2)} + R\langle j,k\rangle^{(2)} - R\langle i,k\rangle^{(2)}, \tag{5}$$

donde el superíndice (1) y (2) hace referencia a la muestra 1 y 2 respectivamente. De acuerdo a la Fig. 2, la magnitud $PTDOA^{(1)}$ puede calcularse como

$$PTDOA^{(1)} \equiv T\langle j,i\rangle^{(1)} = R\langle i,j\rangle^{(1)} + R\langle i,k\rangle^{(2)} - R\langle j,k\rangle^{(1)} - \tau, \tag{6}$$

donde τ es el tiempo transcurrido entre el envío del primer mensaje de datos ($E1^{(2)}$) y el segundo ($E1^{(2)}$).

De acuerdo a las ecuaciones (3) y (6) y bajo la suposición de que las medidas tomadas no incurren en error, se puede calcular la distancia del nodo activo al *landmark*, en el nodo pasivo como

$$R\langle i,j\rangle_p^{(1)} = \frac{1}{2}\left(T\langle i,j\rangle^{(1)} + T\langle j,i\rangle^{(1)}\right), \tag{7}$$

donde p hace referencia únicamente a que la estimación ha sido realizada en el nodo pasivo.

En el caso general, la medida de distancia en (7) puede calcularse como

$$\hat{R}\langle i,j\rangle_p^{(u)} = R\langle i,j\rangle + e_R{}^{(u)}, \qquad (8)$$

donde u indica el número de muestra tomada y e_R es el error derivado de la aplicación de la ecuación (7) con medidas ruidosas.

Una vez se dispone de un número suficiente de medidas con suficientes *landmarks* (por ejemplo 3 para el caso de posiciones en 2 dimensiones), se pueden obtener las distancias que separan al nodo activo de los distintos *landmarks* y así computar su posición, a la par que calcular la posición del nodo pasivo. Finalmente, el cálculo de dichas posiciones podrá realizarse con cualquier mecanismo válido para métricas temporales, como por ejemplo los basados en mínimos cuadráticos o en *tracking*.

La estimación conjunta de la posición del nodo activo y del nodo pasivo en éste último ofrece numerosos beneficios, entre los que destacan:

- Posicionamiento totalmente pasivo de los nodos vecinos al nodo activo, lo cual permitiría el uso de servicios de localización intensivos, tanto a nivel de usuario (por ejemplo aquellos que demanden el posicionamiento de todos los elementos de la red de forma periódica) como a nivel de red (dando soporte por ejemplo a protocolos de encaminamiento basados en localización).

- Se obtienen múltiples muestras de la posición del nodo activo, en concreto, una por nodo pasivo posicionado, además de la calculada en el nodo activo. Este hecho permitiría el uso de algoritmos de procesado estadístico más intensos con los que reducir el error de la posición de los nodos activos.

- Conocer la posición de los nodos activos cercanos puede ayudar en la estimación de la topología en redes *ad hoc*. Este conocimiento podría aplicarse en diversos protocolos para mejorar su funcionamiento y por tanto mejorar el rendimiento de este tipo de redes.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento empleado en nodos pasivos de redes colaborativas para el cálculo de medidas de distancias (diferencias y distancias absolutas) entre pares de nodos pertenecientes a la red de forma pasiva, es decir escuchando el medio radio, y **caracterizado** por el hecho de que comprende las siguientes etapas:

A) Escuchar el medio compartido a la espera de dos ciclos de mensajes de localización de ida ($E1^{(1)}$ y $E1^{(2)}$) y vuelta ($R1^{(1)}$ y $R1^{(2)}$) emitidos por un nodo activo sobre el mismo nodo de referencia.

B) Calcular los tiempos en los que se reciben los mensajes de ida (T_1 y T_2) y vuelta (T_3 y T_4) en función de la información extraída a partir de los mensajes $E1^{(1)}$, $E1^{(2)}$, $R1^{(1)}$ y $R1^{(2)}$ captados por el nodo pasivo.

C) Generar diferencias temporales con los tiempos extraídos en la etapa (B): T_3-T_1 y T_4-T_2.

D) Obtener la diferencia temporal de tránsito entre los ciclos como T_2-T_3-τ, donde τ es un valor temporal fijo y conocido por todos los nodos de la red, calculado como el tiempo entre la recepción del mensaje $R1^{(1)}$ en el nodo activo y la emisión del mensaje $E1^{(2)}$ por parte de ese mismo nodo.

E) Calcular en el nodo pasivo la distancia del nodo activo al nodo de referencia, a partir de los tiempos obtenidos en las etapas (C) y (D).

2. Procedimiento según reivindicación 1 **caracterizado** por el hecho de que comprende en el nodo pasivo una etapa posterior (F) de obtención de la posición del nodo activo a partir de las diferencias temporales calculadas según procedimiento descrito en reivindicación 1, empleando para ello cualquier técnica TOA.

3. Procedimiento según reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado** por el hecho de que comprende una etapa posterior (G) en el nodo pasivo para el cálculo de su propia localización a partir de las medidas temporales calculadas, empleando para ello cualquier técnica TDOA.

4. Sistema de localización pasiva en redes colaborativas, es decir que requiere únicamente de la escucha de paquetes que circulan por el medio radio, y **caracterizado** por el hecho de que un nodo de la red (nodo pasivo) calcula de forma conjunta su posición y la de otro nodo de la red (nodo activo), y utilizando los procedimientos descritos en las reivindicaciones 2 y 3.

FIG. 1

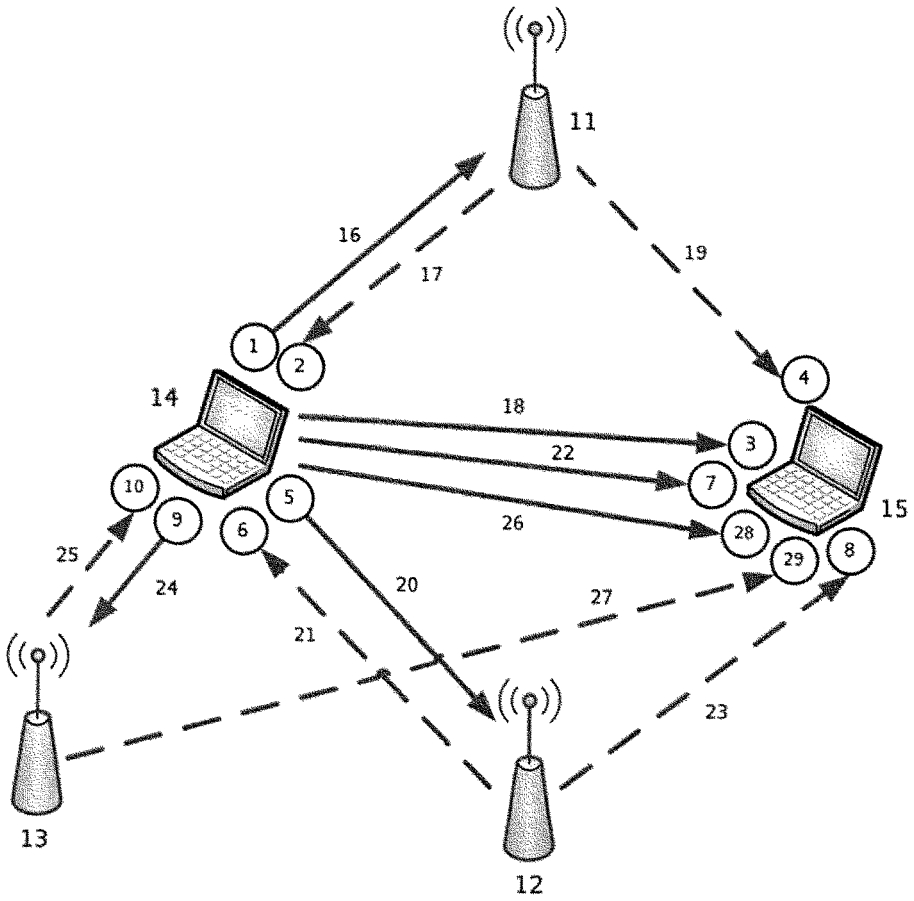
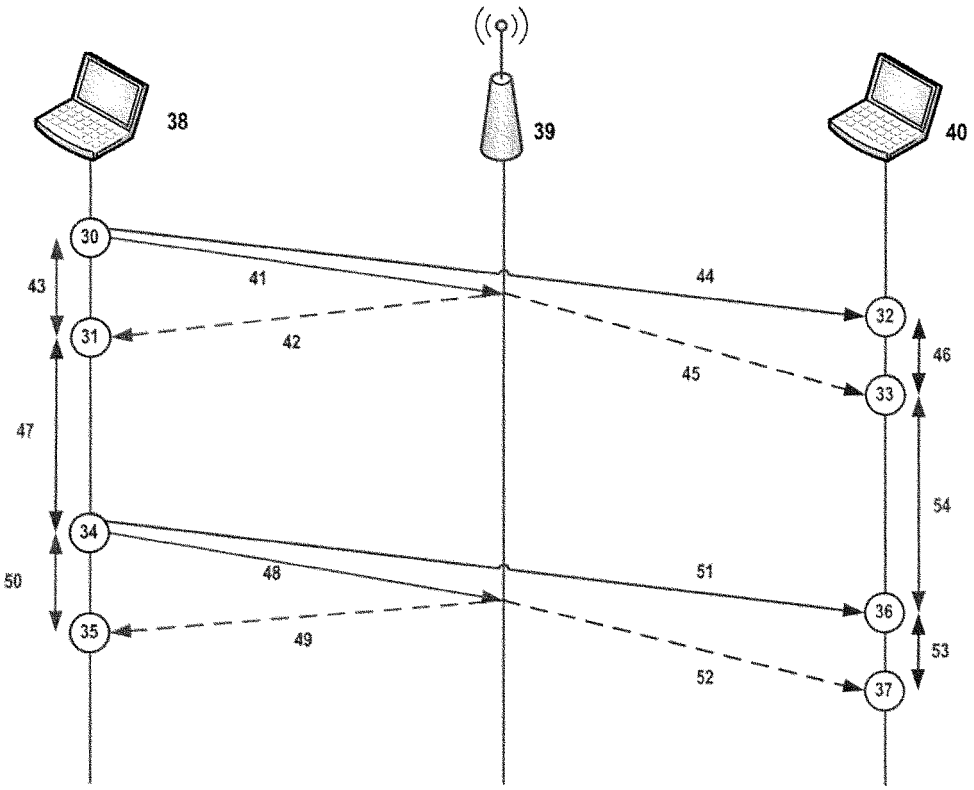


FIG. 2


38
39
40
30
31
32
33
34
35
36
37
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 200901907

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 18.09.2009

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) **Int. Cl. :** ***H04W64/00*** (2009.01)
G01S5/02 (2010.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	ISRAEL MARTIN-ESCALONA; FRANCISCO BARCELO-ARROYO "Impact of geometry on the accuracy of the passive-TDOAalgorithm" IEEE 19th International Symposium on, Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2008. PIMRC 2008., Págs: 1-6. 15.09.2008 ISBN 978-1-4244-2643-0; ISBN 1-4244-2643-X.	1-3
X		4
A	ISRAEL MARTIN-ESCALONA; FRANCISCO BARCELO-ARROYO "A new time-based algorithm for positioning mobile terminals in wirtheess networks" Eurasip Journalon Advances in Signal Processing. Enero 2008. ISSN1687-6172 (print), ISSN 1687-6180 (theectronic) doi:10.1155/2008/845173.	1-3
X		4

Categoría de los documentos citados
X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	**Examinador**	**Página**
23.12.2011	M. Muñoz Sanchez	1/4

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

H04W, G01S

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

INVENES, EPODOC, WPI, XPMISC, XPI3E, XPIETF, XPIEE, XPESP, NPL, COMPDX

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 23.12.2011

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-3	**SI**
	Reivindicaciones	4	**NO**
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	1-3	**SI**
	Reivindicaciones	4	**NO**

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	ISRAEL MARTIN-ESCALONA; FRANCISCO BARCELO-ARROYO "Impact of geometry on the accuracy of the passive-TDOA algorithm" IEEE 19th International Symposium on, Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2008. PIMRC 2008., Págs: 1-6. 15-09-2008 ISBN 978-1-4244-2643-0; ISBN 1-4244-2643-X.	15.09.2008
D02	ISRAEL MARTIN-ESCALONA; FRANCISCO BARCELO-ARROYO "A new time-based algorithm for positioning mobile terminals in wirtheess networks" Eurasip Journalon Advances in Signal Processing. Enero 2008. ISSN1687-6172 (print), ISSN 1687-6180 (electronic) doi:10.1155/2008/845173.	01.01.2008

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Reivindicación 1: El documento D01 divulga un método TDOA-pasivo de localización de estaciones móviles en una red colaborativa. Para ello, la estación móvil pasiva escucha el medio durante dos ciclos de mensajes de localización de ida y vuelta emitidos por un nodo activo, se miden los tiempos T3, T4, T7 y T8 de la solicitud y se calculan las diferencias de tiempos T4 -T3 y T8 -T7.

La diferencia entre D01 y el documento de la solicitud se refiere al cálculo de la cantidad $T_2 - T_3 - \tau$. El efecto técnico de esta diferencia es la mayor robustez del cómputo posterior de la localización del nodo pasivo. Por tanto el problema técnico objetivo consistiría en cómo aumentar la robustez del método de localización que aparece en D01.

El documento D02 por su parte detalla el método TDOA-pasivo de localización de estaciones móviles en una red colaborativa del documento D01.

El contenido de los documentos D01, D02 o la combinación de estos no orientaría al experto en la materia a resolver el problema técnico objetivo planteado según la solicitud y por tanto la reivindicación 1 posee actividad inventiva según el artículo 8.1 de la Ley de Patentes.

Reivindicación 4: El contenido de esta reivindicación se refiere al sistema que implementaría el método de la reivindicación 1. Este sistema es el mismo que el que se cita en los documentos D01 y D02. Por tanto esta reivindicación no posee novedad según el artículo 6.1 de la Ley de Patentes.

Reivindicaciones dependientes

Reivindicaciones 2 y 3: El contenido de estas reivindicaciones se refiere a opciones de diseño del método de la reivindicación 1 y por tanto, al depender de esta, poseerían también actividad inventiva según el artículo 8.1 de la Ley de Patentes.