



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 306 290**

51 Int. Cl.:
H04Q 7/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **05850611 .4**

86 Fecha de presentación : **23.12.2005**

87 Número de publicación de la solicitud: **1834500**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **19.09.2007**

54 Título: **Procedimiento de medición de una distancia entre dos equipos de radiocomunicación, y equipo adaptado para poner en práctica tal procedimiento.**

30 Prioridad: **03.01.2005 FR 05 00015**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.11.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.11.2008

73 Titular/es: **France Télécom**
6, place d'Alleray
75015 Paris, FR

72 Inventor/es: **Miscopein, Benoît;**
Schwoerer, Jean y
Evennou, Frédéric

74 Agente: **Justo Vázquez, Jorge Miguel de**

ES 2 306 290 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de medición de una distancia entre dos equipos de radiocomunicación, y equipo adaptado para poner en práctica tal procedimiento.

La presente invención se refiere a un procedimiento de medición de una distancia entre dos equipos de radiocomunicación, así como a un equipo adaptado para poner en práctica tal procedimiento.

Frecuentemente resulta útil conocer la posición de un equipo de radiocomunicación. Este es el caso, en particular, cuando deben ser transmitidas informaciones contextuales, es decir cuya pertinencia depende del sitio donde se encuentra el usuario del equipo. Este es también el caso cuando un equipo móvil de radiocomunicación está conectado a una red reticulada o a una red "ad hoc" que utiliza un algoritmo de envío basado en la posición del equipo móvil. Se entiende por red "ad hoc" una red de transmisión capaz de tener en cuenta modificaciones de la misma de una forma autónoma, es decir sin intervención externa. Redes de radio desplegadas para determinar la posición de equipos móviles que tienen etiquetas electrónicas individuales, o para guiar un portador de un equipo móvil en un sitio determinado son otros ejemplos de aplicaciones en las cuales la invención puede ser aplicada.

Existen ya varios métodos, que permiten determinar el sitio en el que se encuentra un equipo de radiocomunicación. Entre estos, los métodos por triangulación necesitan memorizar una tarjeta de estaciones de radio de referencia cuyas posiciones son incluidas en un repertorio. Otros métodos están basados en la medición de la potencia de recepción de una señal de radio, pero estos necesitan aplicar una escala de potencias de emisión de radio graduadas. Tales métodos requieren por consiguiente medios de memorización, de medición y/o de control que son complejos.

También es conocido estimar una distancia entre dos equipos de radiocomunicación al determinar una duración de propagación de señales de radio transmitidas entre ellas. Tal duración es llamada tiempo de vuelo, o "time of flight" en inglés, y es determinada de la siguiente forma:

- un primer equipo emite una señal de radio de solicitud de medición de distancia y activa simultáneamente un cronómetro interno en ese equipo;
- un segundo equipo recibe la señal de solicitud y, después de un plazo intermedio conocido por los dos equipos, envía una señal de radio de acuse de recepción al primer equipo; y
- el primer equipo interrumpe el cronometraje cuando recibe la señal de acuse de recepción.

La distancia entre los dos equipos es entonces estimada al sustraer el plazo intermedio de la duración cronometrada, y al dividir la duración residual obtenida entre dos veces la velocidad de propagación de las señales de radio. Tal procedimiento de medición de una distancia entre dos equipos de radiocomunicación es divulgado en el documento WO02/063327. Tal método de estimación de la distancia es relativamente exacto cuando los dos equipos están alejados uno del otro, y cuando las señales de radio se propagan en línea recta entre ellos. Pero, cuando los dos equipos están suficientemente próximos uno del otro, la precisión de una estimación de la distancia así obtenida resulta muy afectada por una incertidumbre que se basa en el plazo intermedio entre la recepción de la solicitud por el segundo equipo y la emisión de la señal de acuse de recepción por éste.

Además, cuando existen varias vías de propagación entre los dos equipos, es decir en caso de diversidad espacial, la distancia estimada no corresponde necesariamente a la distancia entre los dos equipos que es medida en línea recta. La misma corresponde más frecuentemente a la vía de propagación que es seguida por una parte principal de la energía de las señales de radio transmitidas. Cuando una parte significativa de la energía de las señales de radio sufre al menos una reflexión entre los dos equipos, el resultado de la estimación de distancia que es obtenido puede ser muy superior al valor real de la distancia entre los dos equipos, que es medida en línea recta.

Para obtener una estimación de la distancia en línea recta que separa a dos equipos, son utilizadas tramas de sondeo del canal para cada una de las señales de solicitud y de acuse de recepción que son transmitidas para determinar el tiempo de vuelo de las señales de radio. Tales tramas de sondeo del canal son bien conocidas. Su estructura permite determinar diferencias entre tiempos de vuelo de señales de radio que siguen vías de propagación distintas. La misma permite también detectar la más corta de las vías de propagación seguidas a partir del equipo emisor por una parte de la energía de la señal de radio. La distancia es entonces estimada de acuerdo con el tiempo de vuelo de las señales de solicitud y de acuse de recepción que corresponde a la vía de propagación más corta entre los dos equipos. Para la mayoría de las configuraciones de medio de propagación, el resultado obtenido corresponde a la medición de la distancia en línea recta. Todos los eventos ulteriores que intervienen en el seno de cada equipo para la comunicación en cuestión son entonces señalados en relación con la duración de propagación más corta entre los dos equipos de radio.

Ahora bien una trama de sondeo del canal es particularmente larga, en comparación con una trama de comunicación. Por consiguiente, un método de medición de distancia basado en un intercambio de tramas de sondeo del canal tal como es descrito anteriormente, presenta los siguientes inconvenientes:

- en total son emitidas dos tramas de sondeo del canal, lo que corresponde a una cantidad de energía significativa consumida en los equipos de radiocomunicación. Tal consumo de energía resulta desventajoso en el caso de equipos móviles autónomos con alimentación energética;

ES 2 306 290 T3

- cada trama de sondeo del canal necesita un tiempo significativo de construcción y de transmisión de ésta. Si el equipo al cual tal trama está destinada no está disponible, se pierde la energía consumida en el equipo emisor y el recurso de radio utilizado para transmitir la trama;

5 - el plazo intermedio entre la recepción de la trama de solicitud y la emisión de la trama de acuse de recepción debe ser superior a la duración de la construcción de la trama de sondeo del canal que es utilizada para la señal de acuse de recepción. Por consiguiente este es largo, lo que genera una imprecisión en la estimación de la distancia entre los dos equipos cuando el reloj interno de al menos uno de los dos equipos es susceptible de derivar. Tal imprecisión puede generar un error significativo en la estimación del tiempo de vuelo para dos equipos de radio próximos uno del otro;

10 - para permitir la medición del tiempo de vuelo de las tramas, el terminal receptor de la trama de solicitud moviliza con autoridad el recurso de radio al expirar el plazo intermedio para transmitir la trama de acuse de recepción. Tal preeminencia del recurso de radio debe intervenir al término de dicho plazo intermedio, con un retardo máximo del orden del nanosegundo, solamente. Para esto, otras comunicaciones que hacen que el equipo emisor de la trama de acuse de recepción intervenga deben ser eventualmente interrumpidas. De esto resulta una perturbación que es tanto más significativa como larga es la trama de acuse de recepción;

15 - finalmente, la comunicación es seguida de acuerdo con señales de radio recibidas por cada equipo que siguen la vía de propagación más corta. Estas señales pueden corresponder a una energía de recepción mucho más débil que la de señales transmitidas por otra vía de propagación. La comunicación presenta entonces un nivel de seguridad inferior al que resultaría de la utilización de señales de radio recibidas con una energía superior.

20 Sería posible paliar este último inconveniente colocando dos receptores en el seno de cada equipo de radio. El primer receptor podría ser sincronizado de acuerdo con las señales de radio recibidas que corresponden a la vía de propagación más corta, y el segundo receptor podría ser sincronizado de acuerdo con las señales de radio que presentan la energía más grande en la recepción. Pero el equipo sería entonces complejo y poseería un consumo energético elevado.

25 Una finalidad de la presente invención consiste por consiguiente en proponer un procedimiento de medición de la distancia entre dos equipos de radiocomunicación para el cual los inconvenientes citados anteriormente sean menores.

30 Para esto, la invención propone un procedimiento de medición de una distancia entre dos equipos de radiocomunicación, que comprende las etapas siguientes:

35 a- por un primero de los dos equipos: emisión de una señal de radio de solicitud de medición de un plazo de intercambio entre los dos equipos;

40 b- por el segundo equipo: recepción de la señal de solicitud y, después de un plazo intermedio conocido por los dos equipos, envío de una señal de radio de acuse de recepción; y

c- por el primer equipo:

45 - recepción de la señal de acuse de recepción;

- medición de la duración entre la emisión de la señal de solicitud y la recepción de la señal de acuse de recepción, luego memorización de dicha duración como plazo de intercambio; y

50 - cálculo de un primer tiempo de vuelo de las señales de solicitud y de acuse de recepción a partir del plazo de intercambio y del plazo intermedio.

55 Además, el procedimiento comprende una emisión, por el segundo equipo, de una trama de sondeo del canal adaptada de manera que el primer equipo determina, a partir de diferentes señales de radio recibidas que corresponden a la trama de sondeo del canal, una diferencia de tiempo de vuelo entre un vía de propagación correspondiente a dicho primer tiempo de vuelo y la vía de propagación más corta seguida por señales de radio transmitidas entre los dos equipos. El primer equipo calcula luego un segundo tiempo de vuelo a partir del primer tiempo de vuelo y de la diferencia de tiempo de vuelo.

60 Así, un procedimiento de acuerdo con la invención comprende dos fases distintas. La primera fase consiste en la medición de la duración entre la emisión de la señal de solicitud y la recepción de la señal de acuse de recepción por el primer equipo. Al fijar de una forma apropiada un umbral de detección de energía, la sincronización del primer equipo durante una recepción ulterior de señales emitidas por el segundo equipo puede ser efectuada mediante una vía de propagación entre los dos equipos que es seguida por una parte significativa, es decir la parte principal, de la energía de las señales de radio transmitidas de solicitud y/o de acuse de recepción. Así, la medición de la duración entre la emisión de la señal de solicitud y la recepción de la señal de acuse de recepción puede ser efectuada con un primer equipo sincronizado mediante la vía de propagación entre los dos equipos que es seguida por una parte significativa, es decir la parte principal, de la energía de las señales de radio transmitidas. En particular, una transmisión de datos entre

ES 2 306 290 T3

los dos equipos puede así estar basada en señales recibidas con una energía significativa. La misma resulta entonces más segura y más confiable.

5 Eventualmente, la longitud de la vía de propagación que está asociada a la duración de intercambio memorizada puede ser estimada al calcular el tiempo de vuelo que corresponde a las señales. Ella constituye una primera estimación de la distancia entre los dos equipos.

10 Durante la primera fase del procedimiento, las señales de radio de solicitud de medición del plazo de intercambio y de acuse de recepción son ventajosamente cortas. En particular, una al menos de estas señales puede comprender una trama corta, y en particular más corta que una trama de sondeo del canal. Esta señal de radio puede entonces ser rápidamente construida y transmitida por el equipo correspondiente, con un consumo de energía durante estas etapas y una movilización de recursos de radio que son reducidos.

15 Además, una construcción más rápida de la señal de acuse de recepción permite utilizar un plazo intermedio corto, entre la recepción de la señal de solicitud y la emisión de la señal de acuse de recepción por el segundo equipo. La determinación del tiempo de vuelo de la etapa c es por consiguiente más precisa, incluso si reloj interno de uno de los equipos es susceptible de derivar. Esta precisión superior concierne en particular a las situaciones de acuerdo con las cuales los dos equipos son relativamente próximos uno del otro.

20 Otra ventaja resulta de la longitud reducida de la señal de acuse de recepción. Para obtener una medición precisa del plazo de intercambio, el mensaje de acuse de recepción es emitido por el segundo equipo al movilizar con autoridad el recurso de radio, es decir sin utilizar el administrador de acceso múltiple del segundo equipo. La perturbación de otras comunicaciones que hacen intervenir al segundo equipo es entonces tanto más débil como de corta duración es esta movilización.

25 La segunda fase del procedimiento permite determinar el tiempo de vuelo de las señales de radio transmitidas de acuerdo con la vía de propagación más corta entre los dos equipos, a partir de la duración de intercambio memorizada durante la primera fase. Esta segunda fase solo requiere la construcción y la emisión de una única trama de sondeo del canal, ejecutadas por el segundo equipo. El rol del primer equipo es entonces limitado en el análisis de la trama de sondeo del canal que él recibe. La energía total consumida en los dos equipos para determinar la distancia de separación entre ellos resulta por consiguiente reducida.

30 Para la mayoría de las configuraciones del centro de transmisión de radio presente entre los dos equipos, el tiempo de vuelo más corto identificado por el primer equipo de acuerdo con la trama de sondeo del canal corresponde a una propagación en línea recta. La longitud de la distancia de separación entre los dos equipos medida en línea recta, puede entonces ser calculada al dividir el tiempo de vuelo más corto identificado por la velocidad de propagación de las señales de radio.

35 La segunda fase de un procedimiento de acuerdo con la invención, es decir, la determinación del tiempo de vuelo correspondiente a la vía de propagación más corta, no es necesariamente ejecutada inmediatamente después de la primera fase. Ella puede ser ejecutada con un plazo de espera después de ésta, con la condición de que el canal de transmisión de radio permanezca estacionario entre las dos fases del procedimiento. El canal es llamado estacionario cuando los dos equipos permanecen sensiblemente inmóviles y cuando el medio de transmisión en el cual se propagan las señales de radio presenta características sensiblemente constantes. A modo de ilustración, la trama de sondeo del canal puede ser emitida por el segundo equipo una decena de milisegundos después de la emisión de la señal de acuse de recepción, en función de la disponibilidad del canal de emisión de la trama de sondeo del canal. Se puede así reducir la perturbación provocada por otras comunicaciones que hacen intervenir al segundo equipo, esperando que el administrador de acceso múltiple del segundo equipo indique que un intervalo de tiempo suficiente está disponible para transmitir la trama de sondeo del canal.

40 Finalmente, cuando el segundo equipo no está en condición para proceder a la medición de distancia, éste no emite la trama de sondeo del canal. Ningún recurso de radio ni cantidad de energía significativas son entonces consumidos inútilmente. Razones por las cuales el segundo equipo no está en condición para proceder a la medición de distancia son, por ejemplo, que éste se encuentre fuera del alcance de radio del equipo emisor de la solicitud de medida, o que el segundo equipo no posea todos los componentes necesarios para la puesta en práctica del procedimiento de medición, o que no disponga de todos los parámetros necesarios para esta puesta en práctica.

45 La invención se refiere además a un equipo de radiocomunicación adaptado para poner en práctica las etapas ejecutadas por el primer y/o el segundo de los dos equipos de un procedimiento de medición de distancia entre dos equipos tal como es descrito anteriormente.

50 La misma se refiere también a un sistema de comunicación que comprende al menos dos de esos equipos. La distancia de separación entre estos dos equipos puede ser determinada con un nivel de precisión y una exactitud superior. Se entiende por exactitud el hecho de que la longitud de la vía de propagación que es estimada corresponde efectivamente a una medición en línea recta de la distancia entre los dos equipos. Además, comunicaciones vehiculadas en un sistema de este tipo son interrumpidas con menos frecuencia para medir plazos de intercambio movilizando de forma autoritaria recursos de radio.

ES 2 306 290 T3

Otras particularidades y ventajas de la presente invención aparecerán en la descripción que sigue de un ejemplo de puesta en práctica no limitativo, en referencia a los dibujos anexados, en los cuales:

5 - la figura 1 ilustra un sistema de radiocomunicación destinado a utilizar un procedimiento de acuerdo con la invención; y

- la figura 2 es un diagrama cronológico de las diferentes etapas de un procedimiento de acuerdo con la invención.

10 Conforme a la figura 1, un sistema de comunicación comprende un conjunto de equipos emisores-receptores de radio, de los cuales tres de ellos son de referencia 1, 2 y 3. Cada emisor-receptor puede constituir la interface de radio de un sensor que forma parte, por ejemplo de un sistema de administración demótico. Para ese tipo de aplicación, algunos sensores pueden estar dedicados a mediciones térmicas, otros a la identificación del estado de las unidades de control de elementos de calentamiento, etc. Puede tratarse de un sistema “*ad hoc*”, que administra él mismo las secuencias de comunicación entre los diferentes sensores. Este puede ser, en particular, un sistema de tipo Bluetooth conocido
15 por el hombre del arte. Las curvas 10, 20 y 30 marcadas con líneas de punto en la figura indican esquemáticamente los límites de los alcances respectivos de los equipos 1, 2 y 3. Así, el equipo 2 puede comunicar con cada uno de los equipos 1 y 3, mientras que estos últimos están fuera del alcance de radio uno del otro.

20 La figura 2 indica las diferentes acciones ejecutadas en el seno de los equipos 1 y 2 cuando el equipo 1 inicia una comunicación de radio con el equipo 2. El eje vertical descendiente corresponde a una coordenada temporal, denotada t . En primer lugar, el equipo 1 envía una solicitud, denotada REQ, con destino al equipo 2. Esta solicitud puede poseer una doble función. La misma puede indicar al equipo 2 que una comunicación es solicitada por el equipo 1. Además, si la comunicación es aceptada por el equipo 2, la solicitud REQ inicia una medición del plazo de intercambio de señales de radio transmitidas entre los equipos 1 y 2.

25 El equipo 1 señala el instante de emisión de las señales de radio de la solicitud REQ con respecto a un reloj interno en ese equipo. Este memoriza entonces ese instante.

30 Cuando el equipo 2 recibe la solicitud REQ, este puede ya sea rechazar la comunicación, ya sea aceptarla. Si este la acepta, el mismo responde dirigiendo una señal de acuse de recepción ACK al equipo 1. La detección y la recepción de las señales de radio por cada uno de los equipos 1 y 2 son ejecutadas de una forma conocida y no retomada aquí.

35 El equipo 2 transmite la señal ACK después de una duración de espera determinada, contada a partir de la recepción de la solicitud REQ. Esta duración de espera es fijada por el constructor de los equipos y memorizada en el seno de cada una de ellos. La misma es denotada T_w y llamada plazo intermedio. Esta permite principalmente a un equipo que recibe una solicitud mientras que él está en modo de vigilia en el momento de la recepción, pasar a modo de emisión. Además, la trama de la señal ACK está preparada durante el plazo T_w .

40 La señal ACK es transmitida sin acudir al administrador de acceso múltiple del equipo 2. Dicho de otra manera, al final del plazo intermedio T_w , el equipo 2 interrumpe toda emisión o recepción de señales de radio eventualmente en curso para emitir la señal ACK. Una interrupción de la emisión o de la recepción de este tipo puede referirse, por ejemplo a una comunicación entre el equipo 2 y el equipo 3. De esta forma, la duración entre la recepción de la solicitud REQ y la emisión de la señal ACK por el equipo 2 es conocida con precisión por el equipo 1: esta es igual al plazo T_w . Puede ser necesario interrumpir toda comunicación eventualmente en curso entre los equipos 2 y 3 porque,
45 a causa de los alcances limitados 10 y 30 de los equipos 1 y 3, el equipo 1 no puede detectar la existencia de este tipo de comunicación en curso para conocer el instante de emisión de la señal ACK mediante el equipo 2.

50 Cuando el equipo 1 recibe la señal de radio ACK, el mismo señala el instante de esta recepción en relación con su reloj interno. El mismo determina entonces la duración transcurrida desde el instante memorizado de la emisión de la solicitud REQ, hasta el instante de recepción de la señal ACK. Esta duración es llamada duración de intercambio de señales de radio entre los equipos 1 y 2, y denotada T_{EXCH} . La misma es memorizada en el seno del equipo 1 para sincronizar el equipo 1 con respecto a las señales de radio de comunicación transmitidas ulteriormente por el equipo 2.

55 El equipo 1 calcula entonces un tiempo de vuelo T_{OF1} (T_{OF} por “Time Of Flight” en inglés) de las señales REQ y ACK de acuerdo con la fórmula (1) siguiente:

$$T_{OF1} = 0,5 \times (T_{EXCH} - T_w) \quad (1)$$

60 Una longitud de las vías recorridas por las señales REQ y ACK puede además ser calculada, al dividir T_{OF1} por la velocidad de propagación de las señales de radio entre los equipos del sistema. Esta velocidad es igual a 3.10^8 m.s⁻¹.

65 Al menos una de las señales de radio de solicitud REQ y de acuse de recepción ACK puede comprender una trama de comunicación. Por tanto estas señales son cortas, en particular cuando no comprenden carga útil (“payload” en inglés). En este caso, su procesamiento en el seno de cada uno de los equipos 1 y 2 puede ser efectuado lo más próximo a la capa física. Por consiguiente este procesamiento es rápido y solo genera un bajo consumo de energía en cada equipo.

ES 2 306 290 T3

Además, la corta longitud de la señal ACK reduce el riesgo de perturbación de eventuales comunicaciones entre los equipos 2 y 3. Eventualmente, esta también puede permitir reducir el plazo intermedio T_w de manera que la medición del plazo de intercambio T_{EXCH} sea menos afectada por una deriva del reloj interno de uno de los dos equipos 1 y 2.

5 El intercambio de las señales REQ y ACK y el cálculo de T_{OF1} constituyen la primera fase del procedimiento de medición de la distancia entre los equipos 1 y 2. Esta primera fase corresponde a las etapas a a c introducidas en la parte general de la descripción, y es denominada como fase 1 en la figura 2.

10 Eventualmente, la fase 1 del procedimiento puede ser repetida (fase 1bis indicada en la figura 2). En cada nueva ejecución de la fase 1, es actualizado el tiempo de vuelo T_{OF1} . Eventualmente, el tiempo de vuelo T_{OF1} calculado durante una repetición de la fase 1 puede tener en cuenta varios plazos de intercambio memorizados durante ejecuciones anteriores de la fase 1. Por ejemplo, el plazo de intercambio utilizado en la fórmula (1) puede ser una media de los plazos de intercambios memorizados. La estimación de T_{OF1} que resulta de esto es más precisa.

15 Una diferencia entre valores T_{OF1} obtenidos durante dos ejecuciones sucesivas de la fase 1 puede indicar que el canal de transmisión no es estacionario. La fase 1 puede entonces ser repetida de nuevo hasta obtener valores sucesivos de T_{OF1} casi idénticos, que indican que el canal ha devenido estacionario. En este caso, el procedimiento es proseguido a partir de los últimos valores de T_{OF1} que indican que el canal es estacionario.

20 La vía de propagación seguida por las señales REQ y ACK puede ya sea unir los equipos 1 y 2 en línea recta (vía C1 indicado en la figura 1), ya sea unirlos con al menos una reflexión intermedia. La vía C2 indicada en la figura 1 presenta una reflexión sobre una pared 100, por ejemplo en metal. A causa de esta reflexión, la vía C2 es más larga que la vía C1. El tiempo de vuelo T_{OF1} corresponde en general al de las vías de propagación C1 y C2 que es seguido por una parte principal de la energía de las señales de radio REQ y ACK.

25 La segunda fase del procedimiento de medición de la distancia entre los equipos 1 y 2 es entonces ejecutada (fase 2 en la figura 2). El equipo 2 transmite una trama de sondeo del canal, denominada CMF por “Channel Measurement Frame” en inglés, con destino al equipo 1. En una variante ventajosa de la invención, esta transmisión de la trama CMF es ejecutada respetando el acceso múltiple en el seno del equipo 2. Para esto, la trama 2 es transmitida cuando el administrador de acceso múltiple del equipo 2 identifica la posibilidad de disponer de un tiempo de transmisión suficiente por el canal utilizado para la señal ACK. El equipo 1 analiza entonces el conjunto de las señales de radio recibidas que corresponden a la trama CMF. La estructura de una trama de sondeo del canal, así como el modo de análisis de ésta son supuestamente conocidos, y no son retomados en detalle aquí. El equipo 1 identifica inicialmente una primera parte de la señal de radio recibida como correspondiente a una porción de la trama CMF que ha seguido la misma vía de propagación que la señal de acuse de recepción ACK de la fase 1. Esta identificación puede resultar de una comparación entre el nivel de energía de la primera parte de señal recibida correspondiente a la porción de trama CMF y el de la señal ACK recibida. El equipo 1 busca luego si una segunda parte de señal de radio recibida no corresponde también a una porción de la trama CMF, que ha seguido una vía de propagación más corta que la de la primera parte de señal de radio. Esta búsqueda es ejecutada al combinar una selección de partes de la señal de radio recibida por el equipo 1, efectuada por medio de un umbral de energía de recepción variable, y un reconocimiento de porciones de trama CMF. El equipo 1 deduce de esto una diferencia de tiempo de vuelo entre la vía de propagación seguida por la señal ACK y un vía más corta cuya existencia es detectada de acuerdo con la señal de radio recibida correspondiente a la trama CMF. Esta diferencia es denominada ΔT_{OF} .

45 Cuando son detectadas varias vías más cortas que la seguida por la señal ACK, el equipo 1 selecciona aquella de entre ellas que resulta la más corta, es decir que está asociada al mayor valor de ΔT_{OF} .

50 El equipo 1 calcula luego el tiempo de vuelo de las señales transmitidas entre los dos equipos 1 y 2 de acuerdo con la vía de propagación más corta por la fórmula (2) que aparece a continuación. Este tiempo de vuelo de acuerdo con la vía más corta es denominada T_{OF2} .

$$T_{OF2} = T_{OF1} - \Delta T_{OF} \quad (2)$$

55 T_{OF2} es una medida de la longitud de la vía de propagación más corta. Esta longitud puede ser expresada en metros, dividiendo T_{OF2} entre la velocidad de propagación de las señales de radio entre los equipos del sistema. Ella corresponde más frecuentemente, igual que T_{OF2} , a una propagación en línea recta de las señales de radio entre los equipos 1 y 2 (vía C1 en la figura 1).

60 Es posible que la vía de propagación seguida por la señal ACK de la fase 1 sea la que es más corta. En este caso, el análisis de las señales de radio recibidas por el equipo 1 que corresponden a la trama de sondeo del canal CMF no revela ninguna vía más corta. La fase 2 conduce entonces a un valor nulo de ΔT_{OF} .

65 Por consiguiente la fase 2 del procedimiento puede incluir solo una única medición del canal. La fase 1, puesto que ella no comprende ninguna otra, puede ser ejecutada rápidamente.

De acuerdo con un primer perfeccionamiento de la invención, el procedimiento puede incluir además la emisión, por el equipo 1 con destino al equipo 2, de una señal que comprende una indicación del tiempo de vuelo T_{OF2} . Tales

ES 2 306 290 T3

indicaciones son, por ejemplo, el valor del tiempo de vuelo T_{OF2} , o la distancia calculada a partir de ese valor. El valor de la distancia medida que separa los dos equipos 1 y 2 es entonces disponible en el seno de cada uno de los equipos. Eventualmente, la indicación del tiempo de vuelo T_{OF2} puede también ser comunicada a otros equipos del sistema, o solamente a algunos de estos situados al alcance de transmisión de radio del equipo 1.

5 De acuerdo con un segundo perfeccionamiento de la invención, la fase 1 del procedimiento puede ser ejecutada de nuevo después de la determinación de la diferencia ΔT_{OF} entre el tiempo de vuelo T_{OF1} calculado durante la fase 1 y el tiempo de vuelo T_{OF2} correspondiente a la vía de propagación más corta seguida por señales de radio entre los dos equipos (fase 1ter indicada en la figura 2). Un nuevo valor de T_{OF1} es así obtenido, que es comparado con el obtenido durante una ejecución anterior de la fase 1. Es así posible verificar que el canal de transmisión de radio entre los equipos 1 y 2 ha quedado estacionario durante todo el procedimiento. En particular, puede ser obtenida una indicación sobre la precisión de la determinación T_{OF1} . En particular, cuando el canal no se ha mantenido estacionario, es posible indicar que la precisión de esta determinación está comprometida, e incluso, eventualmente, en qué grado la misma está comprometida. Un interés puede ser ordenar una nueva ejecución de la determinación T_{OF1} si este grado es superior a un umbral predefinido.

De acuerdo con un tercer perfeccionamiento de la invención, la trama de sondeo del canal CMF es emitida por el equipo 2 después de la señal de acuse de recepción ACK, con una duración de espera a partir de la emisión de la señal de acuse de recepción que es superior o igual a un tiempo de guardia determinado. Este tiempo de guardia es denominado T_G en la figura 2. El mismo permite en particular garantizar que el equipo 1 disponga de un tiempo suficiente para calcular T_{OF1} antes de analizar las señales de radio recibidas que corresponden a la trama CMF. Así, el valor de T_{OF1} , y otros valores producidos durante la fase 1 del procedimiento tales como el nivel de energía de recepción de la señal ACK, están disponibles en el seno del equipo 1 durante la ejecución de la fase 2. La duración entre la emisión de la señal ACK y la de la trama CMF por el equipo 2 es igual a la suma del tiempo de guardia T_G y de un plazo debido al respeto del acceso múltiple para el equipo 2. El valor de T_G es grabado en el seno de cada equipo del sistema durante la fabricación o durante una inicialización del mismo. Este no debe ser demasiado elevado, a fin de que el canal utilizado para comunicar entre los dos equipos pueda ser considerado como estacionario entre las fases 1 y 2 del procedimiento, incluso cuando uno de los equipos 1 o 2 se desplace o bien si el medio de transmisión de radio varía de forma moderada. A modo de ejemplo, T_G puede ser del orden de 10 milisegundos. En este caso, la fase 1 del procedimiento puede ser repetida antes de que el tiempo de guardia haya transcurrido a partir de la emisión de la primera señal ACK por el equipo 2. Así, la determinación del tiempo T_{OF2} no es retardada por la obtención de varios valores sucesivos T_{OF1} , para aumentar la precisión de determinación de T_{OF1} y/o para verificar que el canal es estacionario. En cada ejecución de la fase 1, el valor de T_{OF1} puede ser actualizado.

La trama de sondeo del canal CMF constituye en general una señal de radio relativamente larga. La construcción de esta trama por el equipo 2 y la medición de canal efectuada por el equipo 1 son por consiguiente también largas. Entonces es posible que los relojes internos de los equipos 1 y/o 2 deriven durante el procedimiento. Para limitar un error sobre el resultado de la medición de la distancia provocado por una deriva del reloj interno del equipo 1, se pueden señalar, por el equipo 1, varios primeros instantes de recepción de primeras señales de radio correspondientes a la trama CMF que han seguido la misma vía de propagación que la señal ACK. Segundos instantes de recepción de segundas señales de radio correspondientes a la trama CMF y que han seguido otras vías de propagación entre los equipos 1 y 2 son entonces señalados a partir de primeros instantes de recepción diferentes. Cada segundo instante de recepción puede así ser señalado en relación con un primer instante de manera que la duración transcurrida entre estos dos instantes sea corta. De esta forma, el error sobre la determinación de ΔT_{OF} que resultaría de una eventual deriva del reloj interno del equipo 1 es minimizado. El error que resultaría de una deriva del reloj interno del equipo 2 es también reducido de esta forma.

Se entiende que numerosas adaptaciones pueden ser introducidas en relación con el procedimiento que ha sido descrito en detalle anteriormente. En particular, en algunas circunstancias, puede ser ventajoso que el equipo 2 transmita la trama de sondeo del canal CMF antes de que las etapas a a c sean ejecutadas.

Finalmente, un procedimiento de acuerdo con la invención es particularmente adaptado para un modo de transmisión por impulsos, corrientemente designado como transmisión UWB, por "Ultra Wide Band" en inglés. Pero, también puede ser aplicado a otros tipos de transmisión de radio, tales como el modo DS-SS, por "Direct Sequence Spread Spectrum".

60

65

ES 2 306 290 T3

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento de medición de una distancia entre dos equipos de radiocomunicación (1, 2), que comprende las etapas siguientes:

- a- por un primero de los dos equipos (1): emisión de una señal de radio (REQ) de solicitud de medición de un plazo de intercambio entre los dos equipos;
- 10 b- por el segundo equipo (2): recepción de la señal de solicitud y, después de un plazo intermedio (T_w) conocido por los dos equipos, envío de una señal radio de acuse de recepción (ACK); y
- c- por el primer equipo (1):
 - 15 - recepción de la señal de acuse de recepción;
 - medición de la duración (T_{EXCH}) entre la emisión de la señal de solicitud (REQ) y la recepción de la señal de acuse de recepción (ACK), luego memorización de dicha duración como plazo de intercambio; y
 - 20 - cálculo de un primer tiempo de vuelo (T_{OF1}) de las señales de solicitud y de acuse de recepción a partir del plazo de intercambio (T_{EXCH}) y del plazo intermedio (T_w),

25 **caracterizado** porque el procedimiento comprende además una emisión, por el segundo equipo (2), de una trama de sondeo del canal (CMF) adaptada de manera que el primer equipo (1):

- determine, a partir de diferentes señales de radio recibidas que corresponden a la trama de sondeo del canal, una diferencia de tiempo de vuelo (ΔT_{OF}) entre una vía de propagación correspondiente a dicho primer tiempo de vuelo (T_{OF1}) y la vía de propagación más corta seguida por las señales de radio transmitidas entre los dos equipos (1,2); y
- 30 - calcule un segundo tiempo de vuelo (T_{OF2}) a partir del primer tiempo de vuelo (T_{OF1}) y de la diferencia de tiempo de vuelo (ΔT_{OF}).

35 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, de acuerdo con el cual al menos una de las señales de radio de solicitud (REQ) y de acuse de recepción (ACK) comprende una trama corta.

40 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, de acuerdo con el cual la vía de propagación correspondiente al primer tiempo de vuelo (T_{OF1}) es seguida por una parte principal de la energía de la señal de radio de solicitud (REQ) y/o de la señal de acuse de recepción (ACK).

45 4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además una emisión, por el primer equipo (1) con destino al segundo equipo (2), de una señal que comprende una indicación del segundo tiempo de vuelo (T_{OF2}).

5. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, de acuerdo con el cual las etapas a a c son repetidas, y de acuerdo con el cual el primer tiempo de vuelo (T_{OF1}) es actualizado en cada ejecución de las etapas a a c.

50 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, de acuerdo con el cual las etapas a a c son repetidas después de la determinación de la diferencia entre los primer y segundo tiempos de vuelo (ΔT_{OF}).

55 7. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, de acuerdo con el cual la trama de sondeo del canal (CMF) es emitida por el segundo equipo (2) después de la señal de acuse de recepción (ACK), con una duración de espera a partir de la emisión de la señal de acuse de recepción superior o igual a un tiempo de guardia determinado (T_G).

60 8. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 5 y 7, de acuerdo con el cual las etapas a a c son repetidas antes de que el tiempo de guardia (T_G) haya transcurrido a partir de la emisión de una primera señal de acuse de recepción (ACK) por el segundo equipo (2).

65 9. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, de acuerdo con el cual varios primeros instantes de recepción son señalados por el primer equipo (1), respectivamente para primeras señales de radio que corresponden a la trama de sondeo del canal (CMF) que han seguido la misma vía de propagación que la señal de acuse de recepción (ACK), y de acuerdo con el cual segundos instantes de recepción de segundas señales de radio que corresponden a dicha trama y que han seguido otras vías de propagación entre los dos equipos (1, 2) son señalados por dicho primer equipo a partir de primeros instantes de recepción diferentes.

ES 2 306 290 T3

10. Equipo de radiocomunicación (1) que comprende medios para poner en práctica etapas del procedimiento de medición de distancia entre dos equipos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que son ejecutadas por el primero de los dos equipos.

5 11. Equipo de radiocomunicación (2) que comprende medios para poner en práctica etapas del procedimiento de medición de distancia entre dos equipos de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, que son ejecutadas por el segundo de los dos equipos.

10 12. Sistema de comunicación que comprende al menos un equipo (1) de acuerdo con la reivindicación 10 y un equipo (2) de acuerdo con la reivindicación 11.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG.1.



