

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 912**

51 Int. Cl.:

H04L 12/28

(2006.01)

H04L 12/56

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08380141 .5**

96 Fecha de presentación: **07.05.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2117172**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.11.2009**

54 Título: **DISPOSITIVO PARA REDES AD-HOC MÓVILES.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.01.2012

73 Titular/es:
**FUNDACIÓN ROBOTIKER
PARQUE TECNOLÓGICO, EDIF. 202
E-48170 ZAMUDIO (VIZCAYA), ES**

72 Inventor/es:
**Cabero López, José M^a;
Arizaga Arcelus, Íñigo;
Sánchez Lekue, Aritz;
Unibaso Larrondo, Galder y
Miguel Villalba, Eder**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 371 912 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

Dispositivo para redes AD - HOC móviles

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere al campo de los sistemas de detección de dispositivos portátiles y, más concretamente, a dichos sistemas para el entorno MAN (del inglés "Mobile Ad hoc Networks").

Antecedentes de la invención

- 10 La caracterización del comportamiento de las personas es un aspecto clave de la investigación en áreas tan dispares como las redes sociales, la gestión de recursos o el rutado en redes de comunicaciones móviles. Los patrones temporales, sociales y geográficos asociados al comportamiento de las personas son aspectos cuya importancia nadie pone en duda, pero suponen un desafío cuando se trata de cuantificarlos y corroborarlos mediante la recopilación de datos empíricos fiables.

La mayor parte de las técnicas utilizadas hasta la fecha en la recopilación de datos sobre el comportamiento de las personas se basa fundamentalmente en cuestionarios o en análisis visual, con la correspondiente y no deseable subjetividad que comportan.

- 15 Idealmente y para evitar cualquier tipo de subjetividad, el procedimiento de recopilación de datos debe ser independiente tanto de los individuos bajo estudio como de las personas que lo realizan, como es el caso de aquellas técnicas en las que cada individuo lleva un dispositivo electrónico que de manera transparente se encarga de recopilar los datos deseados, que a partir de ahora se llamarán trazas humanas (TH). Los datos que conforman las trazas humanas (TH) pueden ser diversos, dependiendo de los intereses del estudio en cuestión, pero en general siempre constan de un indicador que refleja si dos dispositivos se detectan o no, y el instante de tiempo en el que esa detección tiene lugar. La detección o no depende de diferentes factores como el radio de cobertura de los dispositivos, el entorno de despliegue, la velocidad de muestreo de los dispositivos, etc.

- 20 Hasta la fecha, los trabajos más representativos basados en esta técnica son los correspondientes al Proyecto Huggle: A. Chaintreau y cols., "Impact of human mobility on the design of opportunistic forwarding algorithms," en Proceedings of the 25th IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM), Barcelona, Spain, Apr. 2006 y a los experimentos realizados en el Massachusetts Institute of Technology (MIT): N. Eagle y A. S. Pentland, "Reality mining: sensing complex social systems," Personal Ubiquitous Comput., vol. 10, no. 4, pp. 255–268, 2006, aunque en Internet pueden encontrarse algunas otras bases de datos.

- 30 En el estudio correspondiente al MIT se realizó un despliegue de teléfonos móviles con tecnología Bluetooth entre miembros del profesorado y estudiantes. Durante varios meses los teléfonos móviles recopilaban información de proximidad cuando los teléfonos se encontraban dentro de su radio de acción Bluetooth. Desde el punto de vista del dispositivo utilizado para la recopilación de trazas humanas (TH), las características más representativas son:

- Los dispositivos utilizados para la recopilación de trazas humanas son terminales móviles celulares (Nokia 6600) con capacidad de comunicaciones de radio de corto alcance Bluetooth.
- 35 - El periodo de muestreo o granularidad del estudio para detectar otros dispositivos en su radio de acción es 5 minutos.
- Memoria flash en cada dispositivo para almacenar las detecciones efectuadas.

A su vez, el proyecto Huggle trata de extraer conclusiones en cuanto a la movilidad de una red humana para aplicarlo al ámbito del rutado de comunicaciones en MAN.

- 40 Las redes ad hoc inalámbricas son redes inalámbricas descentralizadas. La red es ad hoc porque cada nodo está dispuesto a re-enviar datos a otros nodos y la determinación de qué nodos re-envían datos se hace de forma dinámica, basándose en la conectividad de la red. Esto contrasta con las redes cableadas, en las que los enrutadores llevan a cabo la tarea de encaminar. También contrasta con las redes inalámbricas gestionadas o centralizadas, en las que un nodo especial, conocido como punto de acceso, gestiona la comunicación entre otros nodos.

- 45 A su vez, una red ad hoc móvil (MAN) es un tipo de red ad hoc inalámbrica y es una red que se auto-configura formada por enrutadores móviles (y hosts asociados) conectados mediante enlaces inalámbricos, la unión de los cuales forma una topología arbitraria. Los enrutadores tienen la libertad de moverse y de organizarse arbitrariamente; así, la topología inalámbrica de la red puede cambiar rápidamente. Esta red puede operar de forma autónoma o puede conectarse a Internet. Los enrutadores o dispositivos móviles se comunican entre sí, bien directamente o bien a través de dispositivos intermedios que actúan como puentes de comunicación.
- 50

De entre los diferentes escenarios estudiados por el proyecto Huggle, sólo aquellos basadas en tecnología Bluetooth pueden considerarse fiables, ya que las trazas obtenidas mediante tecnología WiFi, más que información de la movilidad de las personas, ofrecen información de la frecuencia con la que entran a Internet y los lugares desde los que

acceden. Desde el punto de vista del dispositivo utilizado para la recopilación de TH, las características más representativas son:

- Los dispositivos utilizados para la recopilación de TH son terminales Intel iMotes con capacidad de comunicaciones de radio de corto alcance Bluetooth.
- 5 - El periodo de muestreo o granularidad del estudio para detectar otros dispositivos en su radio de acción es 2 minutos.
- Memoria flash en cada dispositivo para almacenar las detecciones efectuadas.

Además de los dispositivos utilizados en los estudios anteriormente citados, en el mercado se pueden encontrar diferentes dispositivos con tecnología de radio, para ser utilizados en redes de sensores y MAN, como los "Motes" de la empresa Crossbow (ver <http://www.xbow.com>) o el "BTnode" (ver <http://www.btnode.ethz.ch>).

Sin embargo, los dispositivos existentes a día de hoy en el mercado utilizados para trabajar en MAN son de propósito general y adolecen de ciertas limitaciones para obtener los resultados deseables, especialmente:

Por una parte, ninguno de los dispositivos existentes es capaz de discriminar cuándo está siendo portado por una persona y cuándo ha sido dejado en algún lugar; es decir, no son capaces de distinguir si la persona que lo porta se ha detenido o si, por el contrario, se lo ha quitado y lo ha dejado en algún lugar. Esto es un gran inconveniente cuando el dispositivo es utilizado con nodos móviles, como en los correspondientes al MIT y al Proyecto Hagggle, ya que ese tipo de información es imprescindible para asegurar la fiabilidad de los datos recogidos.

Por otra parte, ninguno de los dispositivos utilizados en MAN es capaz de sincronizarse directamente con el resto de dispositivos sin necesidad de un gran intercambio de datos. En el caso de dispositivos dependientes de una red central, como el caso de los teléfonos móviles, estos dispositivos pueden contar con la sincronización de la red central, pero ello supone un incremento considerable en el tráfico de datos. En aquellas técnicas de sincronización basadas en la transmisión del reloj de unos nodos a otros, además del incremento del tráfico de datos, la precisión que se obtiene es baja, al introducirse retrasos variables en el procesamiento de los nodos intermedios.

Además, la sincronización es especialmente importante en aplicaciones con granularidades muy altas, ya que en caso contrario, cuando los datos de los diferentes nodos se almacenen en común, eventos que ocurrieron en diferentes instantes de tiempo pueden confundirse y considerarse como simultáneos. Por tanto, la sincronización está muy ligada a la granularidad del estudio, ya que cuanto menor es la granularidad del mismo, mayor es la permisividad en el error temporal permitido. En los estudios del MIT y el proyecto Hagggle la granularidad de 5 y 2 minutos respectivamente permiten errores de sincronización muy grandes (hasta 5 y 2 minutos respectivamente) dentro de los cuales la red es capaz de organizar los datos de manera cronológica, sin métodos de sincronización precisos. Sin embargo, para mediciones en las que la granularidad aumenta, es necesaria una sincronización más precisa para no confundir datos que ocurrieron en instantes de tiempo diferentes.

Además, los dispositivos conocidos consiguen detectar el movimiento a costa de una gran complejidad, que causa otros inconvenientes. Por ejemplo, los anteriormente mencionados dispositivos de Crossbow permiten anexas un dispositivo externo con acelerómetros que aporta información sobre el movimiento. Estos dispositivos tienen un alto consumo y necesitan de procesamiento.

Además, con respecto a los dispositivos de Crossbow, la tecnología de radio utilizada es 802.15.4, que es una tecnología orientada a aplicaciones de sensores, es decir, a una transmisión de corto alcance y con muy poca información que transmitir, donde hay nodos que recogen información de sensores. Este tipo de tecnología no es la más indicada para el entorno MAN, donde todos los nodos tienen las mismas características técnicas y pueden comunicarse entre todos.

Además, aunque algunas técnicas para comunicaciones inalámbricas, tales como GSM, 802.15.4 o Bluetooth, contemplan en sus especificaciones técnicas de control de potencia para reducir las interferencias y minimizar el consumo, la implementación de estas técnicas no es siempre obligatoria para los fabricantes de módulos de radio. Además, los terminales que las incorporan no permiten que los módulos de potencia correspondientes sean manipulados por los usuarios o gestores de los terminales. Esto es un gran inconveniente en redes MAN, por ejemplo durante la recopilación de datos de conectividad, donde puede ser necesario ajustar el radio de cobertura en función de las características concretas o circunstanciales de la red.

Con anterioridad se ha destacado la importancia de la granularidad en las redes MAN. La granularidad que se puede obtener depende de la tecnología de radio de que se dispone y del diseño del dispositivo usado. Teóricamente, los dispositivos basados en tecnología Bluetooth, como el "Imote" de Intel, el "BTnode" o teléfonos móviles, pueden llegar a una granularidad máxima de 1,28s con la especificación Bluetooth versión 2.0. El protocolo Bluetooth dispone de dos estados: "Inquiry" e "Inquiry Scan". Estos dos estados permiten que un dispositivo que está escaneando la red (estado "Inquiry") detecte otros dispositivos (que están en el estado "Inquiry Scan") en su radio de acción. La frecuencia con la que un dispositivo entra en el estado "Inquiry" determina la granularidad del estudio. En concreto, la especificación Bluetooth 2.0 ofrece un tiempo de "Inquiry" mínimo de 1,28s, suficiente para, según J. P. Kharoufeh, en "Bluetooth inquiry time characterization and selection," IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 5, no. 9, pp. 1173–1187,

2006, member-Brian S. Peterson and Senior Member-Rusty O. Baldwin, descubrir teóricamente el 99% de los dispositivos dentro del radio de cobertura.

Su consecución implicaría, no obstante, unos requerimientos muy altos de memoria y de energía requerida. Por ejemplo, en J.C. Cano, J.M. Cano, E. Gonzalez, C. Calafate, and P. Manzoni, "Evaluation of the energetic impact of bluetooth low-power modes for ubiquitous computing applications," in PE-WASUN '06: Proceedings of the 3rd ACM international workshop on Performance evaluation of wireless ad hoc, sensor and ubiquitous networks. Nueva York, NY, EE.UU.: ACM Press, 2006, pp. 1–8, se ha probado que el estado "Inquiry" dobla el consumo del estado "Inquiry Scan".

Sin embargo, en la práctica, ninguno de los estudios realizados hasta la fecha con dispositivos Bluetooth ha llegado a dicha granularidad teórica: en los estudios del MIT (móviles Bluetooth) y el proyecto Hagggle (Intel Imotes), la granularidad es de 5 y 2 minutos respectivamente. Estas limitaciones vienen determinadas por problemas de batería en el primero y por limitaciones en la memoria en el segundo caso. Estas granularidades provocan que haya muchos contactos entre dispositivos que no se registren.

Por último, y relacionado con la granularidad, los dispositivos conocidos no están diseñados para realizar una recogida y grabado de datos muy exhaustivos, precisamente porque ninguno de estos dispositivos presenta una granularidad elevada. Estos dispositivos están dotados de una memoria volátil (usualmente RAM) y de una memoria no volátil (usualmente FLASH) con una capacidad limitada de lecturas/escrituras. Por ejemplo, en el estudio realizado en el MIT hubo problemas al dañar las memorias no volátiles de los teléfonos móviles al llegar al límite de lecturas/escrituras, incluso con granularidades tan bajas como 5 minutos.

Algunas posibles soluciones, como almacenar los datos en la memoria no volátil -que no tiene límites de lectura/escritura-, presentan otros inconvenientes, como el riesgo de perder toda la información en caso de fallos en la alimentación.

Sumario de la invención

La presente invención resuelve los inconvenientes mencionados anteriormente mediante un dispositivo diseñado para trabajar en el entorno de las redes ad hoc móviles (MAN). El dispositivo es un dispositivo de comunicaciones. Es además un dispositivo portátil o móvil, cuya movilidad viene dada por la persona que lo porta.

Por una parte, el dispositivo de la presente invención está destinado a la obtención de trazas humanas (TH) de gran granularidad y alta fiabilidad en redes ad hoc móviles (MAN).

Por otra parte, el dispositivo está destinado a servir como plataforma de pruebas de protocolos de rutado de redes ad hoc móviles (MAN).

Así, uno de los aspectos de la presente invención se refiere a un dispositivo diseñado para usarse en una red ad hoc móvil (MAN) formada por una pluralidad de dispositivos, y configurado para la detección de dichos dispositivos que forman dicha MAN, que comprende: un módulo de conectividad, que a su vez comprende: un módulo de radiofrecuencia basado en tecnología Bluetooth que comprende un microprocesador y una memoria configurada para almacenar datos de conectividad relativos a la detección, por parte de dicho dispositivo, de otros dispositivos portátiles similares comprendidos en una MAN; una antena de transmisión/recepción. El dispositivo comprende además: un módulo de movimiento que comprende un interruptor configurado para detectar la presencia o ausencia de movimiento del dispositivo, donde dicho módulo de movimiento está conectado a una entrada de datos de dicho módulo de conectividad; un módulo de inclinación que comprende al menos dos detectores de inclinación configurados para detectar la posición relativa de dicho dispositivo; donde la combinación de la información obtenida por el módulo de movimiento y por el de inclinación permite, para cada dispositivo de dicha MAN detectado por dicho dispositivo, discriminar si dicho dispositivo detectado está siendo portado por un individuo o si dicho dispositivo detectado no está siendo portado por un individuo.

Preferentemente, la combinación de la información obtenida por el módulo de movimiento y por el de inclinación permite diferenciar las siguientes situaciones: cuando el módulo de inclinación y el módulo de movimiento están en un estado ON, se decide que un individuo está en movimiento y lleva consigo un dispositivo; cuando el módulo de inclinación está en un estado ON y el módulo de movimiento está en un estado OFF, se decide que un individuo está en reposo y lleva consigo un dispositivo; cuando el módulo de inclinación y el módulo de movimiento están en un estado OFF, se decide que un dispositivo no está siendo portado por ningún individuo, estando dicho dispositivo en reposo.

Preferentemente, la memoria es una memoria FRAM.

Preferentemente, el dispositivo comprende además un módulo de sincronización que comprende un receptor DCF77, configurado para que dicho dispositivo comparta la misma referencia temporal que el resto de dispositivos portátiles comprendidos en la MAN en que esté siendo usado, aumentando la fiabilidad de la muestras obtenidas y permitiendo conseguir una granularidad en la toma de muestras para detectar la presencia de otros dispositivos menor que un cierto umbral.

Preferentemente, el dispositivo comprende además un módulo de control de ganancia configurado para regular la potencia de la señal de radio emitida a través de dicha antena de transmisión/recepción, donde dicho módulo de control de ganancia está conectado a dicho módulo de conectividad, de forma que dicho dispositivo es capaz de controlar su radio de cobertura a través de dicho módulo de control de ganancia.

- 5 El dispositivo comprende preferentemente además un módulo de energía que comprende una batería. Este módulo de energía comprende preferentemente un puerto USB a través del cual dicha batería puede ser recargada y a través del cual dichos datos de conectividad almacenados en dicha memoria pueden ser descargados de dicha memoria.

10 En otro aspecto de la presente invención, se proporciona una MAN que comprende una pluralidad de dispositivos como el anteriormente descrito, configurados como dispositivos portátiles. Esta red comprende además al menos un dispositivo como el anteriormente descrito configurado como dispositivo baliza.

En otro aspecto de la presente invención, se proporciona el uso de un dispositivo como el descrito para la recolección de datos de conectividad en una MAN.

En otro aspecto de la presente invención, se proporciona el uso de un dispositivo como el descrito como plataforma de pruebas de protocolos de rutado de una MAN.

15 **Breve descripción de las figuras**

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo y para complementar esta descripción, se acompaña como parte integrante de la misma un juego de dibujos, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo. En estos dibujos:

La figura 1 muestra un esquema de un dispositivo según la presente invención.

20 La figura 2 muestra una fotografía del dispositivo de la presente invención mientras es portado por un usuario.

Las figuras 3A y 3B muestran sendas fotografías del dispositivo de la presente invención.

La figura 4 muestra un esquema detallado de un dispositivo según la presente invención.

La figura 5 muestra un ejemplo de MAN formada por una pluralidad de dispositivos según la presente invención.

25 **Descripción detallada de la invención**

La figura 1 muestra un dispositivo según una posible realización de la presente invención. El dispositivo está destinado a la obtención de trazas humanas (TH) de gran granularidad y alta fiabilidad en redes ad hoc móviles (MAN). Las trazas humanas están formadas por la información de conectividad entre todos los dispositivos participantes durante el tiempo que dure un estudio. Hay diferentes datos que forman cada parte de información de conectividad, dependiendo de los intereses del estudio en cuestión, pero en general los datos siempre constan de un indicador que refleja si dos dispositivos se detectan o no, y el instante de tiempo en el que esa detección tiene lugar. La detección o no depende de diferentes factores, como el radio de cobertura de los dispositivos, el entorno de despliegue, la velocidad de muestreo de los dispositivos, etc.

El dispositivo móvil 100 de la figura 1 comprende una serie de módulos y una antena transmisora/receptora 107:

- 35 - un módulo de inclinación 101, que permite detectar si una persona lleva consigo el dispositivo 100 o si, por el contrario, el dispositivo 100 se encuentra en algún otro lugar;
- un módulo de movimiento 102, que permite detectar si un dispositivo 100 se encuentra en movimiento o parado;
- 40 - un módulo de sincronización 103, que permite que todos los dispositivos 100 compartan la misma referencia temporal;
- un módulo de conectividad 104, que permite controlar el resto de módulos, detectar otros dispositivos en los alrededores (en su radio de cobertura) y guardar localmente dichas detecciones;
- un módulo de control de ganancia 105, que permite configurar la potencia de salida del módulo de conectividad 104. Este módulo 105 hace de puente entre el módulo de conectividad 104 y la antena 107;
- 45 - un módulo de energía 106, que permite suministrar alimentación al dispositivo 100 y transmitir los datos de conectividad almacenados en el módulo de conectividad 104 hacia el exterior del dispositivo.

A continuación, y con referencia a las figuras 1 y 4, se explica en detalle cada uno de los módulos:

El módulo de inclinación 101 comprende al menos dos detectores de inclinación 1011 1012 que permiten saber cuándo el dispositivo 100 se encuentra en posición vertical (por ejemplo, colgado del cuello del individuo que lo porta) o en

posición horizontal (por ejemplo, reposando en algún otro sitio), y el sentido del posicionamiento del dispositivo (posición correcta o al revés). Como se aprecia en las figuras 3A y 3B, el dispositivo 100 tiene preferentemente una forma rectangular. En este caso, la posición vertical del dispositivo 100 se refiere a la posición en la que el lado más largo del mismo se encuentra en un plano vertical con respecto al suelo, es decir, el lado más largo del dispositivo 100 se encuentra en un plano sustancialmente perpendicular al suelo, mientras que el lado más corto del dispositivo 100 se encuentra en posición horizontal con respecto al suelo, es decir, en un plano paralelo al plano formado por el suelo.

Sin tener en cuenta el espesor del dispositivo 100, cuando los dos lados (alto y ancho) del dispositivo 100 que forman su superficie frontal se encuentran en un plano horizontal al del suelo, es decir, en un plano paralelo al del suelo (por ejemplo en las figuras 3A y 3B, en las que el dispositivo 100 está posado sobre el suelo) entonces la posición del dispositivo 100 se considera horizontal. Como posición correcta se considera la posición vertical, es decir, cuando los dos lados (alto y ancho) del dispositivo 100 que forman su superficie frontal están en un plano perpendicular al suelo. En el caso de que el dispositivo 100 se cuelgue del cuello de un portador, como ilustra la figura 2, la posición considerada correcta es aquella en la que la anilla de amarre al lazo se encuentra en la parte de arriba (como en la figura 2). Posición al revés o incorrecta se considera cuando la anilla de amarre se encuentra en la parte inferior del dispositivo 100. Así, si el módulo de inclinación 101 indica que el dispositivo 100 se encuentra en posición vertical, se puede deducir que el dispositivo 100 está siendo portado por una persona, como muestra la figura 2. Si, por el contrario, el módulo de inclinación 101 indica que el dispositivo 100 se encuentra en posición horizontal, se puede deducir que el dispositivo 100 ha sido posado en algún sitio, es decir, que no lo porta ninguna persona.

El módulo de movimiento 102 comprende un detector de movimiento basado en un interruptor 1021 que se abre o cierra ("uno" o "cero") según el movimiento del dispositivo 100. El interruptor 1021 está conectado a la entrada de datos del módulo de conectividad 104 (muy bajo consumo, debido a la alta impedancia del módulo de entrada), donde el flujo de unos y ceros se procesa fácilmente a partir de unos contadores, y donde se decide si el individuo se encuentra en movimiento o parado a partir de patrones previamente analizados del flujo de unos y ceros. Así, un flujo de unos y ceros constante indica una persona desplazándose, mientras que una persona parada o que está moviendo su cuerpo pero sin moverse realmente de su lugar, viene caracterizada por la ausencia de flujo o por un flujo de unos y ceros cortos e inconstantes.

Como puede observarse, el módulo de movimiento 102 carece de un acelerómetro, ya que la información que interesa es si el individuo está parado o en movimiento, y no el tipo de movimiento del individuo (andando, corriendo, etc.). Por otra parte, un acelerómetro requiere una capacidad de procesamiento elevada (bastante mayor que en el caso de no incluir acelerómetro) en el dispositivo 100, para digitalizar y procesar la señal de salida de dicho acelerómetro. Por ello, en caso de incluir un acelerómetro, el dispositivo 100 tendría un mayor consumo y requeriría un microprocesador y memorias más potentes.

La combinación del módulo de inclinación 101 y del de movimiento 102 permite la detección de estados del binomio persona-dispositivo, es decir, permite diferenciar tres estados. Los dispositivos convencionales no permiten discernir, a partir de las medidas tomadas, si el dispositivo se encuentra con la persona que en principio lo porta o si ambos están separados. En estudios en los que se pretende caracterizar con la mayor fiabilidad posible el comportamiento de las personas, detectar este tipo de situaciones es fundamental para la fiabilidad del estudio. El estado correspondiente a los valores ON en ambos módulos indica que el individuo está portando el dispositivo 100 consigo y está en movimiento. El estado correspondiente a ON en el módulo de inclinación 101 y OFF en el de movimiento 102 responde a la situación en la que la persona se encuentra parada pero llevando el dispositivo 100. El estado correspondiente a los valores OFF en ambos módulos 101 102 indica que el individuo no está portando el dispositivo 100 consigo. El módulo de sincronización 103, que se detalla a continuación, permite saber cuándo se da esta última circunstancia, ya que el módulo de sincronización 103 es el que marca los instantes de tiempo en el que las TH se graban. Las TH cuentan, entre otras cosas, con información de inclinación y movimiento. Cuando en un instante "T" la información de movimiento/inclinación es OFF en ambos módulos, ese instante de tiempo no se tendrá en cuenta porque corresponde a una situación en la que el dispositivo 100 y la persona están separados. Por lo tanto, no deben tenerse en cuenta estos datos para preservar la fiabilidad del experimento. El estado en el que el módulo de inclinación 101 tiene valor OFF y el de movimiento 102 ON es poco frecuente, pues se debe a posiciones inusuales del dispositivo 100 (por ejemplo, trabado entre la ropa) o a movimientos bruscos del individuo (por ejemplo, saltar, correr), que hacen que el dispositivo 100 rebote y cambie de posición vertical a horizontal en muy cortos espacios de tiempo. La siguiente tabla I resume los posibles estados:

Tabla I

	MOVIMIENTO PORTANDO DISPOSITIVO	PARADO PORTANDO DISPOSITIVO	SIN PORTAR DISPOSITIVO	SITUACIONES EXTREMAS
MÓDULO DE INCLINACIÓN	ON	ON	OFF	OFF
MÓDULO DE MOVIMIENTO	ON	OFF	OFF	ON

Otro aspecto que debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar el dispositivo de la invención es la sincronización de las detecciones. Los contactos entre dispositivos se registran en cada instante de tiempo en cada uno de los dispositivos involucrados en el contacto, por lo que de cara a procesar toda esa información con posterioridad y siguiendo un orden cronológico, es necesario que todos los dispositivos desplegados compartan la misma referencia temporal. Como ya se ha indicado, hasta ahora ningún dispositivo susceptible de trabajar en redes MAN implementa un módulo centrado en obtener la sincronización de los nodos o dispositivos de la red de manera separada y sin depender de las características de la red (no depende de ningún nodo de la red, sino que la sincronización la recibe de un elemento externo imperturbable). En estudios en los que la información recopilada por los diferentes nodos es puesta en común, dicha sincronización es necesaria. Cuando se requiere una alta granularidad, se necesita una técnica de sincronización muy precisa.

El módulo de sincronización 103 comprende un receptor DCF77 1031 y su correspondiente antena 1032 para la señal de sincronización, que permiten mantener la misma referencia temporal en todos los dispositivos 100. Los dispositivos utilizados convencionalmente en redes MAN no incorporan un módulo de sincronización DCF77.

Como es conocido, DCF77 es un sistema que comprende una señal horaria de onda larga y una estación de radio de frecuencia patrón. Sus transmisores principal y de backup están situados en Mainflingen, aproximadamente 25km al sudeste de Frankfurt, Alemania. La señal portadora de 77,5kHz se genera a partir de relojes atómicos enlazados con los relojes maestros alemanes en Braunschweig. Con una potencia de emisión de 50kW, esta señal se puede recibir en gran parte del territorio europeo, llegando a una distancia de hasta 2000km de Frankfurt.

Cuando un dispositivo 100 comienza su actividad, la referencia temporal DCF77 recibida se utiliza para sincronizar su reloj local. Si el dispositivo se reinicia por cualquier motivo, el proceso de sincronización con la señal DCF77 se lleva a cabo de nuevo. En consecuencia, todos los dispositivos 100 de la red se encuentran sincronizados, lo que permite que la información de conectividad generada como consecuencia de los encuentros entre dispositivos 100 sea coherente en el tiempo, y por lo tanto el proceso de recolección de los datos y procesamiento posterior se agilice considerablemente y sin errores cronológicos.

El módulo de conectividad 104 es el corazón del dispositivo 100. Está basado en un módulo de radio 1041, que hace barridos para detectar dispositivos dentro de un determinado radio de alcance o zona de cobertura. Comprende un módulo de radio o Bluetooth 1041 y una memoria 1042 en la que se almacenan los datos de conectividad del dispositivo 100 al que pertenece (cuando un dispositivo detecta otro en su rango de alcance Bluetooth, ese encuentro se graba en la memoria).

El módulo Bluetooth 1041 comprende un chipset Bluetooth con su correspondiente antena integrada; ambos se encargan de la comunicación de radio con el resto de dispositivos. El módulo Bluetooth 1041 comprende principalmente un microcontrolador que ejecuta la pila Bluetooth (pila de protocolos Bluetooth) y controla la radio. Conectada al módulo Bluetooth 1041, se encuentra una memoria flash en la que se almacena la pila Bluetooth y las aplicaciones que se quieran ejecutar. El módulo de conectividad 104 se completa con una memoria conectada al módulo bluetooth 1041 a través de un puerto I2C. Esta memoria se utiliza para almacenar los datos generados durante el funcionamiento del dispositivo 100, es decir las TH. El módulo de conectividad 104 se conecta a los restantes módulos a través de puertos del módulo Bluetooth 1041. La figura 4 muestra un esquema general de interconexión (abstracta) entre los distintos módulos.

Preferentemente, la memoria 1042 es una memoria FRAM (no volátil). Más preferentemente, es una memoria FRAM I2C de 512kbits de capacidad.

El módulo de conectividad 104 se encarga de controlar el funcionamiento del resto de módulos desde el microprocesador del módulo Bluetooth.

El dispositivo 100 está especialmente diseñado para la lectura/escritura de datos de manera masiva, sin riesgo de dañar la memoria por alcanzar el límite de lecturas/escrituras o de perder datos por falta de energía. Esto se consigue gracias a la incorporación de la memoria FRAM, con prácticamente ilimitados ciclos de lectura/escritura y no volátil, que incorpora su propia alimentación que la hace resistente a cualquier fallo de alimentación del dispositivo 100. Los dispositivos convencionales usados en redes MAN no incorporan memorias FRAM. En el dispositivo 100 de la invención, se incorpora una memoria FRAM porque se va a hacer uso de la memoria de manera exhaustiva, por lo que se necesita una memoria con mayor cantidad de ciclos de lectura/escritura que las memorias no volátiles actuales y que además asegure la permanencia de los datos ante un fallo de la alimentación. En este sentido, es preciso destacar la importancia de la capacidad de almacenamiento del dispositivo. El dispositivo debe contar con una memoria capaz de almacenar gran cantidad de registros de conectividad y soportar un número muy grande de ciclos de lectura/escritura. En caso contrario, habrá contactos que no se puedan registrar, o bien la memoria del dispositivo perecerá por alcanzar el límite de ciclos de lectura/escritura, lo que afectaría directamente a la fiabilidad de los estudios.

El módulo de control de ganancia 105 está conectado al módulo de conectividad 104 para regular la potencia de la señal de radio que se va a transmitir a través de la antena 107 del dispositivo 100. Cuanto menor sea la potencia transmitida menor será el radio de cobertura del dispositivo 100. El módulo 105 se basa, preferentemente, en un diodo

PIN 1051 o en un par de diodos PIN 1051, 1052 que se encargan de regular qué parte de la potencia de salida del módulo de conectividad 104 se dirige a la antena 107. La cantidad de potencia que se dirige a la antena 107 se controla variando la corriente de polarización del diodo o diodos 1051 1052. La tecnología Bluetooth cuenta con un control de potencia propio automático según unos patrones que el diseñador de red no puede controlar. El controlador de ganancia del módulo de control de ganancia 105 nos ofrece la posibilidad de reducir el radio de cobertura del dispositivo 100 cuando consideremos oportuno, lo que nos permite controlar la topología de la red.

A diferencia de los módulos de control de ganancia o potencia convencionales, el módulo 105 del dispositivo 100 ofrece la posibilidad de que el diseñador de la red manipule el radio de cobertura del dispositivo sin importar el módulo o tecnología de radio con el se trabaje. Este aspecto es fundamental en redes MAN al recopilar datos de conectividad, ya que permite que los nodos modifiquen su radio de cobertura en función de las condiciones de la red (por ejemplo reduciendo su radio en redes muy compactas donde el número de dispositivos cercanos es muy alto y un radio de cobertura grande no sólo no es necesario si no que puede ser incluso perjudicial).

Finalmente, el módulo de energía 106 comprende una batería o conjunto de baterías 1061, preferentemente recargable, y un módulo USB 1062. La batería 1061 se encarga de alimentar el dispositivo 100 y el módulo USB 1062 sirve como interfaz para recargar la batería y además sirve como puerto para transmitir los datos de conectividad almacenados en el dispositivo 100 a un dispositivo externo. Tanto la batería 1061 como el módulo USB 1062 se conectan a un módulo gestor de alimentación 1063, comprendido en el módulo de energía 106.

Las figuras 3A y 3B muestran sendas fotografías del dispositivo 100.

El dispositivo que se acaba de escribir permite la recopilación de trazas humanas (TH), es decir, el muestreo de la actividad humana de manera que cualquier actividad pueda ser recuperada a partir de las muestras tomadas sin perder eventos significativos.

En este sentido, un aspecto muy importante es la granularidad de las trazas. La granularidad hace referencia al muestreo con el que los dispositivos sondan sus alrededores en busca de otros dispositivos en su radio de acción. Cuanto mayor es la frecuencia de muestreo, mayor es la granularidad. Cuanta mayor granularidad, mayor es la probabilidad de registrar todas aquellas ocasiones en las que dos dispositivos se encuentran dentro de su radio de alcance. Es decir, cuanto mayor es la granularidad, menor es la probabilidad de perder información. Como se ha indicado anteriormente, una granularidad muy grande conlleva los siguientes inconvenientes: un mayor gasto de energía del dispositivo y una mayor cantidad de datos a guardar, es decir mayor capacidad de memoria en el dispositivo, y un uso más exhaustivo de la lectura/escritura de la memoria del dispositivo. El evento que en todo momento que ocurra se quiere detectar es la aparición de dos dispositivos dentro de su radio de acción. Como el tiempo de permanencia en contacto es variable y dependiente de la situación, una mayor granularidad permite detectar periodos de contacto más pequeños.

En esta línea, el dispositivo 100 consigue una granularidad de hasta 1,28 sg, es decir, el error máximo en la sincronización es de 1,28 sg. La tecnología Bluetooth del módulo de conectividad 104 ofrece esta posibilidad teórica, pero no es utilizada en ningún producto comercial por el alto consumo que supone y porque la finalidad de la tecnología Bluetooth no es descubrir, sino más bien la comunicación entre dispositivos. Sin embargo, en una de las aplicaciones de nuestro dispositivo 100 (recopilación de TH), el descubrimiento de otros dispositivos es un fin en sí mismo, por eso nos interesa detectar a los dispositivos lo antes posible (granularidad máxima). Funcionar con una granularidad tan alta limita la duración de las baterías y conlleva problemas de almacenamiento de memoria e incluso de daños en las memorias, como ocurre en los estudios del MIT y el proyecto Huggle. El dispositivo 100 está diseñado para funcionar con esa granularidad y solventar los problemas anteriores, gracias, entre otros, al módulo de energía 106 y a la memoria FRAM del módulo de conectividad 104. Esto es algo que no se ha conseguido en ninguno de los estudios realizados hasta la fecha con dispositivos Bluetooth convencionales.

La batería recargable del dispositivo 100 ofrece una autonomía cercana a las 48h con el máximo de granularidad, esto es, 1,28s (la situación de mayor consumo). Además, la memoria FRAM tiene una capacidad de 512kbits, que es suficiente para guardar las conectividades detectadas cada día y que soporta casi ilimitados ciclos de lectura/escritura.

Otro aspecto importante en un dispositivo para la toma de trazas humanas es la fiabilidad, que hace referencia a todos aquellos aspectos que hacen peligrar el registro de la detección de dos dispositivos vecinos, así como el estado en el que se encuentran (en movimiento, parado...). Registrar cualquier situación de contacto entre dispositivos es tan importante como conocer las condiciones en las que dicho contacto tiene lugar. El dispositivo de la invención está configurado para registrar proximidades de otros en su radio de acción, pero realmente lo que se pretende medir es la proximidad de la persona asociada a cada dispositivo, por lo que es necesario registrar tanto aquellas situaciones en las que la persona porta el dispositivo como aquellas otras en las que el dispositivo no se encuentra con la persona en cuestión. Otro aspecto importante es distinguir entre dispositivos/personas en movimiento o aquéllos en los que el dispositivo/persona se encuentra parado. Este tipo de información permite diferenciar cuando una persona/dispositivo está estático o en movimiento. La fiabilidad se consigue mediante la combinación de los módulos de movimiento 102 y sincronización 103, según lo explicado anteriormente. La tabla I diferencia 4 estados posibles, que son los que dan fiabilidad a cualquier recopilación de TH realizada con nuestro dispositivo 100. Esto no lo consigue ningún otro dispositivo existente.

Otro aspecto técnico importante de cara a la detección de un dispositivo por parte de otro es el radio de cobertura. Se considera que dos dispositivos están en contacto cuando se encuentran dentro de su radio de cobertura. El radio de cobertura del módulo de radio de los dispositivos delimita la distancia máxima a la que dos dispositivos pueden comunicarse. Un radio de cobertura demasiado grande hace que el número de detecciones aumente por dispositivo, considerando como vecinos a dispositivos que se encuentran a bastante distancia. Al mismo tiempo, un aumento de dispositivos dentro del radio de cobertura aumenta el nivel de interferencia, lo que redundará en retardos en la detección de los dispositivos y en la reducción del ancho de banda. Además, un radio de cobertura reducido filtra una gran parte de los dispositivos detectables, optimizando el tiempo de detección de dispositivos así como el ancho de banda disponible. En los dispositivos actuales, el radio de cobertura es dependiente de la tecnología de radio del dispositivo en cuestión y el administrador de la red puede hacer poco o nada para variarlo dinámicamente. Si los radios de cobertura son demasiado grandes, cada dispositivo tendrá un número de vecinos muy grande, lo que incrementará las interferencias y colisiones cuando se accede al medio radioeléctrico. Un radio de cobertura reducido permite además acotar geográficamente de manera más precisa cualquier dispositivo al que esté conectado, lo que ofrece la posibilidad de utilizar las TH como elemento útil para la localización/seguimiento de los dispositivos (previo procesamiento de las TH). El módulo de control de ganancia 105 permite reducir el radio de cobertura de manera dinámica según unas directrices establecidas por el administrador de la red. La manera de hacerlo es limitando la potencia de la señal de radio mediante un diodo PIN cuya polarización es controlada con el módulo de conectividad 104.

La elección del radio de cobertura es un parámetro dependiente de la naturaleza de la red en la que se quiere utilizar el dispositivo, pero en general la tendencia es utilizar tecnologías con radios de cobertura pequeños. De lo contrario, no habría manera de diferenciar de una manera sencilla qué dispositivos en contacto se encuentran realmente cercanos o no.

El dispositivo descrito anteriormente está diseñado principalmente para llevar a cabo dos funcionalidades: Por una parte, la recolección de conectividades entre dispositivos vecinos para la obtención de trazas humanas (TH) en MAN. Por otra parte, servir como plataforma de pruebas de protocolos de rutado en MAN.

La figura 5 muestra un ejemplo de MAN 500 formada por una pluralidad de dispositivos según la presente invención. En este ejemplo, la MAN 500 se despliega en una oficina. Los círculos grises muestran el radio de cobertura de los dispositivos 100 10051 10052 10053 10054 10055 10056 10057 portados por los individuos correspondientes, mientras que los círculos blancos muestran el radio de cobertura de los dispositivos 10061 10062 10063 10064 10065 10066 10067 que actúan como balizas. Ambos dispositivos (los portados por individuos y los que actúan como balizas fijas) son similares excepto en su configuración, que se explicará más adelante. La función de los dispositivos baliza 10061 10062 10063 10064 10065 10066 10067 es detectar lo más rápidamente posible cualquier dispositivo que entre en su radio de cobertura. Dado que son dispositivos estáticos, se utilizan como referencias para obtener las coordenadas de las trayectorias de los dispositivos móviles 10051 10052 10053 10054 10055 10056 10057. La manera de hacer esto es mediante algoritmos matemáticos que procesan las TH para obtener las trayectorias de los dispositivos móviles en forma de coordenadas x,y.

El procedimiento de recolección de datos de conectividad para generar trazas humanas (TH) es el siguiente:

Como se ha dicho, el protocolo Bluetooth tiene dos estados: "Inquiry" e "Inquiry Scan". Estos dos estados permiten que un dispositivo 100 que está escaneando la red (estado "Inquiry") detecte otros dispositivos 100 (que están en el estado "Inquiry Scan") en su radio de acción. La frecuencia con la que un dispositivo 100 entra en el estado "Inquiry" determina la granularidad del estudio. Las transiciones entre estados son periódicas: "inquiry"-"inquiry scan"-"inquiry"-"inquiry scan"... y así sucesivamente. La duración del estado "inquiry" es fija y la del "inquiry scan" es variable de 0,5 s a 1,28 s de manera aleatoria, como se explica más abajo. El proceso de alternancia no es parte de la invención, sino que lo da la tecnología. Como se ha dicho anteriormente, los dispositivos 100 10051 10052 10053 10054 10055 10056 10057 10061 10062 10063 10064 10065 10066 10067 de la invención permiten una granularidad mucho mayor que la de los dispositivos utilizados anteriormente. Como un resultado, uno de los principales puntos débiles de los estudios realizados hasta la fecha se ve resuelto: el problema de que dos dispositivos se encuentren cada uno dentro del radio de acción del otro pero no se detecten entre sí. La especificación Bluetooth versión 2.0 ofrece un tiempo de "Inquiry" mínimo de 1,28 s, que es teóricamente suficiente para descubrir el 99% de los dispositivos dentro del radio de cobertura. Dos dispositivos que se encuentren simultáneamente en el estado "Inquiry" no se detectan, por lo que los dispositivos deben alternar el estado "Inquiry" e "Inquiry Scan" sucesivamente, de manera que se llegue a un compromiso entre la probabilidad de descubrimiento (un dispositivo en estado "Inquiry" y el otro en "Inquiry Scan") y la de colisión (ambos en el mismo estado).

Los dispositivos tienen una doble funcionalidad según sean dispositivos asociados a individuos 10051 10052 10053 10054 10055 10056 10057 o dispositivos baliza 10061 10062 10063 10064 10065 10066 10067. Su hardware es el mismo pero su configuración software es diferente:

Los dispositivos que se configuran como móviles o portátiles 10051 10052 10053 10054 10055 10056 10057 alternan un estado "Inquiry" de duración 1,28s con un estado "Inquiry Scan" de duración variable y así sucesivamente. La duración del "Inquiry Scan" varía desde 0,5 s hasta 1,28 s según una distribución uniforme pseudo-aleatoria, que evita que dos dispositivos no se detecten porque sus estados estén sincronizados.

Los dispositivos configurados como dispositivos estáticos (balizas) 10061 10062 10063 10064 10065 10066 10067

únicamente constan de estado "Inquiry" que repiten cada 1,28 s, lo que asegura el mínimo tiempo de detección de dispositivos en las inmediaciones. Como se ha dicho anteriormente, el estado "Inquiry" dobla el consumo del estado "Inquiry Scan". Sin embargo, esto no es un problema en los dispositivos estáticos 10061 10062 10063 10064 10065 10066 1067, ya que se encuentran conectados al suministro principal. Se ha estimado que el tiempo medio para detectar dos dispositivos que se encuentran dentro de su radio de acción y sin ningún otro dispositivo en las inmediaciones es de unos 2 s. Por lo tanto, en esas condiciones y en el peor de los casos, sólo aquellos contactos de duración menor que 2 s podrían no detectarse. Como puede observarse, esto mejora considerablemente los resultados de los experimentos del MIT y del Proyecto Haggie (granularidad dos órdenes de magnitud mayor que estos dos experimentos).

Al final de cada jornada de recolección de conectividades, todos los dispositivos 100 10051 10052 10053 10054 10055 10056 10057 10061 10062 10063 10064 10065 10066 1067 se conectan a PCs vía USB, de tal manera que los datos de conectividad almacenados en las memorias FRAM se transfieren desde estos PCs a un Centro de Control (CC), no ilustrado en las figuras. Tras esta transferencia, cada dispositivo 100 10051 10052 10053 10054 10055 10056 10057 10061 10062 10063 10064 10065 10066 1067 borra por completo su FRAM para dejarla lista para la siguiente jornada de recolección de datos. La conexión USB se utiliza además para recargar las baterías de los dispositivos. Todo el proceso comienza de nuevo cuando los individuos vuelvan a portar los dispositivos 100.

La fase de recopilación de conectividades es un procedimiento redundante, ya que cuando dos dispositivos se detectan, independientemente de quién sea el que esté en el estado "Inquiry" o "Inquiry Scan", el evento queda registrado en ambos dispositivos, lo que se utiliza como una medida de seguridad en el Centro de Control, por si alguno de los dispositivos no pudiera registrar esa información de manera adecuada.

Un registro de conectividad entre dos dispositivos tiene al menos los siguientes campos:

-La dirección Bluetooth del dispositivo que se ha descubierto.

-Hora de entrada: es el instante en el que el dispositivo es descubierto.

-Hora de salida: es el instante en el que el dispositivo previamente descubierto deja de estar dentro del radio de acción.

-Bit de movimiento: "1" si el módulo de movimiento 102 registra que el dispositivo esta en movimiento, ó "0" en caso contrario.

-Bit de inclinación: "1" si el módulo de inclinación 101 registra que el dispositivo está en posición vertical, ó "0" en caso contrario.

Cuando dos dispositivos están en contacto durante más de 2 intervalos de "Inquiry" consecutivos, sólo se registran el primer "Inquiry" (hora de entrada) y el último (hora de salida).

El Centro de Control (CC) es el encargado de procesar todos los datos de conectividad obtenidos a lo largo de tiempo y de los que se obtienen las TH.

En cuanto a la aplicación de los dispositivos de la invención como plataforma de pruebas de protocolos de rutado de redes ad hoc móviles (MAN), el módulo de conectividad 104 del dispositivo 100 tiene la funcionalidad de soportar código que funcione sobre la pila de protocolos Bluetooth, por lo que cualquier protocolo de rutado puede instalarse y hacerse funcionar en el dispositivo 100. Por lo tanto, una red como la descrita en el apartado anterior, formada por dispositivos portados por personas 10051 10052 10053 10054 10055 10056 10057 y otros actuando como balizas 10061 10062 10063 10064 10065 10066 1067, conforman una plataforma de pruebas idónea para comprobar y refinar los protocolos de rutado previamente desarrollados en simuladores.

En resumen, la combinación de los módulos del dispositivo de la invención soluciona los diversos problemas derivados de los dispositivos convencionales y consigue cumplir los requerimientos necesarios de granularidad y fiabilidad.

A la vista de esta descripción y juego de figuras, el experto en la materia podrá entender que la invención ha sido descrita según algunas realizaciones preferentes de la misma, pero que múltiples variaciones pueden ser introducidas en dichas realizaciones preferentes, sin salir del objeto de la invención tal y como ha sido reivindicada.

REIVINDICACIONES

5 1.- Dispositivo (100) diseñado para usarse en una red ad hoc móvil (500) formada por una pluralidad de dispositivos portátiles (100, 10051, 10052, 10053, 10054, 10055, 10056, 10057), y configurado para la detección de dichos dispositivos portátiles (10051, 10052, 10053, 10054, 10055, 10056, 10057) y para detectarse por dichos dispositivos portátiles (10051, 10052, 10053, 10054, 10055, 10056, 10057) que forman dicha red (500), que comprende:

- un módulo de conectividad (104), que a su vez comprende:

- un módulo de radiofrecuencia basado en tecnología Bluetooth (1041) que comprende un microprocesador y
- 10 - una memoria (1042) configurada para almacenar datos de conectividad relativos a la detección, por parte de dicho dispositivo (100), de otros dispositivos portátiles similares (10051, 10052, 10053, 10054, 10055, 10056, 10057) comprendidos en dicha red ad hoc móvil; (500), comprendiendo también cada uno de dichos otros dispositivos portátiles (10051, 10052, 10053, 10054, 10055, 10056, 10057) un módulo de conectividad que comprende a su vez un módulo de radiofrecuencia
- 15 basado en tecnología Bluetooth;

- una antena de transmisión/recepción (107);

caracterizado porque dicho dispositivo (100) comprende:

20 - un módulo de movimiento (102) que comprende un interruptor (1021) configurado para detectar la presencia o ausencia de movimiento del dispositivo (100), donde dicho módulo de movimiento (102) está conectado a una entrada de datos (I/O6) de dicho módulo de conectividad (104) para proporcionar dicho módulo de conectividad (104) con dicha información sobre la presencia o ausencia de movimiento del dispositivo (100);

25 - un módulo de inclinación (101) que comprende al menos dos detectores de inclinación (1011, 1012) configurados para detectar la posición relativa de dicho dispositivo (100), en el que dicho módulo de inclinación (101) se conecta a dicho módulo de conectividad (104) para proporcionar dicho módulo de conectividad (104) con dicha información sobre la posición relativa de dicho dispositivo (100);

30 en el que dicho módulo de conectividad (104) se configura para transmitir a través de dicha antena de transmisión/recepción (107) la combinación de dicha información obtenida del módulo de movimiento (102) y del módulo de inclinación (101) en un modo tal que el módulo de conectividad de al menos uno de esos dispositivos (10051, 10052, 10053, 10054, 10055, 10056, 10057) comprendido en dicha red ad hoc móvil (500) puede recibir y detectar dicha combinación de información del dispositivo (100), en un modo tal que dicho al menos un dispositivo (10051, 10052, 10053, 10054, 10055, 10056, 10057) que recibe y detecta dicha capacidad de información es capaz de discriminar si dicho dispositivo detectado (100) está siendo portado por un individuo o no.

35 2.- El dispositivo según la reivindicación 1, en el que dicha combinación de la información obtenida por el módulo de movimiento (102) y por el de inclinación (101) permite diferenciar las siguientes situaciones: cuando el módulo de inclinación (101) y el módulo de movimiento (102) están en un estado ON, se decide que un individuo está en movimiento y lleva consigo un dispositivo; cuando el módulo de inclinación (101) está en un estado ON y el módulo de movimiento (102) está en un estado OFF, se decide que un individuo está en reposo y lleva consigo un dispositivo; cuando el módulo de inclinación (101) y el módulo de movimiento (102) están en un estado OFF, se decide que un dispositivo no está siendo portado por ningún individuo, estando dicho dispositivo en reposo.

40 3.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que dicha memoria (1042) es una memoria FRAM.

45 4.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un módulo de sincronización (103) que comprende un receptor DCF77 (1031), configurado para que dicho dispositivo (100) comparta la misma referencia temporal que el resto de dispositivos (10051, 10052, 10053, 10054, 10055, 10056, 10057) comprendidos en la red (500) en que esté siendo usado, aumentando la fiabilidad de la muestras obtenidas y permitiendo conseguir una granularidad en la toma de muestras para detectar la presencia de otros dispositivos menor que un cierto umbral.

50 5.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un módulo de control de ganancia (105) configurado para regular la potencia de la señal de radio emitida a través de dicha antena de transmisión/recepción (107), en el que dicho módulo de control de ganancia (105) está conectado a dicho módulo de conectividad (104), de forma que dicho dispositivo (100) es capaz de controlar su radio de cobertura a través de dicho módulo de control de ganancia (105).

6.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un módulo de energía

(106) que comprende una batería (1061).

- 5 7.- Dispositivo según la reivindicación 6, en el que dicho módulo de energía (106) comprende además un puerto USB (1062) a través del cual dicha batería (1061) puede ser recargada y a través del cual dichos datos de conectividad almacenados en dicha memoria pueden ser descargados de dicha memoria.
8. Una red ad hoc móvil (500) que comprende una pluralidad de dispositivos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, configurados como dispositivos portátiles (10051, 10052, 10053, 10054, 10055, 10056, 10057).
- 10 9. La red ad hoc móvil (500) según la reivindicación 8, que comprende además al menos un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 configurado como dispositivo baliza (10061, 10062, 10063, 10064, 10065, 10066, 10067).
10. El uso de un dispositivo (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 para la recolección de datos de conectividad en una red ad hoc móvil (500) que comprende una pluralidad de dispositivos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7.
- 15 11. Uso de un dispositivo (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 como plataforma de pruebas de protocolos de rutado de una red ad hoc móvil que comprende una pluralidad de dispositivos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7.

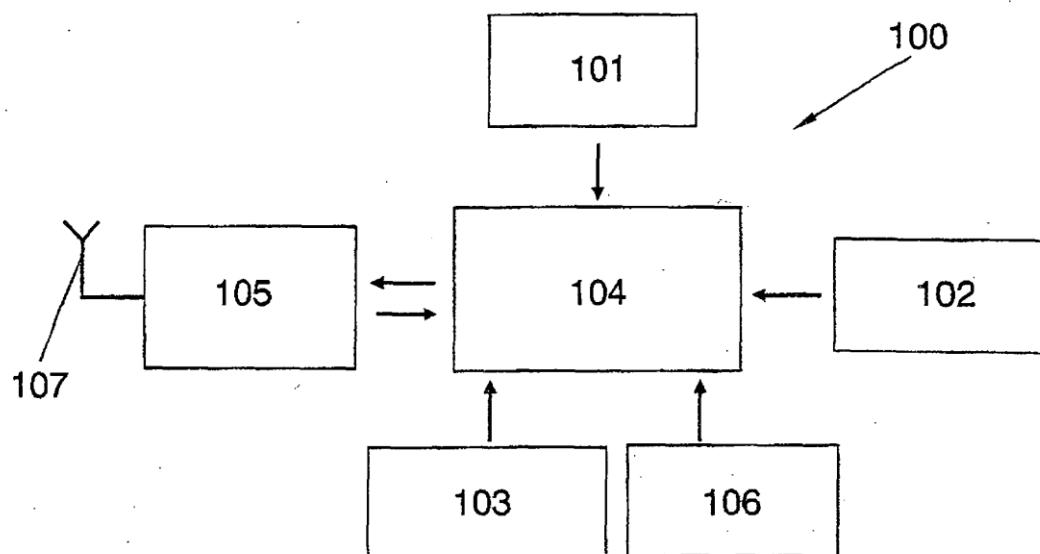


FIG. 1



FIG. 2



FIG. 3A

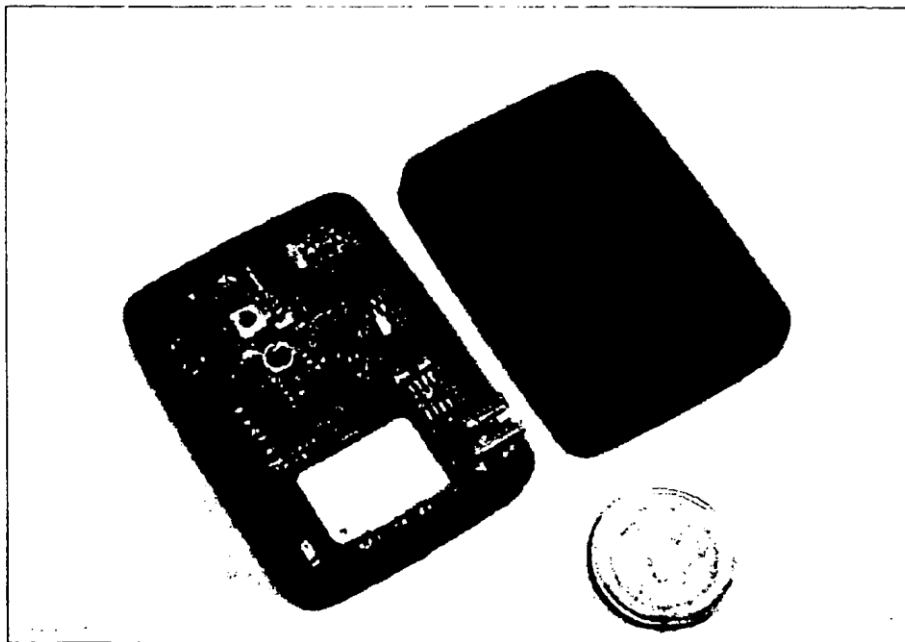


FIG. 3B

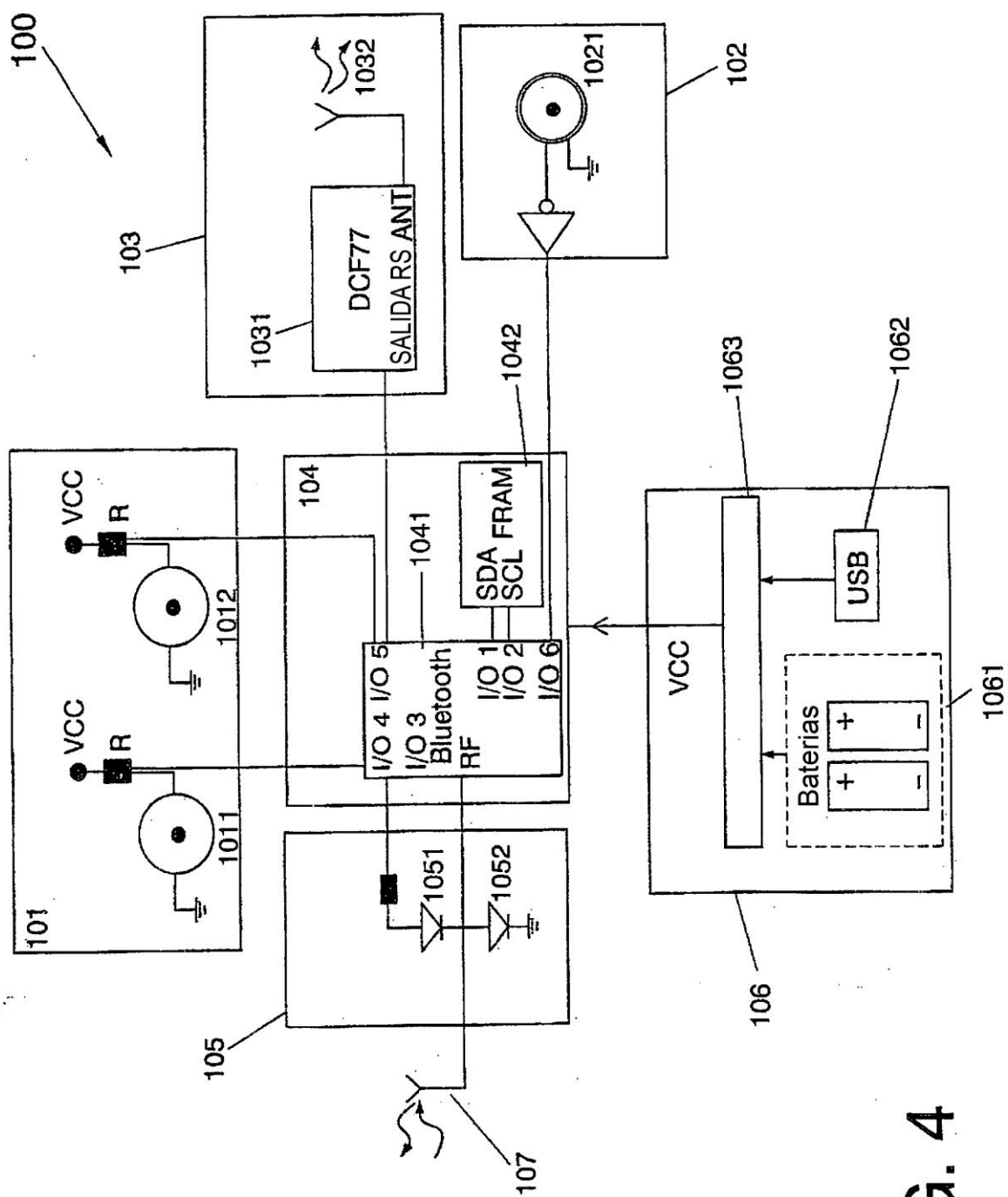


FIG. 4

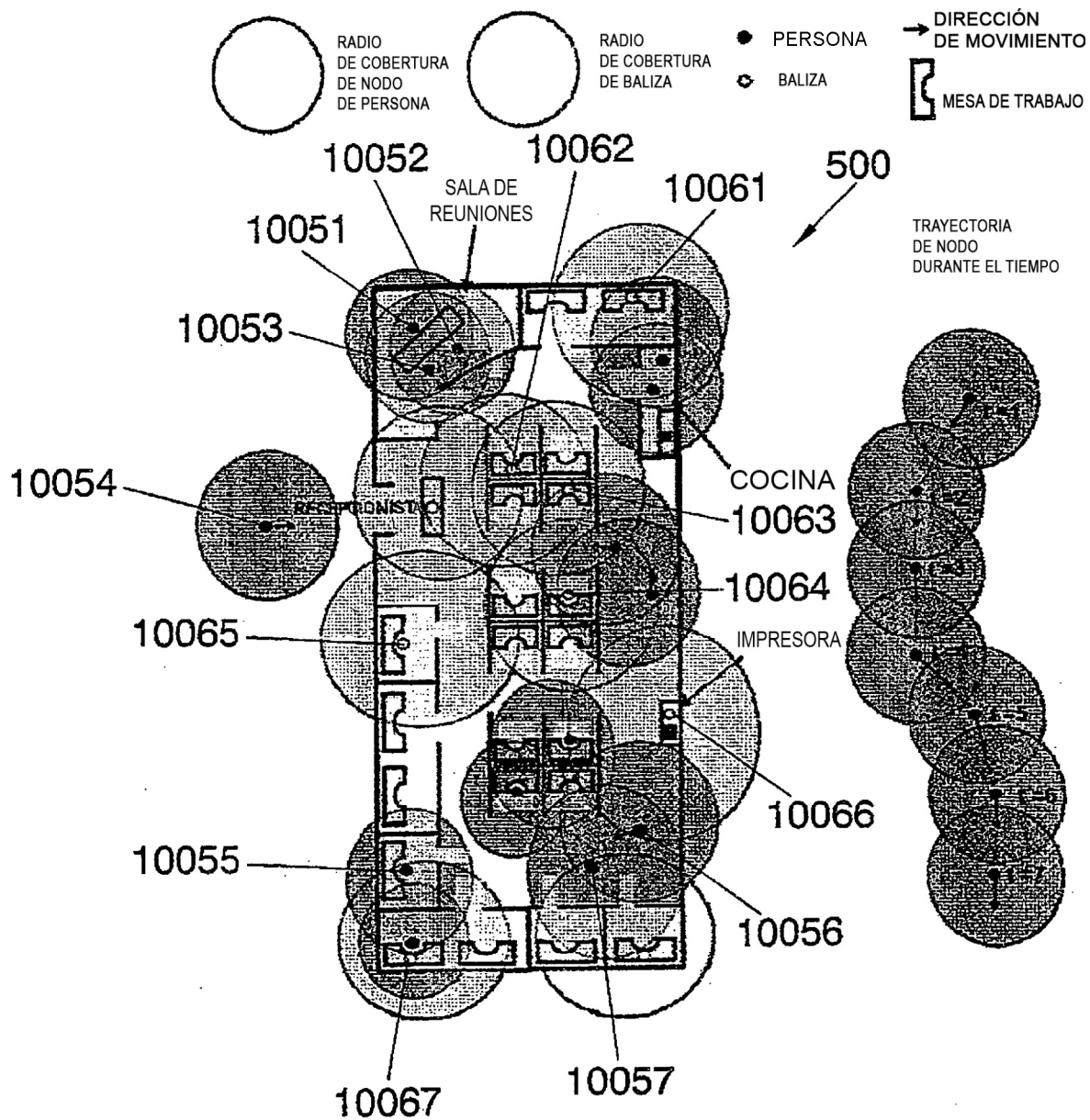


FIG. 5