



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 323 992**

② Número de solicitud: 200601452

⑤ Int. Cl.:
H04W 88/10 (2009.01)
H04W 88/12 (2009.01)
H04W 84/20 (2009.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **31.05.2006**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **28.07.2009**

Fecha de la concesión: **30.04.2010**

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **13.05.2010**

⑯ Fecha de publicación del folleto de la patente:
13.05.2010

⑰ Titular/es: **Universidad de Alcalá
Plaza de San Diego, s/n
28801 Alcalá de Henares, Madrid, ES**

⑱ Inventor/es: **Moreno Blázquez, Ángel;
Carbajo Martín, Melquiades y
Rodríguez Moreno, María Dolores**

⑳ Agente: **No consta**

㉔ Título: **Punto de acceso inalámbrico multiusuario para *piconet* extendida.**

㉕ Resumen:

Punto de acceso inalámbrico multiusuario para *piconet* extendida.

Según el estándar Bluetooth, una *piconet* consta de un dispositivo maestro y hasta 7 dispositivos esclavos.

La presente invención extiende este concepto para conseguir que un dispositivo maestro gestione un número elevado de esclavos en una misma *piconet*.

La invención está formada por dos controladores de banda base Bluetooth, conectados a sendos circuitos Bluetooth radio e interconectados entre sí y a un microcontrolador, el cual gestiona todo el sistema, de forma que uno de los controladores se encuentra permanentemente descubriendo otros dispositivos y el otro establece la conexión con los dispositivos descubiertos y realiza las tareas de comunicación con dichos dispositivos.

La invención contiene, además, un método de operación que permite obtener un rendimiento óptimo del punto de acceso, mejorando los procedimientos de incorporación de dispositivos esclavos, gestión de acceso al medio y abandono de la *piconet*.

ES 2 323 992 B1

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

ES 2 323 992 B1

DESCRIPCIÓN

Punto de acceso inalámbrico multiusuario para *piconet* extendida.

5 Sector de la técnica

La invención se enmarca en el ámbito de las redes de área personal (PAN, Personal Area Networks), en entornos multiusuario, que utilizan tecnología inalámbrica en la banda libre ISM y, más concretamente, el estándar Bluetooth. La invención extiende el concepto de *piconet* (que en el estándar Bluetooth permite hasta 7 dispositivos esclavos y un maestro) para la inclusión de un gran número de terminales esclavos, el cuál depende en cada momento de las condiciones del entorno y que alcanza un límite tecnológico por encima de los 200 usuarios por *piconet*.

Estado de la técnica

La especificación IEEE 802.15 (Bluetooth) se ha convertido en el estándar de comunicaciones inalámbricas de voz y datos seguido por multitud de fabricantes (más de 2000 empresas se han adherido al mismo hasta el momento), existiendo un gran interés en su desarrollo. Bluetooth opera en la parte libre del espectro electromagnético, concretamente en la banda de 2,4 GHz, denominada ISM (Industrial, Scientific and Medical - Industrial, científica y médica). Proporciona un enlace inalámbrico de corto alcance (entre 10 y 100 m), una velocidad de hasta 1 Mbps y un consumo suficientemente bajo como para que sea posible su utilización en dispositivos electrónicos portátiles como teléfonos móviles y PDA (Personal Digital Assistant, Asistente personal digital), en el entorno de las denominadas Redes de área personal inalámbricas (WPAN, Wireless Personal Area Networks). Las redes de área local inalámbricas (WLAN, Wireless Local Area Networks) suelen operar a mayor velocidad, de 10 a 100 Mbps, con un alcance mayor y, por tanto, mayor consumo. Es corriente su utilización para conectar ordenadores portátiles a unared cableada a través de un punto de acceso (AP, Access Point). Uno de los estándares más conocidos es WiFi (802.11).

El Bluetooth SIG (Special Interest Group, Grupo de interés especial) es una asociación formada por empresas de reconocido prestigio en campos como las telecomunicaciones, informática, automoción o automatización industrial que promueven el desarrollo de la tecnología Bluetooth e impulsan su comercialización. Se fundó en septiembre de 1998, siendo sus promotores Agere, Ericsson, IBM, Intel, Microsoft, Motorola, Nokia y Toshiba, a los que se han sumado progresivamente como miembros multitud de empresas asociadas y colaboradoras. En noviembre de 2004 han publicado la versión 2.0 del estándar.

Bluetooth surgió inicialmente para sustituir conexiones cableadas de corto alcance, como la existente entre un ordenador y una impresora o entre los auriculares y un terminal de telefonía móvil cuando se utiliza como manos libres. Actualmente se puede utilizar para crear redes ad-hoc de hasta ocho dispositivos, uno de los cuales asume el papel de maestro y los demás (hasta siete) el de esclavos. Cada una de estas redes se denomina *piconet* y un mismo dispositivo puede pertenecer simultáneamente a varias *piconet*, permitiendo la interconexión entre ellas, formando lo que se denomina una *scatternet*. Un mismo dispositivo puede ser esclavo en varias *piconet*, pero nunca maestro en más de una de ellas. Un dispositivo que pertenece a varias *piconet* solamente puede enviar o recibir datos en una de ellas en un momento determinado.

Un sistema Bluetooth está compuesto por una unidad radio, una unidad de control del enlace y una unidad de soporte para la gestión del enlace y la interfaz con las aplicaciones de usuario. Dicho sistema proporciona una conexión punto a punto o punto a multipunto. Se trata de una transmisión full-duplex que utiliza técnicas de división en el tiempo, asignando ranuras de 625 microsegundos de duración que se numeran consecutivamente, correspondiendo las de numeración par a la comunicación maestro- esclavo y las impares a la comunicación esclavo-maestro. Nunca existe comunicación directa entre dos esclavos.

El transceptor Bluetooth es un sistema radio de espectro ensanchado que utiliza la técnica de salto en frecuencia sobre 79 canales, cada uno con un ancho de banda de 1 Mhz. Los saltos se producen a una velocidad de 1.600 saltos por segundo, con un patrón pseudoaleatorio que recorre los 79 canales, permaneciendo el tiempo correspondiente a una ranura (625 microsegundos) en cada canal.

La conexión entre dos dispositivos Bluetooth se inicia cuando uno de ellos envía un mensaje de solicitud de conexión (INQUIRY) para descubrir a otros dispositivos que se encuentren activos en las inmediaciones. Cualquier dispositivo que se encuentre en estado de escucha (INQUIRY SCAN) reconocerá el mensaje y podrá responder con un mensaje de sincronización (INQUIRY RESPONSE) con la información necesaria para establecer la comunicación. Dicha información incluye el valor del reloj del dispositivo y su código de acceso, una dirección única de 48 bits (IEEE 802) asignada por el fabricante, denominada BD_ADDR. Además, el dispositivo maestro de la *piconet* le asigna de forma dinámica una dirección local como miembro activo, de 3 bits, denominada AM_ADDR y que es única en el ámbito de la *piconet*. Cada uno de los dispositivos Bluetooth que participan en una comunicación sincronizan los intercambios de datos con otros dispositivos utilizando su propio reloj interno. El dispositivo maestro utiliza su reloj interno para controlar la sincronización de la *piconet*. Los dispositivos esclavos sincronizan con el reloj del maestro añadiendo un valor de offset a su propio reloj interno.

El dispositivo Bluetooth que inició la comunicación puede quedar a la espera de recibir mensajes INQUIRY RESPONSE y así recopilar la información de BD_ADDR y valor del reloj interno de otros dispositivos Bluetooth

en las inmediaciones. Una vez conocidos estos datos, puede enviar un mensaje PAGE para establecer una comunicación con uno de ellos, incluyendo en dicho mensaje el Código de acceso de dispositivo (DAC, Device Access Code) del dispositivo con el que se desea establecer la comunicación. Si dicho dispositivo se encuentra en modo PAGE SCAN, responderá con un mensaje idéntico y recibirá un mensaje de Sincronización de la frecuencia de salto (FHS, Frequency Hop Synchronization) del dispositivo maestro, con la información necesaria para establecer la comunicación. En cuanto el dispositivo esclavo confirma su recepción ambos dispositivos pasan al estado de conexión.

Los procedimientos de INQUIRY y PAGE se encuentran muy bien definidos en la versión más reciente del estándar y constituyen las herramientas necesarias para formar una *piconet* nueva o para añadir un esclavo a una existente. Sin embargo, no existe ninguna regla o procedimiento sobre su utilización. Una vez descubiertos los dispositivos que se encuentran en las inmediaciones no es posible determinar cual es la secuencia de conexiones óptima a seguir para formar la *piconet* más adecuada de una forma eficiente. Las *piconets* se forman de manera más o menos aleatoria, lo que lleva a estructuras generalmente poco óptimas.

Durante el proceso de comunicación, el dispositivo maestro transmite en las ranuras pares y el esclavo seleccionado responde en las impares. Esta relación no puede mantenerse si el dispositivo maestro tiene que enviar mensajes INQUIRY para detectar la presencia de nuevos esclavos potenciales, comprometiéndose de forma significativa la velocidad efectiva de transferencia de datos en la *piconet*. De igual forma, un dispositivo maestro puede responder a un mensaje INQUIRY de otro dispositivo, pasando a formar parte como esclavo de una segunda *piconet* y dividiendo su capacidad de comunicación y ancho de banda entre los dos dominios de los que forma parte.

Sería, por tanto, deseable disponer de un mecanismo que permitiera mejorar el funcionamiento de un dispositivo maestro para poder optimizar la utilización tanto de las ranuras de tiempo dedicadas a descubrimiento de nuevos dispositivos como aquellas destinadas a la comunicación de datos entre dispositivos Bluetooth.

Para ello, la presente invención presenta un novedoso diseño para un punto de acceso operando como maestro y un método de operación de dicho punto de acceso que permite dividir las tareas de descubrimiento de dispositivos y comunicación entre ellos, utilizando para dicho cometido dos controladores de banda base Bluetooth gestionados por un microcontrolador e interconectados entre sí y con dicho microcontrolador de tal forma que se comportan ante el resto de dispositivos del sistema de comunicaciones como si de un único controlador de banda base Bluetooth se tratara. Con ello se logra su adecuación total al estándar Bluetooth y su compatibilidad con cualquier dispositivo Bluetooth existente.

Explicación de la invención

A continuación se describe el dispositivo objeto de la invención, cuya aportación principal es mejorar en dos aspectos fundamentales las características y prestaciones de una red de acceso inalámbrico basada en tecnología Bluetooth. Los dos aspectos que se mejoran son:

- Reducción en varios órdenes de magnitud del tiempo de acceso a la red de datos de un dispositivo móvil que se incorpora a la zona de cobertura del punto de acceso.
- Ampliación considerable (hasta 30 veces más) del número de usuarios que pueden tener acceso simultáneo a dicho punto de acceso.

El dispositivo objeto de la invención es un punto de acceso a redes inalámbricas de tecnología Bluetooth que permite a un sistema informático actuar como maestro de una *piconet*, de tal manera que acelera considerablemente la velocidad de las incorporaciones de esclavos a su *piconet* y al mismo tiempo aumenta enormemente el número de éstos que pueden acceder simultáneamente.

Este punto de acceso se comporta a todos los efectos, e independientemente de su arquitectura interna, como si se tratara de un controlador Bluetooth estándar que asume el papel de maestro de una *piconet*. Cualquier otro dispositivo Bluetooth que se encuentre en las inmediaciones podrá comunicarse con él de la misma forma que lo haría con un dispositivo Bluetooth estándar.

Internamente, sin embargo, dispone de los elementos que se describen a continuación:

- a) Un controlador de banda base Bluetooth (1) (al que denominaremos BT-1), conforme a las especificaciones V1.2 y V2.0, en forma de circuito integrado (chip) configurado para funcionar de manera continua en modo MASTER INQUIRY (Bluetooth specification V2.0 Volumen 2 Parte B. Capítulo 8)
- b) Un controlador de banda base Bluetooth (2) (al que denominaremos BT-2), conforme a las especificaciones V1.2 y V2.0, en forma de circuito integrado (chip) configurado para funcionar alternativa y secuencialmente en modo PAGE y CONNECTION (Bluetooth specification V2.0 Volumen 2 Parte B. Capítulo 8)

ES 2 323 992 B1

- c) Dos circuitos integrados Bluetooth radio (3, 4) (conforme a la especificación Bluetooth V2.0 Volumen 2 Parte A) operando según las especificaciones de clase 2, conectados independientemente a los elementos a) y b) anteriores respectivamente a través de una interfaz conforme con la especificación Blue RF del Bluetooth Working Group y conectados a sendas antenas (8, 9) para transmisión y recepción.
- d) Un puerto de comunicaciones conforme a la especificación USB (5) para conexión con un sistema informático.
- e) Un circuito integrado microcontrolador (6) conectado a los elementos a), b) y d) mediante un bus de comunicaciones (7) industrial estándar (SPI; UART, I2C, GPIO o USB) y encargado de ejecutar un procedimiento de control de todo el sistema para permitir la comunicación final de la aplicación ejecutada en el sistema informático con las aplicaciones ejecutadas en los potenciales dispositivos Bluetooth accesibles en la *piconet*.

El bus de comunicaciones es el encargado de que se encuentren totalmente interconectados los dos controladores de banda base (BT-1 y BT-2) y éstos con el microcontrolador. Es dicho microcontrolador el que enviará la información necesaria a BT-1 y BT-2 para que sus relojes internos se encuentren perfectamente sincronizados y para que utilicen la misma identificación de dispositivo en los mensajes enviados por medio de sus respectivos circuitos integrados Bluetooth radio. De esta forma, a un dispositivo Bluetooth que se encuentre en las inmediaciones y detecte un mensaje inalámbrico emitido por el punto de acceso le será imposible distinguir si el mensaje proviene de BT-1 o de BT-2 y no podrá siquiera apreciar que los mensajes provienen de dos dispositivos diferentes. Así pues, el punto de acceso se comporta, de cara al exterior, como si de un único dispositivo Bluetooth se tratase.

El microcontrolador se encarga, además, de que BT-1 y BT-2 se comporten según el procedimiento de operación correcto. De este modo, ejecuta las instrucciones necesarias para que BT-1 se encuentre permanentemente en modo MASTER INQUIRY y para que BT-2 funcione alternativamente en modo PAGE y CONNECTION. La comunicación del microcontrolador con BT-1 y BT-2 se realiza mediante una interfaz HCI según la especificación Bluetooth para que el primero de ellos se dedique a las labores de descubrimiento de otros dispositivos Bluetooth mientras que el otro gestiona el establecimiento y liberación de conexiones de los dispositivos incluidos en la *piconet*.

Mediante este novedoso mecanismo de dividir las tareas de incorporación de esclavos a una *piconet* y de comunicación maestro-esclavo se consigue agilizar los procedimientos de incorporación de dispositivos esclavos, sin que ello interrumpa el intercambio de información en el seno de la *piconet*, ya que las secuencias de frecuencias empleadas para ambos cometidos son diferentes. Gracias a ello es posible aumentar significativamente el número de dispositivos esclavos simultáneamente incorporados a una *piconet* y reducir de forma sustancial el tiempo de acceso a la red de datos de un dispositivo esclavo incorporado a la zona de cobertura del punto de acceso multiusuario.

Por último, el microcontrolador se encargará de comunicar los controladores Bluetooth con un sistema informático a través del puerto USB que incorpora el punto de acceso multiusuario.

En cuanto al método de funcionamiento del punto de acceso multiusuario para *piconet* extendida, podemos considerar tres tipos de procedimientos principales: el correspondiente a la incorporación de dispositivos esclavos a la *piconet* extendida, el encargado de la gestión de acceso al medio compartido y el procedimiento de abandono de la red por parte de los dispositivos esclavos.

1. Procedimiento de incorporación de dispositivos esclavos a la *piconet* extendida

El controlador de banda base Bluetooth BT-1 se mantiene constantemente en el estado de INQUIRY, de tal manera que envía paquetes ID en las ranuras de transmisión utilizando la secuencia de saltos de frecuencia definida para tal procedimiento (Bluetooth Specification Version 2.0, Volumen 2, parte B, sección 2.6). En estas transmisiones el código de acceso empleado es el General Inquiry Acces Code (GIAC) y la secuencia de saltos de frecuencia se deriva del propio GIAC y del reloj del controlador Bluetooth.

BT-1 escucha en las ranuras de tiempo de recepción los posibles paquetes FHS enviados por los esclavos que se encuentren en estado INQUIRY SCAN, e informa al microcontrolador de los resultados recibidos mediante un INQUIRY RESULT EVENT (Bluetooth Specification Version 2.0, Volumen 2, parte E, sección 7.7.2), extrayendo fundamentalmente la información de la dirección BD_ADDR y el *offset* del reloj del esclavo. A continuación el controlador BT-1 seguirá con el mismo proceso de descubrimiento en estado INQUIRY.

Con la información proporcionada por BT-1, el microcontrolador solicita al controlador de banda base Bluetooth BT-2 que establezca una conexión con dicho esclavo, pasando BT-2 al estado de PAGE y dejando en suspenso su actividad habitual, que será la transmisión de los datos de la aplicación final entre los dispositivos de la *piconet*.

A continuación, BT-2 y el esclavo detectado llevan a cabo el procedimiento de establecimiento de comunicación definido en la especificación Bluetooth (Bluetooth Specification Version 2.0, Volumen 2, parte B, sección 8.3). BT-2 envía un mensaje de PAGE, mediante un paquete ID utilizando el salto de secuencia definido para PAGE (Bluetooth Specification Version 2.0, Volumen 2, parte B, sección 2.6.4.2) con la estimación del reloj del esclavo facilitada por el microcontrolador y utilizando el control de acceso (CAC) derivado del BD_ADDR del esclavo.

ES 2 323 992 B1

El esclavo contestará con un paquete ID que hace que el controlador BT-2 pase a estado MASTER RESPONSE, en el que enviará al esclavo un paquete FHS que a su vez, entre otras cosas, determina la dirección LT_ADDR que identificará al enlace de transporte que se utilizará en el estado de CONNECTION. Por su parte, el esclavo asentirá con un paquete ID.

A partir de este punto ambos dispositivos entran en estado CONNECTION, utilizando la secuencia de salto de frecuencia de canal básico derivada del BD_ADDR y del reloj del maestro (Bluetooth Specification Version 2.0, Volumen 2, parte B, sección 2.6.4.7) y el código de acceso (CAC) propio del canal que es derivado de la dirección BD_ADDR del maestro.

Llegado este punto, un envío de un paquete POLL por parte del maestro y cualquier respuesta por el esclavo cerrarán el ciclo de establecimiento de conexión entre ambos. A partir de dicho momento BT-2 comunicará al microcontrolador un evento de conexión completa y éste se encargará de almacenar los datos de la conexión establecida.

El microcontrolador se encargará inmediatamente de identificar la conexión establecida con el nuevo usuario esclavo y de enviarle una orden de PARKED, utilizando para ello a BT-2. A continuación, el microcontrolador comunicará, al driver del sistema informático al que está conectado, la información correspondiente al nuevo usuario y la disponibilidad de un servicio no orientado a conexión para transmisión de datos.

2. Procedimiento de gestión de acceso al medio compartido

El microcontrolador del punto de acceso se encargará, además, de ejecutar una capa de protocolos para el control de acceso al medio compartido, cuya funcionalidad consiste en organizar los accesos al medio de transmisión compartido para más usuarios de funcionamiento simultáneo de los que especifica la norma Bluetooth, constituyendo una *piconet* extendida.

Para ello, se dispondrán todos los esclavos de la *piconet* en estado PARKED inmediatamente después de que se establezca conexión con ellos mediante un comando *HCI_Park_State* dirigido al esclavo recién conectado a través del controlador BT-2. Posteriormente, la actividad del controlador BT-2 se desarrollará de la siguiente forma:

El controlador BT-2 establece un ciclo de refresco de los esclavos aparcados en el que el tiempo entre los instantes beacon (TB) se reparte entre un tiempo de transmisión de tramas beacon (Daccess) pequeño y un tiempo de ventanas de acceso (Taccess) suficiente para escuchar las solicitudes de cada esclavo (1 ranura de 625 μ sg. por cada esclavo). Al terminar la ventana de acceso se pueden conocer todas las solicitudes existentes que se leerían a continuación mediante el mecanismo de desaparecer, leer y aparcar, que ocuparía 5 msg por esclavo interrogado.

Este mecanismo se comporta de forma óptima en entornos donde hay muchos esclavos que generan poco tráfico.

Existe un modo de operación alternativo, más eficiente cuando existen pocos esclavos que generan mucho tráfico de datos:

El controlador BT-2 establece un ciclo de ranuras *beacon* en el que, por cada trama *beacon*, se desaparece, se interroga y aparca de nuevo a cada uno de los esclavos. Se calculan 8 ranuras básicas Bluetooth (5 msg. en total) necesarias por cada esclavo para una capacidad de lectura de mensajes de hasta 123 caracteres con protección FEC frente a errores (paquetes DM-3) o de 185 sin protección (paquetes DH3).

La decisión de utilizar uno u otro protocolo en una misma sesión la toma una entidad software de esta misma capa de gestión de acceso para adaptación de tecnología Bluetooth y se comunica a los esclavos mediante paquetes *LMP_set_broadcast_scan_window* y *LMP_modify_beacon* transmitidos a través del enlace lógico *PSB-C*.

La fiabilidad y protección frente a errores que se utiliza es la ofrecida por el protocolo de transporte Bluetooth.

3. Procedimiento de abandono de la red

El procedimiento de detección del abandono de un usuario de la red consiste en que microcontrolador central revisa en su tabla de identificación de esclavos aquellos que han superado un tiempo configurable suficientemente amplio sin actividad (del orden de minutos) y ordena al controlador BT2 que desaparcue e interroge al terminal esclavo poco activo. Si no hay respuesta, el BT-2 lo comunica al microcontrolador que lo eliminará de su tabla de conexiones y a su vez lo comunicará al driver del sistema informático al que está conectado. Como ya se ha comentado, este mecanismo se comporta de forma óptima en entornos donde hay muchos esclavos que generan poco tráfico.

Para el modo de operación alternativo, es decir, para el caso de que existan pocos esclavos que generan mucho tráfico de datos, existe también un procedimiento alternativo de abandono de la red que será más eficiente, y que consiste en que el microcontrolador tomará en cuenta la falta de respuesta por parte de un terminal en un número sucesivo de veces, mediante un contador asociado a cada terminal con el número de veces que no ha respondido en el procedimiento de interrogación para tráfico de datos descrito en el apartado anterior. Cuando dicho contador llegue a un valor determinado configurable suficientemente grande se considerará que el terminal ha abandonado la *piconet*, se eliminará de la tabla de conexiones del microcontrolador y se comunicará la baja al driver del sistema informático.

Descripción de los dibujos

En la Figura 1 se muestra un diagrama con los diferentes elementos que forman el punto de acceso multiusuario para *piconet* extendida objeto de la presente invención.

El punto de acceso multiusuario consta de los siguientes elementos.

- Un controlador de banda base Bluetooth (1), denominado Controlador BT-1 en la Figura 1.
- Un controlador de banda base Bluetooth (2), denominado Controlador BT-2 en la Figura 1.
- Un circuito integrado Bluetooth radio (3), denominado Bluetooth Radio 1 en la Figura 1, conectado a BT-1 a través de una interfaz conforme con la especificación Blue RF del Bluetooth Working Group y conectado además a su propia antena (8) adecuada para la transmisión y recepción en la banda ISM.
- Un circuito integrado Bluetooth radio (4), denominado Bluetooth Radio 2 en la Figura 1, conectado a BT-2 a través de una interfaz conforme con la especificación Blue RF del Bluetooth Working Group y conectado además a su propia antena (9) adecuada para la transmisión y recepción en la banda ISM.
- Un circuito integrado microcontrolador (6), denominado Microcontrolador en la Figura 1.
- Un bus de comunicaciones (7), con la circuitería asociada necesaria para interconectar el Microcontrolador (6) con BT-1 (1) y BT-2 (2) y éstos entre M.
- Un puerto de comunicaciones (5), con la circuitería asociada necesaria, denominado Puerto USB en la Figura 1, que sirve de punto de conexión entre el Microcontrolador (6) y un sistema informático externo y que puede ser un puerto USB o de cualquier otro tipo.

En la Figura 2 se muestra un diagrama de flujo que describe el método de operación del controlador BT-1, que consiste en permanecer continuamente en el estado MASTER INQUIRY.

Así, BT-1 envía un mensaje INQUIRY con paquetes ID en las ranuras de transmisión y se pone a la escucha en las ranuras de tiempo de recepción. Si recibe una respuesta en un plazo de tiempo especificado, enviará un mensaje INQUIRY RESULT EVENT al Microcontrolador, que contendrá los parámetros necesarios del dispositivo que ha respondido a su mensaje. Tras el envío de dicho mensaje al Microcontrolador, o en el caso de que se agote el plazo especificado sin recibir ninguna respuesta, volverá a enviar un mensaje INQUIRY, volviendo a repetirse el ciclo.

En la Figura 3 se muestra un diagrama de flujo que describe el método de operación del controlador BT-2 para incorporar dispositivos esclavos en la *piconet*. BT-2 se encontrará en modo CONNECTION utilizando el procedimiento representado en la Figura 4 (o, para el modo alternativo de realización de la invención, el procedimiento representado en la Figura 5) hasta recibir del Microcontrolador una petición de establecimiento de conexión con un nuevo dispositivo esclavo.

En ese instante BT-2 pasa al modo PAGE para llevar a cabo el procedimiento de establecimiento de comunicación definido en la especificación Bluetooth y descrito con anterioridad. Si el procedimiento se completa con éxito, BT-2 envía al Microcontrolador un evento de conexión completa con los datos obtenidos en el proceso. A continuación, el Microcontrolador identifica la conexión establecida y da instrucciones a BT-2 para que aparque al nuevo esclavo. A partir de este momento, BT-2 reanuda su actividad de comunicación pasando al modo CONNECTION.

Si el procedimiento de establecimiento de comunicación no tiene éxito, BT-2 informa de esta circunstancia al Microcontrolador, pasando igualmente al modo CONNECTION.

En la Figura 4 se muestra un diagrama de flujo que describe el método de operación del controlador BT-2 en modo CONNECTION.

BT-2 establece un ciclo de refresco de los esclavos aparcados con un tiempo de transmisión de tramas *beacon* pequeño y un tiempo de ventanas de acceso suficiente para escuchar las solicitudes de cada uno de los esclavos. Al terminar la ventana de acceso se conocen todas las solicitudes existentes.

A partir de ese momento lee cada una de las peticiones recibidas, siguiendo el procedimiento de desaparcar a un esclavo con una petición pendiente, interrogarlo y volverlo a aparcar.

Cuando no queden peticiones pendientes de atender, BT-2 establecerá de nuevo un ciclo de refresco. Este procedimiento se verá interrumpido cada vez que el Microcontrolador pida a BT-2 que realice el procedimiento de establecimiento de comunicación, descrito en la Figura 3, para incorporar un nuevo esclavo a la *piconet*.

ES 2 323 992 B1

En la Figura 5 se muestra un diagrama de flujo que describe el método de operación alternativo del controlador BT-2 en modo CONNECTION, el cual resulta más adecuado para entornos de pocos esclavos que generan mucho tráfico de datos.

5 Inicialmente, BT-2 no realizará ninguna acción mientras no se haya incorporado ningún dispositivo esclavo a la *piconet*. Una vez que existen dispositivos esclavos, los cuales se encuentran en estado PARKED (como se ha visto en la descripción de la Figura 3), BT-2, siempre siguiendo instrucciones del Microcontrolador establece un ciclo de ranuras *beacon* en el que, por cada ranura, desaparece, interroga y aparca de nuevo a cada uno de los esclavos. Para cada esclavo se necesitan 8 ranuras básicas Bluetooth.

10 Este procedimiento finalizará cuando no queden esclavos en la *piconet* y se verá interrumpido cada vez que el Microcontrolador pida a BT-2 que realice el procedimiento de establecimiento de comunicación, descrito en la Figura 3, para incorporar un nuevo esclavo a la *piconet*.

15 **Modo de realización**

La presente invención se ilustra adicionalmente con el siguiente ejemplo de realización, el cual no pretende ser limitativo de su alcance.

20 La placa principal consta de una interfaz de comunicación USB con un ordenador, una toma de alimentación eléctrica de red, un LED indicador de alimentación y dos conectores MMCX para antenas.

Internamente la placa principal del circuito alojará la circuitería de conversión de tensiones adecuada para la alimentación de los sistemas electrónicos, cuidando fundamentalmente de evitar los posibles rizados y acoplamientos de ruido con otros sistemas mediante filtros y elementos de aislamiento.

25 La parte principal del sistema, donde se sitúa la inteligencia del punto de acceso, será un microcontrolador con un puerto USB directamente conectado al bus USB para la comunicación con el ordenador dónde por ejemplo se ejecutará una aplicación de monitorización de los dispositivos Bluetooth que accedan a la *piconet*. Por otra parte el microcontrolado mantendrá comunicación y control sobre los controladores de banda base Bluetooth BT-1 y BT-2 a través de dos buses I2C.

30 Por último, cada controlador comunicará mediante un bus Blue RF con un circuito integrado Bluetooth Radio, que a su vez finalizará en un conector MMCX exterior donde acoplar la conexión de las antenas, lo que permitirá disponer éstas en una posición más adecuada para la transmisión y recepción en cada instalación concreta, independientemente de dónde se sitúe el equipo informático y de donde se aloje el punto de acceso.

40

45

50

55

60

65

ES 2 323 992 B1

REIVINDICACIONES

5 1. Punto de acceso para redes inalámbricas de tecnología Bluetooth, funcionando como Maestro de una *piconet* en la que se supera la limitación de 7 usuarios esclavos que establece el estándar Bluetooth, **caracterizado** porque contiene:

- 10 a) Un controlador de banda base Bluetooth (1) (BT-1), conforme al estándar Bluetooth, configurado para funcionar de manera continua en modo MASTER INQUIRY.
- 15 b) Un controlador de banda base Bluetooth (2) (BT-2), conforme al estándar Bluetooth, configurado para funcionar alternativa y secuencialmente en modo PAGE y CONNECTION.
- 20 c) Dos circuitos integrados Bluetooth radio (3, 4) (conforme a la especificación Bluetooth, conectados independiente y respectivamente a los elementos a) y b) anteriores, a través de una interfaz conforme con la especificación Blue RF del Bluetooth Working Group y conectados cada uno de ellos a su propia antena (8, 9) de transmisión y recepción.
- 25 d) Un puerto de comunicaciones (5) para conexión con un sistema informático externo.
- 30 e) Un circuito integrado microcontrolador (6), conectado a los elementos a), b) y d) mediante un bus de comunicaciones (7), encargado de ejecutar un procedimiento de control de todo el sistema para:
- Llevar a cabo la comunicación de la aplicación ejecutada en el sistema informático con las aplicaciones ejecutadas en los potenciales dispositivos Bluetooth accesibles en la *piconet*.
 - Controlar y gestionar el comportamiento de BT-1 y BT-2.
 - Garantizar que en todo momento BT-1 y BT-2 comparten la señal de sincronismo del reloj para que ambos actúen como un único dispositivo maestro.
 - Gestionar que BT-1 y BT-2 comparten la información utilizada por cada uno de ellos.

35 2. Un método de operación del punto de acceso declarado en la Reivindicación 1 **caracterizado** porque comprende las operaciones siguientes:

- 40 a) El controlador de banda base BT-1 se mantiene constantemente en el estado de INQUIRY, enviando paquetes ID en las ranuras de transmisión utilizando la secuencia de saltos de frecuencia definida en la especificación Bluetooth, empleando para ello el código de acceso GIAC (General Inquiry Access Code), de forma que la secuencia de saltos de frecuencia se deriva del propio GIAC y del reloj del controlador de comunicaciones.
- 45 b) Dicho controlador BT-1 escucha en las ranuras de tiempo de recepción los posibles paquetes FHS enviados por otros dispositivos Bluetooth que se encuentren en estado INQUIRY SCAN, e informa al microcontrolador de los resultados recibidos mediante un INQUIRY RESULT EVENT, de acuerdo a la especificación Bluetooth, extrayendo, al menos, la información de la dirección BD_ADDR y el offset del reloj del esclavo. A continuación el controlador de comunicaciones volverá a realizar el mismo proceso de descubrimiento en estado INQUIRY.
- 50 c) Con dicha información, el microcontrolador solicita al controlador de banda base BT-2 que establezca una conexión con el dispositivo Bluetooth descubierto, pasando dicho controlador BT-2 al estado PAGE, dejando en suspenso su actividad habitual, que será la transmisión de los datos de la aplicación final entre los dispositivos de la *piconet*.
- 55 d) A continuación, el controlador de banda base BT-2 envía un mensaje PAGE al dispositivo Bluetooth detectado mediante un paquete ID, utilizando el salto de secuencia definido para PAGE en la especificación Bluetooth, con la estimación del reloj del dispositivo Bluetooth detectado facilitada por el microcontrolador y utilizando el control de acceso (CAC) derivado del BD_ADDR del dispositivo Bluetooth detectado.
- 60 e) Cuando el dispositivo Bluetooth detectado conteste con un paquete ID, el controlador de banda base BT-2 pasa a estado MASTER RESPONSE, en el que envía al dispositivo Bluetooth detectado un paquete FHS que, a su vez, entre otras cosas, determina la dirección LT_ADDR que identifica al enlace de transporte que se utilizará en el estado CONNECTION. Por su parte, el dispositivo Bluetooth detectado asentirá con un paquete ID.
- 65

ES 2 323 992 B1

- 5 f) A partir de este punto ambos dispositivos entran en estado CONNECTION, utilizando la secuencia de salto de frecuencia de canal básico derivada del BD_ADDR y del reloj del controlador de banda base BT-2 y el código de acceso (CAC) propio del canal, el cual se deriva de la dirección BD_ADDR del controlador de banda base BT-2. En esta conexión así establecida, el controlador de banda base BT-2 desempeña el papel de maestro y el dispositivo Bluetooth detectado el de esclavo.
- 10 g) Una vez en estado CONNECTION, un envío de un paquete POLL por parte del maestro y cualquier respuesta por el esclavo cerrarán el ciclo de establecimiento de conexión entre ambos. A partir de dicho momento el controlador de banda base BT-2 comunica al microcontrolador un evento de conexión completa, el cual se encarga de almacenar los datos de la conexión establecida.
- 15 h) Para cada esclavo incorporado a la *piconet*, el microcontrolador ordenará inmediatamente su paso al estado PARKED utilizando para ello al controlador de banda base BT-2, el cual enviará un comando HCI_Park_State al esclavo recién conectado. En ese momento, el microcontrolador comunica, al driver del sistema informático al que se encuentra conectado, la información correspondiente al nuevo usuario y la disponibilidad de un servicio no orientado a conexión para la transmisión de datos.
- 20 i) El microcontrolador configurará el acceso al medio compartido y el intercambio de datos entre el punto de acceso multiusuario y los esclavos incorporados a la *piconet* mediante el envío del paquete *LMP_modify_beacon* a través del enlace lógico PSB-C según la especificación Bluetooth. Con ello, el controlador de banda base BT-2 realizará un ciclo de refresco de los esclavos aparcados en el que el tiempo entre los instantes BEACON (T_B) se reparte entre un tiempo de transmisión de tramas BEACON (T_{access}) pequeño y un tiempo de ventanas de acceso (T_{access}) suficiente para escuchar las solicitudes de cada esclavo (1 ranura de $625 \mu\text{s}$ por cada esclavo). Al terminar la ventana de acceso se conocerán todas las solicitudes existentes, las cuales se atienden, a continuación, secuencialmente, mediante el mecanismo de desaparecer, leer y aparcar, de acuerdo a la especificación Bluetooth.
- 25 j) El microcontrolador gestionará el abandono de la red por parte de los esclavos, ordenando al controlador de banda base BT-2 que interroge directamente a un terminal esclavo que superó un cierto tiempo sin actividad de comunicación, comprobando en ese caso si continúa o no en la zona de cobertura del maestro para, en su caso, eliminarlo de la lista de terminales esclavos y notificarlo al driver informático.
- 30

3. Un método de operación del punto de acceso multiusuario de acuerdo a la Reivindicación 2, a emplear preferentemente cuando existan pocos esclavos que generen mucho tráfico, **caracterizado** porque:

35

- El microcontrolador configurará el acceso al medio compartido y el intercambio de datos entre el punto de acceso multiusuario y los esclavos incorporados a la *piconet* mediante el envío del paquete *LMP_set_broadcast_scan_window* a través del enlace lógico PSB-C según la especificación Bluetooth. Con ello, el controlador de banda base BT-2 establece un ciclo de ranuras BEACON en el que, por cada trama BEACON, desaparece, interroga y aparca de nuevo a cada uno de los esclavos, de acuerdo a la especificación Bluetooth.
 - El método empleado para la gestión del abandono de la red por parte de los esclavos comprende la decisión del microcontrolador de que un terminal esclavo ha abandonado la red si no obtiene ninguna respuesta de dicho esclavo un determinado número de veces consecutivas para, en tal caso, eliminarlo de la lista de terminales esclavos y notificarlo al driver informático.
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

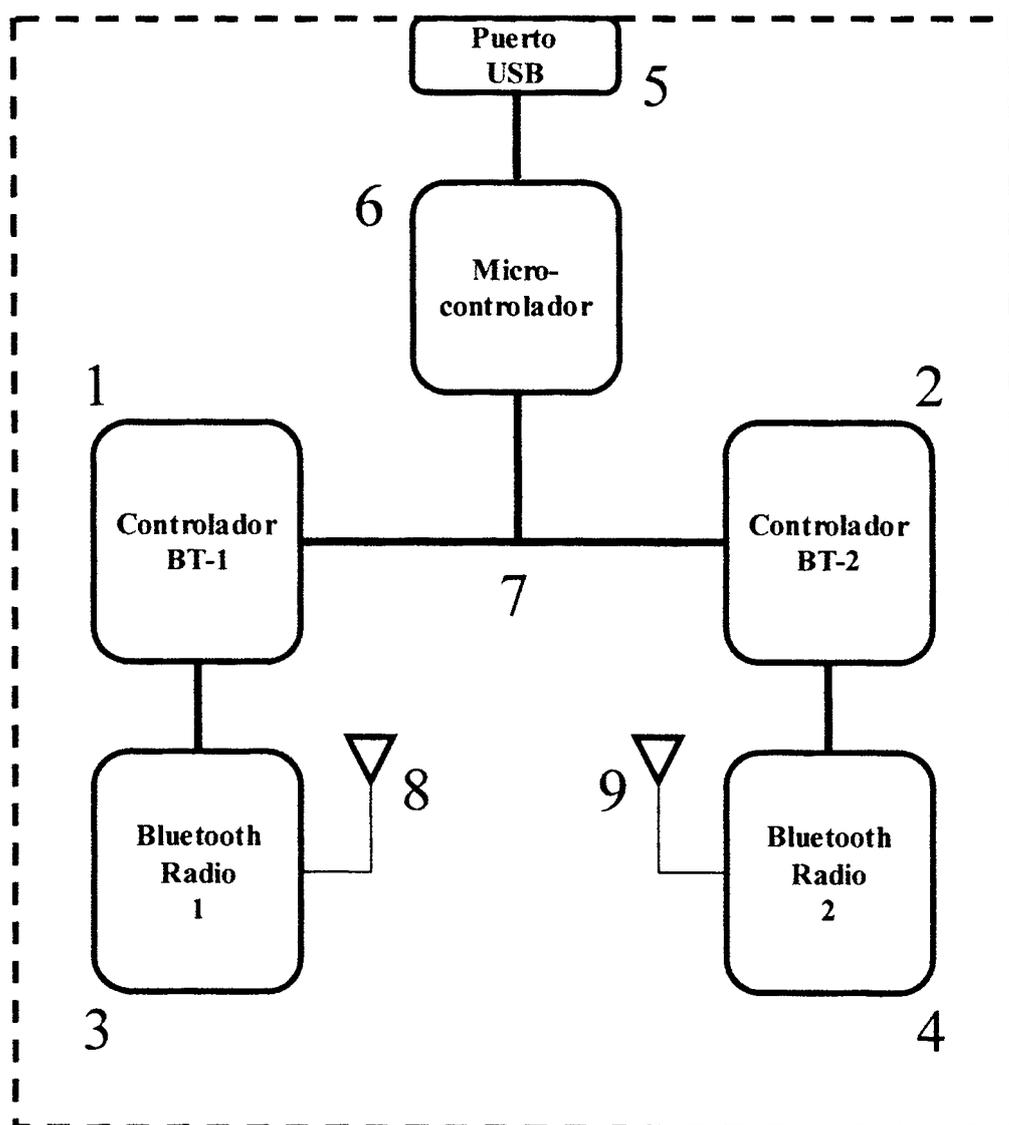


Figura 1

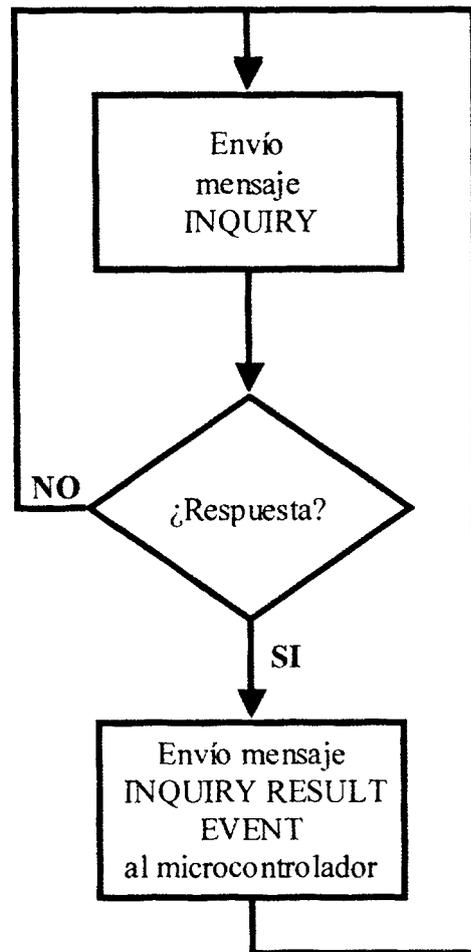


Figura 2

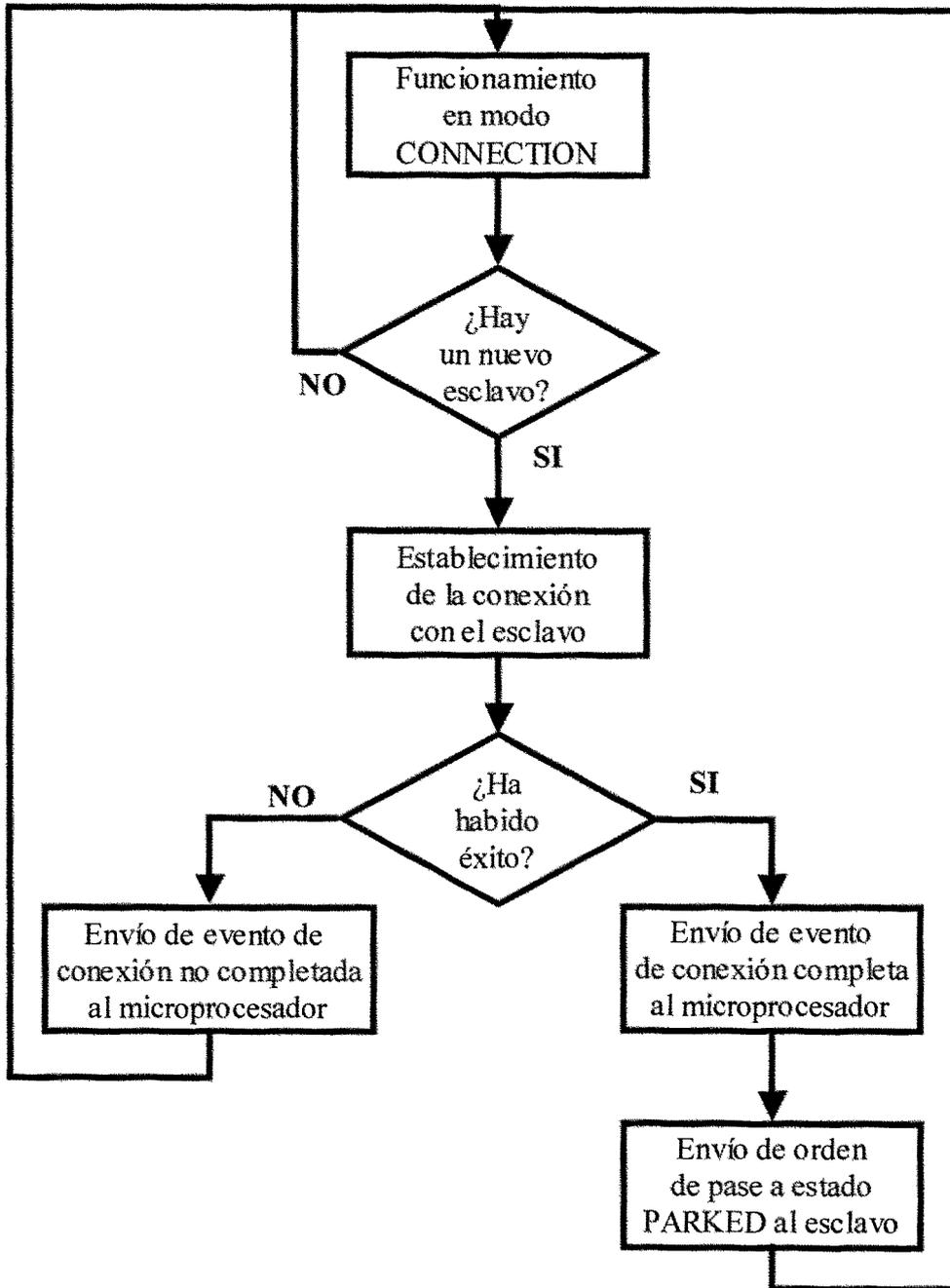


Figura 3

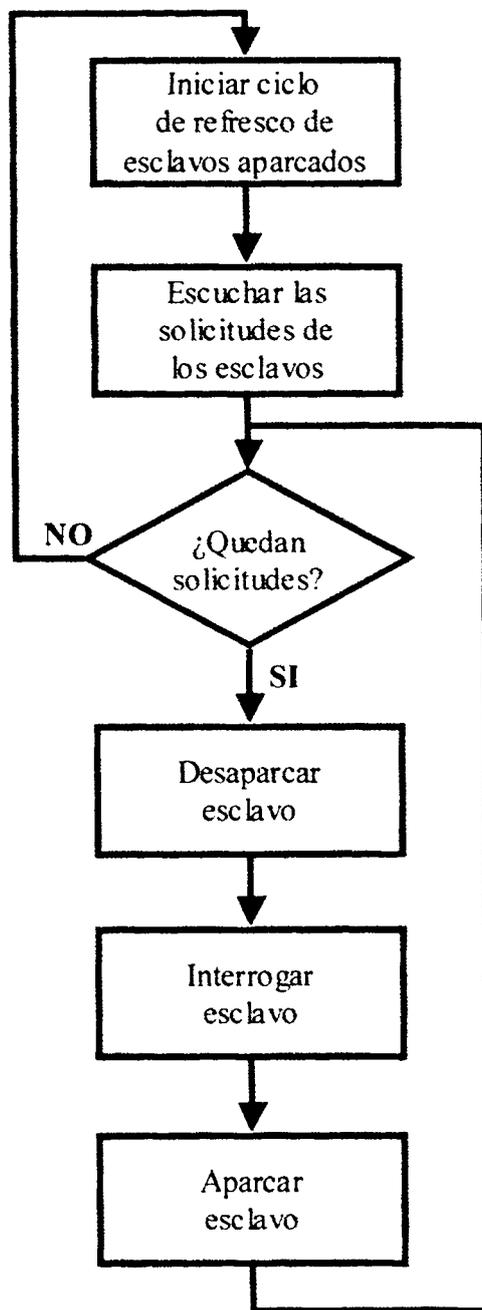


Figura 4

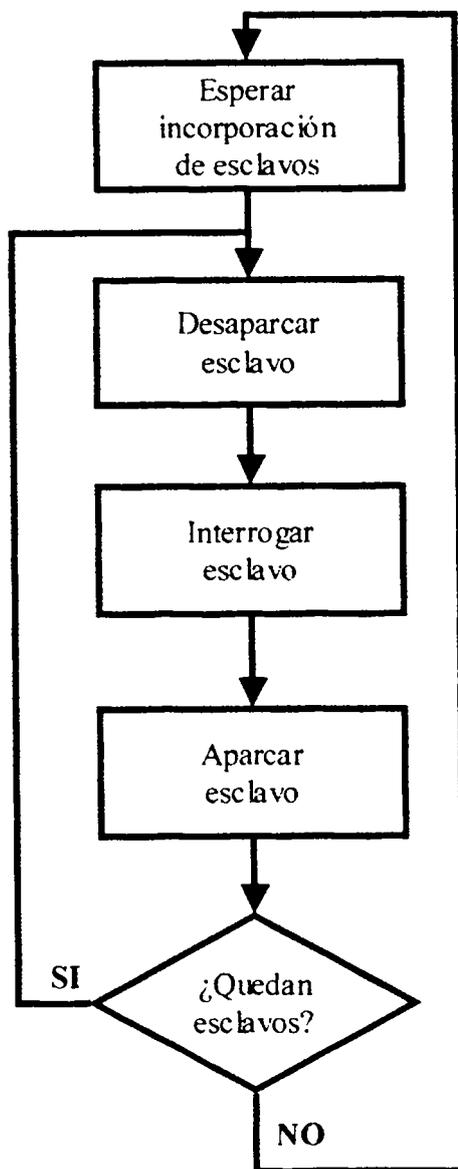


Figura 5



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 323 992

② Nº de solicitud: 200601452

③ Fecha de presentación de la solicitud: 31.05.2006

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	WO 03067954 A2 (NOKIA CORP) 21.08.2003, página 6, línea 10 - página 7, línea 15; página 8, líneas 3-25; página 9, línea 24-31; página 13, línea 1 - página 15, línea 13; figura 1a.	1-3
X	WO 0245347 A1 (NOKIA CORP et al.) 06.06.2002, figura 5; página 12, línea 18 - página 13, línea 29; página 2, línea 19 - página 8, línea 6.	1-3
A	US 5960344 A (NORAND CORP) 28.09.1999, columna 9, línea 41; figuras 1,6.	1-3
A	US 6879570 B1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 12.04.2005, párrafos 13,14.	2,3

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

<p>Fecha de realización del informe 29.06.2009</p>	<p>Examinador A. Catalina Gallego</p>	<p>Página 1/2</p>
---	--	-----------------------

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

H04W 88/10 (2009.01)

H04W 88/12 (2009.01)

H04W 84/20 (2009.01)