

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 789**

51 Int. Cl.:

H04W 56/00 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.07.2012 PCT/US2012/046515**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.02.2013 WO13025295**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2012 E 12738339 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2019 EP 2745582**

54 Título: **Sincronización de balizas en sistemas basados en wifi**

30 Prioridad:

16.08.2011 US 201113136984

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

18.10.2019

73 Titular/es:

**UTC FIRE & SECURITY CORPORATION (100.0%)
9 Farm Springs Road
Farmington, Connecticut 06032, US**

72 Inventor/es:

**ZHU, HAIFENG;
LAKAMRAJU, VIJAJA, RAMARAJU y
FINN, ALAN, MATTHEW**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 727 789 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

Sincronización de balizas en sistemas basados en wifi

Antecedentes

5 La presente invención se refiere en general a dispositivos inalámbricos y más específicamente a una sincronización de tiempo entre dispositivos inalámbricos y puntos de acceso.

10 Muchos dispositivos inalámbricos de bajo consumo ahorran energía hallándose en un modo de reposo la mayor parte del tiempo y activándose sólo ocasionalmente para realizar operaciones o enviar o recibir datos. En estas situaciones, los mensajes procedentes de un nodo de dispositivo se almacenan convencionalmente en una memoria intermedia en puntos de acceso inalámbrico y se transmiten a dispositivos inalámbricos destinatarios cuando esos dispositivos se activan. Los puntos de acceso del estándar IEEE 802.11, por ejemplo, transmiten típicamente mensajes de baliza periódicos que indican si hay mensajes almacenados en la memoria intermedia en espera de un dispositivo inalámbrico destinatario.

15 Los dispositivos inalámbricos destinados a funcionar a mínima potencia se activan comúnmente a intervalos de "latido" para transmitir y/o recibir mensajes. Este intervalo de latido puede ser de varios minutos de duración. Una vez transcurrido cada intervalo de latido, el dispositivo inalámbrico transmite a través del punto de acceso un mensaje de latido a un nodo de dispositivo, tal como un servidor central, y luego entra en un modo de reposo de corta duración hasta la siguiente transmisión de baliza programada desde el punto de acceso. El dispositivo inalámbrico se activa a tiempo para oír una baliza procedente del punto de acceso, solicita y recibe cualesquiera mensajes almacenados en la memoria intermedia y luego entra en el modo de reposo durante otro intervalo de latido.

20 Convencionalmente, los dispositivos inalámbricos programan momentos de activación según sus propios relojes. Para recibir una baliza, un transceptor del dispositivo inalámbrico debe seguir recibiendo alimentación, consumiendo energía. Los sistemas convencionales utilizan normalmente un intervalo de latido constante determinado por un reloj local del dispositivo inalámbrico y proporcionan un ajuste previo de margen según la máxima deriva posible del reloj prevista en el curso de un intervalo de latido. El estándar IEEE 802.11 permite una discrepancia máxima del reloj de un 0,02 %. Una desincronización de esta magnitud puede requerir un gran gasto de energía para alimentar transceptores de dispositivo inalámbrico mientras se espera a la transmisión de una baliza. Con un intervalo de latido de cinco minutos, por ejemplo, se permite convencionalmente una deriva máxima de 60 ms, de tal modo que el transceptor de dispositivo inalámbrico podría seguir recibiendo alimentación durante 60 ms cada 5 minutos mientras espera a una baliza, lo que tiene como resultado un gasto significativo de energía y, correspondientemente, acorta la duración de la batería en comparación con un mecanismo de activación inteligente en el que el transceptor esté bien sincronizado y necesite seguir recibiendo alimentación durante mucho menos de 60 ms. Dependiendo de la capacidad de batería disponible y las activaciones de dispositivo, esto podría reducir la duración de la batería en una medida de hasta varios años. Para los dispositivos inalámbricos destinados a funcionar alimentados por batería durante largos periodos, tal agotamiento de la batería no es ideal.

25 Muchos puntos de acceso IEEE 802.11 también monitorizan dispositivos inalámbricos conectados a una red en cuanto a una actividad continua. Si transcurre un intervalo de "enlace" predefinido sin actividad por parte de un dispositivo inalámbrico conectado a la red, se disocia el dispositivo inalámbrico de la red del punto de acceso. Por un procedimiento común, cada dispositivo inalámbrico transmite periódicamente mensajes de enlace con el fin de permanecer asociado al punto de acceso. La duración del intervalo de enlace –el periodo entre mensajes de enlace– está basada en el reloj local del dispositivo y normalmente es una constante.

30 Los mensajes procedentes de dispositivos inalámbricos pueden corromperse durante la transmisión, requiriendo a veces retransmisiones. Una transmisión de un dispositivo inalámbrico realizada demasiado cerca en el tiempo antes de una transmisión de baliza, yendo la transmisión del dispositivo inalámbrico seguida inmediatamente de una entrada en el modo de reposo, puede no dejar tiempo suficiente para que los nodos del dispositivo destinatario respondan antes de que el dispositivo inalámbrico se active para estar atento a una respuesta esperada. Cuando esto ocurre, el dispositivo inalámbrico debe bien permanecer activo para recibir dos balizas, bien entrar en un modo de reposo de corta duración y activarse para escuchar la segunda baliza, gastando en cualquiera de los dos casos energía adicional.

35 El documento WO 99/48221 A1 divulga un procedimiento y un circuito para determinar de forma adaptativa un tiempo de readquisición de señal piloto. Un subsistema buscador mide una fase de la señal piloto. Un procesador de control mide una magnitud de un desplazamiento en la fase de la señal piloto, compara la magnitud medida con un umbral de desplazamiento y disminuye el tiempo de readquisición si la magnitud medida no es mayor que el umbral de desplazamiento. El procesador de control puede también comparar el tiempo de readquisición con un tiempo de readquisición mínimo y disminuir el tiempo de readquisición sólo si el tiempo de readquisición es mayor que el

tiempo de readquisición mínimo. Adicionalmente, el procesador de control puede aumentar el tiempo de readquisición hasta un tiempo de readquisición máximo si la magnitud medida es mayor que dicho umbral de desplazamiento.

5 El documento US 2003/144020 A1 describe diversas técnicas para mejorar un dispositivo de comunicación inalámbrica. Las técnicas pueden incluir reducir la potencia en un dispositivo de comunicación inalámbrica para un primer periodo de reposo y luego aumentar la potencia en el dispositivo de comunicación inalámbrica para un periodo de actividad intermedio después del primer periodo de reposo para estimar un error del reloj de reposo. El procedimiento puede incluir además reducir la potencia en el dispositivo de comunicación inalámbrica para un
10 segundo periodo de reposo después del periodo de actividad intermedio. El modo de actividad intermedio implementado durante el periodo intermedio puede utilizarse para estimar el error del reloj de reposo sin llevar a cabo una o más tareas asociadas con un modo de actividad, tales como una demodulación. Las técnicas pueden facilitar el uso eficaz de relojes de baja frecuencia y bajo consumo para el modo de reposo, incluso si dentro de un sistema de paginación a intervalos están definidos ciclos de intervalo relativamente grandes.

15 Según el documento US 2007/242618 A1, un sistema de comunicación incluye un dispositivo de transmisión y un dispositivo de recepción. El dispositivo de transmisión incluye un primer procesador por *software* que, si se ha actualizado una primera porción de información, realiza un procesamiento por *software* de la primera porción de información, un primer procesador por *hardware* que realiza un procesamiento por *hardware* en una segunda porción de información, una unidad de generación que genera una señal de baliza y un transmisor que transmite la señal de baliza generada. El dispositivo de recepción incluye una unidad de recepción que recibe la señal de baliza,
20 un separador que separa la primera porción de información de la segunda porción de información, un segundo procesador por *hardware* que realiza un procesamiento por *hardware* en la segunda porción de información separada, una unidad de determinación que determina si se ha actualizado la primera porción de información separada y un segundo procesador por *software* que, si se ha actualizado la primera porción de información, realiza un procesamiento por *software* en la primera porción de información actualizada.

25 **Compendio**

La presente invención está dirigida a un dispositivo inalámbrico con un transceptor y un sistema de programación. El transceptor transmite mensajes a un punto de acceso y recibe mensajes del mismo y tiene un modo de reposo desde el que ocasionalmente se activa en momentos de activación para estar atento a balizas procedentes del punto de acceso. El sistema de programación programa momentos de activación según los datos históricos de
30 sincronización de baliza.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama de sistema de una red inalámbrica representativa de la presente invención, que incluye una pluralidad de nodos de dispositivo, un punto de acceso inalámbrico y un dispositivo inalámbrico. Esto describe una situación típica donde coexisten redes tanto por cable como inalámbricas.

35 La FIG. 2 es un diagrama funcional de bloques del dispositivo inalámbrico de la FIG. 1.

La FIG. 3 es una línea de tiempo que indica momentos de activación de un dispositivo inalámbrico para la recepción de balizas.

La FIG. 4 es una línea de tiempo que indica momentos de activación de un dispositivo inalámbrico para aplicaciones que implican transmisiones.

40 La FIG. 5 es un diagrama de flujo que representa un procedimiento de funcionamiento del dispositivo inalámbrico de la FIG. 1.

La FIG. 6 es un diagrama de bloques de los componentes lógicos de un sistema de programación para el dispositivo inalámbrico de la FIG. 1.

Descripción detallada

45 La FIGURA 1 es un diagrama de sistema de una red 10, que comprende un punto 12 de acceso, un dispositivo inalámbrico 14 y una pluralidad de nodos 16 de dispositivo. El punto 12 de acceso es un dispositivo inalámbrico tal como un encaminador (*router*), que proporciona una conexión de red entre el dispositivo inalámbrico 14 y al menos un nodo 16 de dispositivo. El dispositivo inalámbrico 14 es un dispositivo en la red inalámbrica del punto 12 de acceso y puede ser uno de una pluralidad de dispositivos inalámbricos idénticos o diferentes. Cada nodo 16 de dispositivo es un dispositivo o sistema conectado al dispositivo inalámbrico 14 a través del punto 12 de acceso. Los
50 nodos 16 de dispositivo pueden, por ejemplo, ser servidores de mando o procesamiento de señales remotos u otros dispositivos en la red del punto 12 de acceso. El nodo 16 de dispositivo puede estar conectado al punto 12 de

acceso de forma inalámbrica o a través de una conexión por cable y se comunica con el dispositivo inalámbrico 14 sólo a través del punto 12 de acceso.

El dispositivo inalámbrico 14 puede realizar cualquiera de una amplia gama de funciones, incluyendo monitorización del estado, activación de procesos o transducción de datos, y puede ser en general cualquier dispositivo inalámbrico que tenga modos de reposo de bajo consumo. El dispositivo inalámbrico 14 puede, por ejemplo, ser un dispositivo que funcione con energía recolectada o una alimentación por batería limitada y que entre en un modo de reposo para ahorrar energía entre periodos de actividad.

Los datos transmitidos desde los nodos 16 de dispositivo no se reciben directamente en el dispositivo inalámbrico 14. En lugar de ello, los paquetes de los nodos 16 de dispositivo al dispositivo inalámbrico 14 se almacenan en una memoria intermedia en el punto 12 de acceso. El punto 12 de acceso transmite mensajes de baliza con marca de tiempos a todos los dispositivos en su red, incluyendo el dispositivo inalámbrico 14. Estas balizas se envían a intervalos de baliza regulares (por ejemplo 102,4 ms en una red IEEE 802.11) e indican si hay paquetes almacenados en la memoria intermedia en espera de cualesquiera dispositivos inalámbricos en la red. Si y cuando el dispositivo inalámbrico 14 recibe una baliza del punto 12 de acceso que indica que hay paquetes para el mismo almacenados en la memoria intermedia en el punto 12 de acceso, el dispositivo inalámbrico 14 transmite una petición al punto 12 de acceso y el punto de acceso envía el o los paquetes almacenados en la memoria intermedia, que el dispositivo inalámbrico 14 recibe, como se describe en el protocolo IEEE 802.11.

Si el punto 12 de acceso no detecta ninguna actividad procedente del dispositivo inalámbrico 14 en el curso de un intervalo de enlace predeterminado, el punto 12 de acceso puede disociar el dispositivo inalámbrico 14 de su red inalámbrica. Este intervalo de enlace es específico del producto y puede ser infinito, lo que indica que el punto 12 de acceso nunca disociará el dispositivo inalámbrico 14 de la red inalámbrica. En los sistemas convencionales con intervalos de enlace finitos, el dispositivo inalámbrico 14 transmite periódicamente paquetes (denominados en la presente memoria paquetes o mensajes "de enlace") al punto 12 de acceso, para evitar ser disociado de la red inalámbrica.

El dispositivo inalámbrico 14 puede pasar largos periodos en un modo de reposo de bajo consumo, en el que no envía señales al punto 12 de acceso ni recibe señales del mismo. Un sistema de programación permite al dispositivo inalámbrico 14 activarse en momentos óptimos para la recepción de balizas y la transmisión de señales, como se describe posteriormente.

La FIGURA 2 es un diagrama de bloques de componentes funcionales del dispositivo inalámbrico 14, que comprende una fuente 100 de alimentación, una antena 102, un transceptor 104, un procesador 106, un *hardware* 108 de aplicación específica, un reloj 110 y una memoria 112. La fuente 100 de alimentación es una fuente de alimentación de capacidad limitada, tal como un sistema de recolección de energía, una batería, una pila de combustible o un condensador, que proporciona energía a otros componentes del dispositivo inalámbrico 14. La antena 102 es una antena o una red de antenas para la transmisión y recepción inalámbrica de datos. El transceptor 104 es un transductor de datos que convierte señales recibidas por la antena 102 en un formato legible por el procesador 106, o señales procedentes del procesador 106 en un formato transmisible desde la antena 102. El procesador 106 es un componente o una serie de componentes con capacidad lógica, tal como un microprocesador o un sistema lógico de *hardware*, que ejecuta algoritmos del dispositivo inalámbrico 14. El *hardware* 108 de aplicación específica es *hardware* utilizado para la aplicación concreta a la que el dispositivo inalámbrico 14 está dedicado. El *hardware* 108 de aplicación específica puede, por ejemplo, comprender sensores, accionadores, transductores de datos y pantallas. El reloj 110 es un cronómetro de bajo consumo utilizado al menos para programar momentos de activación. La memoria 112 es un componente de almacenamiento de datos, que típicamente incluye tanto RAM (*Random Access Memory*) como una memoria con capacidad de supervivencia al modo de reposo, tal como una memoria *flash*, en la que los datos puedan mantenerse a lo largo de los modos de reposo. Estos componentes funcionales pueden compartir *hardware* físico, en algunos casos. Por ejemplo, el reloj 110 puede estar integrado en un microprocesador que también lleve a cabo las funciones del procesador 106.

El *hardware* 108 de aplicación específica puede servir para varias funciones diferentes, dependiendo de las tareas a las que esté dedicado el dispositivo inalámbrico 14. El dispositivo inalámbrico 14 puede, por ejemplo, ser una alarma o un dispositivo de monitorización de proceso, en cuyo caso el *hardware* 108 de aplicación específica incluirá sensores que produzcan señales interpretadas por el procesador 106. En otra realización, el dispositivo inalámbrico 14 puede ser un accionador o un controlador de accionador, que regule o controle algunos parámetros o un proceso según instrucciones procedentes del nodo 16 de dispositivo. Sin tener en cuenta la función concreta del dispositivo inalámbrico 14 ni la naturaleza del *hardware* 108 de aplicación específica, el *hardware* 108 de aplicación específica es lógicamente distinto del sistema de programación de activación del dispositivo inalámbrico 14, que se describe posteriormente en detalle.

La antena 102 y el transceptor 104 se utilizan para recibir señales del punto 12 de acceso y transmitir señales al mismo, incluyendo mensajes de enlace al punto 12 de acceso, balizas procedentes del punto 12 de acceso y transmisiones al nodo 16 de dispositivo a través del punto 12 de acceso. El procesador 106 lleva a cabo operaciones lógicas para programar el modo de reposo y la activación del dispositivo inalámbrico 14, así como operaciones lógicas para el *hardware* 108 de aplicación específica. El reloj 110 es un cronómetro continuo que proporciona un valor de tiempo al procesador 106, que puede contener temporizadores que activen la totalidad o parte del dispositivo inalámbrico en un valor de tiempo específico del reloj 110. La memoria 112 almacena datos procedentes del procesador 106, incluso mientras el dispositivo inalámbrico 14 se halla en un modo de reposo.

Durante un modo de reposo de bajo consumo del dispositivo inalámbrico 14, se apagan o se reduce el consumo de la antena 102 y el transceptor 104, para ahorrar energía de la fuente 100 de alimentación. En algunas realizaciones, otros componentes, tales como partes del procesador 106, se apagan también durante los modos de reposo. Parte, la totalidad o nada del *hardware* de aplicación específica puede funcionar tanto a lo largo de los modos de reposo como de los que no sean de reposo, dependiendo de la naturaleza de la aplicación a la que el dispositivo inalámbrico 14 esté dedicado. El procesador 106, el reloj 110 y la memoria 112 juntos proporcionan un sistema de programación, como se describe posteriormente, que minimiza el gasto de energía reduciendo el tiempo que el dispositivo inalámbrico 14 está activo.

Mientras está en el modo de reposo, generalmente el dispositivo inalámbrico 14 dejará pasar muchas balizas procedentes del punto 12 de acceso. Al activarse desde el modo de reposo, el dispositivo inalámbrico 14 transmite paquetes (tales como paquetes de enlace) al punto 12 de acceso local o está atento a una baliza procedente del punto 12 de acceso local. El dispositivo inalámbrico 14 saca energía de la fuente 100 de alimentación tanto para transmitir como para estar atento/recibir. Los momentos de activación tanto para que transmita como para que esté atento se programan para minimizar el consumo de energía por parte del dispositivo inalámbrico 14.

Idealmente, el dispositivo inalámbrico 14 se activa, transmite un paquete y comienza a estar atento a una baliza poco antes de que el punto 12 de acceso transmita la baliza. Sin embargo, en la práctica, el reloj 110 y el reloj del punto 12 de acceso no están nunca perfectamente sincronizados. Ambos relojes experimentan cierto grado de deriva de reloj, lo que produce una deriva neta de reloj igual a la diferencia entre la deriva del reloj 110 del dispositivo inalámbrico 14 y la deriva del reloj del punto 12 de acceso. Cuanto mayor sea esta deriva neta de reloj, tanto mayor será la eventual desincronización entre el dispositivo inalámbrico 14 y el punto 12 de acceso. Después de un periodo largo en el modo de reposo (por ejemplo de varios minutos), el dispositivo inalámbrico 14 puede estar significativamente desincronizado con respecto al punto 12 de acceso. Para manejar esta desincronización, el dispositivo inalámbrico 14 programa momentos de activación según el comportamiento previsto del punto 12 de acceso y no simplemente según el paso de un intervalo de baliza según el reloj 110.

La FIGURA 3 es una línea de tiempo de momentos de activación potenciales de un dispositivo inalámbrico 14 para la recepción de balizas, y no está dibujada a escala. Todos los momentos están representados en el marco de referencia del dispositivo inalámbrico 14. La FIGURA 3 abarca dos intervalos T_b de baliza. T_b se define como el periodo entre momentos ideales t_{bIdeal} de baliza. Los momentos ideales t_{bIdeal} de baliza son momentos de recepción de baliza en un sistema perfectamente regular idealizado sin deriva de reloj ni retardos por componentes y pueden corresponder, por ejemplo, a momentos de transmisión de baliza objetivo –TBTT, en la nomenclatura del estándar IEEE 802.11-. Una baliza llega realmente al dispositivo inalámbrico 14 en el momento real t_{bReal} de llegada de baliza, que puede estar retardado en relación con el momento ideal t_{bIdeal} de baliza por diversas razones, incluyendo retardos por *software*, por *hardware* y por tráfico. La antena 102 y el transceptor 104 del dispositivo inalámbrico 14 se activan desde un modo de reposo y comienzan a recibir energía en el momento $t_{bActivación}$ de activación de recepción de baliza. El transceptor 104 y la antena 102 requieren cierto tiempo para aumentar el régimen hasta un pleno voltaje requerido para recibir paquetes. Por consiguiente, el momento $t_{bActivación}$ de activación de recepción de baliza se programa un periodo Δ_{du} de encendido de dispositivo específico del *hardware* antes del momento ideal t_{bIdeal} de baliza. El momento $t_{bActivación}$ de activación de recepción de baliza está separado de t_{bReal} por el término Δ_{error} de error.

Si el dispositivo inalámbrico 14 y el punto 12 de acceso no experimentasen nunca ninguna deriva de reloj relativa, el momento $t_{bActivación}$ de activación de recepción de baliza se produciría siempre un periodo Δ_{du} de encendido de dispositivo antes del momento ideal t_{bIdeal} de baliza tal que $t_{bActivación} = t_{bIdeal} - \Delta_{du}$. El periodo Δ_{du} de encendido de dispositivo depende del dispositivo y puede modelarse como una constante. Sin embargo, para sistemas reales con deriva de reloj, $t_{bActivación}$ está desplazado en la medida de un error adicional E de sincronización, de tal modo que:

$$t_{bIdeal} - t_{bActivación} = \Delta_{du} + E \quad \text{[Ecuación 1]}$$

donde E refleja la deriva de reloj relativa del dispositivo inalámbrico 14 y el punto 12 de acceso. Al siguiente $t_{bActivación}$ (por ejemplo en la siguiente activación de latido) se le aplica una corrección X de sincronización, que al menos en parte se determina a partir de un historial de momentos t_{bReal} de llegada de baliza recientes o términos Δ_{error} de error

y la deriva E de reloj relativa, como se describe posteriormente con respecto a las FIGURAS 5 y 6. La corrección X de sincronización puede ser o positiva o negativa, dependiendo de la dirección de la deriva de reloj relativa entre el dispositivo inalámbrico 14 y el punto 12 de acceso. Los expertos en la técnica reconocerán que la línea de tiempo de la FIGURA 3 proporciona sólo una ilustración simplificada de momentos de baliza. En la práctica pueden incluirse retardos adicionales, ajustes y márgenes de error, algunos de los cuales se tratan posteriormente con mayor detalle. Además, algunos componentes distintos de la antena 102 y el transceptor 104 pueden tener modos de reposo y de actividad separados y pueden activarse durante algunos periodos cuando la antena 102 y el transceptor 104 estén en reposo, por ejemplo para llevar a cabo operaciones de programación o tareas específicas de la aplicación.

Los sistemas de activación de la técnica anterior tienen momentos de activación programados según una desincronización estática máxima $\Delta_{\text{máx}}$ de baliza permitida por IEEE. Este enfoque puede tener como resultado una pérdida significativa de energía, dado que la antena 102 y el transceptor 104 siguen recibiendo alimentación mientras esperan a transmisiones de balizas. En cambio, la presente invención determina $t_{\text{bActivación}}$ basándose en un historial de momentos de recepción de baliza recientes, como se describe con respecto a las FIGURAS 5 y 6, para reducir el tiempo entre el momento $t_{\text{bActivación}}$ de activación de recepción de baliza y una recepción real de baliza, reduciendo así el tiempo que la antena 102 y el transceptor 104 locales del dispositivo inalámbrico 14 consumen energía y ahorrando por lo tanto la energía de la fuente 100 de alimentación.

La FIGURA 4 es una línea de tiempo de momentos de activación potenciales del dispositivo inalámbrico 14 para la transmisión, y no está dibujada a escala. La FIGURA 4 abarca dos intervalos T_b de baliza, como se ha descrito anteriormente con respecto a la FIGURA 3. Los momentos ideales t_{bideal} de baliza están separados por intervalos T_b de baliza.

El dispositivo inalámbrico 14 se activa desde el modo de reposo en momentos $t_{\text{bActivación}}$ de activación de recepción de baliza, para estar atento a balizas procedentes del punto 12 de acceso, y en momentos $t_{\text{tActivación}}$ de activación de transmisión, para transmitir mensajes al punto 12 de acceso. Los momentos $t_{\text{tActivación}}$ de activación de transmisión están separados del momento $t_{\text{bActivación}}$ de activación de recepción de baliza por periodos de espera Δ_{espera} . Los mensajes transmitidos al punto 12 de acceso incluyen mensajes para los cuales el punto 12 de acceso es el destinatario final, tales como mensajes de enlace, así como mensajes destinados a nodos de dispositivo tal como el nodo 16 de dispositivo, que son recibidos por el punto 12 de acceso antes de ser reenviados. Pueden esperarse respuestas a algunos mensajes, tales como solicitudes de instrucciones desde el nodo 16 de dispositivo, y a otros no, tales como mensajes de enlace. Las transmisiones para las cuales no se espera respuesta pueden transmitirse en cualquier momento suficientemente alejado de los momentos de activación de recepción de baliza para evitar una coincidencia con balizas transmitidas por el punto 12 de acceso. Por consiguiente, Δ_{espera} puede ser corto para transmisiones para las cuales no se solicite respuesta y no esté planeado un $t_{\text{bActivación}}$ inmediatamente posterior. Sin embargo, a la hora de programar transmisiones para las que se espere una respuesta, Δ_{espera} puede prolongarse para permitir que el nodo 16 de dispositivo procese la transmisión y se almacene una respuesta en la memoria intermedia del punto 12 de acceso antes de la siguiente transmisión de baliza. Después de tal transmisión, el dispositivo inalámbrico 14 entra en un modo de reposo de corta duración hasta el momento $t_{\text{bActivación}}$ de activación de recepción de baliza programado antes de la siguiente baliza como se describe con respecto a la FIGURA 3. Prediciendo momentos de baliza, la presente invención minimiza el riesgo de que el dispositivo inalámbrico 14 intente realizar transmisiones durante balizas, haciendo necesaria una retransmisión posterior.

Mientras que un dispositivo inalámbrico se activa idealmente para la recepción de balizas inmediatamente antes de que el punto 12 de acceso transmita una baliza, lo opuesto es cierto para los momentos de activación de transmisión en la presente invención. Los momentos de activación de transmisión se programan idealmente tan alejados como sea posible de los momentos de baliza y, por consiguiente, los momentos $t_{\text{tActivación}}$ de activación de transmisión pueden programarse durante la primera mitad de cada intervalo T_b de baliza. Los periodos Δ_{espera} de espera se seleccionan para tener en cuenta retardos y tiempos de procesamiento, de manera que los momentos $t_{\text{tActivación}}$ de activación de transmisión se programan lo más alejados posible de los momentos $t_{\text{bActivación}}$ de activación de baliza. Esto reduce la probabilidad de una colisión con la baliza cuando se produce la retransmisión de paquetes.

La FIGURA 5 es un diagrama de flujo del procedimiento 200, un procedimiento para el funcionamiento del dispositivo inalámbrico 14 durante la transmisión y durante la recepción de balizas. El procedimiento 200 comprende siete etapas. En primer lugar, el dispositivo inalámbrico 14 se activa desde un modo de reposo de larga duración en el momento $t_{\text{tActivación}}$ de activación de transmisión, según el reloj 110, lleva a cabo un comportamiento específico de la aplicación como se ha descrito anteriormente y transmite un mensaje al punto 12 de acceso (etapa 202). El momento $t_{\text{tActivación}}$ de activación de transmisión se calcula según el procedimiento descrito anteriormente con respecto a la FIGURA 4 y posteriormente con mayor detalle con respecto a la FIGURA 6.

A continuación, el dispositivo inalámbrico 14 calcula un momento $t_{\text{bActivación}}$ de activación de recepción de baliza como se ha descrito anteriormente con respecto a la FIGURA 3 (etapa 204). El procesador 106 calcula esta activación utilizando valores históricos almacenados en la memoria 112, así como la información de tiempo del reloj 110.

Luego, el dispositivo inalámbrico 14 entra en un modo de reposo de corta duración mientras el mensaje es transmitido al nodo 16 de dispositivo y procesado en el mismo (etapa 206). El procesador 106 ajusta un temporizador de activación para el momento $t_{bActivación}$ de activación de recepción de baliza. Durante el reposo de corta duración, que generalmente dura menos de un intervalo T_b de baliza, se almacena en la memoria intermedia del punto 12 de acceso una respuesta del nodo 16 de dispositivo. En el modo de reposo, la antena 102 y el transceptor 104 no reciben alimentación, pero el reloj 110 permanece activo de forma continua.

El dispositivo inalámbrico 14 se activa cuando el reloj 110 indica que ha llegado el momento $t_{bActivación}$ de activación de recepción de baliza (etapa 208). Entonces, el dispositivo inalámbrico 14 está atento a una baliza y recibe paquetes almacenados en la memoria intermedia del punto 12 de acceso. Cuando se recibe la baliza por medio de la antena 102 y el transceptor 104, se registra el momento real de recepción de baliza local y se calculan y almacenan un término Δ_{error} de error y un error E de sincronización, como se ha descrito anteriormente con respecto a la FIGURA 3. Luego se procesa la baliza para determinar si hay algún mensaje en espera para el dispositivo inalámbrico 14 en la memoria intermedia del punto 12 de acceso (etapa 210). Si hay un mensaje en espera, el dispositivo inalámbrico 14 recupera este mensaje (etapa 212). Si no hay ningún mensaje en espera almacenado en la memoria intermedia, o una vez recuperado el mensaje almacenado en la memoria intermedia, el sistema de programación de la presente invención se prepara para un modo de reposo de larga duración calculando los siguientes momentos de activación de recepción de baliza o de transmisión (etapa 214). Estos momentos de activación se calculan utilizando el momento real t_{bReal} de recepción de baliza registrado o el término Δ_{error} de error, parámetros específicos de la aplicación, tales como el intervalo de enlace y/o de latido, y un historial de balizas almacenado en la memoria 112, como se describe posteriormente con respecto a la FIGURA 6. Luego, el procesador 106 ajusta un temporizador de activación, como en la etapa 204. Finalmente, el dispositivo inalámbrico 14 entra en un modo de reposo de larga duración, desde el cual se activará en la etapa 202 al repetirse el ciclo del procedimiento 200 (etapa 216).

Aunque el procedimiento 200 incluye las etapas 202, 204 y 206 relacionadas con la transmisión, estas etapas pueden omitirse si no es necesaria una transmisión antes de recibir una baliza. Por consiguiente, el temporizador de activación puede ajustarse para un momento $t_{bActivación}$ de activación de recepción de baliza en lugar de para un momento $t_{tActivación}$ de activación de transmisión en la etapa 214, de tal manera que a la etapa 216 le siga inmediatamente la etapa 208, en lugar de la etapa 202. De manera similar, puede esperarse o no una respuesta después de la transmisión de un mensaje desde la antena 102 del dispositivo inalámbrico 14. Si no se espera ninguna respuesta, es posible saltarse las etapas 204, 206, 208, 210 y 212, de tal manera que a la etapa 202 le siga inmediatamente la etapa 214. En algunos casos, el siguiente momento de activación programado en la etapa 214 puede ser una activación para una actividad específica de la aplicación.

El procedimiento 200 calcula momentos de activación en las etapas 204 y 214 basándose en un historial de balizas procedente de la memoria 112. Los temporizadores de activación se ajustan utilizando una estimación de deriva de reloj, como se describe posteriormente con respecto a la FIGURA 6. Esto permite sincronizar los momentos de activación para recibir o evitar balizas, según sea necesario, con el fin de reducir el consumo de energía.

La FIGURA 6 representa componentes lógicos del sistema de programación utilizado por el dispositivo inalámbrico 14 para ajustar el momento $t_{tActivación}$ de activación de transmisión, describiendo las etapas 204 y 218. Incluye un reloj 110, un transceptor 104, un procesador 106, una memoria 112 y un temporizador 120 de activación. El procesador 106 incluye un medidor 114 de error, un estimador 116 de deriva de reloj y un programador 118, que pueden ser funciones lógicas realizadas por un microprocesador o ser componentes electrónicos discretos.

Como se ha descrito anteriormente, el reloj 110 es un cronómetro de bajo consumo, el transceptor 104 es un transductor de datos y la memoria 112 es un elemento de almacenamiento de memoria con capacidad de supervivencia al modo de reposo. El medidor 114 de error es un componente lógico que lleva a cabo operaciones aritméticas para determinar el término Δ_{error} de error y otra información relacionada con discrepancias entre los momentos previstos y reales de llegada de baliza, tal como información sobre una recepción de baliza accidental durante el envío del paquete de enlace (descrita posteriormente con mayor detalle). El estimador 116 de deriva de reloj es un componente lógico que estima la deriva de reloj basándose en un historial registrado en la memoria 112 y la salida del medidor 114 de error, que incluye el término Δ_{error} de error. El programador 118 es un componente lógico que mapea con relación a momentos de activación la estimación de deriva de reloj producida por el estimador 116 de deriva de reloj. Este momento se utiliza para ajustar el temporizador 120 de activación. El temporizador 120 de activación puede ser un temporizador de referencia en comparación con el reloj 110, un reloj de cuenta atrás separado o cualquier componente funcionalmente análogo capaz de disparar una activación después de un tiempo especificado.

El medidor 114 de error lee el reloj 110 y comunica el momento real t_{bReal} de recepción de baliza cada vez que se recibe una baliza. El medidor 114 de error compara el momento real t_{bReal} de llegada de baliza con el momento $t_{bActivación}$ de activación de recepción de baliza (calculado durante una repetición previa utilizando el intervalo de

medición y/o los términos E y Δ_{error} de error. Estos términos de error reflejan la desincronización entre el punto 12 de acceso y el dispositivo inalámbrico 14. En algunas realizaciones de la presente invención, este valor de error de baliza puede estar almacenado en la memoria 112). Además, cada baliza lleva una marca de tiempos que indica el momento –según el punto 12 de acceso– en el que se envió la baliza. Este valor de marca de tiempos es generalmente un múltiplo entero del intervalo de baliza T_b , pero a veces puede estar modificado por un retardo causado por un canal ocupado, o por un error de desplazamiento estático debido a un error de implementación en el punto 12 de acceso. Los valores de marca de tiempos de balizas consecutivas están separados generalmente por el intervalo T_b de baliza. Sin embargo, en ciertas circunstancias, las señales de baliza pueden perderse. El medidor 114 de error reconoce cuándo se ha perdido una baliza comparando el valor de marca de tiempos con un valor previsto, corrigiendo el término Δ_{error} de error para la pérdida de baliza.

El estimador 116 de deriva de reloj produce una estimación en cuanto a la deriva neta de reloj del punto 12 de acceso en relación con el dispositivo inalámbrico 14. Si los índices de deriva de reloj del punto 12 de acceso y el dispositivo inalámbrico 14 fueran constantes, la deriva neta de reloj a lo largo de un periodo de tiempo sería simplemente el índice de deriva neta de reloj multiplicado por la duración del periodo. Sin embargo, en la práctica, los relojes del punto 12 de acceso y del dispositivo inalámbrico 14 (tal como el reloj 110) cuentan el tiempo a velocidades que pueden variar sobre la base de parámetros tales como la temperatura y la antigüedad de los componentes. Como resultado de ello, el índice de deriva neta de reloj entre el punto 12 de acceso y el dispositivo inalámbrico 14 fluctúa con el tiempo. Sin embargo, el índice de deriva neta de reloj no cambia rápidamente de forma arbitraria y los índices de deriva de reloj anteriores son indicativos de los índices de deriva probables y las velocidades de cambio de los índices de deriva en el futuro.

El estimador 116 de deriva de reloj produce estimaciones de deriva de reloj basándose en el término Δ_{error} de error y otra información proporcionada por el medidor 114 de error, así como valores históricos recuperados de la memoria 112. Esta deriva de reloj incluye el índice de deriva de reloj, la corrección X de sincronización, y puede incluir otros valores correspondientes al grado de deriva relativa de reloj entre el dispositivo inalámbrico 14 y el punto 12 de acceso, así como un periodo Δ_{du} de encendido. Los valores históricos pueden ser errores de baliza anteriores, estimaciones de deriva de reloj anteriores, o ambos. En algunas realizaciones, el estimador 116 de deriva de reloj produce una nueva estimación de deriva de reloj actualizando una estimación de deriva de reloj anterior de acuerdo con el nuevo error de baliza, utilizando una función de filtro tal como un filtro adaptativo de mínimos cuadrados promedio (LMS, por sus siglas en inglés), un filtro de paso bajo u otro estimador estadístico conocido. En algunas realizaciones, el estimador 116 de deriva de reloj estima la deriva a partir de un promedio (u otra función útil tal como una extrapolación lineal) del error de baliza o un promedio de la deriva de reloj en los últimos N errores de baliza o ajustes de deriva de reloj. El estimador 116 de deriva de reloj puede almacenar la nueva estimación de deriva de reloj resultante en la memoria 112 para un uso posterior. El estimador 116 de deriva de reloj reconoce un error estático y retardos relacionados con el tráfico en el valor de marca de tiempos procedente del punto 12 de acceso y adapta los retardos debidos a *software* o *hardware* en el punto 12 de acceso, el dispositivo inalámbrico 14 o el nodo 16 de dispositivo restando de la siguiente activación un tiempo de procesamiento adecuado.

El dispositivo inalámbrico 14 se activa a intervalos de latido, como se ha descrito previamente con respecto a la técnica anterior. En lugar de utilizar un intervalo de latido constante, el dispositivo inalámbrico 14 programa la activación de latido de tal manera que las transmisiones de paquetes se realicen lo más alejadas posible de los momentos de llegada de baliza previstos y los correspondientes momentos $t_{\text{bActivación}}$ de activación de baliza. El mismo procedimiento puede aplicarse a mensajes de enlace. En una realización, cada momento $t_{\text{tActivación}}$ de activación de transmisión se programa para que se dé durante la primera mitad del intervalo T_b de baliza. Como se ha descrito anteriormente, el dispositivo inalámbrico 14 puede volver a un modo de reposo inmediatamente después de transmitir un paquete. Aunque el momento $t_{\text{tActivación}}$ de activación de transmisión está programado lo más alejado posible del momento $t_{\text{bActivación}}$ de activación de recepción de baliza, existe la posibilidad de que se reciba una baliza durante una activación de transmisión, por ejemplo si un paquete debe retransmitirse debido a una corrupción del paquete o debido a otros retardos del sistema o implementaciones erróneas. Tales acontecimientos inesperados de recepción de baliza pueden tener como resultado que el dispositivo inalámbrico 14 se resincronice inesperadamente con el punto 12 de acceso, con el resultado de una estimación incorrecta de la deriva de reloj. El estimador 116 de deriva de reloj analiza valores de marca de tiempos de baliza para compensar términos E o Δ_{error} de error para una recepción no intencionada de baliza graduando una estimación de deriva de reloj de acuerdo con el tiempo entre el último de tales acontecimientos y el siguiente momento $t_{\text{bActivación}}$ de activación de recepción de baliza previsto, en relación con la última medición de error. Los errores de desplazamiento estático con respecto a valores de marca de tiempos de baliza pueden reconocerse y eliminarse con, por ejemplo, un filtro digital.

La estimación de deriva de reloj producida por el estimador 116 de deriva de reloj es utilizada por el programador 118 para ajustar momentos de activación (es decir $t_{\text{bActivación}}$ y $t_{\text{tActivación}}$) en temporizadores 120 de activación. Los momentos de activación se determinan utilizando la estimación de deriva de reloj proporcionada por el estimador 116 de deriva de reloj. De este modo, la activación del dispositivo inalámbrico 14 está programada para minimizar el tiempo invertido en estar atento o transmitir y por lo tanto ahorra energía de la fuente 100 de alimentación.

5 El dispositivo inalámbrico 14 utiliza un sistema de programación de activación que estima momentos de transmisión de baliza basándose en datos históricos almacenados en una memoria con capacidad de supervivencia al modo de reposo. Utilizando este sistema, el dispositivo inalámbrico 14 es capaz de programar momentos de activación para la recepción de baliza muy próximos a los momentos reales de transmisión de baliza, limitando así la energía consumida para alimentar el dispositivo inalámbrico 14. De manera similar, este sistema permite al dispositivo inalámbrico 14 programar momentos de activación para transmisiones para evitar la baliza, reduciendo así la probabilidad de un retardo o una retransmisión y ahorrando así energía. En una realización, la activación y la transmisión pueden suceder debido a acontecimientos no planeados, de tal modo que no es posible realizar una programación para tales activaciones. En tal caso, si se prevé la recepción de un paquete, según el anterior valor de deriva de reloj almacenado, es posible predecir el siguiente momento de llegada de baliza a partir del número de intervalos de baliza que hayan pasado durante el periodo entre el momento de recepción de baliza anterior y el momento de activación no planeada.

15 Aunque la invención se ha descrito con referencia a una o varias realizaciones ejemplares, los expertos en la técnica entenderán que pueden realizarse diversos cambios y que es posible sustituir elementos de las mismas por equivalentes sin apartarse del alcance de la invención. Además, pueden realizarse muchas modificaciones para adaptar una situación o un material concretos a las enseñanzas de la invención sin apartarse del alcance esencial de la misma. Por lo tanto, la intención es que la invención no esté limitada a la o las realizaciones concretas divulgadas, sino que la invención incluya todas las realizaciones que entren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

20

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo inalámbrico (14) que comprende:
- 5 un transceptor (104) para transmitir mensajes a un punto (12) de acceso y recibir mensajes del mismo, teniendo el dispositivo inalámbrico (14) un modo de reposo desde el cual se activa ocasionalmente o periódicamente en momentos de activación para estar atento a balizas procedentes del punto (12) de acceso;
- un procesador (106) que está configurado para enviar y/o recibir datos a y/o de un nodo (16) de dispositivo externo a través del transceptor (14) y el punto (12) de acceso; y
- un sistema de programación que está configurado para programar cada momento de activación de acuerdo con datos históricos de recepción de balizas, en donde
- 10 el sistema de programación está configurado para activar con regularidad el dispositivo inalámbrico (14) desde el modo de reposo en momentos de activación de transmisión para transmitir mensajes de enlace al dispositivo de punto (12) de acceso con el fin de permanecer en la red; y
- cada vez que se transmite un mensaje de enlace, el sistema de programación está configurado para seleccionar momentos de activación de transmisión de tal manera que no coincidan con momentos de transmisión de baliza.
- 15 2. El dispositivo inalámbrico (14) según la reivindicación 1, en donde el transceptor (104) está desactivado durante el modo de reposo.
3. El dispositivo inalámbrico (14) según la reivindicación 1, en donde el sistema de programación programa momentos de activación para recepción de baliza de manera que éstos se den inmediatamente antes de las transmisiones de baliza previstas.
- 20 4. El dispositivo inalámbrico (14) según la reivindicación 1, en donde el sistema de programación comprende un estimador (116) de deriva de reloj que determina una deriva de reloj prevista a partir de un error de sincronización calculado con cada recepción de baliza.
5. El dispositivo inalámbrico (14) según la reivindicación 4, en donde el programador diferencia entre un error de sincronización debido a una deriva de reloj y errores no relacionados con la deriva, tales como un error estático en un valor de marca de tiempos procedente del punto (12) de acceso, retardos causados por tráfico inalámbrico de mensajes y retardos por *software* o *hardware*.
- 25 6. El dispositivo inalámbrico (14) según la reivindicación 4, en donde el error de sincronización se determina a partir de una diferencia entre un momento de llegada de baliza y el momento de activación.
7. El dispositivo inalámbrico (14) según la reivindicación 4, en donde los datos históricos de sincronización de baliza comprenden valores de deriva de reloj previstos anteriores o valores de error de sincronización anteriores.
- 30 8. Un sistema inalámbrico (10) que comprende:
 un dispositivo de punto (12) de acceso que periódicamente transmite balizas a una red y que está conectado a un nodo (16) de dispositivo; y
 un dispositivo inalámbrico (14) según una de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo el dispositivo inalámbrico (14) además:
 un temporizador (102) de dispositivo; y
 un sistema de programación que ajusta un momento de activación en el temporizador (102) de dispositivo antes de que el transceptor (104) entre en el modo de reposo, siendo el momento de activación un momento en el que el transceptor (104) se activa del modo de reposo al modo activo.
- 35 9. El sistema inalámbrico (10) según la reivindicación 8, en donde:
 el dispositivo inalámbrico (14) se activa con regularidad a intervalos de latido para llevar a cabo tareas de la aplicación y transmitir paquetes; y
 el sistema de programación selecciona momentos de activación de tal manera que el envío de paquetes no coincida con momentos de transmisión de baliza.
- 40 10. Un procedimiento para sincronizar un dispositivo inalámbrico (14) según cualquiera de las reivindicaciones 1-7 con un punto (12) de acceso que transmite balizas con marca de tiempos, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas que han de ser ejecutadas por el dispositivo inalámbrico (14):
- 45

- comunicar un momento de recepción cuando el transceptor (104) recibe la baliza;
- comunicar un momento de marca de tiempos leído de la baliza;
- determinar un error de baliza a partir del momento de recepción, el momento de activación y el momento de marca de tiempos;
- 5 estimar una deriva neta de reloj a partir del error de baliza y un historial de balizas;
- programar un siguiente momento de activación de recepción de baliza utilizando la deriva neta de reloj; y ajustar un temporizador (102) de dispositivo de activación para el siguiente momento de activación; y
- seleccionar momentos de activación de transmisión para transmitir mensajes de enlace del dispositivo inalámbrico (14) al punto (12) de acceso de manera que no coincidan con momentos de transmisión de baliza.
- 10 11. El procedimiento según la reivindicación 10, que comprende además las siguientes etapas que han de ser ejecutadas por el dispositivo inalámbrico (14):
- almacenar el error de baliza en una memoria (112) con capacidad de supervivencia al modo de reposo,
- incluyendo el historial de balizas al menos un valor de error de baliza anterior; y/o
- almacenar la deriva neta de reloj estimada en la memoria (112) con capacidad de supervivencia al modo de reposo,
- 15 incluyendo el historial de balizas al menos una deriva neta de reloj estimada anterior.
12. El procedimiento según la reivindicación 10, en donde determinar el error de baliza comprende calcular una diferencia entre el momento de recepción de baliza y el momento de activación.
13. El procedimiento según la reivindicación 12, en donde determinar el error de baliza comprende además detectar una recepción de baliza no planeada a partir del momento de marca de tiempos y ajustar el error de baliza para compensar la recepción de baliza no planeada.
- 20 14. El procedimiento según la reivindicación 10, en donde estimar una deriva neta de reloj comprende actualizar un valor de deriva neta de reloj anterior de acuerdo con información histórica de errores de baliza y aplicar filtros digitales:
- o aplicar un filtro digital en el error de baliza y una pluralidad de errores de baliza anteriores.
- 25 15. El procedimiento según la reivindicación 10, en donde el momento de marca de tiempos de baliza se ajusta utilizando un filtro digital para corregir un desplazamiento estático.

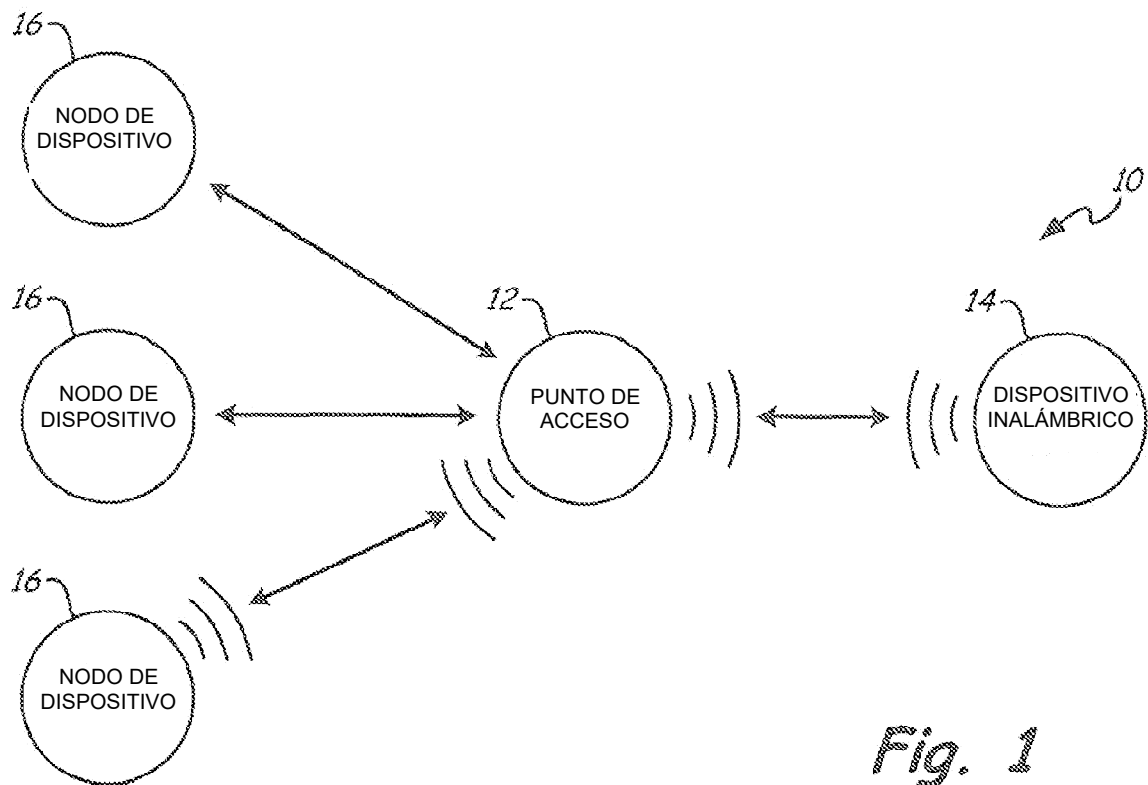


Fig. 1

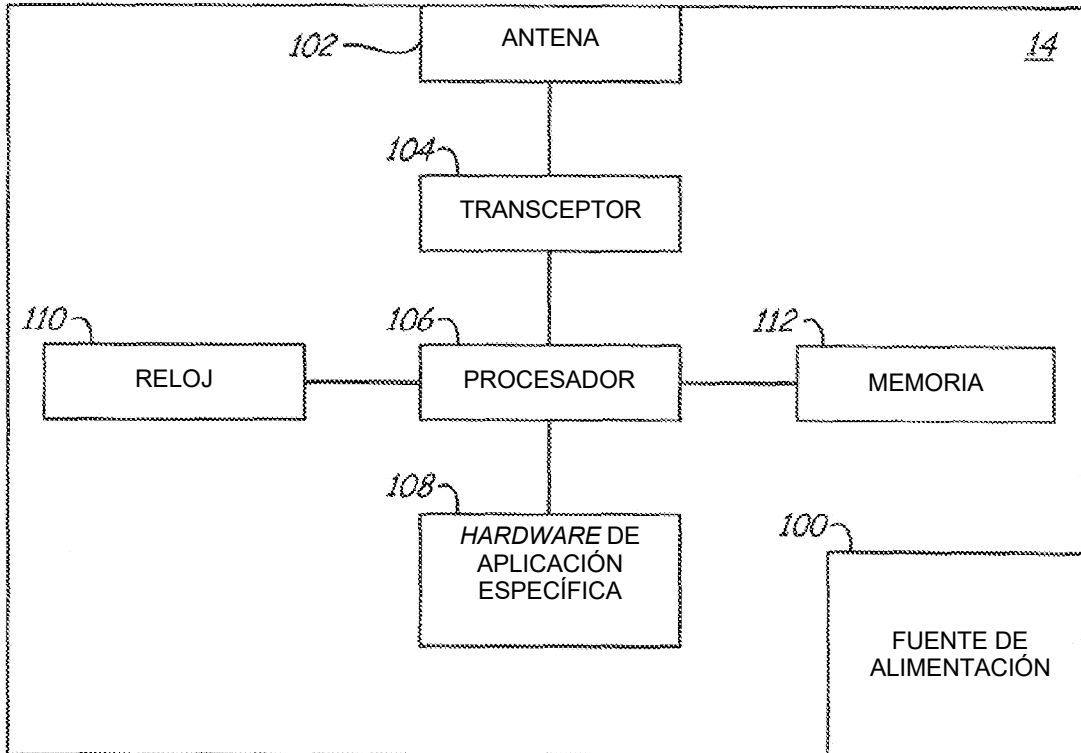


Fig. 2

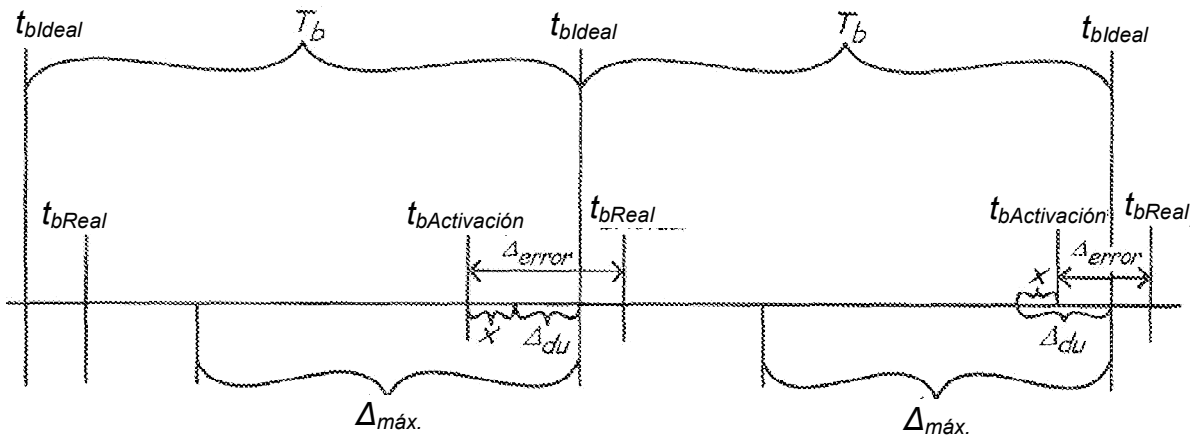


Fig. 3

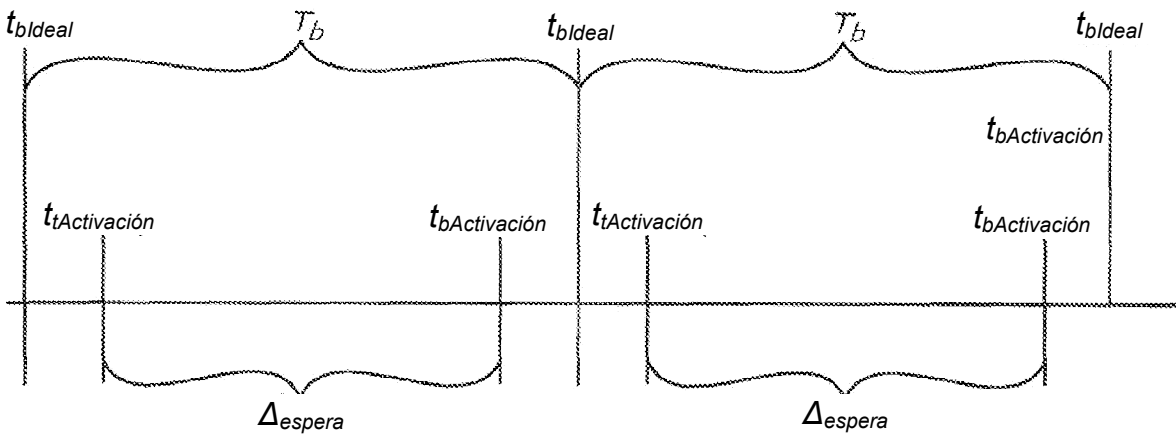


Fig. 4

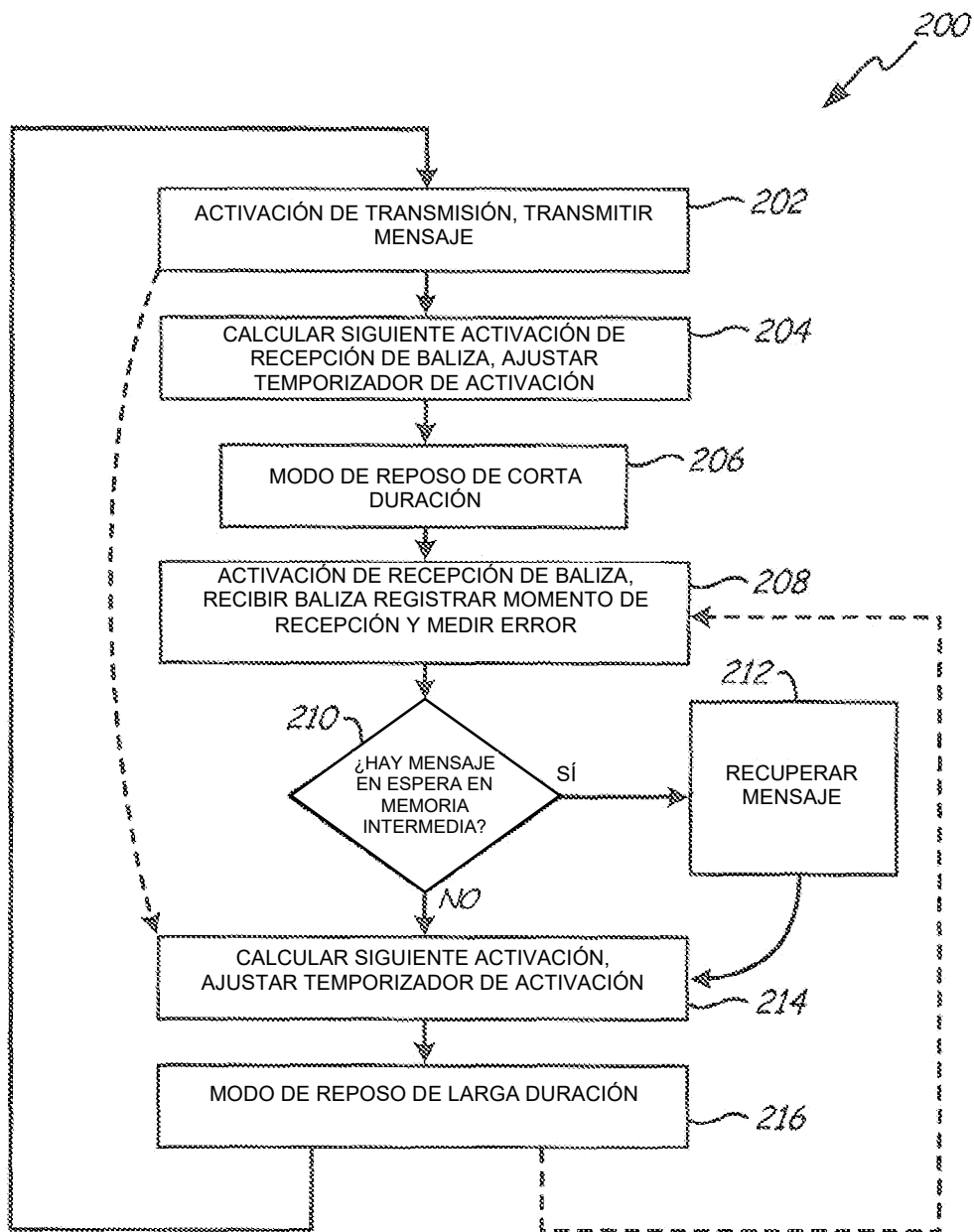


Fig. 5

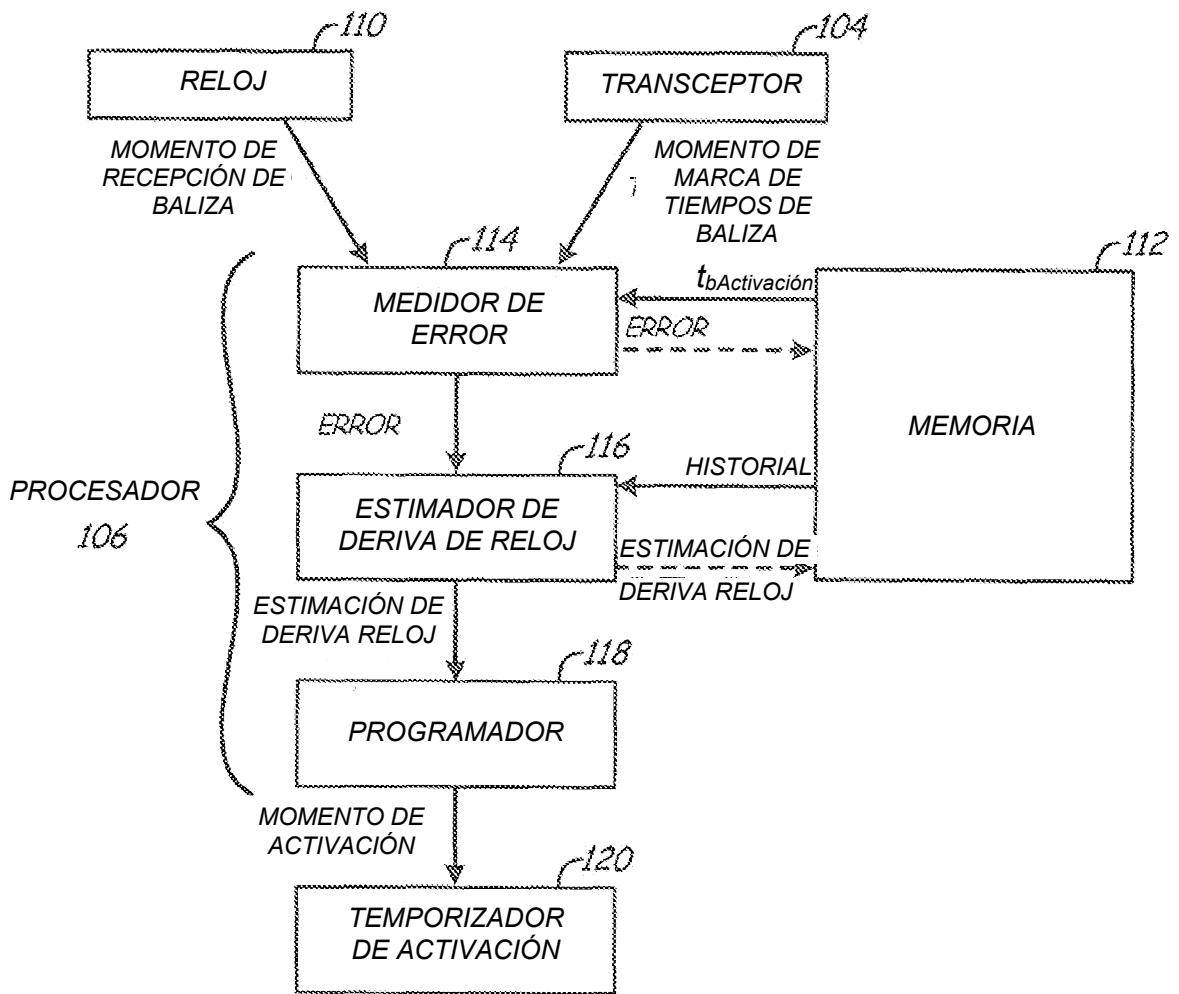


Fig. 6