

19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 598 169**

21 Número de solicitud: 201631001

51 Int. Cl.:

**H04W 52/02** (2009.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**22.07.2016**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**25.01.2017**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

**17.08.2017**

Fecha de concesión:

**22.08.2017**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**29.08.2017**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (85.0%)  
Parque Científico Universidad Carlos III Leganés  
Tecnológico Avda. Gregorio Peces Barba, 1  
28919 LEGANES (Madrid) ES y  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA (15.0%)**

72 Inventor/es:

**AZCORRA SALOÑA, Arturo;  
ÚCAR MARQUÉS, Iñaki;  
GRINGOLI, Francesco;  
BANCHS ROCA, Albert y  
SERRANO YÁÑEZ-MINGOT, Pablo**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

54 Título: **Método de ahorro de energía basado en microapagados para un dispositivo inalámbrico en una red de telecomunicación**

57 Resumen:

Método de ahorro de energía basado en microapagados para un dispositivo inalámbrico en una red de telecomunicación.

La presente invención se refiere a un método de ahorro de energía para un dispositivo inalámbrico en una red de telecomunicación. El método comprende: recibir al menos una parte de una transmisión de datos con información de duración, dirección de destino y dirección del transmisor de dicha transmisión; determinar el cumplimiento de un conjunto de condiciones, que al menos comprende determinar, de acuerdo a la dirección de destino, que la transmisión no está dirigida al dispositivo; en caso de que se cumplan dichas condiciones, determinar si una suma de tiempos supera un tiempo mínimo de apagado establecido previamente de acuerdo a unas limitaciones hardware del dispositivo, donde dicha suma de tiempo comprende al menos un contador fijado de acuerdo a la información de duración; y en caso de que la suma sea superior a dicho tiempo mínimo, realizar un microapagado del dispositivo con una duración igual al valor de dicha suma de tiempos.

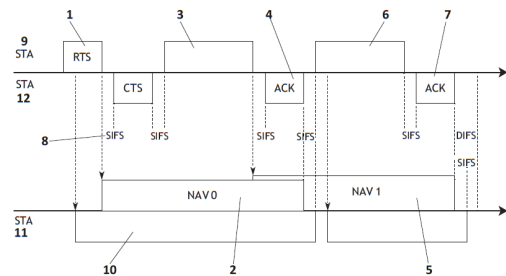


FIG. 1

## DESCRIPCIÓN

Método de ahorro de energía basado en microapagados para un dispositivo inalámbrico en una red de telecomunicación

5

### CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

La presente invención tiene aplicación en el campo de la eficiencia energética y más específicamente en los métodos de ahorro de energía para dispositivos inalámbricos conectados en una red de telecomunicación, como por ejemplo redes 802.11, recurriendo a la gestión de microapagados.

10

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Actualmente, IEEE 802.11 es el estándar *de facto* para el acceso a Internet de banda ancha. Su evolución es constante y con las últimas actualizaciones 802.11ac se posibilita alcanzar velocidades del orden de Gigabit a las redes de área local inalámbricas (WLAN). No obstante, la eficiencia energética se mantiene como uno de sus principales problemas debido al mecanismo CSMA intrínseco, el cual fuerza a las tarjetas inalámbricas a permanecer activas, escuchando el canal en reposo.

20

El estado del arte ha afrontado este problema, que afecta principalmente a los dispositivos alimentados por baterías, desde varias perspectivas y ofrece algunas soluciones que tratan de paliarlo. Una de estas soluciones es el modo Power Save (PS), ampliamente desplegado en tarjetas inalámbricas comerciales, aunque soportado de manera irregular por los *drivers* de estas. Mediante este mecanismo, una estación (STA) puede entrar en estado *durmiente* (o en inglés "*modo sleep*") durante largos periodos de tiempo, previa notificación al punto de acceso de la red (AP), si no tiene nada para transmitir. Mientras tanto, los paquetes dirigidos a esta estación durmiente son guardados por el AP y señalizados en el Traffic Indication Map (TIM) que viaja en cada *beacon*. Desde el punto de vista del hardware, este mecanismo requiere soporte para dos modos de operación: *activo* y *durmiente*. Este modo durmiente se implementa en la circuitería usando una señal de reloj secundaria de baja frecuencia, con lo que el mecanismo PS reduce dramáticamente el consumo de una tarjeta inalámbrica. Sin embargo, la contraparte es que, dado que la tarjeta pasa cientos de milisegundos apagada, el usuario experimenta una degradación importante del rendimiento de la conexión debido a los retardos que se introducen.

30

35

Realmente, resulta complicado explotar oportunidades de ahorro energético en un protocolo CSMA sin perturbar su funcionamiento, ya que las estaciones necesitan estar todo el tiempo escuchando de forma pasiva por si recibiesen un paquete. Pero a medida que la red se va saturando, esta *escucha pasiva* se convierte en *escucha activa* de paquetes dirigidos a otras  
5 estaciones, llamada “sobreescucha” (*overhearing*), y dichas transmisiones suponen una oportunidad para ahorrar energía.

De acuerdo a estos dos modos operacionales (activo y durmiente) comentados anteriormente, es obvio que cuanto más tiempo pasa una tarjeta en modo durmiente, más  
10 ahorro produce. Algunas de las soluciones del estado del arte intentan *anticipar* el modo PS realizando predicciones del tráfico. Por ejemplo, detectando intervalos cortos de inactividad (<100 ms) y poniendo la interfaz en modo PS hasta la llegada de la siguiente trama según la predicción realizada. Estos mecanismos implican una granularidad muy pobre (decenas de milisegundos) y producen degradación del rendimiento por pérdida de tramas (debido a  
15 predicciones erróneas), por lo que únicamente es aplicable a escenarios de baja carga.

Otras soluciones afrontan el problema desde una perspectiva diferente, donde se reduce la frecuencia de reloj de la tarjeta de manera adaptativa durante los periodos de inactividad, y vuelve a frecuencia máxima cuando se detecta una trama. Para conseguir esto, es  
20 necesario modificar la capa física (PHY) de 802.11 para incluir un mecanismo de operación a baja frecuencia de reloj. Sin embargo, dado que se continúan recibiendo las tramas dirigidas a otras estaciones, solo tiene buen rendimiento en escenarios de baja carga. Adicionalmente, la reducción de la frecuencia de reloj para implementar estos mecanismos está limitada y, por tanto, no produce una gran ganancia en energía comparado con el modo  
25 durmiente de las tarjetas actuales.

Una vía más, que ha sido explorada en el estado del arte, propone estudiar las oportunidades de microapagado. Para ello, se usa el mecanismo virtual de detección de portadora de 802.11 con propósitos de ahorro energético y, básicamente, una estación  
30 duerme cuando el Network Allocation Vector (NAV) o el contador de backoff tienen un valor superior a cero. Desafortunadamente, no se tienen en cuenta las restricciones temporales de las tarjetas ni su funcionamiento real. Además, el apagado durante la ventana de backoff rompe con el funcionamiento de 802.11: la estación debe escuchar el canal durante cada ranura de tiempo de backoff y, si otra estación accede al canal en primer lugar, el  
35 contador de backoff debe parar para recibir la trama y reanudarse después.

- Otro acercamiento al problema del *overhearing* comprueba la MAC de destino de una trama entrante, donde la tarjeta inalámbrica pasa a estado durmiente durante la duración de dicha trama si está dirigida a otra estación. Se asume así, un tiempo de apagado instantáneo y que el tiempo requerido para volver a modo activo es equivalente a un Short Interframe Space (SIFS), además de proponer un nuevo formato de trama con un nuevo Frame Check Sequence (FCS) destinado a cubrir la cabecera MAC únicamente. Así, estas soluciones no son compatibles con el estándar y además introducen innecesariamente sobrecarga en el protocolo.
- 5
- 10 Según lo expuesto anteriormente, las soluciones hasta ahora conocidas por el estado de la técnica abordan el problema de la eficiencia energética planteando distintas soluciones para gestionar los modos activo y durmiente, pero de una manera poco realista que, o bien sacrifica el rendimiento y se dirige a escenarios con poca carga, o bien rompe con el funcionamiento de 802.11 y arriesga la pérdida de tramas. Por tanto, sería deseable una
- 15 solución que explotase las oportunidades de microapagado de las tarjetas inalámbricas en entornos reales, saturados y con ráfagas de tramas, pero manteniendo la compatibilidad con 802.11 y el estándar CSMA.

### **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

- 20 La presente invención resuelve los problemas mencionados anteriormente aprovechando el tiempo de sobreescucha inherente al protocolo CSMA para realizar microapagados del dispositivo inalámbrico inferiores al milisegundo. Para ello, en un primer aspecto de la invención, se presenta un método de ahorro de energía para un dispositivo inalámbrico en una red de telecomunicación que comprende los siguientes pasos:
- 25 a) recibir, en dicho dispositivo inalámbrico, al menos una parte de una transmisión de datos, donde dicha parte comprende información de duración, dirección de destino y dirección del transmisor de dicha transmisión;
- b) determinar el cumplimiento de un conjunto de condiciones, donde dicho conjunto al menos comprende determinar, de acuerdo a la dirección de destino, que la transmisión
- 30 no está dirigida al dispositivo;
- c) en caso de que se cumplan las condiciones del paso b), determinar si una suma de tiempos supera un tiempo mínimo de apagado establecido previamente de acuerdo a unas limitaciones hardware del dispositivo, donde dicha suma de tiempo comprende al menos un contador fijado de acuerdo a la información de duración;

d) en caso de que la suma sea superior a dicho tiempo mínimo, realizar un microapagado del dispositivo con una duración igual al valor de dicha suma de tiempos.

Opcionalmente, la presente invención contempla que la suma de tiempos además  
5 comprenda un intervalo de tiempo mínimo entre tramas establecido previamente. Por ejemplo, de acuerdo al estándar 802.11, este tiempo se define como un SIFS.

La presente invención contempla diferentes momentos en lo que iniciar un microapagado. Una opción es esperar al final de la recepción de una primera trama para procesar la  
10 información y determinar realizar un microapagado de una duración de acuerdo a los pasos descritos anteriormente.

Alternativamente, una realización preferente de la invención contempla, una vez recibida la al menos una parte de la transmisión de datos que comprende los datos de la transmisión,  
15 con información de duración, dirección de destino y dirección del transmisor, ejecutar los pasos a)-d) sin esperar a que finalice la recepción del resto de la transmisión y donde la suma de tiempos del paso c) además comprende un tiempo adicional de recepción del resto de la transmisión.

De acuerdo a una de las realizaciones de la invención, el paso de determinar que la transmisión no está dirigida al dispositivo comprende comparar una dirección MAC de destino con una dirección MAC del dispositivo, donde la comparación se realiza eficientemente según se van recibiendo los bytes de la transmisión en el dispositivo, de forma que el primer byte diferente hace que se finalice la comparación.

25 El conjunto de condiciones, de acuerdo a una de las realizaciones de la invención, además comprende determinar que la red se encuentra en un período de contención. Opcionalmente, determinar que la red se encuentra en un período de contención puede basarse en determinar que la red no se encuentra en un período libre de contención, donde  
30 un período libre de contención está delimitado por una trama baliza de inicio y otra trama baliza final.

El conjunto de condiciones, de acuerdo a una de las realizaciones de la invención, además comprende determinar, de acuerdo a la dirección del transmisor, que la transmisión procede  
35 de la misma red a la que pertenece el dispositivo.

El conjunto de condiciones, de acuerdo a una de las realizaciones de la invención, además comprende determinar que los datos recibidos no son una trama CTS "clear to send".

5 El conjunto de condiciones, de acuerdo a una de las realizaciones de la invención, además comprende determinar si el contador fijado de acuerdo a la información de duración es menor o igual que un valor máximo de 32767 segundos.

10 En una de las realizaciones de la invención, la red de telecomunicación cumple con el estándar 802.11 y el contador del paso c) es un contador de ubicación de red (NAV) del dispositivo inalámbrico.

15 El tiempo mínimo de apagado, de acuerdo a una de las realizaciones de la invención, comprende: un tiempo mínimo de apagado que consume el dispositivo para apagarse desde que se le envía una instrucción de apagado; un tiempo mínimo de encendido que consume el dispositivo para encenderse desde que se le envía una instrucción de encendido; y un tiempo mínimo de preparación que consume el dispositivo para transmitir datos.

20 De acuerdo a una de las realizaciones de la invención, una vez que finaliza el microapagado, el método además comprende esperar al menos un intervalo de tiempo igual a un intervalo mínimo establecido para comprobar que un canal está libre, menos el intervalo mínimo establecido de tiempo entre tramas, antes de recibir una nueva transmisión. Por ejemplo, de acuerdo al estándar 802.11, esto es igual a un período de tiempo DIFS menos un intervalo mínimo SIFS.

25 Según una de las realizaciones de la invención, el dispositivo inalámbrico es una tarjeta inalámbrica con un microcontrolador configurado para realizar todos los pasos del método.

30 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un dispositivo inalámbrico de ahorro de energía en una red de telecomunicación, que comprende una tarjeta inalámbrica y un microprocesador configurado para: recibir al menos una parte de una transmisión de datos, donde dicha parte comprende información de duración, dirección de destino y dirección del transmisor de dicha transmisión; determinar el cumplimiento de un conjunto de condiciones, donde dicho conjunto al menos comprende determinar, de acuerdo a la dirección de destino, que la transmisión no está dirigida al dispositivo; en caso de que se cumplan las condiciones  
35 anteriores, determinar si una suma de tiempos supera un tiempo mínimo de apagado establecido previamente de acuerdo a unas limitaciones hardware del dispositivo, donde

dicha suma de tiempo comprende al menos un contador fijado de acuerdo a la información de duración; y en caso de que la suma sea superior a dicho tiempo mínimo, realizar un microapagado del dispositivo con una duración igual al valor de dicha suma de tiempos.

- 5 Un último aspecto de la invención se refiere a un programa informático caracterizado por que comprende medios de código de programa adaptados para realizar las etapas del método, cuando dicho programa se ejecuta en un procesador de propósito general, un procesador de señal digital, una FPGA, un ASIC, un microprocesador, un microcontrolador, o cualquier otra forma de hardware programable.

10

### **DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de figuras en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

- Figura 1.-** muestra el comportamiento de una tarjeta inalámbrica, de acuerdo a una de las realizaciones de la presente invención, ante una transmisión RTS/CTS.
- 20 **Figura 2.-** muestra en detalle las transiciones que impone el hardware en un microapagado.
- Figura 3.-** muestra la respuesta del hardware comercial ante eventos de encendido y apagado mediante una medición real del comportamiento esquematizado en la Figura 2.
- Figura 4.-** muestra la actividad agregada y normalizada para todas las estaciones involucradas en la transmisión según una simulación basada en el tráfico cursado en una
- 25 red real.
- Figura 5.-** muestra el consumo energético en mAh de acuerdo a la realización ilustrada en la figura 4.
- Figura 6.-** muestra la descomposición de la actividad por estación simultáneamente con el ahorro energético.
- 30 **Figura 7.-** muestra la energía  $E_{waste}$  para distintas combinaciones de  $\rho$  y  $t_{waste}$ .
- Figura 8.-** muestra la aplicabilidad en 802.11a para una transmisión típica (trama + ACK de respuesta) en términos del porcentaje de tamaños de trama que duran un mínimo de  $t_{sleep,min}$ , para casos con  $100 \mu s$ ,  $200 \mu s$  y  $300 \mu s$ .

35

**DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

Lo definido en esta descripción detallada se proporciona para ayudar a una comprensión exhaustiva de la invención. En consecuencia, las personas medianamente expertas en la técnica reconocerán que son posibles variaciones, cambios y modificaciones de las realizaciones descritas en la presente memoria sin apartarse del ámbito de la invención. Además, la descripción de funciones y elementos bien conocidos en el estado del arte se omite por claridad y concisión.

Por supuesto, las realizaciones de la invención pueden ser implementadas en una amplia variedad de plataformas arquitectónicas, protocolos, dispositivos y sistemas, por lo que los diseños e implementaciones específicas presentadas en este documento, se proporcionan únicamente con fines de ilustración y comprensión, y nunca para limitar aspectos de la invención.

La presente invención divulga un método de ahorro de energía en torno a la idea principal de poner la interfaz de un dispositivo inalámbrico, como una tarjeta inalámbrica, en modo durmiente durante aquellas transmisiones que van dirigidas a otras estaciones. El mecanismo propuesto aborda un escenario verdaderamente práctico en el que se aprovechan ventajosamente las oportunidades de microapagado que presentan las redes inalámbricas 802.11, donde es bien conocido que, dado al mecanismo CSMA intrínseco a 802.11, las estaciones reciben todas las tramas de su SSID o de otros en su mismo canal (incluso algunas tramas de canales adyacentes). Al recibir una trama, la estación comprueba el FCS (secuencia de verificación de trama o, en inglés "Frame Check Sequence") para detectar errores y entonces la descarta si no está dirigida a ella. En terminología 802.11, esta situación, se denomina sobreescucha (*overhearing*). Dado que el *overhearing* consume la energía correspondiente a la recepción de un paquete completo que no estaba dirigido a la estación, representa una fuente sustancial de ineficiencia energética. Por tanto, puede evitarse este consumo mediante microapagados que lleven a la tarjeta inalámbrica a un modo de baja energía durante la transmisión de dicha trama. De hecho, la cabecera física PLCP (del inglés "Physical Layer Convergence Procedure") lleva la información necesaria (tasa de envío y longitud) para conocer la duración de la unidad de datos de servicio PLCP (PSDU), que consiste en una trama MAC o un agregado de tramas. Los 10 primeros bytes de la trama MAC indican cuál es el receptor de dicha trama, por lo que una trama podría ser descartada pronto durante su recepción, y la estación podría entrar en estado durmiente si la circuitería es capaz de soportar apagados y encendidos en



periodos tan cortos.

La presente invención determina cuándo se pueden aprovechar las oportunidades de microapagado y utilizar la duración indicada por el contador NAV para extender la duración de los microapagados, al mismo tiempo que garantiza el funcionamiento de 802.11 y, por tanto, que no se pierden tramas.

802.11 implementa un mecanismo de detección virtual de portadora que reduce la necesidad de escuchar el canal. Con este mecanismo, una estación, una tarjeta o cualquier otro dispositivo inalámbrico configurado para ello, no solo es capaz de ocupar el canal durante la transmisión de la trama, sino que puede reservar el medio para un intercambio de mayor duración con otra estación. Por ejemplo, este intercambio puede incluir un acuse de recibo (ACK) enviado por el receptor, o varias tramas seguidas enviadas en un solo período de oportunidad de transmisión (TXOP). Para ello, las tramas MAC llevan un campo duración que actualiza el NAV (del inglés "Network Allocator Vector"), un contador que indica cuánto tiempo estará el canal ocupado por un intercambio iniciado por la trama actual. Este campo duración está incluido en los 10 primeros bytes de la cabecera MAC también. Por tanto, el NAV puede aprovecharse para extender la duración de los microapagados y, por tanto, alcanzar mayores ahorros energéticos, pero de acuerdo a la presente invención, las oportunidades para realizar los microapagados han de cumplir ciertos requisitos para un funcionamiento óptimo, lo que requiere un análisis de las capacidades del hardware de la tarjeta inalámbrica, así como un análisis pormenorizado de las implicaciones de las diversas decisiones de diseño.

De acuerdo a diferentes modos de operación de 802.11, la operación del NAV presenta ciertas particularidades. Por un lado, la "Función de coordinación distribuida" DCF (Distributed Coordination Function) es el mecanismo básico por el cual todas las estaciones emplean acceso múltiple con escucha de portadora y evasión de colisiones (CMA/CA), con un contador exponencial binario. En este esquema, el valor duración ofrece protección sencilla: el NAV protege hasta el final de una trama (datos, gestión) más cualquier paquete adicional (tramas de control). Por ejemplo, el ACK en respuesta a una transmisión o un mensaje de "listo para enviar" CTS (clear to send) + datos + ACK que sigue a una petición de envío RTS (request to send). En cambio, cuando se usa la "función de coordinación de punto" PCF (Point Coordination Function), el tiempo entre balizas (*beacons*) está dividido en periodos de contención y periodos libres de contención (CP y CFP respectivamente). El

punto de acceso (AP) comienza el CFP poniendo el valor duración en el *beacon* a su valor máximo (32.768). Entonces, el AP coordina la comunicación con las estaciones enviando tramas CF-poll. Como consecuencia, de acuerdo a la presente invención, una tarjeta no puede usar el NAV para extender un microapagado durante el CFP, porque debe permanecer en disposición de recibir un CF-poll, pero todavía puede dormir durante la duración de cada paquete.

Por otro lado, 802.11e introduce categorías de tráfico y una nueva familia de métodos de acceso llamada "Función de coordinación híbrida", HCF (Hybrid Coordination Function), que incluye el "Acceso de canal distribuido mejorado" EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) y el "Acceso de canal controlado HCF" HCCA. Estos dos métodos son las versiones con calidad de servicio de DCF y PCF respectivamente. Bajo EDCA, hay dos clases de valores duración: protección única, como en DCF, y protección múltiple, donde el NAV protege hasta el final de una secuencia de tramas en el mismo TXOP. HCCA funciona de manera similar a PCF, pero bajo HCCA, el punto de acceso da comienzo al CFP de manera dinámica. En el CFP, cuando el punto de acceso envía un CF-poll a una estación, pone el NAV de otras estaciones a un valor igual a TXOP, que depende de la categoría de tráfico. No obstante, si la estación termina de transmitir antes del final del TXOP, el punto de acceso puede reclamar ese tiempo reseteando el NAV del resto de estaciones con otro CF-poll. Como resultado, de acuerdo a la presente invención, el NAV no se puede usar, tampoco en esta familia de métodos de acceso, para extender un microapagado durante un CFP.

Por último, una situación adicional que la presente invención contempla como limitación para el uso del NAV se refiere a 802.11g, para interoperar con las redes 11b, se introducen las tramas CTS-to-self. Estas son tramas CTS estándar, transmitidas a una tasa heredada y no precedidas por un RTS, que son enviadas por una estación con destino ella misma para ocupar el canal antes de enviar otra trama. En este caso, una estación no puede saber cuál será el destino de la trama siguiente. Por tanto, las tarjetas inalámbricas, de acuerdo a la presente invención, no deben usar el campo duración de un CTS para realizar micropagados.

Teniendo en cuenta estas limitaciones, la presente invención, para garantizar que no se pierden tramas al introducir el método propuesto de ahorro energético, además contempla

los problemas de nodo oculto y efecto captura, ya que, aunque no están descritos por el estándar, son efectos bien conocidos y estudiados en la literatura que sí se producen inevitablemente en despliegues reales. El diseño del algoritmo que plantea la presente invención, de acuerdo a una de sus realizaciones, limita las oportunidades de microapagado de una tarjeta inalámbrica a los paquetes de su misma red.

Es bien conocido que una transmisión de alta potencia puede cegar totalmente otra con una relación señal a ruido (SNR) inferior. Teóricamente, dos estaciones ocupando el canal al mismo tiempo dan lugar a una colisión, pero en realidad, si la diferencia de potencia es suficientemente alta, una tarjeta inalámbrica es capaz de decodificar la trama de alta potencia perfectamente ignorando la otra transmisión. Básicamente, hay dos tipos de efecto captura dependiendo del orden de las tramas: si la trama de alta potencia comienza primero, la situación es equivalente a recibir una trama y algo de ruido a continuación, por lo que no afecta al comportamiento de una tarjeta que implemente el método de la presente invención. En el caso opuesto, la tarjeta receptora interrumpe la decodificación de la trama de baja potencia y pasa a decodificar la otra con más potencia. Si esta trama llega durante el PLCP de la primera, el método de la presente invención todavía no habrá tomado ninguna decisión, por lo que no se vería afectado. Sin embargo, dado que una transmisión de alta potencia puede cegar una de baja potencia en cualquier momento, incluso cuando la propia transmisión de datos (la trama MAC) ha comenzado, hay que considerar el escenario en el que una estación recibe tramas de baja potencia provenientes de redes lejanas. Si el punto de acceso no es capaz de ver dichas tramas, surge un problema de nodo oculto. Obviamente ninguna de esas tramas está dirigida a nuestra estación, pero si intentásemos ahorrar energía realizando microapagados durante esas transmisiones, se perderían potenciales transmisiones (de mayor potencia) provenientes de la propia red, dirigidas a ella y que sí iban a ser recibidas por efecto captura. Por tanto, el algoritmo de la presente invención contempla que, en condiciones de nodo oculto, podrían perderse tramas que sí se recibirían en condiciones normales y en consecuencia propone evitar los microapagados cuando los paquetes provienen de redes diferentes a la propia. Para descartar paquetes originados en otras redes, se comprueba el identificador de servicio básico BSSID en la dirección de destino para tramas dirigidas al punto de acceso. Así, si la trama fue enviada por un punto de acceso, solo es necesario mirar 6 bytes adicionales (en el peor caso), que están incluidos en la dirección del transmisor, lo que no implica necesariamente mayor tiempo de modulación. Por ejemplo, para tasas 11ag OFDM, esto implica 8  $\mu$ s adicionales a 6 y 9 Mbps, 4  $\mu$ s a 12, 18 y 36 Mbps, y ningún tiempo adicional a 24, 48 y 54 Mbps.

Reuniendo todas las limitaciones anteriores, una realización preferente de la presente invención, que añade también las restricciones temporales que impone el hardware real, ahorra energía, durante las transmisiones de la propia red en las que la estación no está involucrada, durmiendo durante los periodos de sobreescucha o, en inglés “*overhearing*” y  
 5 tomando ventaja del mecanismo NAV cuando es posible, lo que, tal y como se ha explicado anteriormente, se produce durante los periodos CP y evitando al mismo tiempo las tramas CTS.

Después de un microapagado, pueden suceder dos cosas:

- 10 • La tarjeta se despierta al final de un intercambio de tramas. Por ejemplo, tras datos + ACK. Todas las estaciones deben esperar un intervalo de espacio entre tramas DIFS antes de volver a contención.
- La tarjeta se despierta en mitad de un intercambio de tramas. Por ejemplo, tal y como se representa en la **figura 1**, una tarjeta (9) pretende establecer una  
 15 comunicación con una segunda tarjeta (12), para lo cual envía una petición de envío RTS (1) que también reciben otras tarjetas (11) que no son destinatarias de la comunicación, lo que supone fijar el contador NAV (2) hasta el final de un fragmento (3) más el ACK (4) y la tarjeta aprovecha para realizar un microapagado (10). Este primer fragmento fija el NAV (5) hasta el final del segundo fragmento (6) más el  
 20 correspondiente ACK (7), pero la tarjeta durmiente obviamente no lo ve. Una vez la tarjeta se despierta y vuelve al estado activo, se observa un periodo de silencio de duración correspondiente al mínimo intervalo entre tramas, SIFS (8), y después viene el segundo fragmento, el cual vuelve a fijar el NAV.

Esto implica que una estación puede permanecer en estado durmiente durante un SIFS  
 25 adicional, como muestra la Fig. 1, y esperar en modo activo durante un mínimo de un DIFS antes de volver a contención.

Hasta aquí, se ha descrito cuánto puede durar un microapagado. A continuación se describen las limitaciones que impone el hardware y que, de acuerdo a la presente  
 30 invención, son fundamentales para definir cómo de corto puede ser un microapagado, o, lo que es lo mismo, cuál es el mínimo periodo soportado por una tarjeta. Para este propósito, se definen a continuación los parámetros mostrados en la **figura 2**, donde el eje vertical es la potencia y el horizontal el tiempo:

$t_{off}$  (22): el tiempo requerido para pasar de modo activo (21) a dormido (20).

$t_{on}$  (23): el tiempo requerido para volver del modo dormido.

$t_{ready}$  (24) el tiempo requerido por la circuitería para estabilizarse y estar lista para transmitir o recibir paquetes.

5 A partir de estos parámetros, el tiempo mínimo,  $t_{sleep,min}$ , se calcula como:

$$t_{sleep,min} = t_{off} + t_{on} + t_{ready} \quad (1)$$

Los pasos del método que propone la presente invención pueden resultar más claros observando el algoritmo que, a modo de ejemplo, se incluye más abajo. Dicho algoritmo describe, de acuerdo a una de las realizaciones de la presente invención, el bucle principal del microcontrolador de una tarjeta inalámbrica que implementa dicha realización de la presente invención.

Una vez se han recibido los primeros 16 bytes de la trama, el receptor conoce la duración ( $t_{NAV}$ ), la dirección de destino ( $RA$ ) y la dirección del transmisor ( $TA$ ). Una de las realizaciones contempla que las direcciones MAC se comparen de manera eficiente conforme se reciben los bytes, de manera que el primer byte diferente (si el primer byte de  $RA$  tiene el bit de multidifusión (*multicast*) a cero, esto es,  $RA$  es unidifusión (*unicast*)) se lanza el procedimiento para entrar en modo durmiente (SET SLEEP). Adicionalmente, el bucle principal mantiene una variable global ( $C$ ) que indica si la red se encuentra en periodo de contención (CP) o no (CFP). La implementación, de acuerdo a una de las realizaciones de la invención, se basa en detectar las tramas baliza (beacon) que indican el comienzo y el final de cada CFP.

El procedimiento (llamado "SET SLEEP" en el algoritmo de ejemplo) para activar el modo durmiente y provocar un microapagado toma como entrada el tiempo restante hasta el final de la trama en el aire ( $t_{DATA}$ ) y el valor duración ( $t_{NAV}$ ). Este último solo se usa si se trata de un valor válido y además la red se encuentra en un periodo CP. Entonces, la tarjeta realiza un microapagado de duración  $t_{sleep} = t_{DATA} + t_{NAV} +$  un intervalo SIFS (siempre y cuando la suma total sea mayor que el tiempo mínimo de la tarjeta establecido anteriormente), espera a que se complete un intervalo DIFS y vuelve al bucle principal:

30

Algoritmo de ejemplo:

---

```

1: ...
2: global C ← true
5 3: loop
4: | ...
5: | while bytes remaining do
6: | | READ
7: | | if  $R_A = \text{BSSID OR } (T_A = \text{BSSID AND}$ 
10 | |  $R_A \text{ is other unicast MAC) then$ 
8: | | | SET SLEEP( $t_{\text{DATA}}, t_{\text{NAV}}$ )
9: | | end if
10: | end while
11: | CHECK FCS
15 | if is Beacon AND  $t_{\text{NAV}} > 0$  then
13: | | C ← false
14: | | else if is CF End then
15: | | C ← true
16: | | end if
20 17: | ...
18 end loop
19: procedure SET SLEEP( $t_{\text{DATA}}, t_{\text{NAV}}$ )
20: |  $t_{\text{sleep}} \leftarrow t_{\text{DATA}} + t_{\text{SIFS}}$ 
21: | if C AND is not CTS AND  $t_{\text{NAV}} \leq 32767$  then
25 22: | |  $t_{\text{sleep}} \leftarrow t_{\text{sleep}} + t_{\text{NAV}}$ 
23: | | end if
24: | | if  $t_{\text{sleep}} \geq t_{\text{sleep, min}}$  then
25: | | | SLEEP( $t_{\text{sleep}}$ )
26: | | | WAIT( $t_{\text{DIFS}} - t_{\text{SIFS}}$ )
30 27: | | | go to Main loop
28: | | | end if
29: | | go to Receiving loop
30: end procedure
35
```

---

Adicionalmente, la presente invención prescinde de mecanismos de redundancia cíclica para detectar errores, ya que el impacto de errores en los primeros 16 bytes de la cabecera MAC (los importantes para las decisiones del algoritmo que aprovechan las oportunidades de microapagado) no producen una degradación del rendimiento ni tasas de error (BER) mayores que las que se dan para condiciones de canal normales.

En cuanto a la parte hardware implicada, como se ha introducido anteriormente, la presente invención aprovecha ventajosamente las oportunidades de microapagado que ofrece una red 802.11 teniendo en cuenta algunas limitaciones que garantizan su mejor funcionamiento, pero además, las capacidades hardware del dispositivo inalámbrico utilizado son fundamentales para ajustar el algoritmo y conseguir su aplicación en escenarios reales, donde los tiempos de transición no deben ser despreciados. Los tiempos  $t_{off}$ ,  $t_{on}$  y  $t_{ready}$  son particulares para cada dispositivo, por lo que es necesario analizarlos experimentalmente para caracterizarlo.

A continuación, a modo de ejemplo, se describe un caso particular en el que se ha utilizado una tarjeta inalámbrica Atheros AR9280 Half-height Mini PCI Express, pero con cualquier otro modelo la caracterización se realizaría del mismo modo. En este caso se trata de una tarjeta 11abgn-capaz que soporta hasta 2 flujos espaciales y canales de 40 MHz (hasta 300 Mbps). Su reloj principal tiene una frecuencia de 44 MHz para canales de 20 MHz y de 88 MHz para canales de 40 MHz en la banda de 2.4 GHz, y de 40 MHz para canales de 20 MHz y de 80 MHz para canales de 40 MHz en la banda de 5 GHz. Este reloj se apaga completamente y da paso a uno secundario de 32 kHz al realizar la transición al modo de baja energía o modo durmiente.

Para proceder con la caracterización, la tarjeta se conecta a un ordenador a través de un adaptador flexible, por ejemplo un x1 PCI Express a Mini PCI Express de Amfeltec. Este adaptador conecta los canales de datos del bus para dispositivos periféricos (PCI) al ordenador y proporciona un conector de tipo ATX para su alimentación externa. El mismo ordenador contiene una tarjeta de adquisición (DAQ) multifunción de gran precisión, optimizada para una exactitud de 18 bits. Su resolución temporal es de 50 ns con una exactitud de 50 ppm. De esta forma, las operaciones enviadas a la tarjeta a través del ordenador y las medidas de energía hechas con la DAQ se pueden correlar utilizando la misma base de tiempos. La fuente de alimentación puede ser por ejemplo una de tipo Keithley 2304A de corriente continua, que está optimizada para testear dispositivos de comunicaciones inalámbricos que operan con baterías. La alimentación se produce a través de un circuito de medida que extrae el voltaje y convierte la corriente con una resistencia de medida de precisión y un amplificador. Considerando que la DAQ tiene cierto tiempo de estabilización, este se modela como una pequeña capacidad que actúa como filtro paso bajo. Por tanto, se establecen dos seguidores de voltaje como entrada a la DAQ para reducir la impedancia de salida del circuito de medida. Finalmente, ya con el montaje descrito, para obtener el mínimo tiempo de apagado ( $t_{sleep,min}$ ) soportado por la

tarjeta, se miden los parámetros toff, ton y tready definidos anteriormente y representados en la figura 2.

A continuación, desde el espacio de kernel se ejecutan los siguientes pasos para la caracterización de la tarjeta según este experimento:

- 5        1) Inicialmente, la tarjeta se encuentra en modo activo y conectada a un punto de acceso en modo 11a.
- 2) Se crea una conexión pura (Linux AF\_PACKET socket) y se prepara un pequeño paquete falso.
- 3) Se fuerza un apagado de la tarjeta mediante la escritura de un registro. Esta  
10        escritura se demuestra prácticamente instantánea en tiempo de kernel.
- 4) Se introduce un retraso de 60  $\mu$ s para dar tiempo a la tarjeta a reaccionar.
- 5) Se fuerza el encendido mediante la escritura de otro registro.
- 6) Se espera un tiempo configurable.
- 7) Se envía la trama falsa a bajo nivel, i.e., llamando a la función `ndo_start_xmit()`  
15        desde `net_device` directamente. De esta forma, se asegura que la ejecución es muy rápida.

La respuesta del hardware se muestra en la **figura 3**. Tal y como se aprecia, la tarjeta pasa 50  $\mu$ s consumiendo en modo activo desde que se lanza el evento de apagado hasta que realmente se apaga. El evento de encendido se lanza 10  $\mu$ s después. Y, de nuevo, la  
20        tarjeta necesita otros 50  $\mu$ s para volver a modo activo. Nótese que la transmisión del paquete se lanza justo tras el evento de encendido y que dicha transmisión dura muy poco tiempo en kernel (el tiempo de esas instrucciones se corresponde con el ancho del rectángulo “start\_xmit”). Pero, sorprendentemente, la tarjeta envía el paquete 200  $\mu$ s después de volver a modo active, aunque la trama estaba lista mucho antes.

25        Para entender las razones de este retraso en la transmisión, se realizan más experimentos en los que lanzar la trama con diferentes retardos, también representados en la misma **figura 3** para valores de retardo entre el evento de encendido y la transmisión del paquete de 0 (31), 200 (32) y 350 (33)  $\mu$ s, y la conclusión es que la tarjeta comienza a transmitir siempre en el mismo punto independientemente de cuándo se lanza la transmisión en  
30        espacio de kernel dentro de esos primeros 250  $\mu$ s tras el evento de encendido. Más allá de ese punto, la transmisión comienza de manera casi instantánea. Estos experimentos demuestran que esta tarjeta concreta necesita  $t_{ready} = 200 \mu$ s para volver a estar operativa.



En definitiva, esta caracterización muestran que, si queremos realizar un microapagado con esta tarjeta durante cierto tiempo  $t_{\text{sleep}}$ , debe tenerse en cuenta que soporta un tiempo mínimo  $t_{\text{sleep,min}}$  de  $300 \mu\text{s}$ . Por tanto, se debe satisfacer  $t_{\text{sleep}} \geq t_{\text{sleep,min}}$ , y la interrupción se tiene que programar para levantar la interfaz de nuevo  $250 \mu\text{s}$  antes del final del periodo de apagado.

Cabe destacar también, que la tarjeta malgasta energía durante un tiempo constante  $t_{\text{waste}}$ :

$$t_{\text{waste}} = t_{\text{off}} + t_{\text{ready}} \quad (2)$$

igual a  $250 \mu\text{s}$  también. Por tanto, el tiempo total que la tarjeta pasa en el estado de baja energía es  $t_{\text{sleep}} - t_{\text{waste}}$ .

Esta caracterización se ha realizado para una tarjeta en particular, pero el mismo proceso se puede repetir para cualquier otro dispositivo inalámbrico que interopere en una red 802.11 y pretenda ser implementado de acuerdo a la presente invención. El ahorro de energía se maximiza, a la vez que queda garantizado el funcionamiento de la red incluso en escenarios saturados.

Para reforzar las ventajas de la presente invención, se presentan a continuación algunas evaluaciones del ahorro de energía conseguido en una red real que incluyen en sus estaciones tarjetas inalámbricas como la caracterizada anteriormente e implementan el método propuesto por la presente invención. Para realizar semejante evaluación se han utilizado trazas 802.11a con unos 44 millones de paquetes, divididas en 43 archivos, del set de datos público SIGCOMM'08.

La metodología utilizada para cada archivo de traza, de acuerdo a la evaluación de esta realización particular, consiste en que, en una primera pasada, se descubren todas las estaciones y puntos de acceso presentes. A continuación, cada estación se mapea en su BSSID y se implementa una matriz de bits para mantener el estatus en cada instante (conectada o desconectada). Dado que es difícil determinar a partir de una captura cuándo una estación se desconecta, porque casi siempre desaparecen sin enviar una trama de desasociación, se utiliza un criterio, habitualmente seguido por los puntos de acceso (AP), por el cual una estación se considera conectada si ha transmitido al menos una trama en los últimos 5 minutos. En una segunda pasada, se mide la cantidad de tiempo que cada estación pasa (sin aplicar el algoritmo de la presente invención) en los estados de transmisión, recepción, sobreescucha y activo (considerando que las estaciones

conectadas están siempre activas; i.e., si una estación anuncia que va a modo PS, se ignora). En una tercera pasada, se mide la cantidad de tiempo que cada estación pasa (ahora ya con aplicando el algoritmo de la presente invención) en los mismos estados más el de baja energía (durmiendo). Se comprueba que, como era de esperar, los tiempos de transmisión y recepción coinciden con la pasada anterior. Como parte del tiempo activo (*idle*) se incluye el tiempo malgastado por microapagados a consecuencia de las limitaciones del hardware (*twaste*). Después de este procesado, hay varios identificadores (direcciones MAC) duplicados (i.e., una estación que aparece en más de un archivo). Esas entradas se agregan por tiempo para cada estado. En este punto, se define el tiempo de actividad como la suma de transmisión, recepción, sobreescucha, dormido y tiempo malgastado. No se tiene en cuenta el tiempo activo en ninguno de estos estados porque el objetivo es estimar cuánta energía se puede ahorrar en dichos periodos, que son los únicos que se dan mientras el canal está ocupado. Utilizando dicha definición, se evidencia que la mayoría de las estaciones tienen muy poca actividad (participan unos pocos segundos y desaparecen). Por tanto, se realiza un filtrado por el decil superior para obtener las 42 estaciones con mayor actividad.

La **figura 4** representa la actividad agregada y normalizada para todas las estaciones. La fracción del tiempo de actividad se representa en el eje vertical en función del estado de la tarjeta (transmisión (41), recepción (42), sobreescucha (43), tiempo de baja energía (44), tiempo malgastado (45), tiempo activo de los espacios entre tramas (46)). Los tiempos de transmisión y recepción se etiquetan como “común” (47) porque las estaciones emplean el mismo tiempo en estos estados con (48) o sin (49) el algoritmo utilizado en la presente invención. Es evidente que el mecanismo del a presente invención reduce de manera efectiva el tiempo de sobreescucha de una mediana del 70 % al 30 % aproximadamente. La tarjeta emplea consistentemente menos tiempo de sobreescucha porque esta diferencia de tiempo, más algo de tiempo activo de los espacios entre tramas, se convierte en micro-apagados, esto es, tiempo de baja energía y tiempo malgastado.

Esta agregación de actividad permite calcular el consumo total utilizando los datos obtenidos en la caracterización de la tarjeta. **La figura 5** muestra el consumo energético en unidades de mAh (asumiendo una batería típica de 3.7 V) y de acuerdo a la realización descrita anteriormente e ilustrada en la figura 4. La energía ahorrada supera los 1200 mAh (15.8 %) incluso con las restricciones que impone esta tarjeta, las cuales impiden, por un lado, que esta duerma cuando el tiempo no es lo suficientemente largo y, por otro lado, malgasta una gran cantidad de tiempo poniendo a punto el circuito en cada microapagado.

La **figura 6** muestra un desglose por estación. La gráfica inferior muestra la descomposición de la actividad por estación, de acuerdo al algoritmo de una de las realizaciones de la presente invención (las barras correspondientes a la transmisión (41), en blanco, apenas se aprecian). Resulta interesante el hecho de que el tiempo de sobreescucha se reduce más o menos a una fracción constante para todas las estaciones (i.e., con el algoritmo, este tiempo supone más o menos el 30 % de la actividad total por estación), mientras que las estaciones menos participativas (parte izquierda del gráfico) pasan más tiempo durmiendo. El gráfico superior muestra el consumo por estación con el algoritmo más el ahorro energético (60) en gris oscuro, que es del orden de decenas de mAh por estación.

Para demostrar las implicaciones prácticas de la presente invención, es necesario insistir en que las ganancias del algoritmo propuesto dependen del comportamiento de la circuitería implicada. Sus capacidades, en términos de restricciones temporales, determinan el máximo ahorro que se puede alcanzar. Particularmente, cada microapagado malgasta (en comparación con un esquema ideal en el que la tarjeta inalámbrica pasa en modo de baja energía todo el microapagado) una fracción de energía que viene dada por:

$$E_{waste}(t) = (1 - \rho) \frac{t_{waste}}{t} + \rho$$

Donde:

$$\rho = P_{sleep}/P_{overh} \approx P_{sleep}/P_{idle}; \text{ y}$$

$t_{waste}$  es la parte fija definida en la Ecuación (2).

La **figura 7** representa dicha energía  $E_{waste}$  para la realización particular descrita anteriormente, en la que se utiliza un tarjeta AR9280 ( $\rho = 0.3$ ,  $t_{waste} = 250$ ) junto con otros valores. Claramente, aunque una baja  $\rho$  siempre es deseable (vemos la evolución en las 3 curvas que corresponden a valores  $\rho = 0,1$  (72) y  $\rho = 0,3$  (71)), una mejora de  $t_{waste}$  es fundamental para mejorar el rendimiento en microapagados cortos (se refleja la evolución en las curvas para los valores de  $50 \mu s$  (73),  $150 \mu s$  (74) y  $250 \mu s$  (75) ). De manera similar, el mínimo tiempo de apagado,  $t_{sleep,min}$  limita la aplicabilidad de la presente invención. Por ejemplo, considerando un caso común en redes 11ag, la transmisión de una trama (hasta 1500 bytes) seguida del correspondiente ACK:

$$t_{sleep,min} \leq t_{DATA} + t_{SIFS} + t_{ACK} + t_{SIFS}$$

y expandiendo el lado derecho,

$$t_{\text{sleep,min}} \leq \frac{8(14 + I_{\text{min}} + 4)}{\lambda_{\text{DATA}}} + t_{\text{SIFS}} + t_{\text{PLCP}} + \frac{8(14 + 2)}{\lambda_{\text{ACK}}} + t_{\text{SIFS}}$$

5 Donde  $I_{\text{min}}$  es la mínima cantidad de datos (en bytes, y quitando la cabecera MAC y el FCS) que una trama debe contener para durar el tiempo mínimo de apagado  $t_{\text{sleep,min}}$ . Basándose en este  $I_{\text{min}}$ , la **figura 8** define la aplicabilidad en 802.11a en términos del porcentaje de tamaños de trama ( $\leq 1500$  bytes) que duran un  
 10 mínimo de  $t_{\text{sleep,min}}$ , para casos con  $100 \mu\text{s}$  (81),  $200 \mu\text{s}$  (82) y  $3006 \mu\text{s}$  (83). De nuevo, una mejora en  $t_{\text{waste}}$  impulsaría no solo el ahorro por microapagado sino también la aplicabilidad.

Por otro lado, se debe tener en cuenta también que la aplicabilidad puede verse afectada por la evolución del estándar. Particularmente, 802.11n introdujo, y 802.11ac siguió, una  
 15 serie de cambios que permiten elevar las velocidades hasta el Gigabit. Estas mejoras están basadas en su mayor parte en métodos MIMO y el uso de más canales acoplados. No obstante, un canal de 20 MHz sigue siendo más o menos equivalente al caso 11ag. Es cierto que algunas mejoras permiten mejorar la velocidad en un solo canal de 54 a 72 Mbps bajo condiciones óptimas, pero también es cierto que el PLCP es más largo para acomodar  
 20 la complejidad de los nuevos esquemas de codificación. Este añadido no solo extiende cada transmisión, sino que fomenta el uso de agregación de tramas. Por tanto, el incremento de capacidad, en estas enmiendas y en las futuras, no necesariamente implica tiempos de uso de canal más cortos, por lo que la solución provista por la presente invención sigue siendo aplicable.

25

De cualquier modo, de cara al futuro, reducir las restricciones temporales de las tarjetas es esencial para mejorar el ahorro energético. En primer lugar,  $t_{\text{off}}$  y  $t_{\text{on}}$  deberían depender de la implementación del firmware interno (i.e., la complejidad de guardar y restaurar el estado). En segundo lugar, las transmisiones son bastante más agresivas, en términos de  
 30 cambio repentino de potencia, que en cuanto a la vuelta desde el estado de baja energía, por lo que el tiempo necesario para estabilizar la tarjeta caracterizada anteriormente parece mostrar un evidente margen de mejora. Y en tercer lugar, el estándar 802.3 va más allá que

802.11 y, aunque de manera limitada, define nuevos parámetros de transición para las interfaces (e.g.,  $t_{w\_phy}$  sería equivalente a  $t_{on} + t_{ready}$ ) que se encuentran en el rango de decenas de  $\mu s$  en los peores casos. Debido a todas estas razones, los fabricantes de tarjetas inalámbricas llevan una línea de desarrollo que invita a pensar que en un corto  
5 plazo las capacidades de la invención aquí propuesta serán incluso potenciadas y se podrán ofrecer esquemas de ahorro más ventajosos en la medida en que se avance en las actividades de estandarización.

10

15

20

25

30

35

## REIVINDICACIONES

1.- Método de ahorro de energía para un dispositivo inalámbrico en una red de telecomunicación que cumple con el estándar IEEE 802.11, caracterizado por que  
5 comprende los siguientes pasos:

a) recibir, en dicho dispositivo inalámbrico, al menos una parte de una transmisión de datos, donde dicha parte comprende información de longitud de trama contenida en la cabecera de nivel físico, un campo “duración” contenido en la cabecera de nivel de enlace, dirección del receptor y dirección del transmisor de dicha transmisión; y, sin  
10 esperar a que finalice la recepción del resto de la transmisión de datos,

b) determinar el cumplimiento de un primer conjunto de condiciones que comprende al menos determinar, de acuerdo a la dirección del receptor, que la transmisión no está dirigida al dispositivo; y determinar, de acuerdo a la dirección del transmisor, que la  
15 transmisión procede de la misma red a la que pertenece el dispositivo;

c) en caso de que se cumpla el primer conjunto de condiciones, determinar el cumplimiento de un segundo conjunto de condiciones que comprende al menos determinar que la red se encuentra en un período de contención, basado en determinar que la red no se encuentra en un período libre de contención delimitado por una trama baliza de inicio y otra trama baliza final; determinar que los datos recibidos no son una trama CTS “clear to send”; y determinar si el valor del campo “duración” es menor o igual que un valor máximo de 32767 microsegundos;  
20

d) determinar si una suma de tiempos supera un tiempo mínimo de apagado establecido previamente de acuerdo a unas limitaciones hardware del dispositivo, donde dicha suma de tiempo comprende al menos:

- en caso de que se cumpla el primer conjunto de condiciones, el tiempo de duración del resto de la transmisión de datos más un intervalo mínimo entre tramas establecido previamente; y  
30

- en caso de que se cumpla el segundo conjunto de condiciones, el valor del campo “duración”;

y donde el tiempo mínimo de apagado comprende: un tiempo mínimo de apagado que consume el dispositivo para apagarse desde que se le envía una instrucción de  
35

apagado; un tiempo mínimo de encendido que consume el dispositivo para encenderse desde que se le envía una instrucción de encendido; y un tiempo mínimo de preparación que consume el dispositivo para estar listo para transmitir o recibir datos; y

- 5 e) en caso de que la suma sea superior a dicho tiempo mínimo, realizar un microapagado del dispositivo con una duración igual al valor de dicha suma de tiempos.

2.- Método de acuerdo a la reivindicación 1, donde el paso de determinar que la transmisión no está dirigida al dispositivo comprende comparar una dirección MAC de destino con una  
10 dirección MAC del dispositivo, donde la comparación se realiza eficientemente según se van recibiendo los bytes de la transmisión en el dispositivo, de forma que el primer byte diferente hace que se finalice la comparación.

3.- Método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde, una vez que  
15 finaliza el microapagado, además comprende esperar al menos un intervalo de tiempo igual a un intervalo mínimo establecido para comprobar que un canal está libre, menos el intervalo mínimo establecido de tiempo entre tramas, antes de recibir una nueva transmisión.

20 4.- Método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el dispositivo inalámbrico es una tarjeta inalámbrica con un microcontrolador configurado para realizar todos los pasos del método.

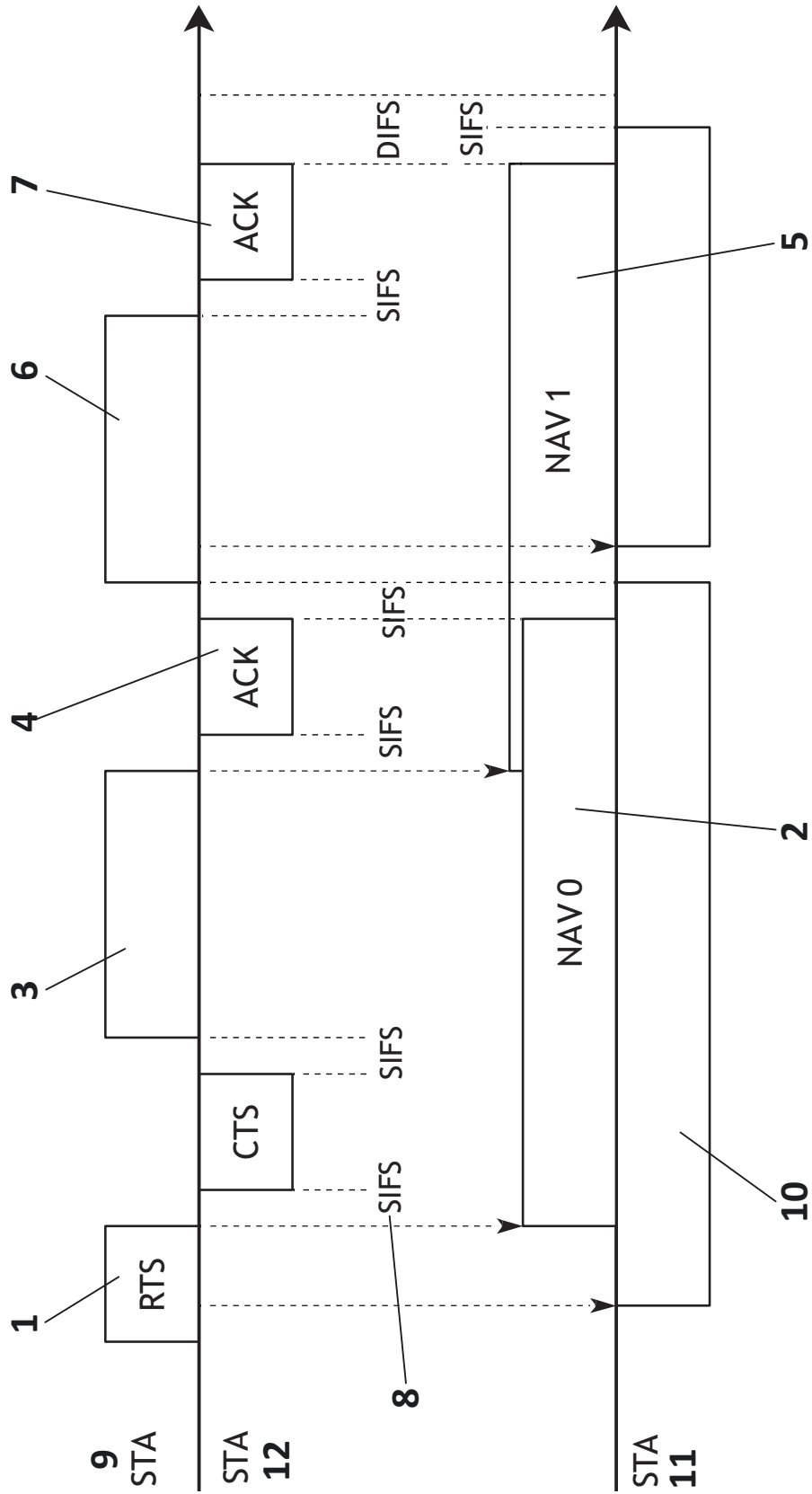
5.- Dispositivo inalámbrico de ahorro de energía en una red de telecomunicación que cumple  
25 con el estándar IEEE 802.11, que comprende una tarjeta inalámbrica y un microcontrolador configurado para: recibir al menos una parte de una transmisión de datos, donde dicha parte comprende información de longitud de trama contenida en la cabecera de nivel físico, un campo "duración" contenido en la cabecera de nivel de enlace, dirección del receptor y dirección del transmisor de dicha transmisión; y, sin esperar a que finalice la recepción del  
30 resto de la transmisión de datos: determinar el cumplimiento de un primer conjunto de condiciones que al menos comprende determinar, de acuerdo a la dirección del receptor, que la transmisión no está dirigida al dispositivo; y determinar, de acuerdo a la dirección del transmisor, que la transmisión procede de la misma red a la que pertenece el dispositivo; en caso de que se cumpla el primer conjunto de condiciones, determinar el cumplimiento de un  
35 segundo conjunto de condiciones que comprende al menos determinar que la red se

encuentra en un período de contención, basado en determinar que la red no se encuentra en un período libre de contención, el cual está delimitado por una trama baliza de inicio y otra trama baliza final; determinar que los datos recibidos no son una trama CTS “clear to send”; y determinar si el valor del campo “duración” es menor o igual que un valor máximo de 32767 microsegundos; determinar si una suma de tiempos supera un tiempo mínimo de apagado establecido previamente de acuerdo a unas limitaciones hardware del dispositivo, donde dicha suma de tiempo comprende al menos: en caso de que se cumpla el primer conjunto de condiciones, el tiempo de duración del resto de la transmisión de datos más un intervalo mínimo entre tramas establecido previamente; y, en caso de que se cumpla el segundo conjunto de condiciones, el valor del campo “duración”;

y donde el tiempo mínimo de apagado comprende: un tiempo mínimo de apagado que consume el dispositivo para apagarse desde que se le envía una instrucción de apagado; un tiempo mínimo de encendido que consume el dispositivo para encenderse desde que se le envía una instrucción de encendido; y un tiempo mínimo de preparación que consume el dispositivo para estar listo para transmitir o recibir datos; y en caso de que la suma sea superior a dicho tiempo mínimo, realizar un microapagado del dispositivo con una duración igual al valor de dicha suma de tiempos.

**6.-** Programa informático caracterizado por que comprende medios de código de programa adaptados para realizar las etapas del método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, cuando dicho programa se ejecuta en un procesador de propósito general, un procesador de señal digital, una FPGA, un ASIC, un microprocesador, un microcontrolador, o cualquier otra forma de hardware programable.





**FIG. 1**