

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 390 252**

51 Int. Cl.:
H04W 74/08 (2009.01)
H04W 84/18 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09786871 .5**
96 Fecha de presentación: **07.08.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2324678**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.05.2011**

54 Título: **Técnicas de ciclo de servicio en protocolos de control de acceso al medio (MAC) para redes de área corporal**

30 Prioridad:
11.08.2008 US 87740 P
11.08.2008 US 87742 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.11.2012

73 Titular/es:
KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.
(100.0%)
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven, NL

72 Inventor/es:
PATEL, MAULIN D. y
CORDEIRO, CARLOS M.

74 Agente/Representante:
ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 390 252 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

Técnicas de ciclo de servicio en protocolos de control de acceso al medio (MAC) para redes de área corporal.

5 Esta solicitud reivindica el beneficio de de las solicitudes provisionales estadounidenses n.^{os} 61/087.740 y 61/087.742 presentadas ambas el 11 de agosto de 2008.

10 La invención se refiere de manera general a protocolos de control de acceso al medio (MAC) utilizados en redes inalámbricas y, más particularmente, a protocolos MAC utilizados en redes de sensores inalámbricas de baja potencia, tales como redes de área corporal (BAN).

15 Una red de área corporal (BAN) está diseñada principalmente para la monitorización y el registro permanente de signos vitales. Una BAN a modo de ejemplo, tal como se muestra en la figura 1, incluye múltiples nodos 120 que son normalmente sensores que pueden o bien llevarse o bien implantarse en el cuerpo humano. Los nodos 120 monitorizan movimientos y parámetros corporales vitales, y se comunican entre sí por medio de un medio inalámbrico. Los nodos 120 pueden transmitir datos desde un cuerpo hasta uno o más dispositivos 130 desde los que pueden retransmitirse los datos, en tiempo real, a un hospital, clínica o en otra parte por medio de una red de área local (LAN), una red de área ancha (WAN), una red celular y similares.

20 Uno de los factores importantes al diseñar una BAN es la eficiencia energética de los nodos 120 y/o dispositivos 130. Puede lograrse un consumo de energía eficiente realizando óptimamente ciclos de servicio de un nodo receptor (es decir, un nodo que recibe datos) entre un estado de escucha y un estado inactivo. La radio de un nodo se apaga (es decir se pone en un estado inactivo) cuando el nodo no transmite ni recibe datos, ahorrando de este modo energía. Un ciclo de servicio se realiza mediante un protocolo MAC con el fin de minimizar la escucha en espera, escucha no intencionada, colisiones y controlar la sobrecarga lo que en última instancia lleva a ahorrar energía.

30 En la técnica relacionada se dan a conocer varias técnicas de ciclo de servicio de MAC síncronos y asíncronos. Un ciclo de servicio síncrono incluye anunciar periódicamente planificaciones de inactivación y activación y sincronizar tiempos activos de nodos receptores. Esto requiere un mecanismo de sincronización explícito, tal como balizas. En un ciclo de servicio asíncrono, un nodo de envío (es decir, un nodo que envía datos) y un nodo de escucha (es decir, un nodo que escucha al medio) tiene tiempos inactivos y activos independientes, y esta técnica no requiere ningún mecanismo de sincronización.

35 Se usa ampliamente una técnica de muestreo de preámbulo en los protocolos MAC para ciclo de servicio asíncrono, tales como WiseMAC, B-MAC y X-MAC. El WiseMAC se describe adicionalmente en "WiseMAC: An Ultra Low Power MAC Protocol for the Downlink of Infrastructure Wireless Sensor Networks" por El-Hoiydi, *et al.* publicado en Proceedings of the Ninth IEEE Symposium on Computers and Communication, ISCC'04, páginas 244-251, Alejandría, Egipto, junio de 2004. El B-MAC se describe en "Versatile Low Power Media Access for Wireless Sensor Networks", ACM SenSys Nov. 2004 por Polastre, *et al.*, y el protocolo X-MAC está publicado en "X-MAC: A Short Preamble MAC Protocol for Duty-Cycled Wireless Sensor Networks" ACM SenSys 2006, por Buettner *et al.*

El documento US 2006/0135145 A1 da a conocer un método y aparato para una comunicación de energía reducida en una red ad hoc.

45 Tal como se ilustra en la figura 2, en la técnica de muestreo de preámbulo todos los nodos escuchan periódicamente el medio durante una corta duración de tiempo " T_L " y entonces vuelven a un estado inactivo durante la duración de un tiempo " T_{CI} " si el medio está en espera. El tiempo T_{CI} entre dos tiempos de escucha sucesivos T_L es un intervalo de comprobación. La combinación de intervalos de tiempo $T_{CI}+T_L$ es un intervalo de tiempo de activación. Cuando un nodo de envío tiene datos para entregar, transmite un mensaje 210 de activación (WUP) que es más largo que el intervalo de tiempo de comprobación T_{CI} de un nodo receptor. En la técnica de muestreo de preámbulo el mensaje 210 WUP sólo lleva preámbulos y no lleva ninguna otra información. Cuando un nodo receptor se activa, detecta el medio y detecta el mensaje 210 WUP. Esto fuerza al nodo receptor a permanecer activo hasta que los datos se reciben totalmente y/o el medio se pone en espera otra vez.

55 La longitud del mensaje 210 WUP debe ser más larga que el intervalo de comprobación T_{CI} para garantizar que un nodo receptor está activo cuando se transmiten datos reales. Si un intervalo de comprobación T_{CI} de un nodo receptor es muy largo, entonces las transmisiones de mensaje WUP pueden ocupar el medio durante un tiempo muy largo, impidiendo de este modo que otros nodos accedan al medio.

60 Otra desventaja del estado actual de las técnicas se ilustra en la figura 3 que describe un escenario a modo de ejemplo en el que los nodos 300-A, 300-B, 300-C y 300-D son vecinos en una BAN. En el siguiente escenario, un nodo 300-A de envío trata de enviar datos a un nodo 300-B receptor, y un nodo 300-C de envío trata de enviar datos a un nodo 300-D receptor. Todos los nodos 300-A, 300-B, 300-C y 300-D están dentro del rango de transmisión y recepción unos de otros.

65 En el tiempo T_1 , el nodo 300-A de envío está listo para enviar datos al nodo 300-B receptor, que se planifica para

activarse en un tiempo T_4 . Durante los tiempos T_1 a T_4 el nodo 300-A ocupa el medio enviando una serie de mensajes 320 de activación (WUP) al nodo 300-B receptor. EN un tiempo T_2 , el nodo 300-C de envío tiene un paquete de datos listo para transmitirse al nodo 300-D receptor. Sin embargo, el nodo 300-C de envío tiene que esperar a que el medio se ponga en espera. El nodo 300-D receptor se activa en un tiempo T_3 y descubre que no está entre los nodos receptores objetivo, ya que el nodo 300-C de envío potencial no puede transmitir sus mensajes WUP porque el medio está ocupado mediante el nodo 300-A. Como resultado, el nodo 300-D vuelve a un estado inactivo. Por tanto, el nodo 300-C de envío perdió la oportunidad de transmitir paquetes al nodo 300-D receptor cuando el nodo 300-D se activó, ya que el medio estaba ocupado por el nodo 300-A. Además, el nodo 300-A de envío tiene que esperar un largo periodo de tiempo para entregar datos al nodo 300-B. Esto degrada significativamente el rendimiento del protocolo MAC de BAN provocando una latencia aumentada, rendimiento reducido y consumo de energía aumentado.

Por tanto, sería ventajoso proporcionar una solución eficaz para protocolos MAC para ciclos de servicio.

Ciertas realizaciones de la invención incluyen un método y código ejecutable por ordenador para realizar un ciclo de servicio de control de acceso al medio (MAC) en una red de área corporal (BAN). El método comprende enviar un mensaje de activación (WUP) desde un nodo de envío hasta uno o más nodos receptores objetivo cuando un medio inalámbrico de la BAN está libre; determinar si al menos un nodo receptor objetivo ha respondido con un mensaje LISTO durante un intervalo de tiempo de rastreo del nodo de envío; determinar si un número de mensajes WUP transmitidos por el nodo de envío supera un umbral predefinido, cuando no se recibió el mensaje LISTO; y ajustar el nodo de envío para funcionar en un modo de TURNOS cuando el número de mensajes WUP supera el umbral predefinido.

El objeto que se considera como la invención se destaca particularmente y se reivindica con claridad en las reivindicaciones al final de la memoria descriptiva. Las características y ventajas anteriores y otras de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos adjuntos.

La figura 1 es un diagrama esquemático de una red inalámbrica de área corporal.

La figura 2 es un diagrama para ilustrar el funcionamiento de protocolos MAC para ciclo de servicio asíncrono.

La figura 3 es un diagrama para demostrar los inconvenientes de protocolos MAC para ciclo de servicio asíncrono.

La figura 4 es un diagrama para ilustrar los principios de las técnicas de ciclo de servicio proporcionadas según ciertas realizaciones de la invención.

La figura 5 es un diagrama de flujo para describir el método de ciclo de servicio implementado según una realización de la invención.

La figura 6 es un diagrama para ilustrar los principios de un modo de TURNOS utilizado en el método de ciclo de servicio implementado según una realización de la invención.

Las figuras 7 y 8 son diagramas para ilustrar los principios de técnicas para realizar el modo de TURNOS implementado según ciertas realizaciones a modo de ejemplo de la invención.

Es importante observar que las realizaciones dadas a conocer por la invención sólo son ejemplos de los muchos usos ventajosos de las enseñanzas innovadoras en el presente documento. En general, las afirmaciones realizadas en la memoria descriptiva de la presente solicitud no limitan necesariamente ninguna de las diversas invenciones reivindicadas. Además, algunas afirmaciones pueden aplicarse a algunas características inventivas pero no a otras. En los dibujos, números de referencia similares se refieren a partes similares a través de varias vistas.

El protocolo propuesto está basado en mensajes de activación (WUP) enviados por un nodo de envío a uno o más nodos receptores indicando que los datos están listos para entregarse a estos nodos. Tal como se muestra en la figura 4 antes de enviar un mensaje 410 WUP, un nodo 400-A de envío escucha al medio durante un periodo de tiempo de un intervalo 420 de sondeo y tras enviar un mensaje 410 WUP, el nodo de envío escucha al medio durante un periodo de tiempo de un intervalo 430 de rastreo, que incluye un número predefinido fijado de ranuras de tiempo. Para evitar colisiones sistemáticas de mensajes WUP de múltiples nodos, se aleatoriza el intervalo de rastreo. Los mensajes 410 WUP se envían a nodos receptores objetivo, es decir, nodos a los que un nodo de envío quiere transmitir paquetes de datos. En el ejemplo proporcionado en la figura 4, un nodo 400-B es un nodo receptor del nodo 400-A de envío.

El nodo 400-B receptor se activa en un tiempo planificado T_1 , comienza a recibir un mensaje 410 WUP en un tiempo T_2 , y entonces envía un mensaje 440 LISTO en un tiempo T_3 al nodo 400-A de envío. Además, el nodo 400-B receptor almacena un ID y un tiempo de activación del nodo 400-A de envío, así como el sello de tiempo actual. El mensaje 440 LISTO informa al nodo de envío de que un nodo receptor está listo para recibir paquetes de datos. Posteriormente, en un tiempo T_4 el nodo 400-B receptor comienza a recibir los datos transmitidos por el nodo 400-A

de envío.

Debe observarse que los tiempos de activación de los nodos receptores son independientes. Además, el intervalo de activación de cada nodo receptor es independiente y puede cambiarse dinámicamente. Según una realización de la invención el intervalo de activación de los nodos se selecciona tal como sigue:

intervalo de activación de un nodo = 2^k (intervalo de activación mínimo), donde $0 \leq k \leq$ exponente de intervalo de activación máximo.

La figura 5 muestra un diagrama de flujo no limitativo y a modo de ejemplo para describir un método de ciclo de servicio implementado según una realización de la invención. En S502, un nodo de envío escucha al canal durante un intervalo de sondeo para determinar si el medio está ocupado o en espera. El intervalo de sondeo es más largo que un intervalo de rastreo para evitar que el nodo de envío concluya falsamente que el medio está en espera cuando el medio está ocupado con transmisiones WUP en curso. En S505, el nodo de envío procede con transmisiones WUP si el medio se encuentra en espera, de lo contrario espera hasta que el canal se pone en espera.

En S510, un nodo de envío envía un mensaje WUP para informar al/a los nodo(s) receptor(es) objetivo potencial(es) de que los datos están listos para transmitirse. El mensaje WUP incluye cualquiera de lo siguiente: un ID de un nodo de envío, un número de secuencia del mensaje WUP (el número de secuencia se incrementa después de cada transmisión WUP), una planificación de activación del nodo de envío, un mapa de bits o direcciones de los nodos receptores objetivo, un mapa de bits de niveles de prioridad de los paquetes de datos pendientes, ranuras asignados a nodos receptores objetivo (a los nodos receptores objetivo de alta prioridad se les asignan números de ranura inferiores), y una duración prevista de la transmisión de datos a cada uno de los nodos receptores objetivo.

Según los principios de la invención, los mensajes WUP también incluyen un campo SECUENCIA DE TURNOS que especifica qué vecinos de un nodo de envío pueden transmitir mensajes WUP y el orden de las transmisiones de tales mensajes. El uso del campo SECUENCIA DE TURNOS se describirá con más detalle a continuación. En S515, el nodo de envío escucha al medio durante un intervalo de rastreo. En S520, el nodo de envío comprueba, durante su intervalo de rastreo, si se recibió un mensaje LISTO desde uno más de los nodos receptores objetivo, y si es así en S530, el nodo de envío graba los nodos receptores que están listos para recibir paquetes de datos al final del intervalo de rastreo.

Si no se recibieron mensajes LISTO durante el intervalo de rastreo, la ejecución continúa con S540 en el que se realiza otra comprobación para determinar si un número de secuencia WUP del último mensaje WUP transmitido es mayor que un número permitido máximo de transmisiones WUP (el número "WUP_MAX"), y si es así, en S550 el nodo de envío entra en un modo de TURNOS que permite a otros nodos de envío transmitir sus mensajes WUP. Tal como se describirá en detalle a continuación, el modo de TURNOS puede evitar transmisiones WUP continuas por un único nodo.

Si S540 da como resultado una respuesta "no", la ejecución continúa con S560 en el que se realiza otra comprobación para determinar si se recibió un mensaje de control especial, y si es así termina la ejecución; de lo contrario, la ejecución vuelve a S510 en el que se transmitirá otro mensaje WUP por el nodo de envío. Según una realización de la invención, el mensaje de control especial puede ser un mensaje ABORTAR. Un mensaje de este tipo puede enviarse por un nodo de envío potencial que tiene un mensaje de alta prioridad para transmitir paquetes de datos que no pueden entregarse ya que el medio está ocupado por transmisiones WUP en curso. Tras la recepción del mensaje ABORTAR, el nodo de envío que está transmitiendo WUP actualmente termina cualquier transmisión adicional de mensajes WUP y comienza a escuchar al medio.

Tal como se trató anteriormente, un modo de TURNOS de un nodo de envío permite a otros nodos de envío transmitir mensajes WUP según un orden especificado en el campo SECUENCIA DE TURNOS. Este procedimiento se describirá en referencia a la figura 6, en la que el nodo 600-E es un nodo de envío actual que entra en un modo de TURNOS, y un nodo 600-F es un nodo de envío vecino que pide enviar mensajes WUP a su(s) nodo(s) receptor(es) objetivo.

Cuando el número de secuencia WUP de mensajes enviados por los nodos 600-E de envío supera el número WUP_MAX, otro nodo de envío potencial puede pedir al nodo 600-E de envío que tome turnos para transmitir mensajes WUP enviando un mensaje TURNO. En una realización, la última ranura en un intervalo de rastreo se usa para la transmisión del mensaje TURNO. Generalmente, un nodo 600-F de envío puede enviar un mensaje TURNO cuando se satisfacen las siguientes condiciones: el nodo 600-F de envío no está entre los nodos receptores objetivo del nodo 600-E de envío; el nodo 600-F de envío está listo para enviar sus mensajes WUP; un mensaje WUP del nodo 600-F de envío tiene al menos un nodo receptor objetivo no superpuesto con el nodo 600-E de envío; y el nodo 600-F de envío no escuchó de manera no intencionada ningún mensaje LISTO en un intervalo de rastreo actual. Además, para evitar una colisión de mensajes TURNO, el nodo 600-F de envío sólo envía un mensaje TURNO cuando es elegible. La determinación de qué nodo vecino puede enviar un mensaje TURNO puede basarse en la siguiente ecuación:

ES 2 390 252 T3

ID de nodo (vecino) de envío = (Número de secuencia actual en WUP – WUP_MAX) % n.º de vecinos

En este caso, se supone que un ID de nodo (vecino) de envío toma valores desde 0 hasta (número de vecinos-1). Alternativamente, cada elemento de envío potencial de mensajes TURNO puede determinar su elegibilidad para enviar mensajes TURNO tal como sigue:

Número de secuencia actual en WUP = WUP_MAX + Número entero aleatorio [0, MAX]

Tal como se demuestra en la figura 6, en un tiempo T_1 , el nodo 600-F está listo para enviar datos. Después de recibir un mensaje 620 WUP transmitido por el nodo 600-E de envío, el nodo 600-F determina su elegibilidad para enviar un mensaje TURNO y encuentra que es elegible. Por tanto, en un tiempo T_2 , se genera un mensaje 610 TURNO y se transmite por el nodo 600-F. El nodo 600-E de envío recibe el mensaje 610 TURNO y determina si acepta o no la petición para enviar mensajes WUP por el dispositivo 600-F de envío. Específicamente, el nodo 600-E de envío ignora el mensaje TURNO si se recibió al menos un mensaje LISTO en su intervalo 605 de rastreo actual. Si se acepta la petición de mensaje TURNO, el nodo 600-E de envío registra el ID del nodo 600-F en el campo SECUENCIA DE TURNOS. Este campo especifica qué nodos de envío en la proximidad están actualmente transmitiendo los mensajes WUP y el orden de sus transmisiones WUP. Si en respuesta a la transmisión del mensaje WUP el nodo 600-E de envío obtiene cualquier mensaje LISTO, este nodo envía sus paquetes de DATOS y no permite ninguna transmisión de mensajes WUP por ningún otro nodo.

El transmisor del mensaje TURNO, es decir, el nodo 600-F de envío, escucha al medio para comprobar si se envió cualquier mensaje LISTO al nodo 600-E de envío. Si no se escucha de manera no intencionada ningún mensaje LISTO, entonces en un tiempo T_4 , el nodo 600-F de envío envía su mensaje 630 WUP. Posteriormente, cada uno de los nodos 600-E y 600-F de envío envía un mensaje WUP en su turno (determinado mediante el campo SECUENCIA DE TURNOS) hasta que se recibió al menos un mensaje LISTO de cualquiera de sus nodos receptores objetivo respectivos. Por ejemplo, en los tiempos T_5 y T_6 los nodos 600-E y 600-F de envío transmiten sus mensajes 620 y 630 WUP, respectivamente.

En otra realización de la invención un nodo de envío puede enviar mensajes WUP de otros nodos de envío en la proximidad, actuando de este modo como un proxy para otros nodos de envío. Esta realización se describe adicionalmente en referencia a la figura 7, en la que un nodo 700-A es un nodo de envío que solicita enviar datos a un nodo 700-X receptor. El nodo 700-A también es un proxy de mensajes WUP. Un nodo 700-B es un nodo de envío que trata de enviar datos a un nodo 700-Y receptor.

Comenzando en un tiempo T_1 , el nodo 700-A de envío envía mensajes 710 WUP que se dirigen al nodo 700-X receptor. En un tiempo T_2 el nodo 700-B de envío quiere enviar mensajes WUP que se dirigen al nodo 700-Y receptor. Por tanto, en un tiempo T_3 , durante el intervalo 705 de rastreo, el nodo 700-B envía un mensaje 720 PROXY al nodo 700-A de envío. Tras recibir el mensaje PROXY, el nodo 700-A de envío añade los nodos receptores objetivo del nodo 700-B y otra información relevante en sus mensajes 710 WUP. Posteriormente, todos los mensajes 710 WUP que se envían comenzando en un tiempo T_4 del nodo 700-A se dirigen a los nodos tanto 700-X como 700-Y receptores objetivo. Si el nodo 700-X receptor envía un mensaje LISTO, entonces el nodo 700-A de envío transmite paquetes de DATOS o si el nodo 700-Y envía un mensaje LISTO, entonces el nodo 700-B transmite paquetes de DATOS. Debe observarse que cuando el nodo 700-A de envío termina transmisiones de mensaje WUP (porque ha agotado el número máximo de intentos permitidos), el nodo 700-B continúa transmitiendo mensajes WUP.

Según otra realización de la invención los nodos de envío pueden enviar sus mensajes WUP durante el mismo intervalo de rastreo. Esto permite a cada nodo de envío, que tiene datos para transmitir, enviar sus mensajes WUP en cada tiempo de activación, y por tanto no perder oportunidades de enviar mensajes WUP cuando el nodo está activo. Para evitar colisiones los nodos de envío transmiten mensajes WUP en diferentes ranuras de tiempo de un intervalo de rastreo. Es decir, las transmisiones WUP están desplazadas en el tiempo. Este procedimiento se ilustra adicionalmente en la figura 8, en la que dos nodos 800-A y 800-B de envío envían mensajes WUP por turnos. Un nodo 800-B de envío transmite un mensaje 810 WUP en un tiempo T_1 . En un tiempo T_2 , un nodo 800-A de envío detecta un mensaje WUP del nodo 800-B, reorganiza su intervalo 805 de rastreo para alojar mensajes WUP del nodo 800-B. Por tanto, durante el intervalo 805 de rastreo ambos nodos 800-A y 800-B de envío toman turnos para transmitir mensajes WUP.

Debe resultar evidente para un experto habitual en la técnica que los procedimientos ilustrados en las figuras 6, 7 y 8 pueden implementarse por cualquier número de nodos receptores y nodos de envío que comparten el mismo medio inalámbrico, es decir, nodos vecinos.

Debe apreciarse que el método de ciclo de servicio junto con el mecanismo de modo de TURNOS descritos en el presente documento pueden reducir la latencia, mejorar el rendimiento y reducir la energía desperdiciada por la escucha en espera, escucha no intencionada y sobreemisión.

Según una realización de la invención, en lugar de transmitir un mensaje WUP que se dirige sólo a un único receptor

cada vez, un nodo de envío puede acumular paquetes de DATOS en su cola y entonces dirigirse a múltiples receptores con un mensaje WUP. El nodo entre los receptores objetivo múltiples que se activa más pronto puede recibir los datos antes. Dirigiéndose a múltiples receptores con un único mensaje WUP puede evitarse el problema de bloqueo de la cabeza de la cola, en el que el primer paquete en la cola impide que se transmitan otros paquetes. Además, puede evitarse la activación frecuente de nodos objetivo receptores, maximizando de este modo el ahorro de energía de tales nodos. Esta aproximación también reduce la sobrecarga de control y la latencia y permite soportar prioridades de calidad de servicio (QoS).

En otra realización de la invención cuando el tamaño de un paquete de DATOS es muy pequeño, un mensaje WUP y/o LISTO puede reemplazarse por el paquete de DATOS. Por tanto, puede evitarse la sobrecarga de control de mensajes WUP y LISTO. Además, cuando los nodos de envío y receptor están estrechamente sincronizados, un nodo de envío puede transmitir paquetes de DATOS directamente al nodo receptor sin transmitir mensajes WUP. Cuando la carga de tráfico es alta, los iguales de comunicación permanecen estrechamente sincronizados debido a actualizaciones planificadas frecuentes adjuntas a paquetes ACK.

Cualquier mensaje escuchado de manera no intencionada proporciona una indicación de que el vecino está activo. Esta información se aprovecha para transmitir paquetes de DATOS sin transmitir el mensaje WUP. Por ejemplo, un par de nodos de comunicación permanecen activos durante un intervalo de sondeo después de la secuencia de DATOS-ACK. Por tanto, cualquier nodo vecino puede transmitir paquetes de DATOS a cualquiera de los nodos después de detectar que el medio está en espera durante una cantidad aleatoria de tiempo.

Según otra realización, un nodo de envío que tiene múltiples paquetes de DATOS dirigidos al mismo destino puede transmitir, tras recibir un mensaje LISTO, todos los paquetes en un modo de ráfaga, minimizando de este modo la sobrecarga de WUP. En el modo de ráfaga los nodos de envío transmiten múltiples mensajes de DATOS consecutivos y reciben mensajes ACK opcionales. Los nodos que escuchan de manera no intencionada mensajes WUP o LISTO marcan el medio ocupado para toda la duración de la transmisión. El acuse de recibo de paquetes puede hacerse usando o bien ACK acumulativos o bien ACK individuales para mejorar adicionalmente la eficiencia.

La invención descrita en el presente documento puede utilizarse adicionalmente para soportar transmisiones de difusión y multidifusión en BAN. Específicamente, las transmisiones de difusión y/o multidifusión se planifican para un tiempo futuro y se anuncian por medio de mensajes WUP. Un mensaje WUP indica el desplazamiento de tiempo desde un tiempo actual cuando se transmitirá un paquete de difusión/multidifusión. Tras recibir un mensaje WUP un nodo receptor objetivo graba el tiempo de difusión/multidifusión planificado y entonces se inactiva hasta que llega el momento. El nodo de envío transmite el paquete de difusión en el tiempo previamente planificado, que se recibe mediante los nodos receptores objetivo.

Si los paquetes de difusión/multidifusión son pequeños, entonces un nodo de envío puede transmitir los paquetes de difusión/multidifusión sin transmitir mensajes WUP. De esta manera cuando el receptor se activa, puede recibir datos sin la sobrecarga de recepción de WUP. Un nodo de envío también puede decidir transmitir paquetes de difusión/multidifusión como paquetes de unidifusión, si diera como resultado ahorrar más energía. Por ejemplo, si el nodo de envío sólo tiene unos pocos vecinos y los tiempos de sondeo de los vecinos están ampliamente esparcidos en el tiempo, entonces enviar mensajes de unidifusión es un enfoque de eficiencia de energía. Alternativamente, el nodo de envío puede requerir ACK por motivos de fiabilidad, en cuyo caso debe enviar mensajes como unidifusión.

La descripción detallada anterior ha expuesto alguna de las muchas formas que puede adoptar la invención. Se pretende que la descripción detallada anterior se entienda como una ilustración de formas seleccionadas que puede adoptar la invención y no como una limitación a la definición de la invención. Sólo se pretende que las reivindicaciones definan el alcance de esta invención.

Lo más preferiblemente, los principios de la invención se implementan como cualquier combinación de hardware, firmware y software. Además, el software se implementa preferiblemente como un programa de aplicación realizado de manera tangible en una unidad de almacenamiento de programa o medio legible por ordenador. El programa de aplicación puede cargarse en, y ejecutarse por, una máquina que comprende cualquier arquitectura adecuada. Preferiblemente, la máquina se implementa en una plataforma informática que tiene hardware tal como una o más unidades de procesamiento central ("CPU"), una memoria e interfaces de entrada/salida. La plataforma informática también puede incluir un sistema operativo y un código de microinstrucciones. Los diversos procedimientos y funciones descritos en el presente documento pueden ser o bien parte del código de microinstrucciones o bien parte del programa de aplicación, o cualquier combinación de las mismas, que puede ejecutarse por una CPU, tanto si tal ordenador o procesador se muestra explícitamente como si no. Además, varias otras unidades periféricas pueden conectarse a la plataforma informática tales como una unidad de almacenamiento de datos adicional y una unidad de impresión.

REIVINDICACIONES

1. Método (500) para realizar un ciclo de servicio de control de acceso al medio MAC en una red de área corporal BAN que comprende:

5 enviar un mensaje de activación WUP desde un nodo de envío hasta uno o más nodos receptores objetivo cuando un medio inalámbrico de la BAN está libre (S510);

10 determinar si al menos un nodo receptor objetivo ha respondido con un mensaje LISTO durante un intervalo de tiempo de rastreo del nodo de envío (S520); caracterizado por

repetir el mensaje WUC si no se recibe ningún mensaje LISTO;

15 determinar si un número de mensajes WUP transmitidos por el nodo de envío supera un umbral predefinido cuando no se recibió el mensaje LISTO (S540); y

ajustar el nodo de envío para funcionar en un modo de TURNOS cuando el número de mensajes WUP supera el umbral predefinido (S550),

20 en el que el modo de TURNOS impide transmisiones WUP continuas por un único nodo de envío

y en el que las operaciones realizadas por el nodo de envío durante el modo de TURNOS incluyen además:

25 recibir un mensaje TURNO enviado desde al menos un nodo vecino del nodo de envío, en el que el mensaje TURNO es una petición para transmitir mensajes WUP por el al menos un nodo vecino;

determinar si aceptar el mensaje TURNO;

30 recodificar un ID del al menos un nodo vecino en el campo SECUENCIA DE TURNOS del elemento de envío indicado cuando se acepta el mensaje TURNO, de tal manera que tanto el nodo de envío como el nodo vecino pueden transmitir mensajes WUP según un orden designado en el campo SECUENCIA DE TURNOS.
2. Método según la reivindicación 1, que comprende además:

35 escuchar el medio durante un intervalo de rastreo seleccionado aleatoriamente (S515);

recodificar los números ID de identificación de nodos receptores objetivo que respondieron con un mensaje LISTO (S530); y

40 transmitir paquetes de datos a cada nodo receptor objetivo de que el número ID de cada receptor objetivo está grabado el nodo de envío.
3. Método según la reivindicación 2, que comprende además:

45 determinar si se recibió un mensaje de control especial (S560); y

finalizar las transmisiones de mensajes WUP tras recibir el mensaje de control especial.
4. Método según la reivindicación 1, en el que el mensaje WUP incluye al menos uno de un ID del nodo de envío, un número de secuencia del mensaje WUP que se incrementa después de cada transmisión WUP, una planificación de activación del nodo de envío, direcciones de los nodos receptores objetivo, un mapa de bits de niveles de prioridad de paquetes de datos pendientes, ranuras de tiempo asignadas a los nodos receptores objetivo, una duración prevista de la transmisión de datos a cada uno de los nodos receptores objetivo, y un campo SECUENCIA DE TURNOS.

55
5. Método según la reivindicación 4, en el que el campo SECUENCIA DE TURNOS especifica qué nodos vecinos del nodo de envío pueden transmitir mensajes WUP y un orden en el que deben enviarse mensajes WUP durante el modo de TURNOS.

60
6. Método según la reivindicación 1, en el que un nodo vecino genera y transmite el mensaje TURNO cuando se satisfacen las siguientes condiciones: el nodo vecino no está entre los nodos receptores objetivo del nodo de envío; el nodo vecino está listo para enviar sus mensajes WUP; un mensaje WUP del nodo vecino tiene al menos un nodo receptor objetivo no superpuesto con el nodo de envío; y el nodo vecino no escuchó de manera no intencionada ningún mensaje LISTO durante un intervalo de rastreo actual del nodo de envío.

65

7. Método según la reivindicación 1, en el que el nodo de envío acepta el mensaje TURNO cuando no se recibieron mensajes LISTO durante un intervalo de rastreo actual del nodo de envío.
- 5 8. Método según la reivindicación 1, que comprende además enviar mensajes WUP, mediante el nodo de envío, del al menos un nodo vecino, de tal manera que el nodo de envío actúa como proxy para el al menos un nodo vecino.
9. Método según la reivindicación 8, que comprende además:
- 10 recibir un mensaje PROXY enviado desde el al menos un nodo vecino;
- añadir al menos nodos receptores objetivo del al menos un nodo vecino en todos los mensajes WUP transmitidos por el nodo de envío; y
- 15 transmitir los mensajes WUP a dispositivos receptores objetivo tanto del al menos un nodo vecino como del nodo de envío.
10. Método según la reivindicación 1, que comprende además habilitar tanto el al menos un nodo vecino como el nodo de envío para transmitir sus mensajes WUP en diferentes ranuras de tiempo de un intervalo de rastreo, en el que el intervalo de rastreo es un intervalo de tiempo entre dos mensajes WUP consecutivos.
- 20 11. Método según la reivindicación 2, que comprende además:
- acumular paquetes de datos dirigidos a múltiples receptores con un mensaje WUP y realizar al menos una de las siguientes etapas:
- 25 enviar los paquetes de datos como un flujo a un único nodo receptor objetivo en un modo de ráfaga; y
- enviar los paquetes de datos sin el mensaje WUP cuando los paquetes de datos son pequeños o el nodo de envío es consciente de un tiempo de activación del receptor del nodo receptor.
- 30 12. Método según la reivindicación 2, en el que los paquetes de datos pueden o bien difundirse o bien multidifundirse a nodos receptores objetivo grabados en el nodo de envío.
- 35 13. Medio legible por ordenador que tiene almacenado en el mismo un código ejecutable por ordenador, que cuando se ejecuta, provoca que un procesador realice un ciclo de servicio de control de acceso al medio MAC en una red de área corporal BAN, que comprende:
- 40 enviar un mensaje de activación WUP desde un nodo de envío hasta uno o más nodos receptores objetivo cuando un medio inalámbrico de la BAN está libre (S510);
- determinar si al menos un nodo receptor objetivo ha respondido con un mensaje LISTO durante un intervalo de tiempo de rastreo del nodo de envío (S520); caracterizado por
- 45 repetir el mensaje WUC si no se recibe ningún mensaje LISTO;
- determinar si un número de mensajes WUP transmitidos por el nodo de envío supera un umbral predefinido cuando no se recibió el mensaje LISTO (S540); y
- 50 ajustar el nodo de envío para funcionar en un modo de TURNOS cuando el número de mensajes WUP supera el umbral predefinido (S550), en el que el modo de TURNOS impide transmisiones WUP continuas por un único nodo de envío, y en el que las operaciones realizadas por el nodo de envío durante el modo de TURNOS incluyen además:
- 55 recibir un mensaje TURNO enviado desde al menos un nodo vecino del nodo de envío, en el que el mensaje TURNO es una petición para transmitir mensajes WUP por el al menos un nodo vecino;
- determinar si aceptar el mensaje TURNO;
- 60 recodificar un ID del al menos un nodo vecino en el campo SECUENCIA DE TURNOS del elemento de envío indicado cuando se acepta el mensaje TURNO, de tal manera que tanto el nodo de envío como el nodo vecino pueden transmitir mensajes WUP según un orden designado en el campo SECUENCIA DE TURNOS.

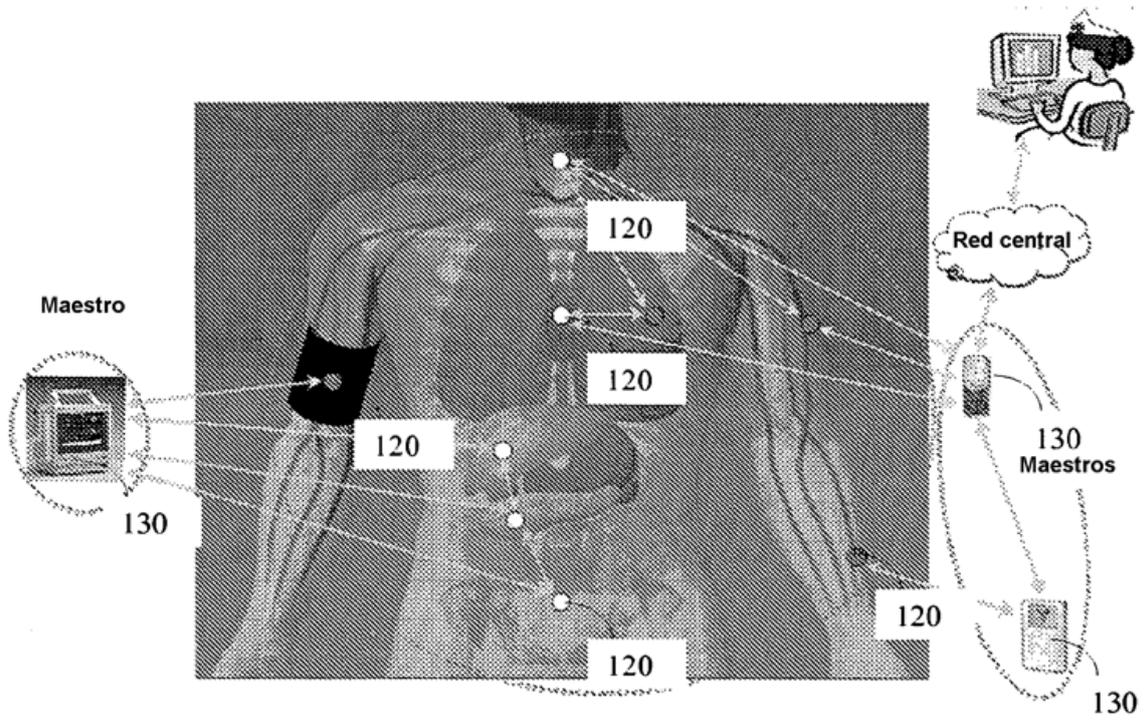


Figura 1

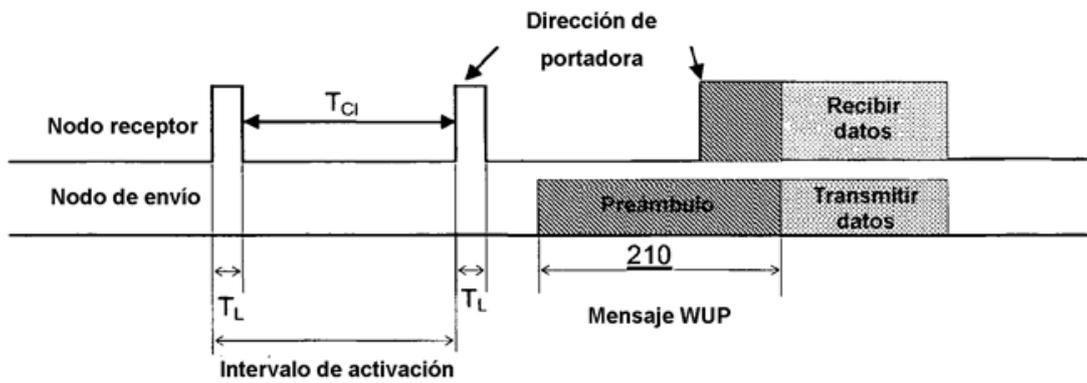


Figura 2

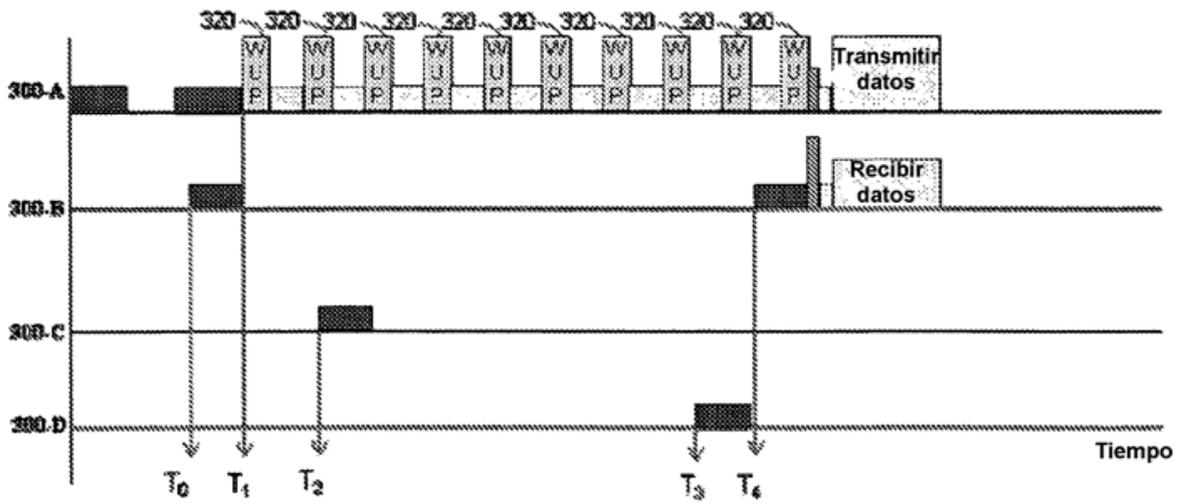


Figura 3

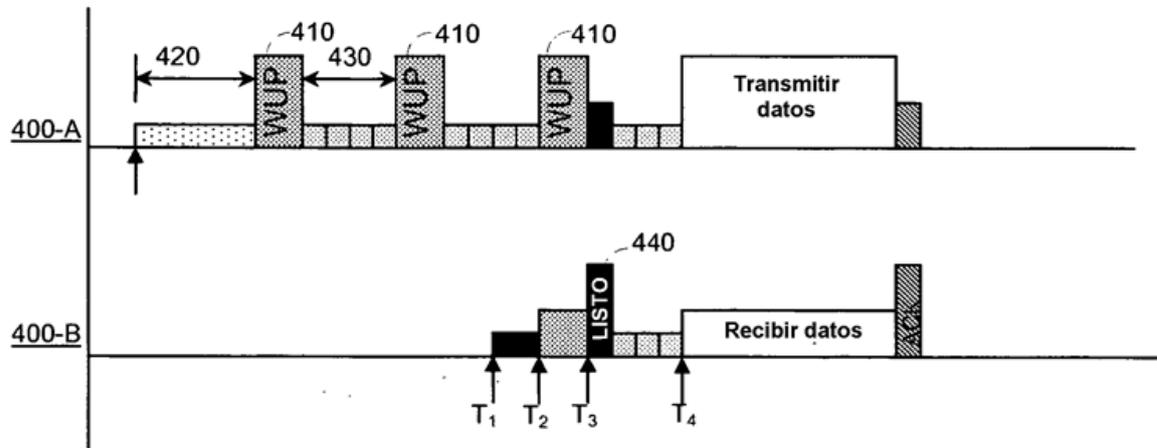


Figura 4

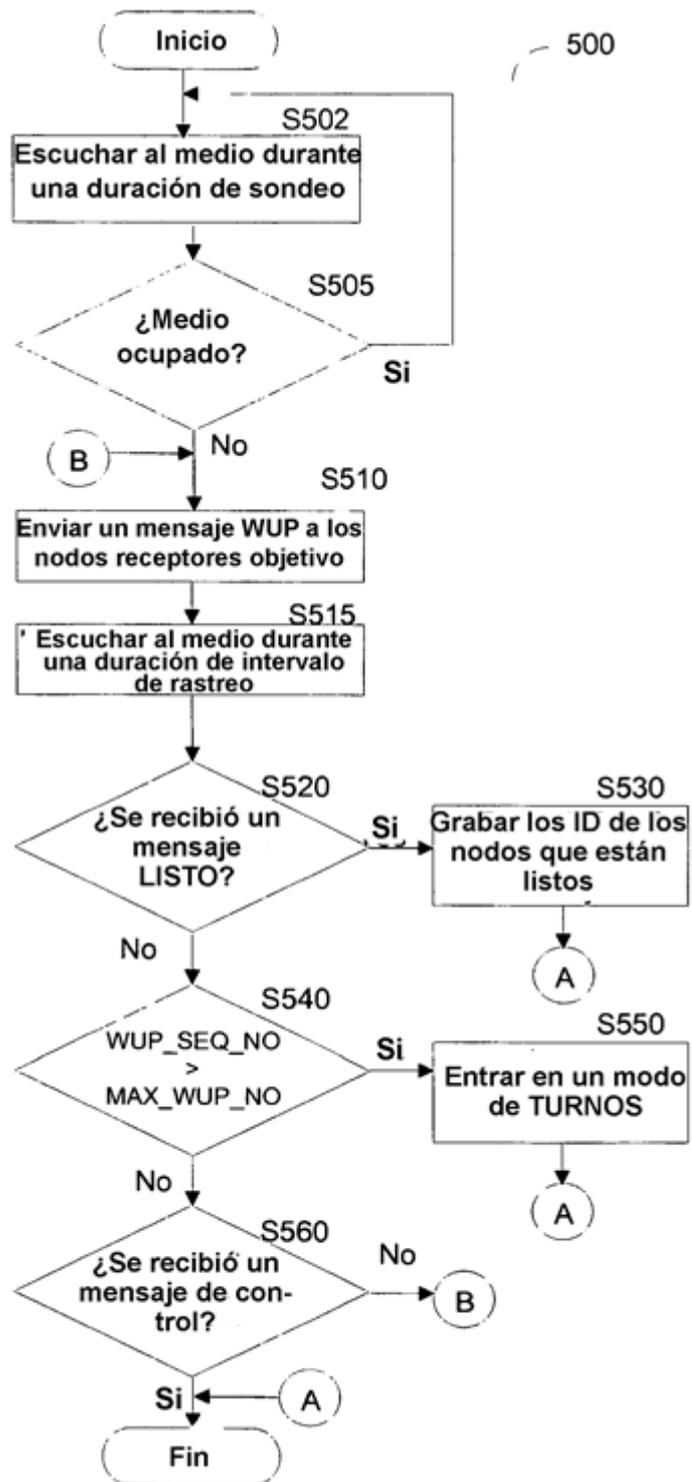


Figura 5

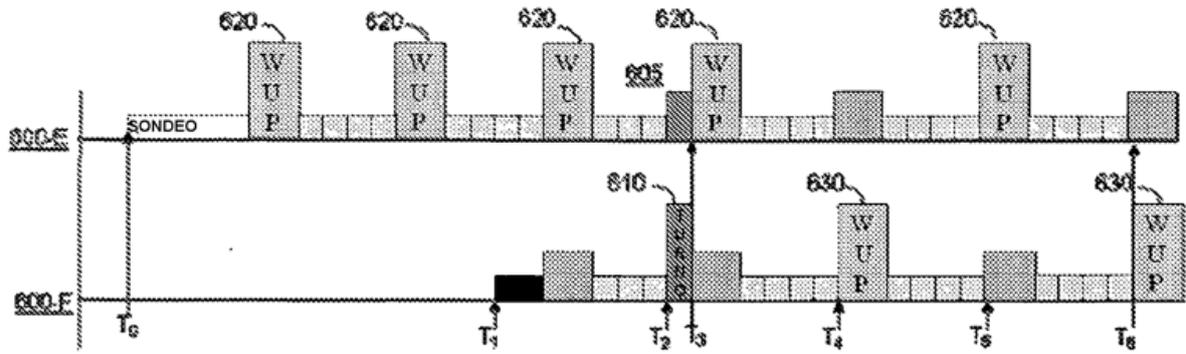


Figura 6

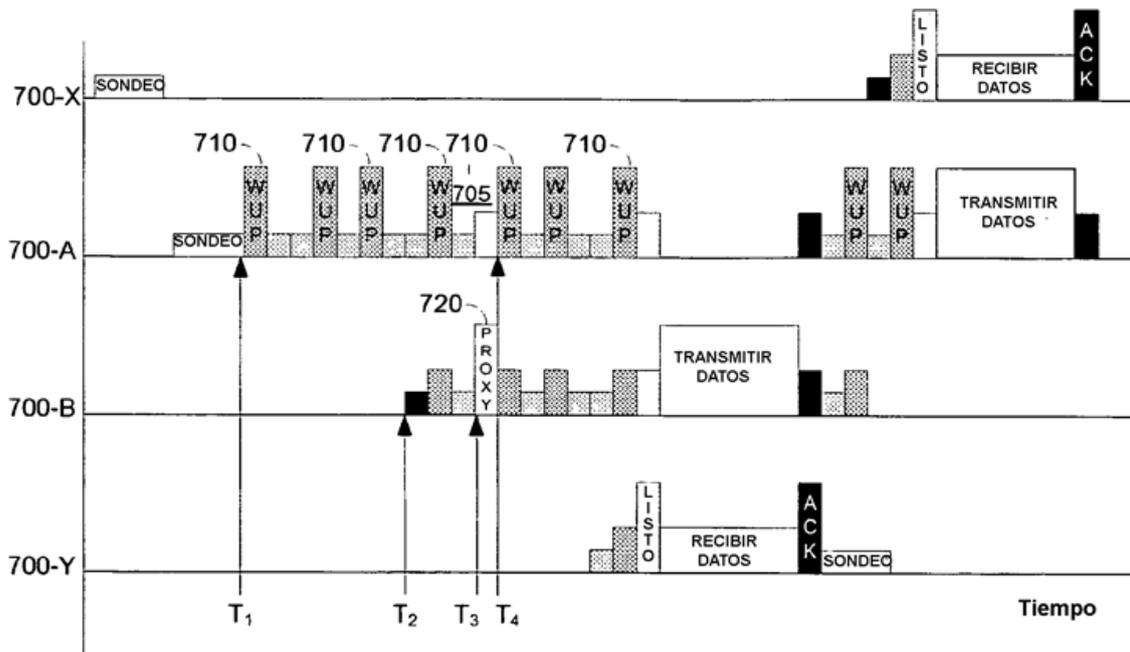


Figura 7

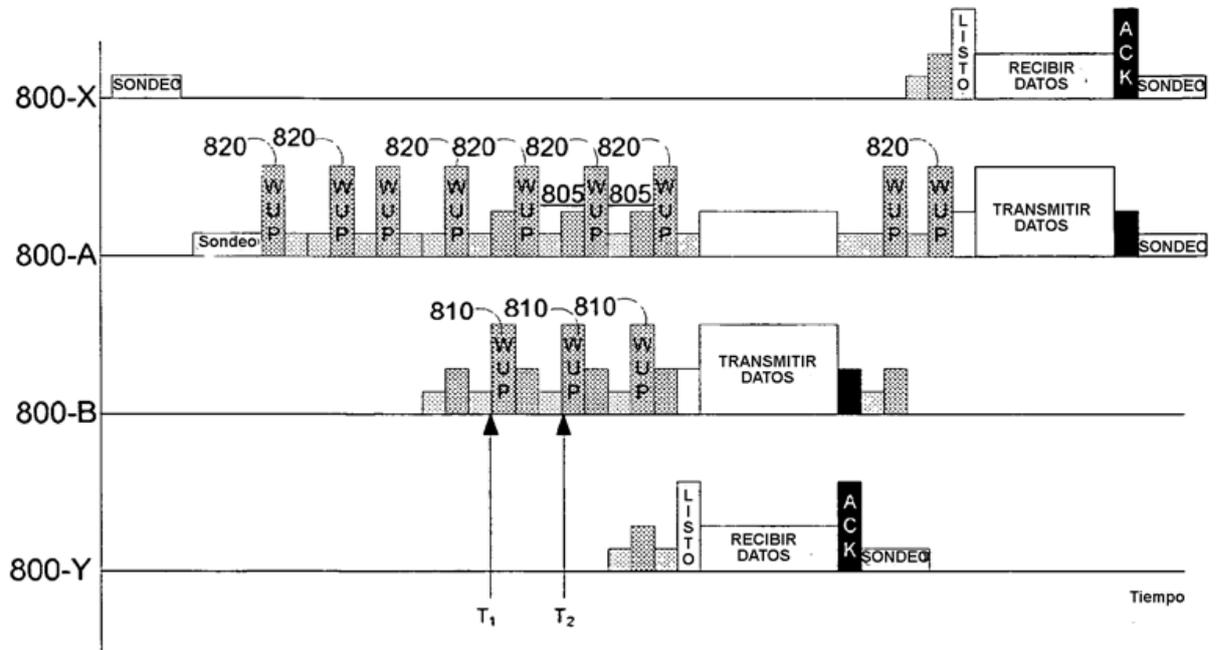


Figura 8