

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 407 966**

51 Int. Cl.:

H04W 36/00

(2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2005** **E 05851868 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2013** **EP 1839407**

54 Título: **Método y aparato para realizar seguimiento de vecinos en una red de área local inalámbrica**

30 Prioridad:

30.12.2004 US 26151

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

17.06.2013

73 Titular/es:

MOTOROLA MOBILITY, LLC (100.0%)
600 North US Highway 45
Libertyville, IL Illinois 60048 , US

72 Inventor/es:

BAKER, MICHAEL, H.;
EMEOTT, STEPHEN, P.;
PANDEY, APARNA;
SIMPSON, FLOYD,;
SMITH, BRIAN, K. y
WILSON, TIMOTHY, J.

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 407 966 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

Método y aparato para realizar seguimiento de vecinos en una red de área local inalámbrica

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a un método y aparato para realizar seguimiento de vecinos en una red de área local inalámbrica (WLAN).

10 Antecedentes de la invención

Las redes basadas en WLAN se consideran las redes multiservicio de próxima generación para empresas que utilizan la misma red para soportar varios servicios. Dichas redes proporcionan una solución de costo razonable para satisfacer las necesidades de comunicación de empresas. La telefonía de voz todavía constituye un modo de comunicación popular en dicho entorno. Sin embargo, el tráfico de voz tiene estrictos requisitos de retardo y, además, los usuarios de red de empresa tendrán una mayor expectación con respecto al servicio de alta calidad que un usuario residencial típico.

Una fuente de degradación de la calidad de voz en un entorno móvil es debida a la latencia de transferencia. Dado que la cobertura 802.11 es mucho menor que un sistema celular, un usuario de voz por protocolo de Internet (VoIP) de una empresa típica que camine por un vestíbulo podría encontrar dentro de una llamada de voz múltiples transferencias que incrementen la degradación de la calidad de voz debida a transferencias.

Hay tres tareas de medición principales que son realizadas por la unidad de abonado con el fin de soportar transferencia rápida activada por usuario: medición de señales de punto de acceso (AP) sirviente, descubrimiento de vecinos, y seguimiento de vecinos. Una visión general de la relación entre estos procesos dentro de la unidad de abonado 100 se ilustra en la figura 1. Las señales procedentes del AP sirviente se miden supervisando balizas del AP sirviente. El AP sirviente es el AP con el que la unidad de abonado está asociada actualmente. Con el fin de llevar a cabo las otras dos tareas, es decir, descubrimiento de vecinos y seguimiento de vecinos, la unidad de abonado debe "abandonar" su frecuencia primaria.

Con el fin de descubrir APs contiguos, la unidad de abonado 100 explora periódicamente todas las frecuencias difundiendo peticiones de detección. Una vez que los APs contiguos han sido descubiertos, la unidad de abonado 100 rastrea la intensidad de señal de los APs contiguos que se percibe que son objetivos de transferencia. La unidad de abonado 100 que realiza seguimiento de vecinos hace el seguimiento del tiempo de transmisión esperado de las balizas procedentes de los APs contiguos, lo que facilita las mediciones de intensidad de señal. La unidad de abonado 100 usa posteriormente los tiempos de transmisión esperados de las balizas para minimizar la cantidad de tiempo empleado en explorar la frecuencia.

Con respecto al algoritmo corriente de seguimiento de vecinos, la responsabilidad del proceso de recogida de mediciones es compartida entre el procesador host 102 y el módulo WLAN 104. En particular, el procesador host 102 programa todos los procesos de recogida de mediciones, mientras que el módulo WLAN 104 solamente ejecuta el programa explorando pasivamente la tabla de APs contiguos de un programa estático. Al final de la recogida de mediciones, el módulo WLAN 104 proporciona al procesador host 102 métrica de medición, tal como el indicador de intensidad de señal recibida (RSSI), etc.

Tanto el procesador host 102 como el módulo WLAN 104 desempeñan un papel al implementar el seguimiento de vecinos en el algoritmo corriente. En el algoritmo corriente, el programador de seguimiento de vecinos 106 reside en el procesador host 102. El programador de seguimiento de vecinos 106 compila una tabla incluyendo cada AP contiguo a explorar pasivamente. En base a la información que recibe del programador de descubrimiento de vecinos 108, el programador de seguimiento de vecinos 106 determina el orden en el que el módulo WLAN 104 deberá tomar mediciones y proporciona esta información al módulo WLAN 104 en un programa estático. El módulo WLAN 104 realiza el algoritmo de seguimiento de vecinos para los APs contiguos dados en el orden exacto proporcionado en la tabla compilada por el programador de seguimiento de vecinos 106 y reporta los resultados de nuevo al procesador host 102.

Una desventaja del algoritmo corriente de seguimiento de vecinos es que el programador de seguimiento de vecinos 106 genera el programa estático que dicta el orden en el que el módulo WLAN 104 ha de escuchar cada AP contiguo. En otros términos, todos los APs contiguos son explorados pasivamente en un orden dado dictado a priori por el procesador host 102, que no cambia dinámicamente dentro de una ventana de medición. Aunque el algoritmo de descubrimiento de vecinos realice una buena tarea de identificar los tiempos de transmisión esperados de las balizas, no hay garantía de que el algoritmo de seguimiento de vecinos sea capaz de medir efectivamente balizas transmitidas desde los APs contiguos. Con sistemas basados en contención, tal como WLAN, las transmisiones de las balizas se pueden retardar de forma significativa debido a la carga del AP contiguo. Además, varios factores medioambientales, incluyendo recorridos múltiples, ensombrecimiento, desvanecimiento, interferencia y colisión, pueden hacer que la unidad de abonado pierda la detección de una baliza.

Los algoritmos corrientes de seguimiento de vecinos compensan la incertidumbre de baliza bloqueando un canal contiguo y explorando la frecuencia durante períodos de tiempo prolongados o espaciando las mediciones AP lo suficiente en el dominio de tiempo para evitar la pérdida de una baliza mientras explora otra diferente. Como resultado, el programa estático fuerza al módulo WLAN a entrar en un estado de ahorro de potencia después de cada medición y a despertar antes de la medición siguiente, requiriendo así un calentamiento/enfriamiento convencional pleno del módulo WLAN antes/después de cada exploración pasiva.

Un algoritmo más inteligente de seguimiento de vecinos sería aprovechar las oportunidades para hacer múltiples exploraciones pasivas de vecinos cada vez que el módulo WLAN se encienda. Si se ejecuta adecuadamente, este algoritmo inteligente reduciría el drenaje de potencia aportado para un enfriamiento/calentamiento a menos del ciclo de enfriamiento/calentamiento de la técnica anterior por exploración pasiva.

La publicación de la Solicitud de Patente de Estados Unidos número US 2004/0093398 se propone describir una técnica de exploración activa doble que ayuda a reducir el problema de perder una red de área local inalámbrica (WLAN) preferida en un entorno congestionado, y también permite que el dispositivo de comunicaciones sea consciente de otras WLANs que puedan estar disponibles para uso por un dispositivo de comunicaciones. La exploración activa doble realiza una exploración activa con SSID preferido seguido de una exploración activa con SSID de difusión.

La publicación de la Solicitud de Patente PCT número WO 2005/034536 se publicó el 13 de Abril de 2005 y tiene fecha de presentación de 27 de Septiembre de 2004. Se considera que el contenido de esta solicitud PCT está incluido en la técnica actual relevante en lo relativo a la novedad solamente bajo el artículo 54(3) EPC. Esta solicitud PCT se propone describir un método de exploración pasiva mejorado para una red de área local inalámbrica, incluyendo los pasos de recibir al menos una de una señal de baliza o una respuesta de detección gratuita, actualizar una entrada de tabla de tiempo de lugar en una tabla de tiempo de lugar en base a la señal de baliza o la respuesta de detección gratuita recibida, establecer un tiempo de inicio de exploración en base a entradas en la tabla de tiempo de lugar actualizada, y determinar un modo de potencia para un dispositivo de comunicaciones inalámbricas en base al tiempo de inicio de exploración. También se describe un sistema de exploración pasiva mejorado y un medio utilizable por ordenador para exploración pasiva mejorada.

Resumen

Según la presente invención se facilita un método en una unidad de abonado y una unidad de abonado como los expuestos en las reivindicaciones acompañantes.

Breve descripción de las figuras

Ahora se describe una realización preferida de la invención, a modo de ejemplo solamente, con referencia a las figuras acompañantes en las que:

La figura 1 (técnica anterior) ilustra un diagrama de bloques de nivel alto de una unidad ejemplar de abonado según la técnica anterior.

La figura 2 ilustra un diagrama de bloques de nivel alto de una unidad ejemplar de abonado incluyendo un procesador host y un módulo WLAN según la presente invención.

La figura 3 ilustra una secuencia de intercambio de mensajes entre el procesador host y el módulo WLAN de la unidad de abonado de la figura 2 según la presente invención.

La figura 4 ilustra una tabla ejemplar según la presente invención.

La figura 5 ilustra al menos una porción del módulo WLAN de la figura 2 implementado como una máquina de estado finito según la presente invención.

La figura 6 ilustra tres perfiles de transición de potencia típicos de un módulo WLAN según la presente invención.

La figura 7 ilustra una tabla utilizada por el módulo WLAN para seleccionar un perfil óptimo de transición de potencia ilustrado en la figura 6 según la presente invención.

Y la figura 8 ilustra un ejemplo sencillo de la operación de la unidad de abonado de la figura 1 en comparación con la operación de la unidad de abonado de la figura 2 según la presente invención.

Descripción detallada de la realización preferida

La presente invención implementa una unidad de abonado que realiza seguimiento de vecinos explorando

pasivamente puntos de acceso (APs) contiguos en una red de área local inalámbrica (WLAN). Los APs contiguos pueden pertenecer a una red heterogénea, tal como, aunque sin limitación, 802.xx (por ejemplo, 802.11(a), 802.11(b), 802.11(g), 802.15, 802.16), redes celulares, o análogos. Al objeto de describir la presente invención, la unidad de abonado incluye un procesador host y un módulo WLAN, donde el módulo WLAN programa y ejecuta el proceso de exploración pasiva según la presente invención. Cuando la unidad de abonado desea explorar pasivamente los APs contiguos con el fin de medir sus respectivas oportunidades de medición, el procesador host compila una tabla que identifica al menos un conjunto de APs contiguos para el módulo WLAN a explorar y proporciona información de oportunidad de medición que el módulo WLAN usa para calcular un tiempo de transmisión estimado para las oportunidades de medición transmitidas desde cada AP contiguo. A los efectos de la presente invención, un ejemplo de una oportunidad de medición es una baliza que es transmitida desde un AP conocido por los expertos en la técnica de WLAN, una respuesta de detección no solicitada transmitida periódicamente y a intervalos de reloj conocidos por la unidad de abonado o cualquier otro marco de medición de difusión transmitida desde el AP que proporciona información requerida por una unidad de abonado para estimar la calidad de señal y prever el tiempo de futuras oportunidades de medición. Una vez compilada, el procesador host envía la tabla al módulo WLAN. A la recepción de la tabla, el módulo WLAN determina el AP más apropiado para explorar a partir de la tabla y realiza la exploración pasiva. Después de completar la exploración, el módulo WLAN etiqueta el AP que ha sido explorado satisfactoriamente, determina el AP más apropiado siguiente a explorar que todavía no ha sido explorado/etiquetado, selecciona el perfil de transición de potencia apropiado (es decir, secuencia de enfriamiento, modo de sueño y secuencia de calentamiento), y realiza consiguientemente la exploración pasiva siguiente. Este proceso se repite después de completar cada exploración hasta que todos los APs contiguos identificados en la tabla hayan sido explorados/etiquetados. Determinar el AP contiguo más apropiado a explorar se basa en al menos los tiempos de transmisión estimados para las oportunidades de medición para cada AP contiguo que todavía no ha sido explorado en relación a un valor de temporizador corriente. Un intervalo de transmisión para cada AP y los perfiles de transición de potencia disponibles (es decir, opciones de enfriamiento/calentamiento) también pueden ser considerados al determinar el AP más apropiado a explorar. Como tal, el comportamiento dinámico del módulo WLAN es un resultado de una combinación, después de finalizar cada exploración, de seleccionar el AP más apropiado a explorar que todavía no ha sido explorado y el perfil de transición de potencia apropiado a usar entre exploraciones, si es necesario, minimizando así la potencia media consumida por la unidad de abonado durante el seguimiento de vecinos. Se hace referencia ahora a las figuras para describir la presente invención con más detalle. Se apreciará que, por razones de simplicidad y claridad de la ilustración, los elementos representados en las figuras no se representan necesariamente a escala. Por ejemplo, las dimensiones de algunos elementos se han exagerado con relación a otros. Además, donde se considera apropiado, los números de referencia se han repetido en las figuras para indicar elementos idénticos.

La figura 2 ilustra un diagrama de bloques de nivel alto de una unidad ejemplar de abonado 200 que implementa un procedimiento de seguimiento de vecinos WLAN según la presente invención. La unidad ejemplar de abonado 200 ilustrada en la figura 2 sustituye el programador de seguimiento de vecinos 106 ilustrado en la figura 1 por un controlador de seguimiento de vecinos 202, y sustituye la máquina de seguimiento estático de vecinos 110 por un programador de seguimiento dinámico de vecinos 204. Es importante observar que los componentes reales ilustrados en la figura 2 son a efectos de ejemplo solamente y que el procesador host 206 y/o el módulo WLAN 208 de la unidad ejemplar de abonado 200 pueden incluir menos, más y/o diferentes componentes de los ilustrados en la figura 2 y seguir todavía dentro del alcance de la presente invención definido por las reivindicaciones anexas. También se deberá indicar que los componentes de la unidad ejemplar de abonado 200 pueden ser implementados en microprogramas, hardware, software, o su combinación y seguir dentro del espíritu y alcance de la presente invención.

La figura 3 ilustra una secuencia de intercambio de mensajes entre el procesador host 206 y el módulo WLAN 208. A diferencia de la técnica anterior, la mayor parte de la inteligencia requerida para el seguimiento de vecinos en la presente invención reside en el módulo WLAN 208 (es decir, el módulo WLAN programa y ejecuta el proceso de exploración pasiva). En la operación, el procesador host 206 compila una tabla (de la que se ilustra un ejemplo en la figura 4 siguiente) que identifica al menos un conjunto de APs contiguos a explorar pasivamente y la información de oportunidad de medición y el intervalo de medición para cada AP (300). Una vez compilada la tabla, el procesador host 206 envía la tabla al módulo WLAN 208 (302). A la recepción de la tabla, el módulo WLAN 208 envía un reconocimiento al procesador host 206 (304); el procesador host 206 puede entrar en un estado de sueño después de la recepción del reconocimiento. El módulo WLAN 208 determina "al vuelo" a partir de la tabla el AP más apropiado a explorar pasivamente que todavía no ha sido explorado (306). El módulo WLAN 208 ejecuta la exploración pasiva en el AP más apropiado que todavía no ha sido explorado satisfactoriamente, pone en memoria intermedia los resultados, y etiqueta el AP como explorado satisfactoriamente (308). El módulo WLAN 208 determina entonces el valor de temporizador corriente y determina el AP más apropiado siguiente a explorar pasivamente que todavía no ha sido explorado satisfactoriamente en base a la tabla de medición 300 que recibe del procesador host 206, después de lo que el módulo WLAN 208 selecciona consiguientemente el perfil de transición de potencia apropiado (310). Estos pasos de proceso 308 y 310 se repiten hasta que todos los APs identificados en la tabla hayan sido explorados satisfactoriamente o se haya intentado explorar un número predeterminado de veces. Después de finalizar las exploraciones, el módulo WLAN 208 envía una interrupción al procesador host 206 (312). A la recepción de un reconocimiento del procesador host 206 (314), el módulo WLAN 208 envía los resultados puestos en memoria intermedia al procesador host 206 (316).

Una tabla ejemplar 400 usada según la presente invención se ilustra en la figura 4. En esta tabla ejemplar 400, el procesador host 206 identifica el número total de APs contiguos para el módulo WLAN 208 a explorar 402. También se identifican en la tabla ejemplar 400 cinco campos creados para cada AP contiguo identificado para ser explorado: un campo de identificación de conjunto de servicios básicos (BSSID) 404, un campo de número de canal 406, un campo de información de oportunidad de medición 408, un campo de intervalo 410, y un campo de tiempo de exploración máximo 412. El campo BSSID 404 especifica un número de identificación único para el AP contiguo. El campo de número de canal 406 especifica la frecuencia operativa para el AP contiguo. El campo de información de oportunidad de medición 408 especifica la desviación de tiempo entre el tiempo de función de sincronización de tiempo (TSF) de la unidad de abonado y el tiempo TSF del AP contiguo dado. En una realización, el valor especificado en el campo de información de oportunidad de medición 408 se calcula tomando la diferencia entre el tiempo TSF del AP contiguo dado y el tiempo TSF local de la unidad de abonado, y tomando después el módulo de la diferencia y el valor del campo de intervalo 410 para el AP contiguo dado. Escribiéndolo como una ecuación, el campo de información de oportunidad de medición 408, $Offset_n$, es igual a:

$$Offset_n = \text{mod}[(TSF_n - TSF_{local}), Interval_n],$$

donde TSF_n es igual al tiempo TSF de AP contiguo, TSF_{local} es igual al tiempo TSF local, e $Interval_n$ es igual al intervalo entre oportunidades de medición para el AP contiguo. En una realización alternativa, el valor especificado en el campo de información de oportunidad de medición 408 es igual al tiempo TSF de la unidad de abonado cuando tiene lugar alguna de múltiples oportunidades de medición para el AP contiguo.

El campo de intervalo de oportunidad de medición 410 especifica el intervalo entre las transmisiones de oportunidades de medición para el AP contiguo dado. El campo de tiempo de exploración máximo 412 especifica el tiempo máximo que la unidad de abonado 200 puede explorar una oportunidad de medición; sin este campo 412, la unidad de abonado 200 explora indefinidamente cuándo se pierde una oportunidad de medición. Estos cinco campos se repiten en la tabla 400 para cada AP contiguo identificado en la tabla 400. Es importante observar que la tabla 400 puede incluir más, menos o diferentes campos y seguir cayendo dentro del alcance de la presente invención. Una vez compilada, el procesador host 206 envía la tabla 400 al módulo WLAN 208.

Al menos una porción del módulo WLAN 208 puede ser implementada como una máquina de estado finito; para facilitar la explicación, la descripción siguiente se refiere al módulo WLAN 208 aunque solamente una porción del módulo WLAN 208 pase a través de los varios estados. Un ejemplo de dicha máquina de estado finito se ilustra en la figura 5. Como se ilustra, hasta que el módulo WLAN 208 recibe la tabla 400 del procesador host 206, el módulo WLAN 208 permanece en el estado RECEIVE_TABLE 500. A la recepción de la tabla, el módulo WLAN 208 pasa al estado INICIALIZACIÓN 502. Mientras está en el estado de INICIALIZACIÓN 502, el módulo WLAN 208 inicializa los parámetros y variables requeridos para implementar el algoritmo de búsqueda (por ejemplo, valores de contador, etc). El módulo WLAN 208 permanece en el estado de INICIALIZACIÓN 502 hasta que se recibe del procesador host 206 una orden de iniciar una exploración pasiva de los APs contiguos identificados en la tabla 400. Una vez recibida la orden, el módulo WLAN 208 pasa al estado SEARCH_TABLE 504.

Mientras está en el estado SEARCH_TABLE 504, el módulo WLAN 208 selecciona de la tabla 400 el AP contiguo más apropiado a explorar pasivamente que todavía no ha sido explorado satisfactoriamente; sin embargo, si todos los APs contiguos en la tabla 400 han sido explorados satisfactoriamente, entonces el módulo WLAN 208 pasa al estado INTERRUPT_HOST 510 (descrito más adelante). Cada vez que se entra en el estado SEARCH_TABLE 504, se usa el valor corriente del temporizador TSF local en combinación con la tabla 400 y el conjunto de APs contiguos que todavía no han sido explorados satisfactoriamente con el fin de determinar el AP contiguo más apropiado siguiente a explorar. En una realización, la cantidad de tiempo restante hasta la oportunidad de medición siguiente se calcula para cada AP contiguo que todavía no haya sido explorado satisfactoriamente. El tiempo restante se calcula tomando el campo de intervalo de oportunidad de medición 410 para dicho AP y restando de él el tiempo que ha pasado desde la última oportunidad de medición para el AP contiguo dado. El tiempo que ha pasado desde la última oportunidad de medición puede ser calculado tomando la suma del tiempo TSF local de la unidad de abonado y el valor desviado dado en el campo de información de oportunidad de medición 408 para dicho AP contiguo, y tomando el módulo de la suma y el campo de intervalo 410 para dicho AP contiguo. El tiempo restante hasta la oportunidad de medición siguiente se puede calcular entonces restando el tiempo que ha pasado desde la última oportunidad de medición del campo de intervalo 410 para dicho AP contiguo. Escribiéndolo en forma de ecuación, el tiempo restante hasta la oportunidad de medición siguiente para un AP contiguo que todavía no ha sido explorado satisfactoriamente, T_r , es igual a:

$$T_r = Interval_n - \text{mod}[(TSF_1 + Offset_n), Interval_n],$$

donde $Interval_n$ es igual al campo de intervalo de oportunidad de medición 410, $Offset_n$ es igual al campo de información de oportunidad de medición 408 y TSF_1 es igual al tiempo TSF local de la unidad de abonado.

En una realización alternativa, la cantidad de tiempo restante hasta la oportunidad de medición siguiente se calcula para cada AP contiguo que todavía no ha sido explorado satisfactoriamente tomando el campo de intervalo de

oportunidad de medición 410 para el AP contiguo y restando de él el tiempo que ha pasado desde la última oportunidad de medición para el AP contiguo dado, como indica el valor del campo de desviación de información de medición 408 en una realización alternativa. El tiempo que ha pasado desde la última oportunidad de medición puede ser calculado tomando la diferencia del tiempo TSF local de la unidad de abonado y el tiempo TSF del AP contiguo dado cuando tiene lugar alguna de una pluralidad de oportunidades de medición para el AP contiguo dado, y tomando después el módulo de la diferencia y el campo de intervalo 410 para el AP contiguo dado. Escribiéndolo en forma de ecuación, el tiempo restante hasta la oportunidad de medición siguiente para un AP contiguo que todavía no ha sido explorado satisfactoriamente, T_r , es igual a:

$$T_r = \text{Interval}_n - \text{mod}[(\text{TSF}_{\text{local}} - \text{TSF}_{\text{NMF}}), \text{Interval}_n],$$

donde Interval es igual al campo de intervalo 410, TSF_{NMF} es igual al campo de información de oportunidad de medición 408 para el AP contiguo dado y $\text{TSF}_{\text{local}}$ es igual al tiempo TSF local.

En otra realización alternativa, el número de cálculos de módulo se puede reducir cuando todos los campos de intervalo 410 para el AP contiguo son los mismos. Para este caso, las oportunidades de medición transmitidas desde los APs contiguos tienen lugar en la misma posición relativa dentro del intervalo de medición de unidad de abonado. La tabla ejemplar de APs contiguos 400 se almacena preclasificada en base al valor de desviación de tiempo, Offset_n , donde Offset_n se calcula como se ha mostrado previamente. Cada vez que se entra en el estado SEARCH_TABLE 504, el tiempo que ha transcurrido desde la oportunidad de medición de AP sirviente anterior es igual a:

$$T_{\text{elapsed}} = \text{mod}[\text{TSF}_{\text{local}}, \text{Interval}_{\text{local}}]$$

donde $\text{TSF}_{\text{local}}$ es igual al tiempo TSF local e $\text{Interval}_{\text{local}}$ es igual al intervalo entre oportunidades de medición para el AP sirviente, que es el mismo que el intervalo entre oportunidades de medición para todos los APs en la tabla de APs contiguos 400. El tiempo restante T_r hasta la oportunidad de medición siguiente para un AP contiguo que todavía no ha sido explorado satisfactoriamente, T_r , es igual a:

$$T_r = \text{Offset}_n - T_{\text{elapsed}} \quad \text{Si } \text{Offset}_n > T_{\text{elapsed}} \\ = \text{Interval}_{\text{local}} - (T_{\text{elapsed}} - \text{Offset}_n) \quad \text{en otro caso}$$

Obsérvese que en una realización ejemplar, el tiempo calculado de aparición de oportunidad de medición siguiente para un AP contiguo dado incluye el tiempo requerido para procesar la oportunidad de medición, conmutar canales, compensar la inestabilidad, etc. Mientras está en el estado SEARCH_TABLE 504, el módulo WLAN 208 compara el tiempo que queda antes de que cada AP contiguo transmita su oportunidad de medición siguiente y selecciona el valor positivo más pequeño (opción óptima de mejor eficiencia de potencia). Además, el módulo WLAN 208 selecciona el perfil óptimo de transición de potencia a usar mientras espera la oportunidad de medición siguiente. El perfil de transición de potencia es una secuencia combinada de enfriamiento, modo de sueño y calentamiento necesaria para minimizar el consumo de potencia. La figura 6 describe tres perfiles de transición de potencia representativos de un módulo WLAN típico 208. Un perfil de transición de potencia se define como el tiempo mínimo necesario para la transición desde plena recepción activa a un modo de sueño deseado, después de nuevo a la plena recepción activa. Con el fin de seleccionar un perfil de transición de potencia dado para una medición dada, la diferencia de tiempo entre el temporizador corriente y la medición deseada siguiente debe ser más larga que el perfil de transición de potencia, como se representa en la figura 7. Cuando la oportunidad de medición siguiente esté más lejos en el tiempo que el perfil de transición de potencia elegido, el módulo WLAN 208 permanecerá en el modo de sueño deseado durante el tiempo extra.

Después de identificar el AP contiguo más apropiado a explorar y de seleccionar el perfil óptimo de transición de potencia, el módulo WLAN 208 ejecuta la secuencia de enfriamiento del perfil de transición de potencia (si es aplicable) y espera en el modo de sueño de perfil de potencia transición (si es aplicable) hasta el tiempo de calentar el receptor de manera que esté preparado para la oportunidad de medición siguiente. Para iniciar la secuencia de calentamiento, el módulo WLAN 208 pasa al estado EXECUTE_SCAN 506. En el estado EXECUTE_SCAN 506, el módulo WLAN 208 calienta el receptor (si es aplicable) y bloquea el número de canal para el AP contiguo dado en el tiempo calculado de aparición de oportunidad de medición siguiente para el AP dado. El módulo WLAN 208 arranca entonces un temporizador de medición y espera en recepción plena hasta que se reciba una oportunidad de medición del AP contiguo o el temporizador de medición llegue al tiempo de exploración máximo 412. Las oportunidades de medición recibidas son procesadas (por ejemplo, midiendo el indicador de intensidad de señal recibida (RSSI) y/o la relación de señal a ruido (SNR) de la oportunidad de medición, o análogos). El módulo WLAN 208 pone en memoria intermedia la información acerca de la oportunidad de medición y pasa al estado END_SCAN.

En el estado END_SCAN 508, el módulo WLAN 208 etiqueta el AP contiguo explorado de modo que no se reselectione en el estado SEARCH_TABLE 504 para exploración. El módulo WLAN 208 también reinicializa las variables de búsqueda. Una vez que el AP contiguo explorado es etiquetado consiguientemente y las variables son reinicializadas, el módulo WLAN 208 vuelve al estado SEARCH_TABLE 504.

En el estado INTERRUPT_HOST 510, el módulo WLAN 208 determina que todos los APs contiguos hallados están etiquetados, han sido explorados satisfactoriamente según sea preciso, o se ha agotado el tiempo. El módulo WLAN 208 envía al procesador host 206 una interrupción para indicar que los resultados de exploración están preparados, y los resultados de exploración (por ejemplo, indicador de calidad, información de tiempo, oportunidades de medición puestas en memoria intermedia, etc) se pasan del módulo WLAN 208 al procesador host 206. Alternativamente, en lugar de enviar la interrupción al procesador host 206, el módulo WLAN 208 puede usar los resultados de exploración para actualizar un medio de almacenamiento local, especialmente la información de tiempo, o si un programa es mantenido por el módulo WLAN 208, incluso para actualizar el programa de medición añadiendo, quitando o reorganizando en la tabla APs contiguos que permiten que el procesador host 206 permanezca más tiempo en el estado de sueño.

Para entornos estáticos con poco cambio en las variables medioambientales, tales como ruido, interferencia y posición de abonado, un módulo WLAN inteligente 208 puede repetir una serie de exploraciones de vecinos antes de despertar el procesador host 206. Entre exploraciones, el módulo WLAN 208 entra en un modo de sueño y pone un temporizador en espera hasta que transcurra el intervalo de seguimiento de vecinos siguiente. En este punto, el temporizador dispara el despertar del módulo WLAN 208, y el módulo WLAN 208 comienza una nueva exploración de seguimiento de vecinos. Cuando se observan cambios significativos en RSSI o SNR entre conjuntos de mediciones de vecinos, o cuando la calidad de señal del AP sirviente cae por debajo de un umbral absoluto o un umbral con relación a la calidad de señal de uno o más de los APs contiguos, el módulo WLAN 208 dispara una interrupción para despertar el procesador host 206. Toda la información de cada conjunto de mediciones es puesta en memoria intermedia por el módulo WLAN 208 y enviada al procesador host 206 después de la interrupción.

Después de que los resultados de exploración son enviados al procesador host 206 o son usados localmente por el módulo WLAN 208, el módulo WLAN 208 vuelve al estado RECEIVE_TABLE 500 y entra en un modo de sueño hasta que se reciba la interrupción siguiente del procesador host 206 para comenzar una nueva exploración o para realizar otras funciones, tal como recibir y transmitir tráfico.

A medida que el módulo WLAN 208 progresa a través de la tabla, tiene la opción de seleccionar un perfil de transición de potencia diferente entre oportunidades de medición. El módulo WLAN 208 ofrece típicamente uno o más perfiles de transición de potencia entre los que elegir. sin embargo, hay un costo asociado con la entrada y salida de perfiles de transición de potencia. En particular, cuando un módulo WLAN 208 sale del modo de ahorro de potencia para entrar en el modo activo, debe pasar a través de una secuencia de calentamiento. Excepto en casos con tráfico muy ligero, la contención de canal hace que la técnica anterior incurra en el peor caso de coste de calentamiento/enfriamiento convencional pleno para cada medición de vecinos puesto que las oportunidades de medición deben ser programadas lo suficientemente separadas para evitar el solapamiento de intervalos de medición. Dependiendo de los perfiles de transición de potencia disponibles y las capacidades del módulo WLAN 208, el calentamiento durante el seguimiento de vecinos puede reducir de forma significativa el drenaje de corriente necesario para el calentamiento del módulo WLAN 208. La presente invención reduce de forma significativa la potencia de calentamiento/enfriamiento sustituyendo los ciclos costosos convencionales de pleno calentamiento/enfriamiento por los modos de calentamiento parcial y seguir despierto disponibles para el módulo WLAN 208.

A efectos ejemplares solamente, en la figura 6 se ilustran tres perfiles de transición de potencia típicos de un módulo WLAN 208. El primer perfil de transición de potencia 600 es un modo convencional de pleno enfriamiento a sueño profundo seguido por un calentamiento convencional a modo activo pleno. El calentamiento del receptor convencional (por ejemplo, el módulo WLAN 208) empieza en sueño profundo y pasa a través de uno o más modos de pseudo-sueño lo más rápidamente posible hasta que se alcanza la recepción plenamente activa (es decir, drenaje de potencia de 100%). En un modo de sueño profundo, el módulo WLAN 208 se apaga y consume cantidades de potencia despreciables solamente para funcionalidades esenciales (por ejemplo, reloj, etc). En el modo de pseudo-sueño, una parte de la circuitería general se mantiene operativa dando lugar a un drenaje de potencia no despreciable. Se representan dos modos de pseudo-sueño (20% y 35%) en el perfil de calentamiento/enfriamiento convencional ilustrado en la figura 6. En la práctica, el número de etapas podría ser más o menos de tres (por ejemplo, 20%, 35%, 50% y 100%). Como se ha explicado anteriormente, los perfiles de transición de potencia muestran el tiempo mínimo necesario para un modo de enfriamiento a sueño y el retorno a recepción plena. Así, la cantidad mínima de tiempo necesaria para completar el primer perfil de transición de potencia 600 es A 602. El segundo perfil de transición de potencia 604 es un enfriamiento/calentamiento rápido. En este segundo perfil 604 tiene lugar un enfriamiento rápido a un modo de pseudo-sueño y va seguido de un calentamiento rápido de nuevo a 100% de drenaje de potencia. La cantidad mínima de tiempo necesaria para completar el segundo perfil de transición de potencia 604 es B 606. El tercer perfil de transición de potencia 608 es permanecer despierto. En este tercer perfil 608, el receptor permanece despierto a 100% de drenaje de potencia y comienza inmediatamente a conmutar frecuencias, si es necesario, para prepararse a recibir una nueva oportunidad de medición. La cantidad de tiempo necesario para completar el tercer perfil de transición de potencia 608 es C 610. Controlando con cuidado cuándo y con qué frecuencia el módulo WLAN 208 entra y sale de un modo de ahorro de potencia se puede obtener ahorros significativos en el drenaje de corriente.

Como se ha mencionado anteriormente, cada vez que el módulo WLAN 208 completa una exploración de medición,

debe decidir el AP contiguo más apropiado a explorar pasivamente después. Con el fin de hacer esta decisión, el módulo WLAN 208 calcula cuánto tiempo queda antes de cada oportunidad de medición para cada uno de los APs contiguos que todavía no han sido explorados. A los efectos de la presente invención, este tiempo se indica como D_{xy} (donde x denota el canal del AP contiguo que acaba de medirse, e y denota el canal del AP contiguo a explorar). Los perfiles de transición de potencia 600, 604, 608 ilustrados en la figura 6 tienen limitaciones de tiempo que se deben cumplir antes de que puedan ser elegidos. La figura 7 ilustra cómo el módulo WLAN 208 usa las limitaciones de tiempo etiquetadas en la figura 6 con el fin de averiguar si D_{xy} cumple las limitaciones de tiempo. Por ejemplo, si D_{xy} es mayor que A 602, el módulo WLAN 208 selecciona el perfil de calentamiento/enfriamiento convencional 600 como el perfil óptimo de transición de potencia; si D_{xy} es mayor que B 604, pero menor que A 602, el módulo WLAN 208 selecciona el perfil de enfriamiento/calentamiento rápido 604 como el perfil óptimo de transición de potencia; si D_{xy} es mayor que C 610, pero menor que B 606, el módulo WLAN 208 selecciona el perfil de permanecer despierto 608 como el perfil óptimo de transición de potencia.

Se hace referencia ahora a la figura 8 para ilustrar un ejemplo sencillo que implementa la presente invención. Este ejemplo compara los resultados del módulo WLAN 208 de la técnica anterior usando un programa estático como se ha descrito anteriormente en la sección e antecedentes con los resultados de la máquina de estado de seguimiento dinámico de vecinos según la presente invención. Con respecto a este ejemplo, todos los intervalos de oportunidad de medición para cada uno de los APs contiguos se han puesto a un valor común por razones de simplicidad.

En primer lugar se describe el ejemplo desde la perspectiva de usar una máquina de estado de seguimiento dinámico de vecinos según la presente invención. En este ejemplo, el procesador host 206 compila la tabla de APs contiguos a explorar por el módulo WLAN 208 (es decir, AP_1 , AP_2 , AP_3 y AP_4) como se ha descrito anteriormente. A la recepción de la tabla, el módulo WLAN 208 identifica los tiempos de transmisión estimados de las oportunidades de medición de los APs contiguos, y el valor corriente del temporizador TSF local con el fin de seleccionar el primer AP contiguo a explorar. En base a estos criterios, en este ejemplo, se selecciona AP_1 como el primer AP a explorar. El tiempo de transmisión esperado de la oportunidad de medición para AP_1 se representa como T_1 . El módulo WLAN 208 explora la frecuencia correspondiente a AP_1 hasta que su oportunidad de medición sea recibida en R_1 . Una vez que se recibe la oportunidad de medición, el módulo WLAN 208 etiqueta AP_1 , comprueba el valor corriente de su temporizador TSF local, y calcula los tiempos que quedan hasta que se espera que tenga lugar la oportunidad de medición siguiente para cada AP que todavía tiene que ser explorado (D_{12} , D_{13} , D_{14} para AP_2 , AP_3 y AP_4 , respectivamente). En este ejemplo, el módulo WLAN 208 determina que es incapaz de recibir las oportunidades de medición de AP_2 y AP_3 , porque D_{12} y D_{13} son negativos, indicando que la oportunidad de medición se ha perdido. Sin embargo, el módulo WLAN 208 determina que puede recibir la oportunidad de medición siguiente de AP_4 que se espera que sea transmitida desde AP_4 en T_4 seleccionando un perfil de transición de potencia de "permanecer despierto". Como tal, el módulo WLAN 208 permanece activado después de completar la exploración pasiva de AP_1 , y comienza a explorar pasivamente la frecuencia para AP_4 hasta que la oportunidad de medición sea recibida en R_4 .

Una vez que se recibe la oportunidad de medición de AP_4 , el módulo WLAN 208 calcula cuánto tiempo queda antes de que se espere que cada AP contiguo que todavía tiene que ser explorado transmita su oportunidad de medición siguiente. En este ejemplo, el módulo WLAN 208 determina que hay tiempo suficiente para seleccionar un perfil de transición de potencia de enfriamiento/calentamiento convencional antes de que se espere que las oportunidades de medición estimadas siguientes sean transmitidas desde AP_2 y AP_3 (es decir, $D_2 > A$ y $D_3 > A$). Dado que el tiempo restante hasta la oportunidad de medición siguiente para AP_2 es menor que para AP_3 ($D_{42} < D_{43}$), se selecciona AP_2 como EL AP contiguo siguiente a explorar. El módulo WLAN 208 se enfría a modo de sueño profundo y espera durante un período de tiempo menor o igual a $D_{42} - A$, luego comienza el calentamiento convencional en tiempo suficiente para estar preparado para recibir la oportunidad de medición de AP_2 en R_2 . El módulo WLAN 208 comprueba el valor corriente de su temporizador TSF local contra los APs contiguos restantes, que en este caso es solamente AP_3 . Considerando el valor corriente de su temporizador TSF local y el tiempo de transmisión estimado para la oportunidad de medición de AP_3 , el módulo WLAN 208 determina que hay tiempo suficiente para realizar un perfil de transición de potencia de enfriamiento/calentamiento rápido (es decir, $D_{23} > B$). El módulo WLAN se enfría a un modo de pseudo-sueño durante un período de tiempo igual a $D_{23} - B$, luego se inicia el calentamiento rápido con tiempo suficiente para que el módulo WLAN 208 esté preparado para recibir la oportunidad de medición de AP_3 en R_3 . Una vez finalizadas todas las exploraciones, el módulo WLAN 208 envía una interrupción al procesador host 206 y envía las mediciones de exploración para cada uno de los APs contiguos identificados en la tabla junto con los tiempos reales en los que las oportunidades de medición fueron recibidas realmente por el módulo WLAN 208 (es decir, R_1 , R_2 , R_3 y R_4).

En contraposición, como se ha indicado anteriormente en la sección de antecedentes, el módulo WLAN 104 que usa una máquina de seguimiento estático de vecinos según la técnica anterior debe buscar cada oportunidad de medición en el orden dictado por la tabla recibida del procesador host 102. En este ejemplo, se supone que las oportunidades de medición están ordenadas dentro de la tabla en base a los tiempos de llegada esperados. La máquina de seguimiento estático de vecinos de la técnica anterior se representa recibiendo las oportunidades de medición en el orden: AP_1 , AP_2 , AP_3 y AP_4 . Cuando dos APs contiguos en la tabla están programados para transmitir su respectiva oportunidad de medición muy juntos, la máquina de seguimiento estático de vecinos de la técnica anterior programará rutinariamente las oportunidades de medición para cualesquiera dos AP contiguos en tiempos que estén suficientemente separados para evitar un solapamiento de los intervalos de medición. Como tal, con

referencia al ejemplo en la figura 8, dado que la máquina de seguimiento estático de vecinos debe explorar los APs en el orden dictado por el procesador host 102, la máquina de seguimiento estático de vecinos recibe la oportunidad de medición transmitida desde AP₁ en R₁', recibe la oportunidad de medición transmitida desde AP₂ en R₂', recibe la oportunidad de medición transmitida desde AP₃ en R₃', y recibe la oportunidad de medición transmitida desde AP₄ en R₄'. La máquina de seguimiento estático de vecinos de la técnica anterior solamente programará un segundo AP para exploración en un tiempo suficientemente largo después del tiempo programado para un primer AP en el que hay poca o nula posibilidad de solapamiento de los intervalos de medición, incrementando por ello la cantidad de tiempo requerido para recoger un conjunto de mediciones completo para cada AP contiguo en la tabla.

Aunque el ejemplo anterior usa la misma oportunidad de intervalo de medición para los cuatro APs y el AP sirviente, será obvio a los expertos en la técnica que el método es fácilmente extensible al caso en que estos intervalos de oportunidad de medición no sean iguales. Se podría usar múltiples contadores para estimar el tiempo que queda hasta las oportunidades de medición siguientes, como se ha descrito anteriormente. Alternativamente, el número de contadores se podría reducir usando un intervalo maestro que sea igual al múltiplo común más bajo de todos los intervalos de oportunidad de medición. Hardware o algoritmos de software que cuenten el intervalo maestro podrían predecir los tiempos de llegada de las oportunidades de medición para todos los vecinos. Además, la presente invención es fácilmente extensible de modo que incluya APs contiguos pertenecientes a redes heterogéneas incluyendo 802.11a/b/g, 802.16, 802.15, redes celulares, etc, para soportar el seguimiento de vecinos entre tecnologías.

Aunque la invención se ha descrito en unión con sus realizaciones específicas, los expertos en la técnica pensarán fácilmente en ventajas y modificaciones adicionales. Por lo tanto, la invención, en sus aspectos más amplios, no se limita a los detalles específicos, el aparato representativo y los ejemplos ilustrativos representados y descritos. Varias alteraciones, modificaciones y variaciones serán evidentes a los expertos en la técnica a la luz de la descripción anterior. Así, se deberá entender que la invención no se limita por la descripción anterior, sino que abarca todas esas alteraciones, modificaciones y variaciones según el alcance de las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un método en una unidad de abonado (200) incluyendo los pasos de:

5 obtener (300) un conjunto de identificadores de punto de acceso e información de oportunidad de medición para cada identificador de punto de acceso; realizar (308) una primera medición en un primer punto de acceso
10 identificado a partir del conjunto de identificadores de punto de acceso; determinar (310) un valor de temporizador corriente después de completar el paso de realización; seleccionar un segundo punto de acceso identificado a partir del conjunto de identificadores de punto de acceso en el que realizar una segunda medición, donde el paso de
selección se basa en al menos la información de oportunidad de medición para el segundo punto de acceso en
relación al valor de temporizador corriente, **caracterizándose** el método por:

15 obtener un valor de intervalo de oportunidad de medición para cada identificador de punto de acceso, y donde la información de oportunidad de medición es una desviación de tiempo que se calcula tomando una diferencia entre un tiempo de función de sincronización de tiempo de la unidad de abonado y un tiempo de función de sincronización
de tiempo de un punto de acceso, y tomando después un módulo de la diferencia y el valor de intervalo de
oportunidad de medición; y seleccionar un perfil de transición de potencia en base a al menos una diferencia de
tiempo entre el valor de temporizador corriente y un tiempo de transmisión estimado de una oportunidad de medición
siguiente para el segundo punto de acceso.

20 2. El método de la reivindicación 1, donde el tiempo de transmisión estimado se deriva de la información de oportunidad de medición para el segundo identificador de punto de acceso.

25 3. El método de la reivindicación 2, donde una diferencia entre el valor de temporizador corriente y el tiempo de transmisión estimado de la oportunidad de medición siguiente para el segundo punto de acceso se calcula restando de un valor de intervalo de oportunidad de medición para el segundo punto de acceso un tiempo que ha pasado desde un tiempo de transmisión de una última oportunidad de medición para el segundo punto de acceso.

30 4. El método de la reivindicación 3, donde el tiempo que ha pasado desde la última oportunidad de medición se calcula tomando una suma de un tiempo de función de sincronización de tiempo de la unidad de abonado y una desviación de tiempo, y tomando después un módulo de la suma y el valor de intervalo de oportunidad de medición.

35 5. El método de la reivindicación 3, donde el tiempo que ha pasado desde la última oportunidad de medición se calcula tomando una diferencia entre un tiempo de función de sincronización de tiempo de la unidad de abonado y un tiempo de función de sincronización de tiempo de la unidad de abonado cuando una oportunidad de medición es transmitida por el segundo punto de acceso, y tomando luego un módulo de la suma y el valor de intervalo de oportunidad de medición.

40 6. El método de la reivindicación 2, donde se selecciona un primer perfil de transición de potencia si la diferencia de tiempo entre el valor de temporizador corriente y el tiempo de transmisión estimado para el segundo punto de acceso es mayor que un primer valor, se selecciona un segundo perfil de transición de potencia si la diferencia de tiempo entre el valor de temporizador corriente y el tiempo de transmisión estimado para el segundo punto de
acceso es mayor que un segundo valor pero menor que el primer valor, y se selecciona un tercer perfil de transición
de potencia si la diferencia de tiempo entre el valor de temporizador corriente y el tiempo de transmisión estimado
para el segundo punto de acceso es mayor que un tercer valor pero menor que el segundo valor.

45 7. El método de la reivindicación 6, donde el primer perfil de transición de potencia es un perfil de enfriamiento/calentamiento pleno, el segundo perfil de transición de potencia es un perfil de enfriamiento/calentamiento parcial, y el tercer perfil de transición de potencia es un perfil de permanecer despierto.

50 8. Una unidad de abonado adaptada para realizar los pasos del método según cualquier reivindicación precedente.

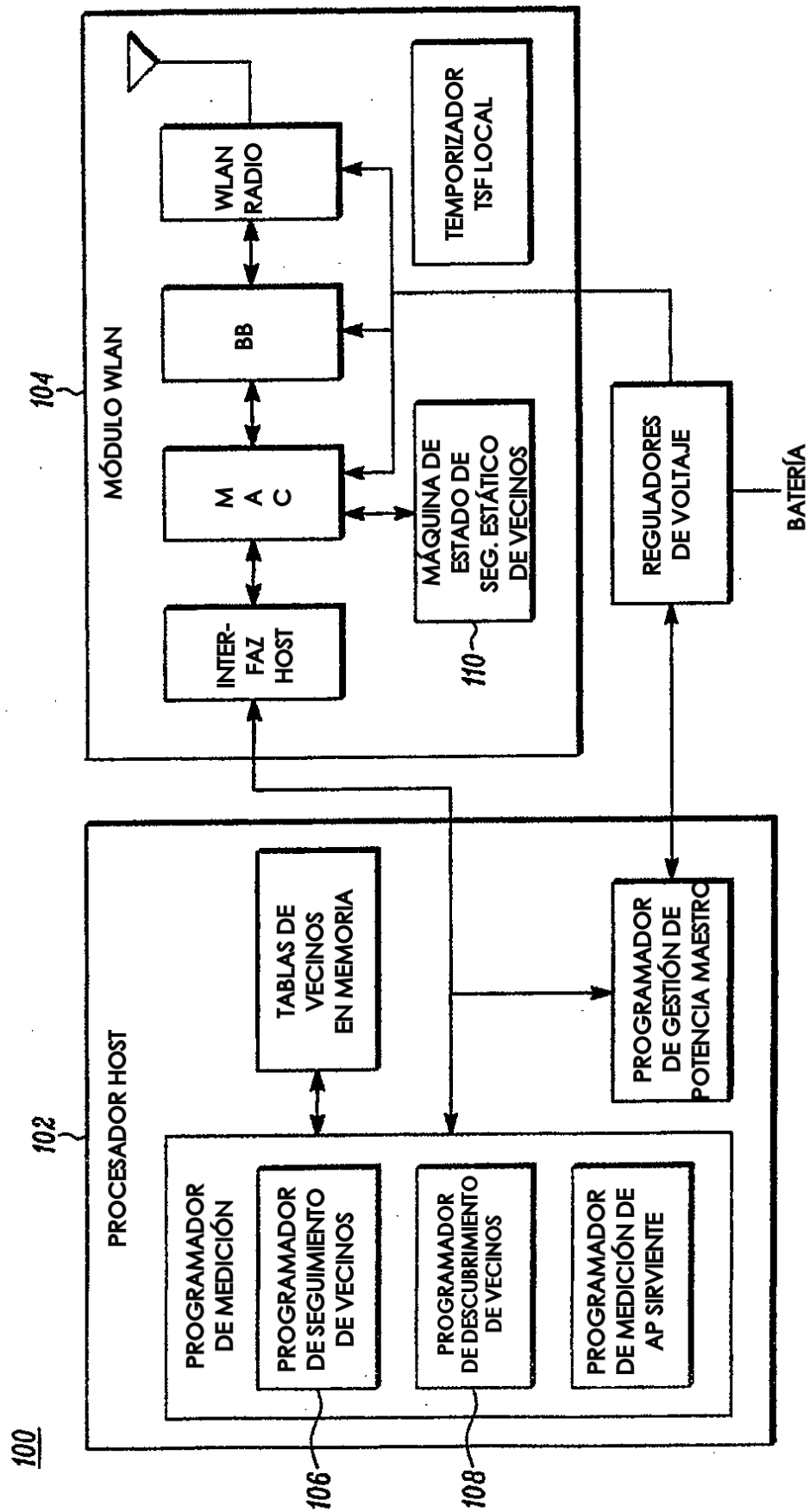


FIG. 1

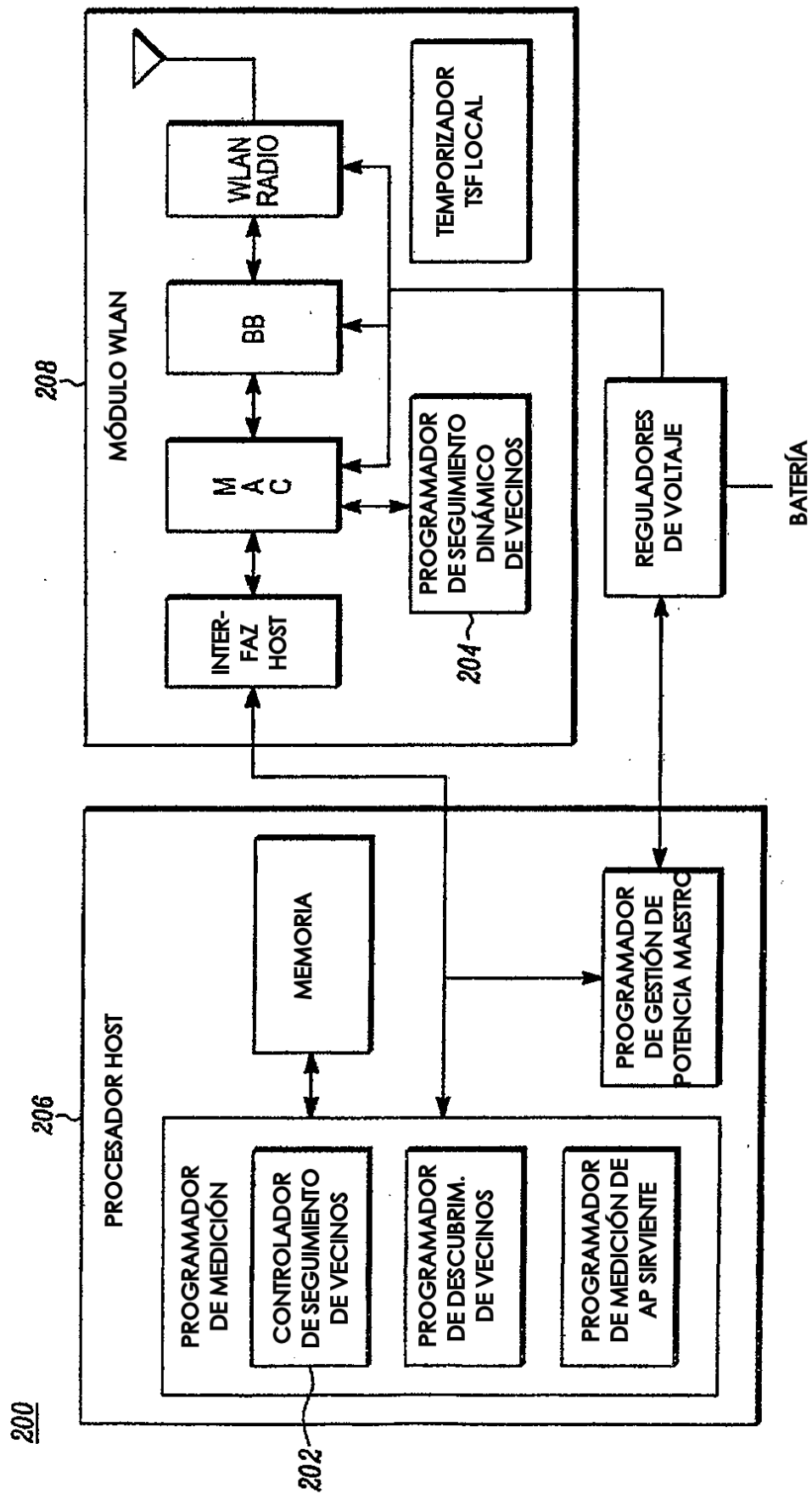


FIG. 2

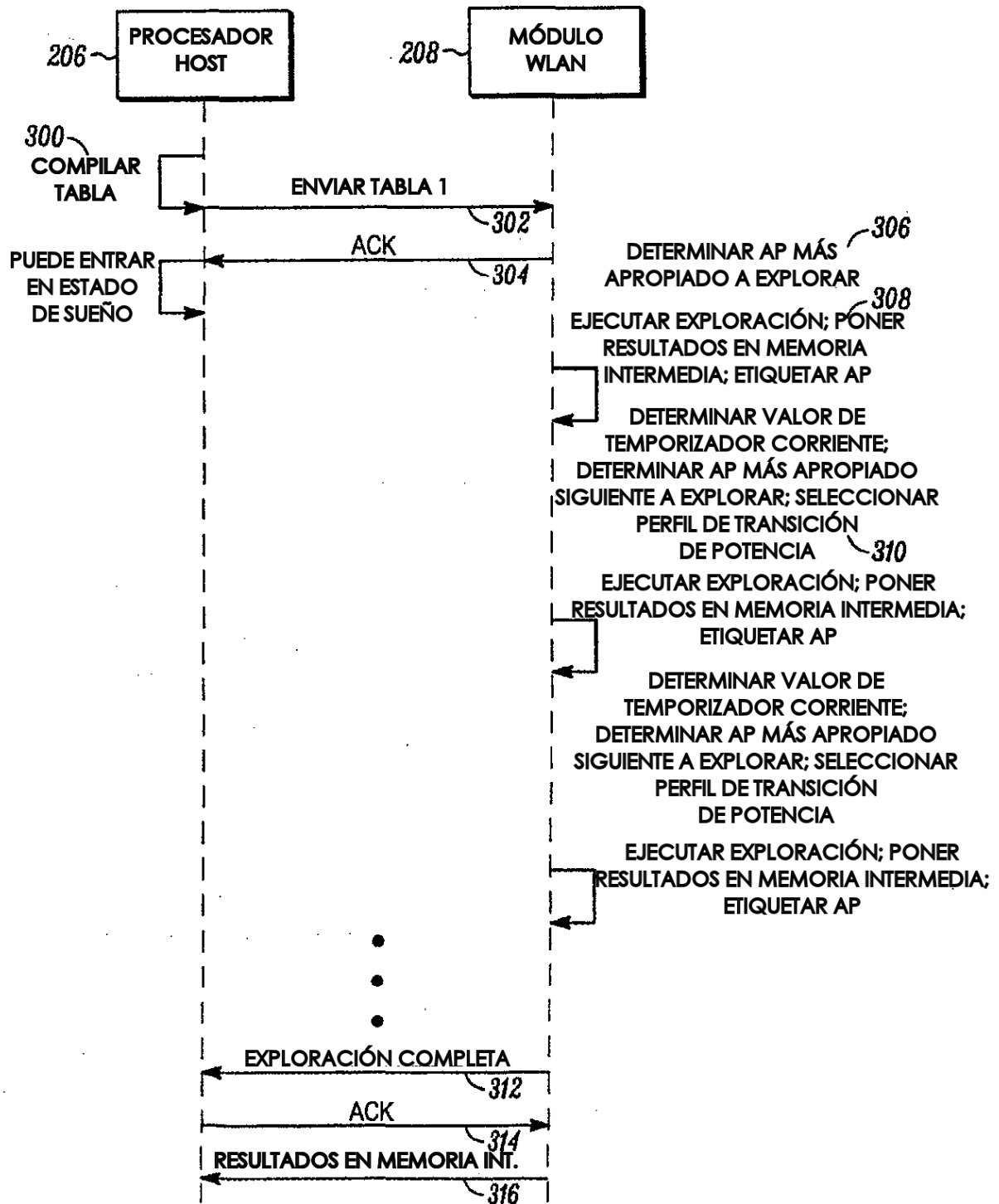


FIG. 3

400

	CAMPOS	TAMAÑO (BYTES)
402~	NÚMERO DE APs	1
404~	BSSID DE AP1	6
406~	NÚMERO DE CANAL DE AP1	1
408~	INFORMACIÓN DE OPORTUNIDAD DE MEDICIÓN DE AP1	2(0 4)
410~	INTERVALO DE AP1	2
412~	TIEMPO DE EXPLORACIÓN MÁXIMO DE AP1	2
	BSSID DE AP2	6
	NÚMERO DE CANAL DE AP2	1
	INFORMACIÓN DE OPORTUNIDAD DE MEDICIÓN DE AP2	2(0 4)
	INTERVALO DE AP2	2
	TIEMPO DE EXPLORACIÓN MÁXIMO DE AP2	2
	.	.
	.	.
	.	.

FIG. 4

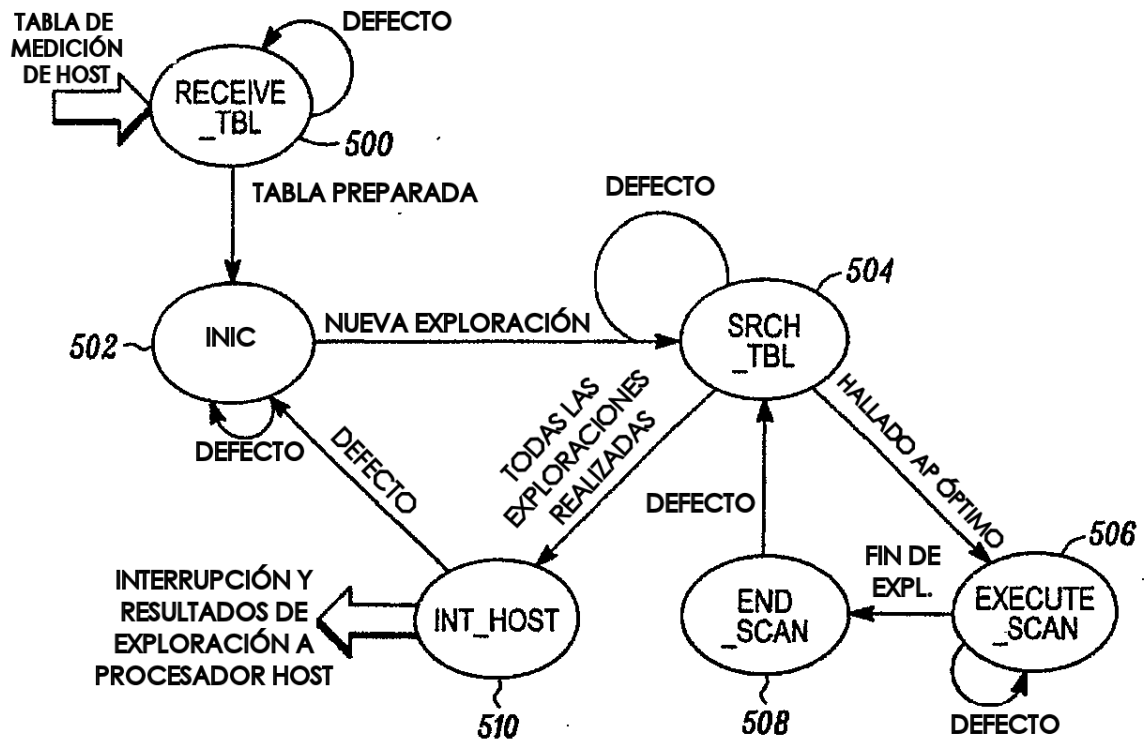


FIG. 5

PERFIL DE TRANSICIÓN DE POTENCIA	CRITERIO DE DECISIÓN
600~ ENFRIAMIENTO/CALENTAMIENTO CONVENCIONAL	$D_{xy} > A$
604~ ENFRIAMIENTO/CALENTAMIENTO RÁPIDO	$B < D_{xy} < A$
608~ PERMANECER DESPIERTO	$C < D_{xy} < B$

FIG. 7

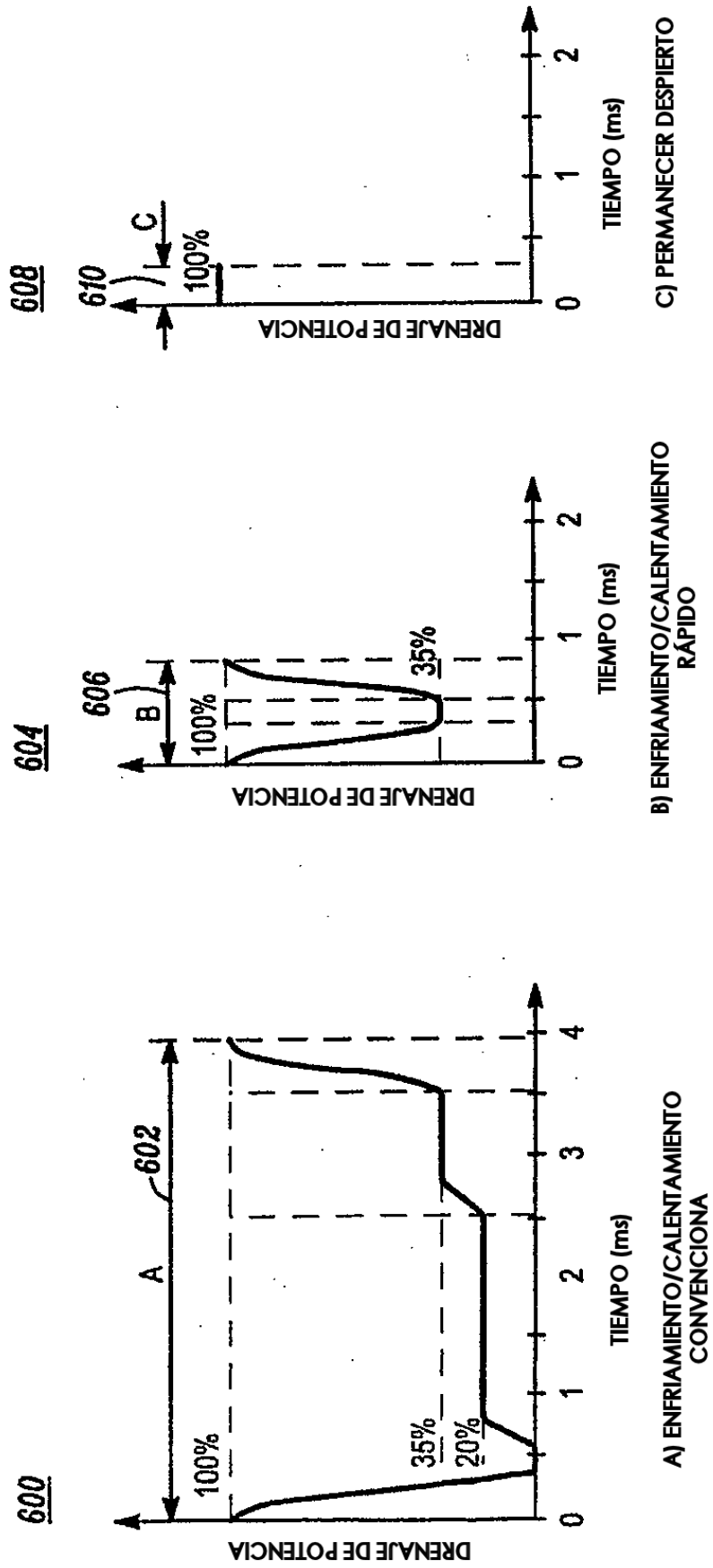


FIG. 6

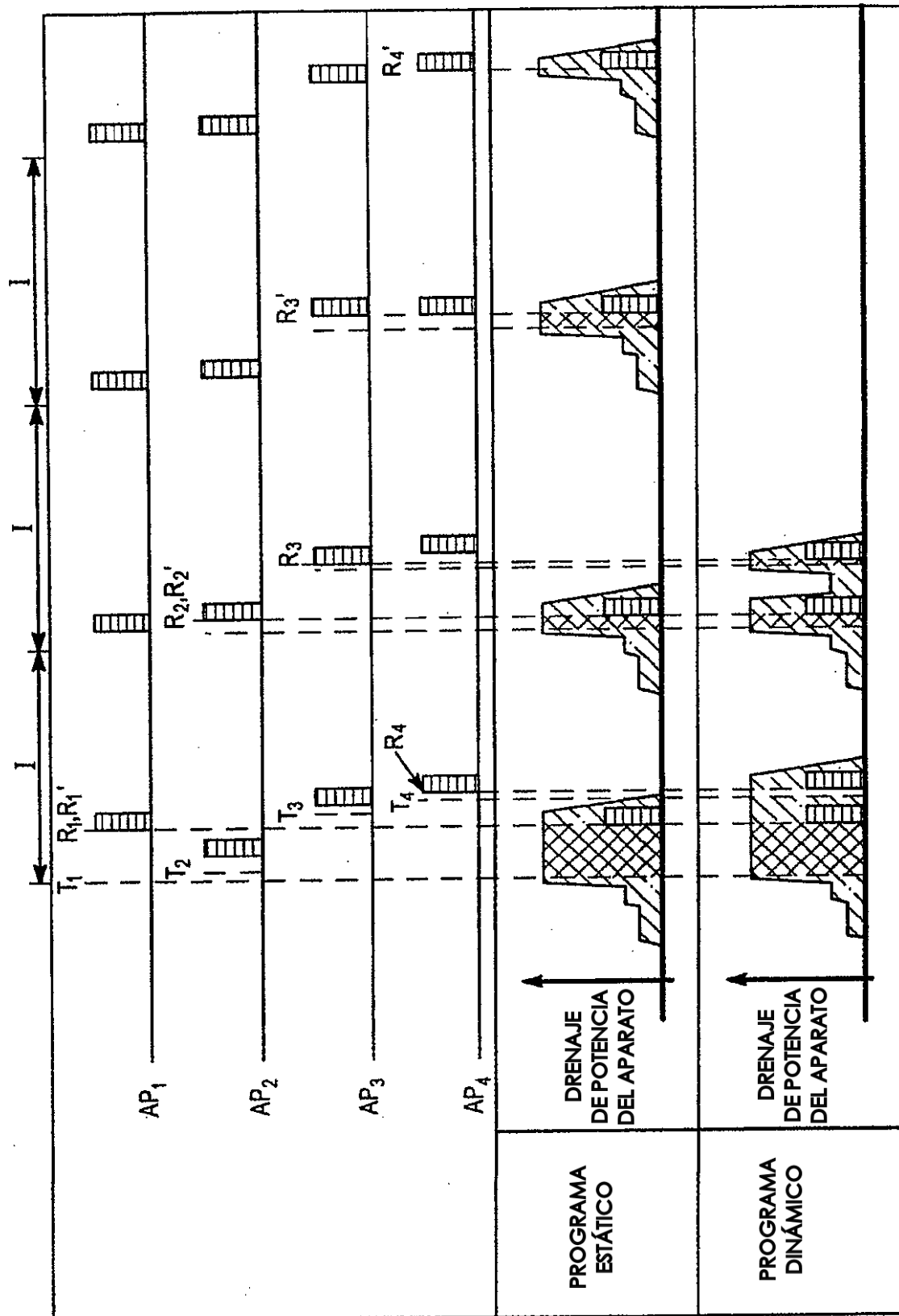


FIG.8