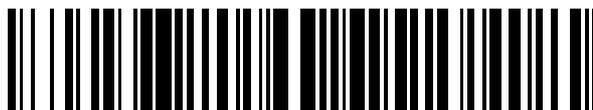


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 592 910**

51 Int. Cl.:

H04W 74/06 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.01.2006 PCT/US2006/002426**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.10.2006 WO06107372**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.01.2006 E 06719326 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.07.2016 EP 1867101**

54 Título: **Red de área local inalámbrica de alta densidad**

30 Prioridad:

31.03.2005 US 97759

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

02.12.2016

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:

**LIAO, RAYMOND;
CHEREDDY, RAGHUVEER;
MUELLER, JOERG;
KELLER, STEFAN;
BENJAMINS, KAI y
WEILER, CHRISTOPH**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 592 910 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).

RED DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICA DE ALTA DENSIDAD**DESCRIPCIÓN****5 Antecedentes**

La presente invención se refiere a redes de comunicación de datos inalámbricas.

10 Las redes de comunicación de datos inalámbricas se usan ampliamente. Por ejemplo, tipos populares de redes de área local inalámbricas (WLAN) se basan en el estándar 802.11 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos o sus variaciones. Las aplicaciones típicas de WLAN 802.11 incluyen redes de datos de oficinas, empresas y domésticas.

15 El protocolo de capa de control de acceso a medios (MAC) 802.11 usa un enfoque de acceso múltiple con detección de portadora y anticollisión (CSMA/CA) para proporcionar un acceso aleatorio a la red para todos los dispositivos al tiempo que reduce la contención que resulta de transmisiones que se superponen por más de un dispositivo a la vez. En CSMA/CA, un dispositivo que desea transmitir una trama escucha la frecuencia de portadora durante un intervalo fijo para asegurarse de que el canal es ideal, y entonces inicia la transmisión. Cuando el dispositivo de recepción recibe la trama, el dispositivo de recepción devuelve una trama de reconocimiento al dispositivo de envío siguiendo el mismo procedimiento de escuchar antes de transmitir. Además, en algunos casos puede tener lugar una ronda de mensajes que consisten en RTS (petición de transmitir) y CTS (libre para enviar) antes de que se intercambien realmente datos.

20 Las taras provocadas por el protocolo 802.11 generalmente no son grandes cuando la cantidad de datos comunicados en cada trama de datos es sustancial, como habitualmente es el caso en redes empresariales.

25 También se ha propuesto emplear WLAN en aplicaciones de control industrial para sustituir redes cableadas y conectar dispositivos de campo a controladores de sistemas industriales. Normalmente el número de dispositivos de campo puede ser grande, por ejemplo, cientos, y el tamaño típico de cada mensaje puede ser pequeño, por ejemplo un tamaño de trama de 64 bytes. Si el protocolo 802.11 se aplicara sin cambiar tales aplicaciones, la tara podría ser bastante elevada, por ejemplo, de más del 80%, y podría no ser posible soportar el número deseado de dispositivos de campo.

30 El documento US 2002/0196840 A1 da a conocer un sistema de comunicación de datos que incluye un punto de acceso, una pluralidad de estaciones que intercambian cada una mensajes de comunicación de datos inalámbrica con el punto de acceso que están identificados de manera unívoca, en el que el punto de acceso interroga a las estaciones con un mensaje de interrogación que comprende un título de mensaje y una pluralidad de unidades de datos, comprendiendo cada unidad de datos un título de datos y una trama de datos, identificando cada título de datos una estación, en el que cada estación procesa un mensaje de interrogación general y transmite al punto de acceso un mensaje de respuesta de interrogación general, que se vuelve a enviar si el punto de acceso falla al responder a una respuesta a un mensaje de interrogación general.

Sumario de la invención

45 Por tanto se presenta un sistema de comunicación de datos con las características según la reivindicación 1 para proporcionar una red de comunicación de datos inalámbrica más eficaz.

50 Según la invención, un sistema de comunicación de datos incluye un punto de acceso y una pluralidad de estaciones. Cada estación sirve para intercambiar mensajes de comunicación de datos inalámbrica con el punto de acceso. Al menos algunos de los mensajes están en un formato que incluye al menos un título de mensaje y una pluralidad de unidades de datos. Cada unidad de datos incluye un respectivo título de unidad de datos y una respectiva trama de datos. Cada título de unidad de datos identifica una respectiva de las estaciones como destinatario para recibir la respectiva trama de datos de la unidad de datos.

55 El punto de acceso interroga las estaciones. Las estaciones transmiten mensajes al punto de acceso solo en respuesta a ser interrogados por el punto de acceso. Al menos algunos de los mensajes transmitidos por las estaciones incluyen una respectiva indicación para indicar que el mensaje que incluye la indicación también incluye al menos una unidad de datos dirigida a una segunda de las estaciones que es diferente de la estación que transmitió el mensaje que incluye la indicación.

60 Tal como se usa en el presente documento y en las reivindicaciones adjuntas, una trama de datos de control "antigua" es cualquier trama de datos que se recibió antes de una trama de datos de control recién llegada.

65 En una realización de la invención, cada una de las estaciones funciona para detectar una temporización a la que se recibe un mensaje mediante la estación en cuestión. Cada estación funciona además para comparar la temporización detectada con una temporización nominal para el mensaje recibido. Cada estación funciona además

para informar al punto de acceso de una diferencia entre la temporización detectada y la temporización nominal. El punto de acceso funciona para ajustar una temporización de la transmisión para el siguiente mensaje previsto para su transmisión a la estación en cuestión en respuesta a la diferencia informada por la estación en cuestión.

5 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de comunicación de datos inalámbrica previsto según algunas realizaciones;

10 la figura 2 es un diagrama de bloques de un punto de acceso convencional que se proporciona según algunas realizaciones como parte del sistema de comunicación de datos de la figura 1;

la figura 3 es un diagrama de bloques de una estación de comunicación de datos inalámbrica convencional que se proporciona según algunas realizaciones como parte del sistema de comunicación de datos de la figura 1;

15 la figura 4 ilustra esquemáticamente un formato de un mensaje de datos convencional transmitido en el sistema de comunicación de datos de la figura 1;

20 la figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso realizado según un aspecto de la invención en la estación de comunicación de datos de la figura 3;

la figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso realizado según un aspecto de la invención en el punto de acceso de la figura 2;

25 la figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso realizado según un aspecto de la invención en la estación de comunicación de datos de la figura 3;

la figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso realizado según un aspecto de la invención en el punto de acceso de la figura 2;

30 la figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso realizado según un aspecto de la invención en el punto de acceso de la figura 2;

35 la figura 10 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso realizado según un aspecto de la invención en la estación de comunicación de datos de la figura 3;

la figura 11 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso realizado según un aspecto de la invención en la estación de comunicación de datos de la figura 3; y

40 la figura 12 es un diagrama secuencial que ilustra un proceso realizado según un aspecto de la invención en la estación de comunicación de datos de la figura 3.

Descripción detallada de realizaciones específicas

45 Según algunas realizaciones, un sistema de comunicación de datos inalámbrica se optimiza para su uso en una aplicación industrial. Entre otras estrategias, mensajes dirigidos de un punto de acceso (AP) a una estación de comunicación de datos (STA) o de una STA al AP se cargan con unidades de datos adicionales para su recepción por parte de otras STA. La eficacia del sistema de comunicación de datos se mejora mediante estas estrategias de modo que el sistema puede soportar un control casi en tiempo real y el número de dispositivos de campo bastante grande que puede necesitarse en una instalación industrial.

50 La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema 100 de comunicación de datos inalámbrica previsto según algunas realizaciones. El sistema 100 incluye un controlador 102 de sistema que es la fuente definitiva de mensajes de control para controlar los diversos dispositivos de campo, comentados a continuación, que componen una instalación de automatización de una fábrica. El controlador 102 de sistema también puede ser el destinatario definitivo de mensajes de estado y otros que se originan con los dispositivos de campo. El controlador 102 de sistema puede proporcionarse según principios convencionales. Aunque no se indica por separado en el dibujo, el controlador de sistema puede incluir una interfaz de usuario y/u otros dispositivos de entrada/salida.

60 El controlador 102 de sistema se comunica con los dispositivos de campo por medio de varios AP 104 inalámbricos. Los AP 104 están conectados al controlador 102 de sistema mediante trayectorias 106 de señal de comunicación de datos cableada/por cable. Cada AP 104 define una respectiva celda 108, que es un área dentro de la cual las STA 110 pueden intercambiar mensajes de comunicación de datos inalámbrica con el AP 104 para la respectiva celda. Se entenderá que en la práctica las celdas 108 pueden superponerse parcialmente entre sí para promover una cobertura completa de un área deseada, aunque las celdas se ilustran como no superpuestas en la figura 1 por conveniencia de la presentación. Dentro de cada celda 108 puede haber ubicadas varias STA 110 (por ejemplo, de

50 a 100) en cualquier momento dado. En algunos casos una STA 110 es por sí misma un dispositivo de campo, tal como se indica en 110-1 y 110-N por ejemplo. Además o alternativamente, al menos algunas STA 110 pueden estar conectadas por trayectorias de comunicación de datos cableadas (tal como se indica en 110-2, 100-N) a uno o más dispositivos 112 de campo. Los dispositivos de campo (estén o no integrados con una STA) pueden incluir partes móviles y pueden constituir dispositivos que realizan movimientos físicos para implementar un sistema de automatización de fabricación. Para dar solo un ejemplo, uno o más de los dispositivos de campo puede ser un carro motorizado que funciona bajo el control del controlador 102 de sistema.

En sus aspectos de hardware, los AP, las STA y/o los dispositivos de campo pueden proporcionarse todos según prácticas convencionales. Algunos o todos los AP y las STA pueden programarse según la invención para implementar aspectos de la invención que se describen en el presente documento.

La figura 2 es un diagrama de bloques de uno convencional de los AP 104.

El AP 104 incluye un procesador 202 que controla el funcionamiento global del AP 104. El procesador 202 puede ser, por ejemplo, un microprocesador de propósito general, un procesador de señal digital (DSP) u otro dispositivo de control programable. El AP 104 también incluye una memoria 204 de programa que está acoplada al procesador 202. La memoria 204 de programa puede estar constituida por uno o más dispositivos y almacena instrucciones de programa de software y/o firmware que controlan el procesador 202. Las instrucciones de programa pueden incluir instrucciones para realizar al menos algunos de los aspectos funcionales de la invención tal como se describe a continuación.

El AP 104 también incluye una memoria 206 de trabajo que está acoplada al procesador 202. Además, el AP 104 incluye memorias 208 intermedias de trama de control cíclico, también acopladas al procesador 202, que almacenan temporalmente datos que van a transmitirse a dispositivos de campo asociados con el AP 104 y ubicadas ocasionalmente en la celda definida por el AP 104.

Aunque se muestran como bloques funcionales independientes, dos o más de las memorias 204, 206 y memorias 208 intermedias de trama de control cíclico pueden combinarse en un único dispositivo o en dos o más dispositivos compartidos.

El AP 104 incluye además un transceptor 210 de radio que está acoplado al procesador 202 y mediante el cual el AP 104 entabla una comunicación de datos inalámbrica con las STA asociadas con el AP 104 y ubicado ocasionalmente en la celda definida por el AP 104.

Además, el AP 104 incluye una interfaz 212 de comunicación que está acoplada al procesador 202, y mediante la cual el AP intercambia mensajes con el controlador 102 de sistema por medio de una trayectoria 106 de señal cableada.

La figura 3 es un diagrama de bloques de una convencional de las STA 110. La STA 110 incluye un procesador 302 que controla el funcionamiento global de la STA 110. El procesador 302 puede ser, por ejemplo, un microprocesador de propósito general, un procesador de señal digital (DSP) u otro dispositivo de control programable. La STA 110 también incluye una memoria 304 de programa que está acoplada al procesador 302. La memoria 304 de programa puede estar constituida por uno o más dispositivos y almacena instrucciones de programa de software y/o firmware que controlan el procesador 302. Las instrucciones de programa pueden incluir instrucciones para realizar al menos algunos de los aspectos funcionales de la invención tal como se describe a continuación.

La STA 110 también incluye una memoria 306 de trabajo que está acoplada al procesador 302. Aunque se muestran como bloques funcionales independientes, las memorias 304, 306 pueden combinarse en un único dispositivo o en dos o más dispositivos compartidos.

La STA 110 también incluye un transceptor 308 de radio que está acoplado al procesador 302 y mediante el cual la STA 110 entabla una comunicación de datos inalámbrica con el AP con el que la STA 110 está asociada. Además, la STA 110 incluye una interfaz 310 de control mediante la cual la STA 110 puede controlar motores, actuadores y/u otros componentes de control físico o eléctrico de la STA 110 (suponiendo que la STA también es un dispositivo de campo). La interfaz de control está acoplada al procesador 302. Además, la STA 110, si está o puede estar acoplada mediante cableado a un dispositivo de campo, puede incluir una interfaz 312 de comunicación que está acoplada al procesador 302, y mediante la cual la STA intercambia mensajes con uno o más dispositivos de campo.

El software/firmware que controla cada AP puede incluir un módulo de programa de planificador de trama que determina cuándo transmitir datos u otros mensajes a cada dispositivo de campo asociado con el AP en cuestión. El módulo de programa de planificador de trama también puede determinar qué tipos de mensajes transmitir a los dispositivos de campo. Además el software/firmware que controla cada AP puede incluir un módulo de programa de protocolo de dispositivo de campo que interpreta títulos de mensajes de mensajes recibidos desde STA y que generalmente oculta de la aplicación de mensajería del AP detalles de la interfaz inalámbrica que se implementa entre el AP y las STA.

El software/firmware que controla cada STA puede incluir un módulo de software de proxy de protocolo que convierte entre un formato de mensaje estándar y un formato de mensaje convencional empleado según aspectos de la presente invención.

5 La figura 4 ilustra esquemáticamente un formato de un mensaje de datos convencional transmitido según la invención por los AP y/o por las STA en el sistema 100 de comunicación.

10 El formato de mensaje mostrado en la figura 4 incluye un título 402 de mensaje. El título 402 de mensaje es un título compuesto que incluye una sección 404 de campo de dirección y control y una sección 406 de tipo de mensaje. La sección 404 de campo de dirección y control incluye, cuando el mensaje se transmite mediante un AP, una dirección que identifica la STA particular a la que va dirigida el mensaje. Los campos de dirección y control pueden ser generalmente según el tipo de título datos incluidos de manera convencional en el título de mensajes de 802.11.

15 La sección 406 de tipo de mensaje incluye información que indica el tipo del mensaje. Por ejemplo, una primera indicación de tipo puede indicar que el mensaje es un mensaje de interrogación (si el mensaje se transmite mediante un AP) o una respuesta a un mensaje de interrogación (si el mensaje se transmite mediante una STA). Una segunda indicación de tipo puede indicar que el mensaje es una petición de asociación (si el mensaje se transmite mediante una STA) que solicita el traspaso a un nuevo AP, o una respuesta a una petición de asociación (si el mensaje se transmite mediante un AP). Una tercera indicación de tipo puede indicar que el mensaje es un mensaje de difusión o multidifusión que no requiere un reconocimiento. Una cuarta indicación de tipo puede indicar que el mensaje es un mensaje de datos vacío que puede enviar el AP ocasionalmente en lugar de transmitir señales de baliza periódicas.

25 El balance del formato de mensaje está compuesto por una secuencia de unidades 408-1, 408-2,..., 408-N de datos. El formato de cada unidad de datos se ilustra en 410. Cada unidad de datos incluye un título 412 de unidad de datos. El título 412 de unidad de datos incluye la dirección del destinatario previsto (es decir, una STA o el AP) de la unidad de datos y también puede incluir información de control para su uso por parte del destinatario. La unidad de datos también incluye una trama 414 de datos que es la carga útil de datos prevista para el destinatario identificado en el título de unidad de datos. Todas las unidades 408 de datos pueden tener el mismo formato ilustrado en 410, pero los respectivos títulos de unidad de datos pueden especificar cada uno destinatarios diferentes entre sí, de modo que las respectivas tramas de datos de las unidades de datos se dirigen de manera eficaz a diferentes destinatarios. La primera unidad de datos puede estar prevista para el mismo destinatario al que va dirigido en el campo 404 de dirección y control del título 402 de mensaje y, por consiguiente, el título de unidad de datos de la primera unidad de datos puede identificar el mismo destinatario como el título de mensaje. Un mensaje no necesita tener más de una unidad de datos.

40 Según la invención, el AP interroga cada STA asociada con el mismo por turnos durante un ciclo de interrogación, y el ciclo de interrogación puede repetirse. Las STA funcionan para enviar mensajes al AP solo en respuesta a un mensaje de interrogación enviado por el AP y dirigido a la STA en cuestión. Sin embargo, cada mensaje de interrogación transmitido por el AP puede incluir unidades de datos adicionales dirigidas a otras STA a las que el propio mensaje de interrogación no va dirigido, y todas las STA pueden escuchar todos los mensajes de interrogación, vayan dirigidos o no a la STA en cuestión, y si el mensaje de interrogación incluye una unidad de datos dirigida a una STA que no es el objetivo del mensaje de interrogación, la STA que no es el objetivo puede aún recibir y leer la unidad de datos que va dirigida a la misma.

45 De manera similar, cuando una STA transmite una respuesta a un mensaje de interrogación, el mensaje de respuesta puede incluir una o más unidades de datos dirigidas a otras STA. En tales casos, el título del mensaje de respuesta puede incluir una indicación (por ejemplo, una etiqueta) para indicar que el mensaje de respuesta incluye al menos una unidad de datos dirigida a otra STA. Todas las STA pueden escuchar a todos los mensajes de respuesta transmitidos por otras STA y, cuando la indicación está presente en el título, puede recoger unidades de datos dirigidas a las mismas en los mensajes de respuesta transmitidos por otras STA.

50 Según un esquema de mensajería proporcionado por la invención, todo mensaje dirigido a una STA debe reconocerse, pero los reconocimientos pueden transmitirse mediante las STA solo en respuesta a ser interrogadas por el AP.

55 Puede ser deseable para la transmisión de una trama de datos que se repita hasta que se reciba reconocimiento de que la transmisión fue satisfactoria o hasta que se produzca un número máximo de reintentos. Sin embargo, la transmisión repetida puede dar como resultado tramas duplicadas que recibe el destinatario en el caso de que se pierdan los reconocimientos. Para evitar la confusión procedente de tramas de datos duplicadas, puede emplearse un esquema de numeración de secuencia de trama. Cada dispositivo de transmisión puede generar una secuencia de número de trama para cada destinatario por clase de mensaje de datos. Cada unidad 408 de datos puede incluir un número de secuencia de trama resultante (por ejemplo, en el título 412 de unidad de datos). Además, en algunas realizaciones, también puede incluirse un número de secuencia de trama en el título 402 de mensaje.

60 El dispositivo destinatario puede descartar tramas de datos que tienen números de secuencia de trama que duplican

(o son anteriores en secuencia a) números de secuencia de trama recibidos anteriormente.

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso realizado por una convencional de las STA. En 502 en la figura 5, se determina si un mensaje se recibe o no por la STA. En 504, se determina si el mensaje que se recibió es o no un mensaje de interrogación dirigido a la STA. Si es así, entonces, tal como se indica en 506, la STA lee la trama de datos incluida en la unidad de datos dirigida a la STA y toma la acción que se requiera por la trama de datos. Además, la STA transmite una respuesta que es un reconocimiento del mensaje de interrogación. La acción que ha de tomar la STA puede no completarse hasta después de transmitirse la respuesta.

Si en 504 se determina que el mensaje no es un mensaje de interrogación dirigido a la STA, la STA a continuación determina en 508 si el mensaje incluye o no una unidad de datos que va dirigida a la STA. Si es así, entonces, tal como se indica en 510, la STA lee la trama de datos incluida en la trama de datos dirigida a la STA y toma la acción que se requiera por la trama de datos, pero no transmite en este momento un reconocimiento de la trama de datos. En cambio, la STA esperará el reconocimiento de la trama de datos hasta que el AP interroge a la STA. El mensaje de interrogación a la STA puede repetir la unidad de datos que recogió originalmente la STA de un mensaje de interrogación que iba dirigido a otra STA o desde un mensaje transmitido por otra STA.

Con este enfoque, puede incluirse una carga útil adicional en al menos algunos mensajes, disminuyendo de ese modo de manera eficaz la carga de tara. Además, al dejar que las STA reciban unidades de datos antes del momento en el que se interrogan las STA, puede darse a las STA suficiente tiempo para tomar una acción y generar datos de respuesta antes de interrogar las STA. Como resultado, las respuestas de las STA a mensajes de interrogación pueden incluir nuevos datos y pueden acelerar interacciones eficaces en ambos sentidos entre los dispositivos de campo y el controlador de sistema. Este enfoque puede ser particularmente adecuado para una aplicación de control industrial, en la que van a intercambiarse mensajes de estado breves y frecuentes. Además, este enfoque puede aumentar el número de STA/dispositivos de campo a los que puede darse servicio de manera eficaz mediante un único AP.

La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso realizado por al menos uno de los AP según otro aspecto de la invención. El proceso de la figura 6 puede potenciar además la eficacia del sistema 100 de comunicación. En conexión con el proceso de la figura 6, se observará que cada AP mantiene una respectiva memoria intermedia para cada STA y/o dispositivo de campo asociado con el AP en cuestión. Cada memoria intermedia está dimensionada para almacenar no más de una trama de datos de control que recibe el AP desde el controlador 102 de sistema y prevista para su transmisión al dispositivo de campo/STA que corresponde a la memoria intermedia en cuestión.

En 602 en la figura 6, se determina si una trama de datos de control está almacenada actualmente o no en la memoria intermedia para una STA/dispositivo de campo particular. Si es así, el AP determina (604) si el AP recibe una nueva trama de control para el STA/dispositivo de campo particular desde el controlador de sistema. En el caso de que el AP reciba una nueva trama de datos de control para el STA/dispositivo de campo en el momento en que la memoria intermedia para el STA/dispositivo de campo ya almacena una trama de datos de control antigua que todavía no se ha transmitido mediante el AP al STA/dispositivo de campo, entonces, tal como se indica en 606, el AP responde a la recepción de la nueva trama de datos sobrescribiendo la memoria intermedia; es decir, almacenando la nueva trama de datos de control en la memoria intermedia en lugar de la trama de datos de control antigua.

Tal como se indica en 608, el AP determina si ha llegado o no el momento de enviar la trama de datos de control a la STA/dispositivo de campo en el ciclo de interrogación. Si es así, la trama de datos de control contenida actualmente en la memoria intermedia se transmite a la STA/dispositivo de campo, tal como se indica en 610.

El proceso de la figura 6 favorece a las tramas de datos de control recibidas más recientemente en los AP desde el controlador de sistema, y por tanto reduce el tráfico de datos de control mientras envía a los dispositivos de campo las tramas de datos de control que es más probable que sean relevantes en las condiciones actuales. Como resultado, puede potenciarse el tiempo de respuesta y la eficacia del sistema de comunicación de datos. Aunque el proceso de la figura 6 se ilustra por medio de un diagrama de flujo, en la práctica puede ser deseable implementar el proceso con una máquina de estados finitos.

En el funcionamiento de un sistema de automatización industrial, puede ser deseable que los dispositivos de campo/STA reciban señales de control desde el controlador de sistema a intervalos regulares. Sin embargo, una disposición de interrogación tal como la descrita anteriormente puede tender a introducir variabilidad en la temporización a la que se envían señales de control a cada dispositivo de campo/STA. Los procesos descritos a continuación en conexión con las figuras 7 y 8 pueden tender a mitigar variaciones en la temporización de la entrega de señales de control.

La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso que puede realizarse en al menos alguna de las STA. En lo que respecta al proceso de la figura 7 se observará que cada STA puede proporcionarse con una capacidad de reloj para permitir a la STA monitorizar una temporización nominal a la que deberían recibirse tramas de datos de control en la STA para adecuarse a intervalos regulares para la recepción de las tramas de datos de control.

En 702 en la figura 2, la STA determina si un mensaje que la STA ha recibido va dirigido o no a la STA (es decir, la STA puede detectar que el título de mensaje contiene la dirección de la STA). Si es así, la STA detecta la temporización del mensaje y, tal como se indica en 704, compara esa temporización con la temporización de trama de datos de control nominal que la STA ha estado siguiendo. La STA calcula la diferencia de temporización, si la hubiera, entre la temporización nominal y la temporización real de recepción del mensaje, y entonces en su respuesta al mensaje, la STA informa de la diferencia de temporización al AP, tal como se indica en 706.

La figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso que puede realizarse en al menos alguno de los AP.

En 802, el AP recibe desde una STA el informe (al que se hace referencia en 706 en la figura 7) relativo a la diferencia detectada por la STA entre la temporización real de la recepción de la última trama de datos de control y la temporización nominal. En 804 el AP determina si la diferencia de temporización está o no dentro de una ventana aceptable. Si no, el AP funciona para ajustar la temporización de transmisión a la STA de la siguiente trama de datos de control para la STA. Por tanto, tal como se indica en 806, el AP determina si la diferencia informada indica o no que la última trama de datos de control transmitida a la STA se retrasó con respecto a la temporización nominal o fue prematura con respecto a la temporización nominal. Si la última trama de datos de control se retrasó con respecto a la temporización nominal, el AP puede acelerar la temporización de transmisión de la siguiente trama de datos de control a la STA en cuestión, tal como se indica en 808. Por ejemplo, esto puede realizarse haciendo avanzar el turno de la STA en el ciclo de interrogación.

Si la última trama de datos de control fue prematura con respecto a la temporización nominal, el AP puede retrasar la temporización de transmisión de la siguiente trama de datos de control a la STA en cuestión, tal como se indica en 810. Por ejemplo, el turno de la STA en el ciclo de interrogación puede verse retardado con respecto a otras STA.

En caso de o bien acelerar o bien retrasar la temporización de transmisión de la siguiente trama de datos de control, el grado de aceleración o retraso puede ser proporcional a la diferencia informada por la STA.

En algunas realizaciones, todas las STA pueden tener privilegio para incluir unidades de datos para otras STA en mensajes de respuesta de interrogación siempre que las STA tengan un tráfico de mensaje de prioridad relativamente alta para transmitir. Ejemplos de tal tráfico de prioridad alta pueden incluir comunicaciones cíclicas y mensajes de alarma. Sin embargo, para mantener la puntualidad del ciclo de interrogación, el privilegio de las STA para el remolcado (*piggybacking*) con el tráfico de baja prioridad en mensajes de respuesta de interrogación puede estar restringido. Ejemplos de tráfico de baja prioridad pueden incluir comunicaciones acíclicas (tales como peticiones de configuración/comandos) y tráfico TCP/IP. Restricciones adecuadas sobre el tráfico de baja prioridad, con equidad entre las STA, pueden implementarse tal como se describe a continuación en conexión con los procesos ilustrados en las figuras 9 y 10.

La figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso que puede realizar al menos alguno de los AP. En lo que respecta al proceso de la figura 9, cada AP puede mantener un planificador de turno rotatorio (*round robin*) que, para cada ciclo de interrogación, identifica una STA particular que tiene privilegio para el remolcado con el tráfico de baja prioridad en el ciclo de interrogación. A medida que se producen ciclos de interrogación, el planificador puede indicar por turnos cada STA en uno de los ciclos de interrogación hasta que se han dado privilegios para remolcado a todas las STA. Entonces puede repetirse el ciclo de privilegio de remolcado.

En 902 en la figura 9, el AP determina si es el momento o no de interrogar una STA particular en el ciclo de interrogación actual. Si es así, entonces el AP comprueba el planificador de turno rotatorio (tal como se indica en 904) para determinar (tal como se indica en 906) si la STA que va a interrogarse ahora tiene o no privilegio de remolcado de baja prioridad para el ciclo de interrogación actual. Si es así, el mensaje de interrogación enviado por el AP a la STA indica a la STA que tiene autorización para el remolcado con el tráfico de baja prioridad en su respuesta de interrogación, tal como se indica en 908. Si se realiza una determinación negativa en 906, entonces el mensaje de interrogación a la STA no indica que la STA tiene autorización para el remolcado del tráfico de baja prioridad en su respuesta de interrogación, tal como se indica en 910.

La figura 10 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso que puede realizar al menos alguna de las STA. En 1002, la STA determina si ha recibido o no un mensaje de interrogación dirigido a la STA. Si es así, entonces, tal como se indica en 1004, la STA compone un mensaje de respuesta adecuado, incluyendo, por ejemplo, una unidad de datos que contiene una trama de datos que va a reenviarse mediante el AP al controlador de sistema.

En 1006, la STA determina si tiene o no algún tráfico de alta prioridad para el remolcado del mensaje de respuesta. Si es así, tal como se indica en 1008, la STA añade una o más unidades de datos al mensaje de respuesta para incorporarlo al tráfico de alta prioridad que va a utilizarse para el remolcado del mensaje. Entonces, en 1010, la STA determina si el mensaje de interrogación a la STA indicó o no que la STA tenía autorización para el remolcado con el tráfico de baja prioridad. Si no, entonces, tal como se indica en 1012, la STA transmite el mensaje de respuesta compuesto en 1004, incluyendo cualquier unidad de datos adjunta en 1008.

- Si se realiza una determinación positiva en 1010 (es decir, si la STA tiene autorización para el remolcado con el tráfico de baja prioridad), entonces la STA determina en 1014 si tiene o no algún tráfico de baja prioridad para enviar. Si no, el proceso continúa a 1012, y la STA transmite el mensaje de respuesta, con cualquier unidad de datos adjunta en 1008. Si se realiza una determinación positiva en 1014 (es decir, si la STA determina que tiene tráfico de baja prioridad para enviar), la STA añade una o más unidades de datos al mensaje de respuesta para su incorporación al tráfico de baja prioridad para su remolcado en el mensaje, tal como se indica en 1016. El proceso entonces continúa a 1012 donde la STA transmite el mensaje de respuesta con las unidades de datos adjuntas en 1016 y con cualquier unidad de datos adjunta en 1008.
- En algunas realizaciones, el enfoque interrogación/respuesta descrito anteriormente para controlar el tráfico entre los AP y las STA puede coexistir con una mensajería CSMA/CA convencional, de modo que dispositivos tipo 802.11 llevados a una celda pueden comunicarse de manera convencional con el AP en cuestión. Si un mensaje enviado por un dispositivo tipo 802.11 convencional de este tipo colisiona con un mensaje hacia o desde una de las STA interrogadas, el AP detecta la colisión e inicia el reenvío de la ronda de mensajes que estuvo sometido a la colisión.
- En algunas realizaciones, mientras haya tráfico para enviar a las STA interrogadas, las rondas de mensaje de interrogación/respuesta pueden repetirse a intervalos de aproximadamente 1 milisegundo. Durante periodos en los que no hay tráfico hacia las STA asociadas con un AP particular, el AP en cuestión puede transmitir mensajes de datos nulos a intervalos de aproximadamente 5 milisegundos. Al transmitir los AP o bien mensajes de interrogación o bien mensajes de datos nulos a intervalos relativamente tan cortos, puede ser aceptable omitir la transmisión por parte del AP de señales de baliza que son de uso obligatorio para permitir a las STA detectar la salida desde una celda y/o la llegada a una nueva celda. Con los AP transmitiendo mensajes a intervalos tan cortos, el traspaso de una STA en movimiento de un AP a otro puede producirse de manera bastante inmediata.
- También pueden optimizarse otros aspectos del funcionamiento del sistema 100 de comunicación con respecto al traspaso de STA de un AP a otro. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el número total de frecuencias/canales de frecuencia que se usa está limitado a tres, que es el número mínimo necesario para un sistema de comunicación inalámbrica celular. Al limitar el número objetivos de frecuencia que van a escanear las STA, el tiempo requerido para el traspaso puede minimizarse. Del mismo modo, los procedimientos de traspaso usados en el sistema 100 de comunicación pueden invocar un “escaneado de fondo” por parte de las STA, es decir, el escaneado de otros AP incluso mientras continúa un contacto satisfactorio con el AP con el que la STA en cuestión está asociada actualmente. Además, el proceso de escaneado puede tener en cuenta mensajes de interrogación dirigidos por AP a una STA distinta a la STA que está realizando el escaneado.
- La figura 11 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso que puede realizar a este respecto al menos alguna de las STA. El bloque 1102 en la figura 11 indica que la STA ha entablado un escaneado de fondo con la finalidad de determinar si iniciar o no un procedimiento de traspaso. En 1104 la STA determina si ha recibido o no un mensaje transmitido desde el AP con el que la STA está asociada actualmente. El mensaje puede ser un mensaje de interrogación dirigido o bien a la STA o bien a otra STA. El mensaje no necesita incluir una unidad de datos dirigida a la STA que está realizando el escaneado. Cualquier mensaje de interrogación desde el AP, vaya dirigido o no a la STA en cuestión, volverá a poner a cero el temporizador de traspaso si lo recibe la STA en cuestión. Si no se recibe mensaje de interrogación alguno desde el AP con el que la STA está asociada, la STA determina, tal como se indica en 1106, si al temporizador de traspaso se le ha acabado el tiempo o no. Mientras continúan recibándose mensajes de interrogación u otros desde el AP antes de que al temporizador de traspaso se le acabe el tiempo, la STA no inicia un traspaso. Pero si al temporizador de traspaso se le acaba el tiempo, la STA conmuta los canales de comunicación (tal como se indica en 1107), entonces la STA determina, tal como se indica en 1108, si ha recibido o no un mensaje transmitido por otro AP. El mensaje puede ser un mensaje de interrogación dirigido a otra STA. Si la STA recibe un mensaje transmitido por otro AP, entonces la STA puede iniciar el traspaso al otro AP, tal como se indica en 1110.
- Por tanto la STA puede terminar no iniciar el procedimiento de traspaso en respuesta a recibir desde el AP con el que está asociado un mensaje de interrogación dirigido a otra STA. Además, la STA puede determinar iniciar el procedimiento de traspaso en respuesta a recibir desde un nuevo AP un mensaje de interrogación dirigido a otra STA. El procedimiento de traspaso puede implicar que la STA envíe una petición de asociación al nuevo AP así como otras etapas convencionales. Cuando la STA pasa a estar asociada con un nuevo AP, el nuevo AP puede enviar un mensaje al AP antiguo para hacer saber al AP antiguo que ya no necesita dar servicio a la STA. Para acelerar adicionalmente los trasposos, las STA pueden entablar actividades de “entrenamiento” en las que las STA realizan el seguimiento de su progreso a través de una secuencia de celdas y detectan patrones en sus propios movimientos para seleccionar más rápidamente un nuevo AP cuando es necesario un traspaso.
- En lugar de escaneado de fondo, puede iniciarse un escaneado en busca de un nuevo AP en respuesta a eventos tales como una reducción en la intensidad de señal, fallo en la recepción de un mensaje de interrogación dentro de un determinado periodo de tiempo, o fallo en la recepción de un reconocimiento a un paquete enviado.
- Al limitar el acceso a la planta física del sistema a determinadas STA autorizadas, pueden introducirse protocolos de asociación optimizados, acelerando adicionalmente de ese modo la latencia de traspaso.

5 Un problema que debería abordarse en conexión con un procedimiento de traspaso es cómo impedir la pérdida de tramas de datos debido a, por ejemplo, tramas que se almacenan en una memoria intermedia en el AP antiguo y nunca se transmiten a la STA. Las tramas de datos perdidas en el traspaso es un suceso común en sistemas de comunicación de datos inalámbrica convencionales.

10 La figura 12 es un diagrama secuencial que ilustra un procedimiento de transferencia de contexto/traspaso que aborda este problema. Aspectos del procedimiento también abordan problemas tales como impedir la confusión debido a la duplicación de tramas, lidiar con un fallo de transferencia de contexto, y secuenciar tramas de manera correcta unidas con destino desde el controlador 102 de sistema a la STA.

15 En la figura 12, las flechas que emergen desde la línea 1202 vertical a mano izquierda representan mensajes transmitidos desde la STA que se someten al procedimiento de traspaso; las flechas que emergen desde la línea 1204 vertical central representan mensajes transmitidos desde el AP antiguo; y las flechas que emergen desde la línea 1206 vertical a mano derecha representan mensajes transmitidos desde el nuevo AP.

20 La flecha 1208 de doble cabeza representa una secuencia de comunicación normal entre la STA y el AP antiguo. Como resulta convencional, el traspaso de la STA desde el AP antiguo al nuevo AP puede provocarlo la STA al salir (o salirse) de la celda definida por el AP antiguo a una ubicación dentro de la celda definida por el nuevo AP. Al detectar que la comunicación con el AP antiguo ya no es posible, y detectar un mensaje (por ejemplo, un mensaje dirigido a otra STA) que se origina del nuevo AP, la STA transmite una petición de asociación 1210 al nuevo AP. La petición de asociación puede incluir números de secuencia de trama, para cada clase (o cola) de mensajes que corresponde a las últimas tramas de datos recibidas por la STA desde el AP antiguo. La petición de asociación también puede incluir información (por ejemplo, una dirección) que identifica el AP antiguo.

25 El nuevo AP transmite entonces a la STA un mensaje 1212 que confirma la asociación de la STA con el nuevo AP. En ese momento, hasta que se produce la transferencia de contexto al menos parcialmente, el nuevo AP puede impedir que la STA transmita mensajes acíclicos, y puede almacenar en memoria intermedia mensajes recibidos desde el controlador de sistema para su retransmisión a la STA. Una vez se permite a la STA continuar la transmisión, puede volver a poner a cero toda la numeración de secuencia de trama para las tramas de datos que transmite.

35 En 1214, el nuevo AP envía una petición de transferencia de contexto al AP antiguo. La petición de transferencia de contexto incluye los números de secuencia de trama que transmitió la STA al nuevo AP en 1210 (es decir, los números de secuencia de trama que corresponden a las últimas tramas de datos recibidas por la STA desde el AP antiguo). El AP antiguo responde a la petición de transferencia de contexto transmitiendo (tal como se indica en 1216) al nuevo AP los números de secuencia de trama que corresponden a las últimas tramas de datos recibidas por el AP antiguo desde la STA.

40 Los mensajes indicados en 1218 representan transferencias desde el AP antiguo al nuevo AP de tramas de datos almacenadas en memoria intermedia que van a enviarse a la STA. Antes de transferir estas tramas de datos, el AP antiguo descarga cualquier trama de datos que tenga números de secuencia de trama que coinciden con o anteceden a los números de secuencia de trama enviados desde el nuevo AP al AP antiguo en 1214 (que eran los números de secuencia de trama enviados desde la STA al nuevo AP en 1210).

45 Una vez todas las tramas de datos almacenadas en memoria intermedia (y no descartadas) se han transferido desde el AP antiguo al nuevo AP, el AP antiguo envía un mensaje 1220 al nuevo AP confirmando que las transferencias se han completado.

50 Debido a que la STA ha informado al nuevo AP de los números de secuencia de trama de las últimas tramas de datos recibidas por la STA desde el AP antiguo, el nuevo AP puede evitar enviar tramas de datos duplicadas a la STA. De hecho, tales tramas de datos pueden eliminarse al menos parte del tiempo mediante el AP antiguo de las tramas de datos transferidas desde el AP antiguo al nuevo AP.

55 Una vez el nuevo AP recibe desde el AP antiguo los números de secuencia de trama de las últimas tramas de datos recibidas por el AP antiguo desde la STA, el nuevo AP puede volver a habilitar las transmisiones de tramas de datos desde la STA porque el nuevo AP puede ahora detectar y descartar tramas de datos duplicadas. Ha de entenderse que las comunicaciones cíclicas desde la STA pueden no estar sujetas a inhibición por parte del nuevo AP pendiente de la recepción de los números de secuencia de trama procedentes del AP antiguo.

60 El nuevo AP pone en cola nuevas tramas de datos para la STA recibidas desde el controlador de sistema que van a transmitirse después de que el nuevo AP transmita a la STA las tramas de datos transferidas desde el AP antiguo.

65 En un caso en el que la transferencia de contexto falla (por ejemplo debido a que el nuevo AP no puede ponerse en contacto con el AP antiguo), el nuevo AP todavía puede aceptar tramas de datos transmitidas desde la STA que la STA nunca había transmitido anteriormente y para las que la numeración de secuencia ha vuelto a iniciarse desde

ceros. Dado que la numeración de secuencia se ha reiniciado, el nuevo AP puede sincronizarse con la STA. Sin embargo, si la transferencia de contexto falla, es aconsejable que el nuevo AP descarte cualquier trama de datos de la STA que tenga su "bit de reintento" fijado.

- 5 En algunas realizaciones todas o menos de todas las características descritas en el presente documento pueden incorporarse en un único sistema.

10 Aunque el sistema se ha descrito en detalle en las realizaciones anteriores, se entiende que las descripciones se han proporcionado únicamente con una finalidad de ilustración y que los expertos en la técnica pueden realizar otras variaciones tanto en forma como en detalle a las mismas sin apartarse del alcance de la invención, que se define únicamente por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (100) de comunicación de datos que comprende:
- 5 un punto (104) de acceso; y
- una pluralidad de estaciones (110) cada una para intercambiar mensajes de comunicación de datos inalámbrica con el punto (104) de acceso;
- 10 estando identificadas cada una de dicha pluralidad de estaciones por una dirección,
- dicho sistema (100) caracterizado por estar cada una de dicha pluralidad de estaciones (110) adaptada para funcionar para enviar mensajes al punto (104) de acceso solo en respuesta a un mensaje de interrogación enviado por el punto (104) de acceso y dirigido a una estación (110) en cuestión, en el que
- 15 cada mensaje de interrogación transmitido por el punto (104) de acceso puede incluir unidades de datos adicionales dirigidas a otras estaciones (110) a las que no va dirigido el propio mensaje de interrogación, y en el que
- 20 cada una de dicha pluralidad de estaciones (110) está adaptada para escuchar todos los mensajes de interrogación, vayan dirigidos o no a la estación (110) en cuestión, y si el mensaje de interrogación incluye una unidad de datos dirigida a una estación (110) que no es el objetivo del mensaje de interrogación, estando adaptada la estación (110) que no es el objetivo para aun así recibir y leer la unidad de datos que va dirigida,
- 25 estando adaptado dicho punto (104) de acceso para interrogar por turnos cada una de dicha pluralidad de estaciones con un mensaje de interrogación,
- en el que al menos algunos de dichos mensajes están en un formato que incluye al menos un título (402) de mensaje en el que dicho título (402) de mensaje incluye una sección (404) de campo de dirección y control que incluye, cuando el mensaje se transmite mediante un punto (104) de acceso, la dirección que
- 30 identifica la estación (110) a la que se dirige el mensaje y una sección (406) de tipo de mensaje y una pluralidad de unidades (408) de datos, incluyendo cada una de dichas unidades (408) de datos un respectivo título (412) de unidad de datos y una respectiva trama (414) de datos, identificando cada título (412) de unidad de datos una respectiva de las estaciones (110) como destinatario para recibir la respectiva
- 35 trama (414) de datos de la unidad (408) de datos,
- en el que mensajes de interrogación están en dicho formato y se identifican mediante una indicación de tipo en la sección (406) de tipo de mensaje,
- 40 en el que a la recepción desde dicho punto de acceso de un mensaje de interrogación cada una de dicha pluralidad de estaciones está adaptada para determinar si el mensaje que se recibió es o no un mensaje de interrogación dirigido a la estación (110), y si el mensaje que se recibió es un mensaje de interrogación dirigido a la estación (110), la estación (110) está adaptada para leer la trama de datos incluida en la unidad de datos dirigida a la estación (110) y tomar la acción requerida por la trama de datos y además transmitir
- 45 una respuesta que es un reconocimiento del mensaje de interrogación, mientras que si el mensaje que se recibió es un mensaje de interrogación no dirigido a la estación (110), la estación (110) está adaptada para determinar a continuación si el mensaje incluye o no una unidad de datos que va dirigida a la estación (110), y, si es así, la estación (110) está adaptada para leer la trama de datos incluida en la trama de datos dirigida a la estación (110) y tomar la acción requerida por la trama de datos, pero no transmitir en este
- 50 momento un reconocimiento de la trama de datos, sino esperar el reconocimiento de la trama de datos hasta que el punto (104) de acceso interroga a la estación.
2. Sistema (100) de comunicación de datos según la reivindicación 1,
- 55 en el que dicha pluralidad de estaciones (110) incluye al menos 50 estaciones (110).
3. Sistema (100) de comunicación de datos según la reivindicación 1 ó 2,
- 60 en el que cada dicha unidad (408) de datos incluye un respectivo número de secuencia de trama.
4. Sistema (100) de comunicación de datos según la reivindicación 3,
- en el que dicho respectivo número de secuencia de trama se incluye en el respectivo título (412) de unidad de datos de cada una de dicha unidad (408) de datos.
- 65 5. Sistema (100) de comunicación de datos según la reivindicación 1, 2, 3 ó 4,

en el que dicho título (402) de mensaje incluye un número de secuencia de mensaje.

5 6. Sistema (100) de comunicación de datos según la reivindicación 1,

10 en el que cada una de las estaciones está adaptada para detectar una temporización a la que se recibe un mensaje mediante cada una de dichas estaciones, comparar la temporización detectada con una temporización nominal para el mensaje recibido, e informar a dicho punto de acceso de una diferencia entre la temporización detectada y la temporización nominal; y en el que dicho punto de acceso está adaptado para ajustar una temporización de la transmisión para el siguiente mensaje previsto para su transmisión a cada una de dichas estaciones en respuesta a la diferencia informada por cada una de dichas estaciones.

15 7. Sistema (100) de comunicación de datos según la reivindicación 6,

20 en el que el punto de acceso está adaptado para acelerar la temporización de transmisión de dicho siguiente mensaje si la diferencia informada indica un retraso en la recepción de un mensaje por cada una de dichas estaciones, y adaptado para retrasar la temporización de la transmisión de dicho siguiente mensaje si la diferencia informada indica una recepción prematura de un mensaje por cada una de dichas estaciones.

25 8. Sistema (100) de comunicación de datos según la reivindicación 1,

en el que una de dicha pluralidad de estaciones está adaptada para determinar si iniciar o no un proceso de traspaso desde dicho punto de acceso a un nuevo punto de acceso en respuesta a no detectar durante la duración de finalización del tiempo un único mensaje de interrogación transmitido por dicho punto de acceso a ninguna de dicha pluralidad de estaciones.

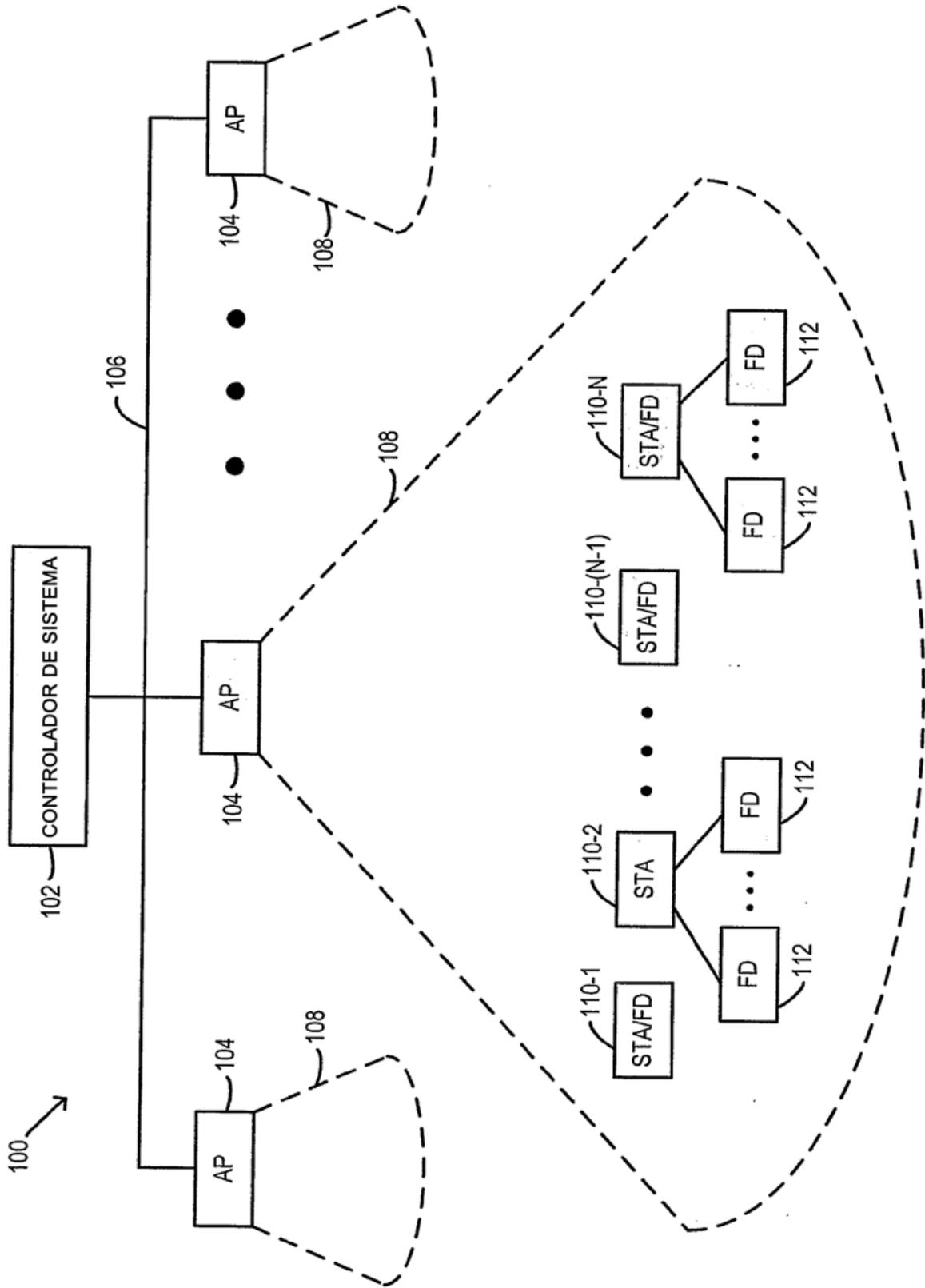


FIG. 1

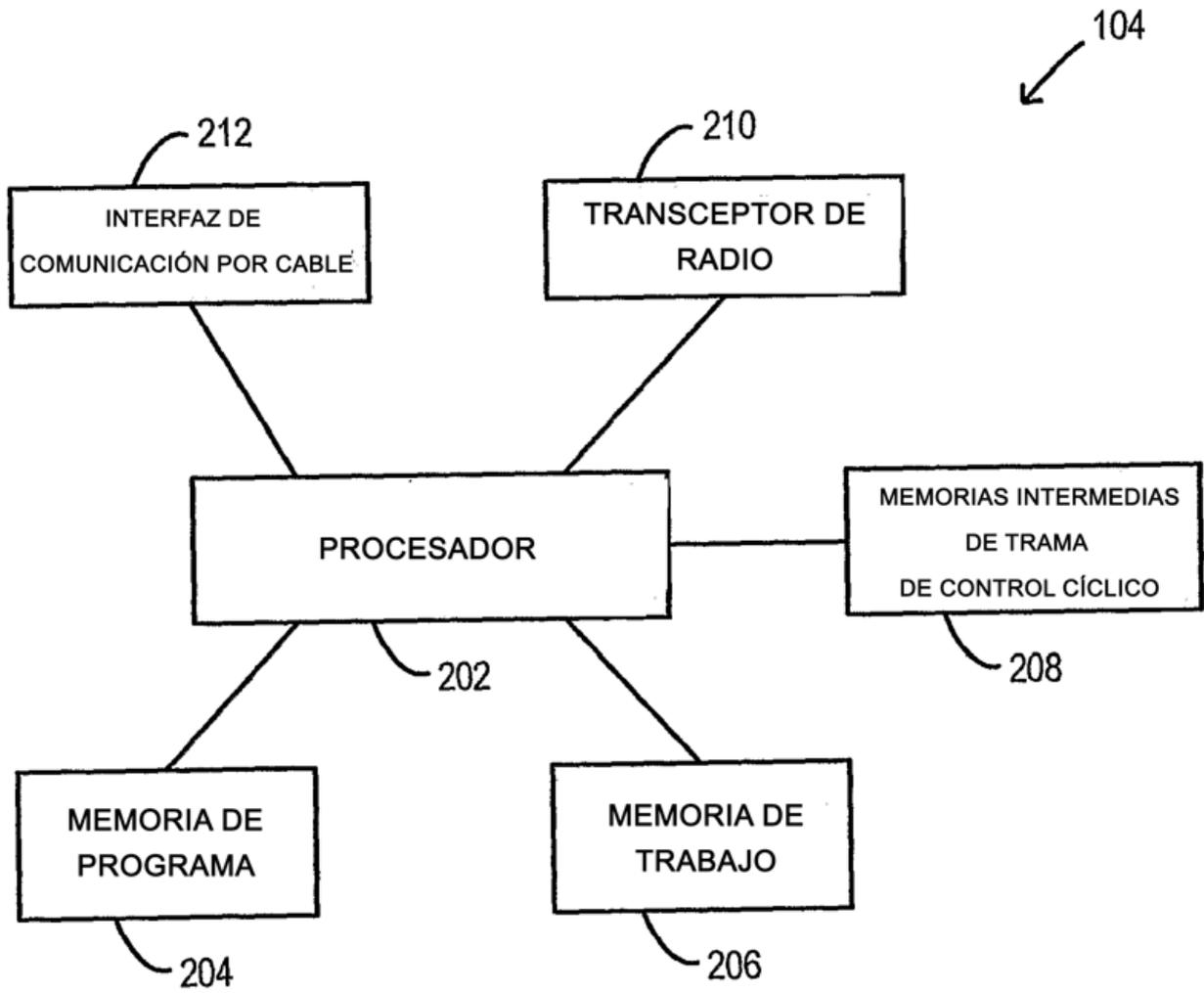


FIG. 2

110 ↘

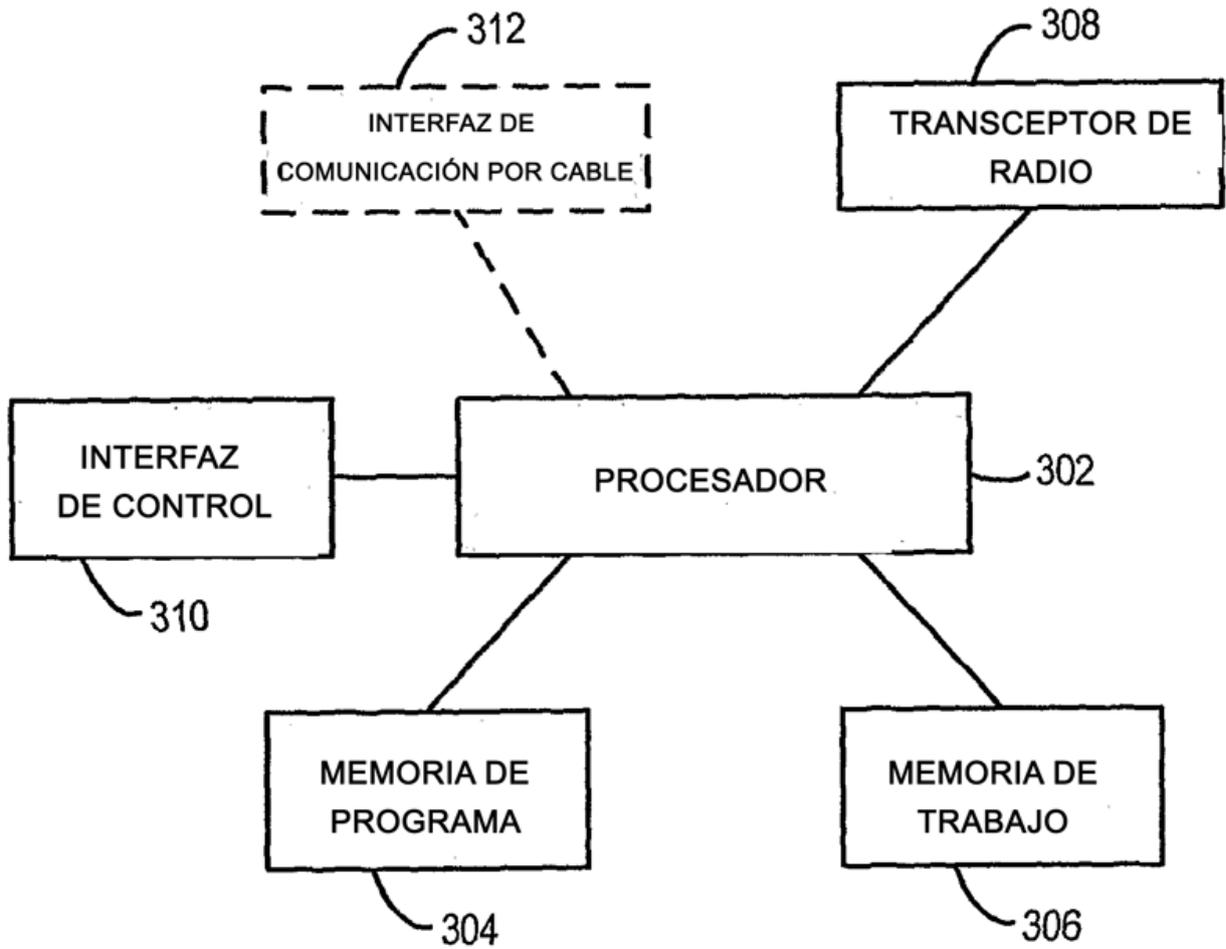


FIG. 3

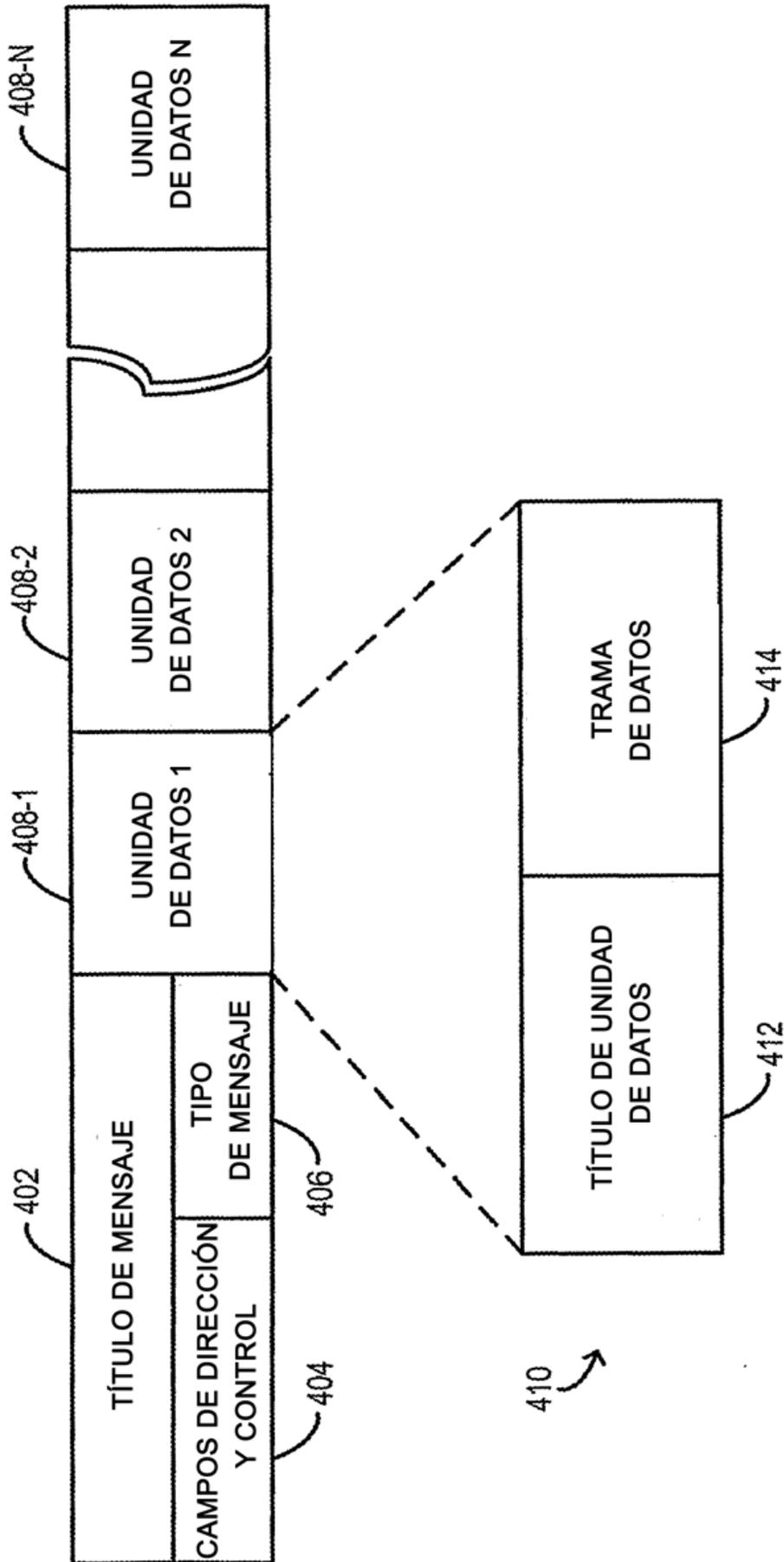


FIG. 4

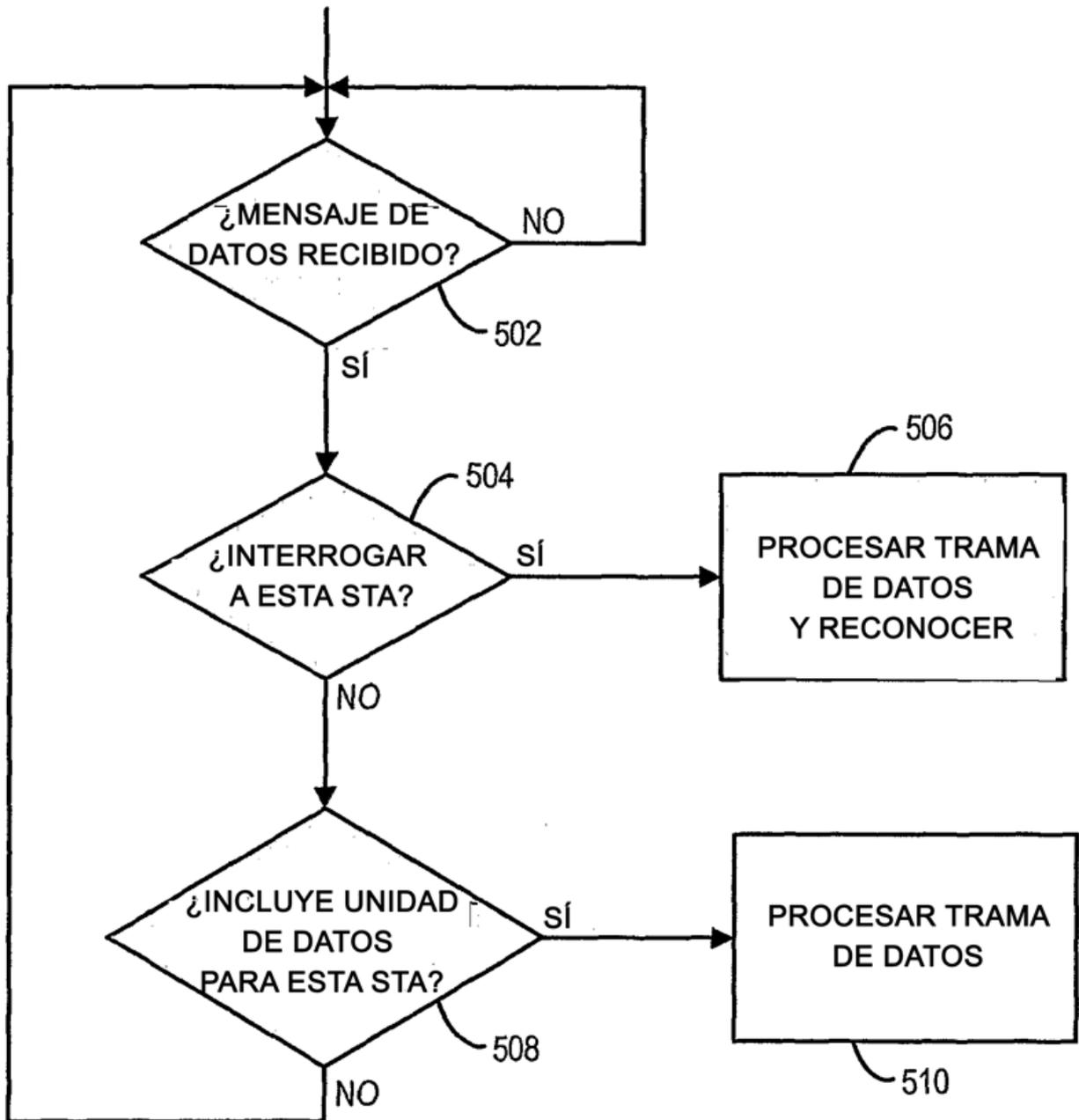


FIG. 5

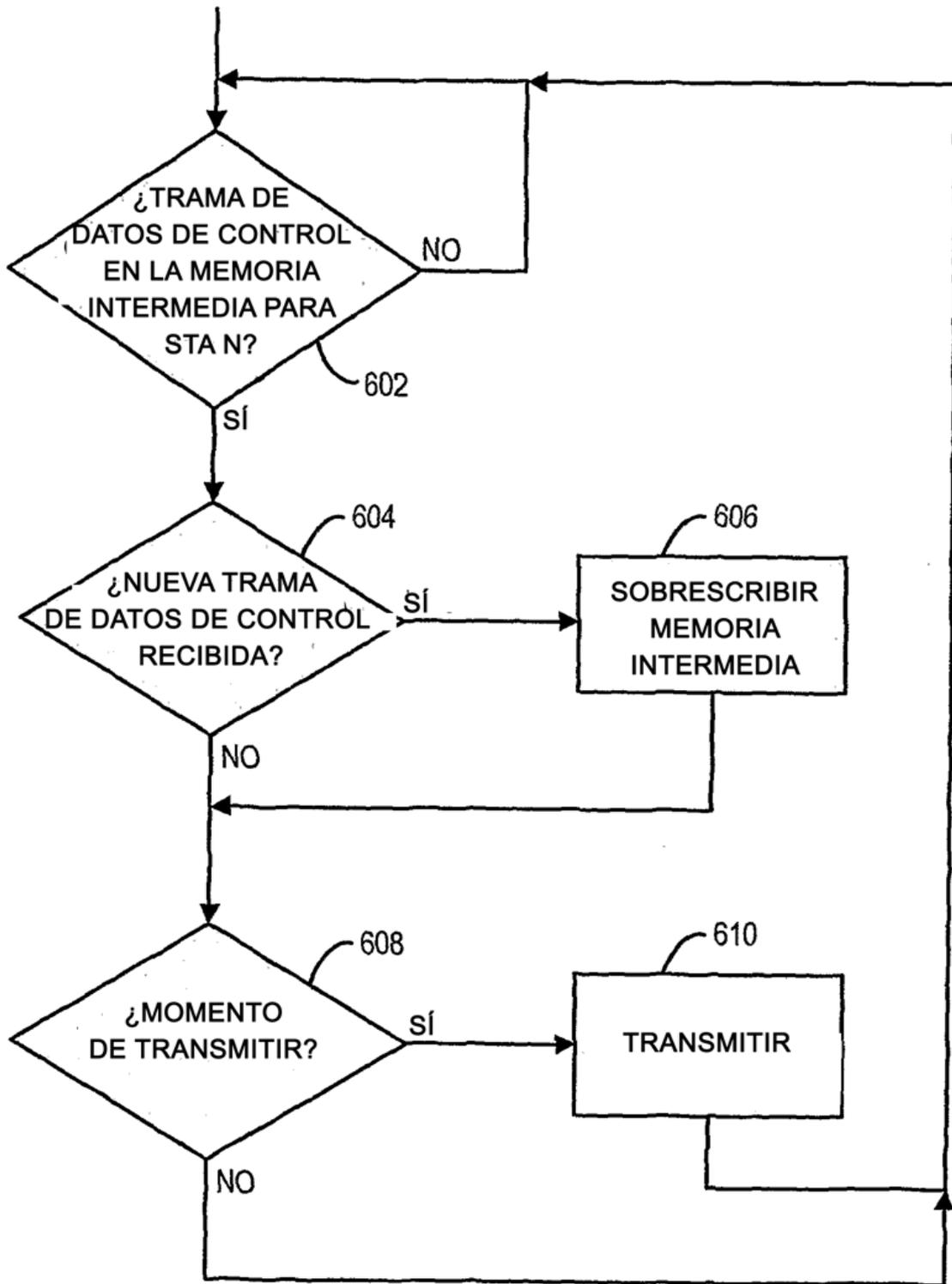


FIG. 6

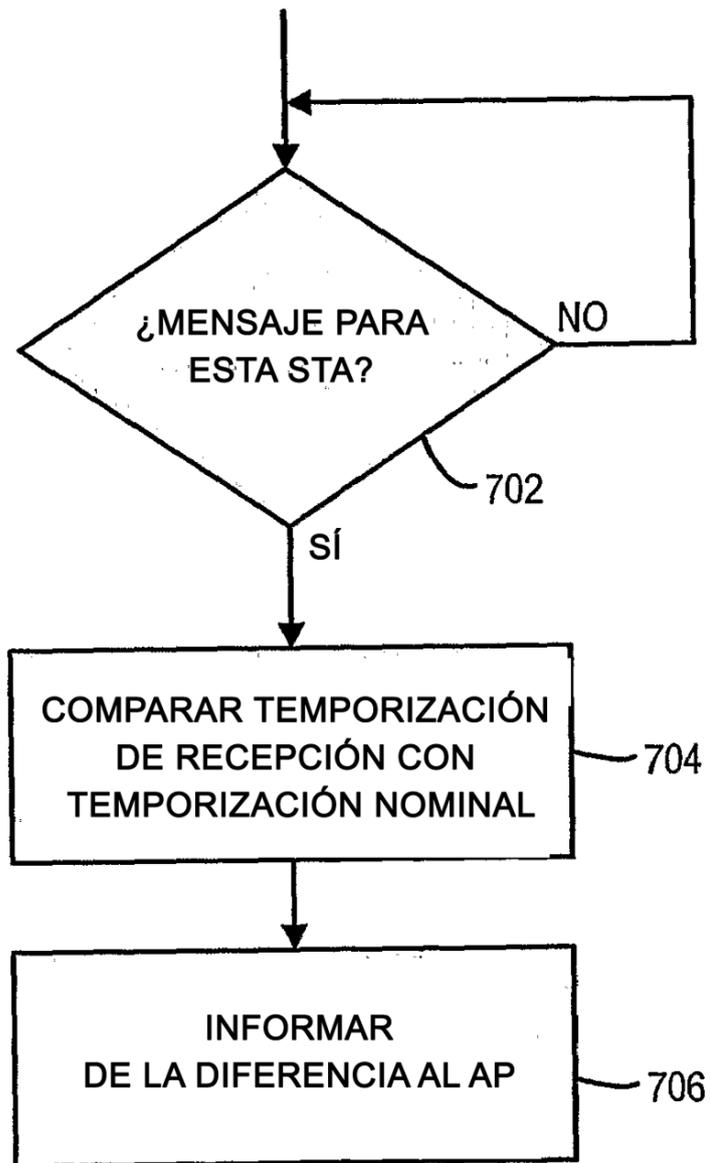


FIG. 7

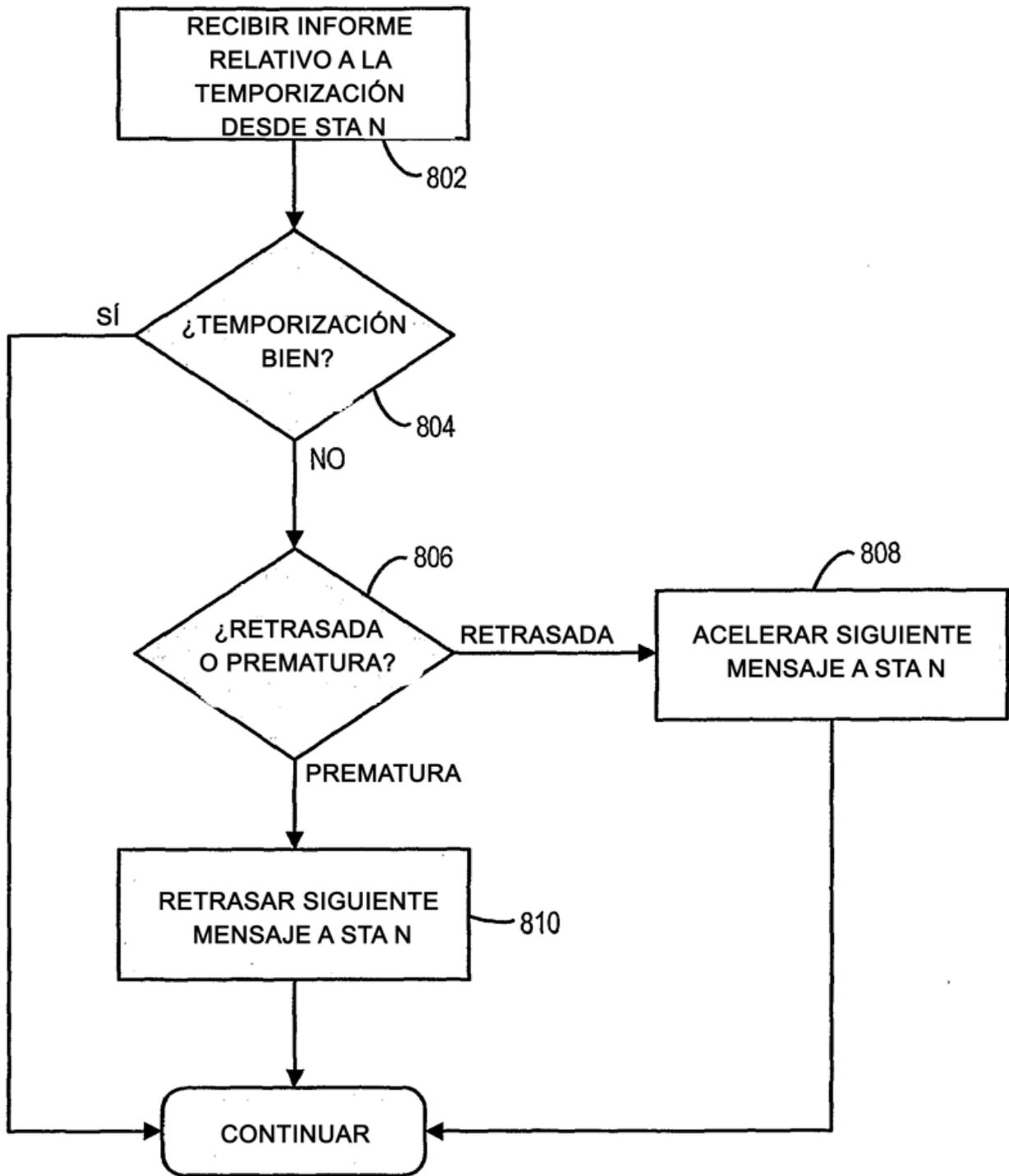


FIG. 8

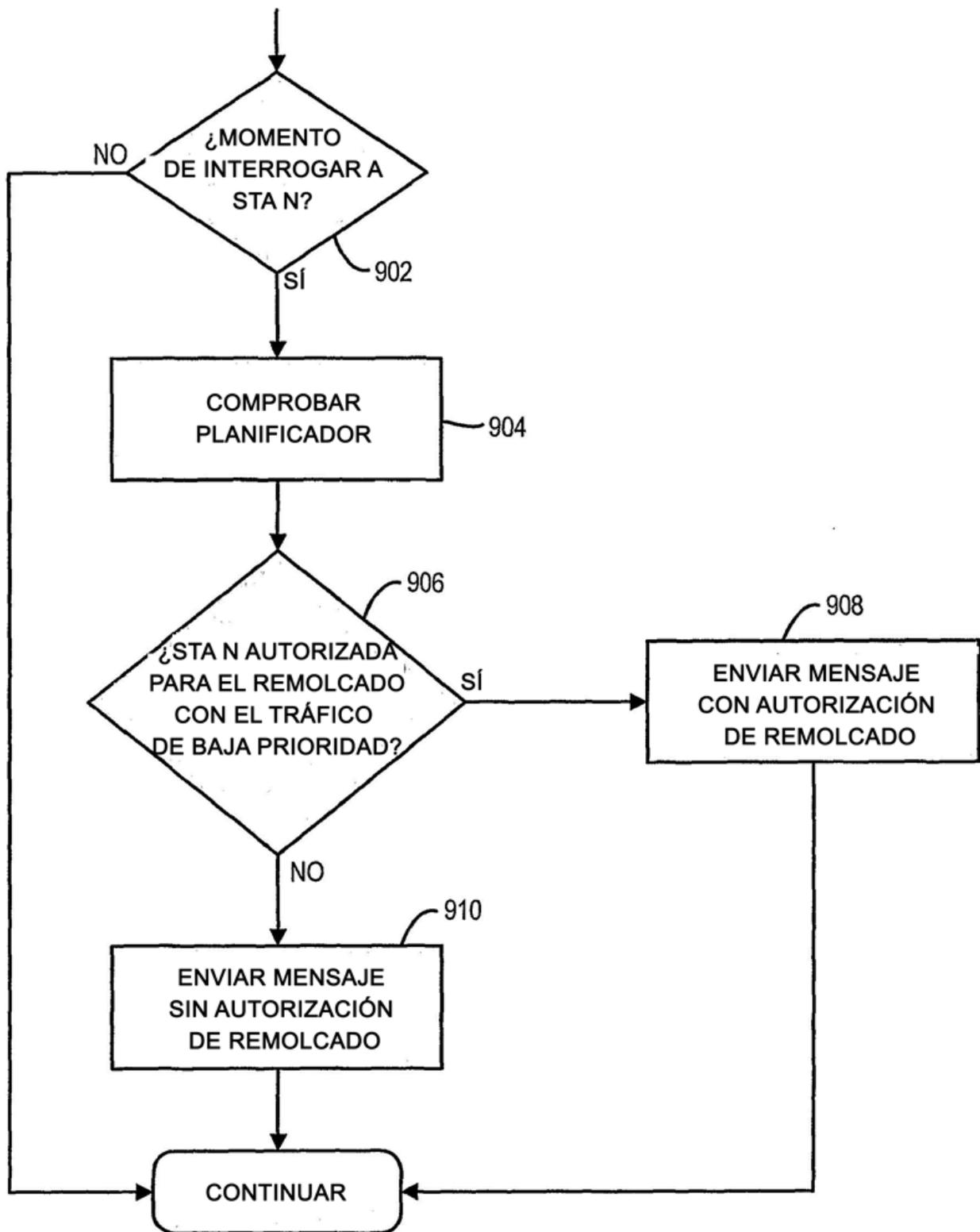


FIG. 9

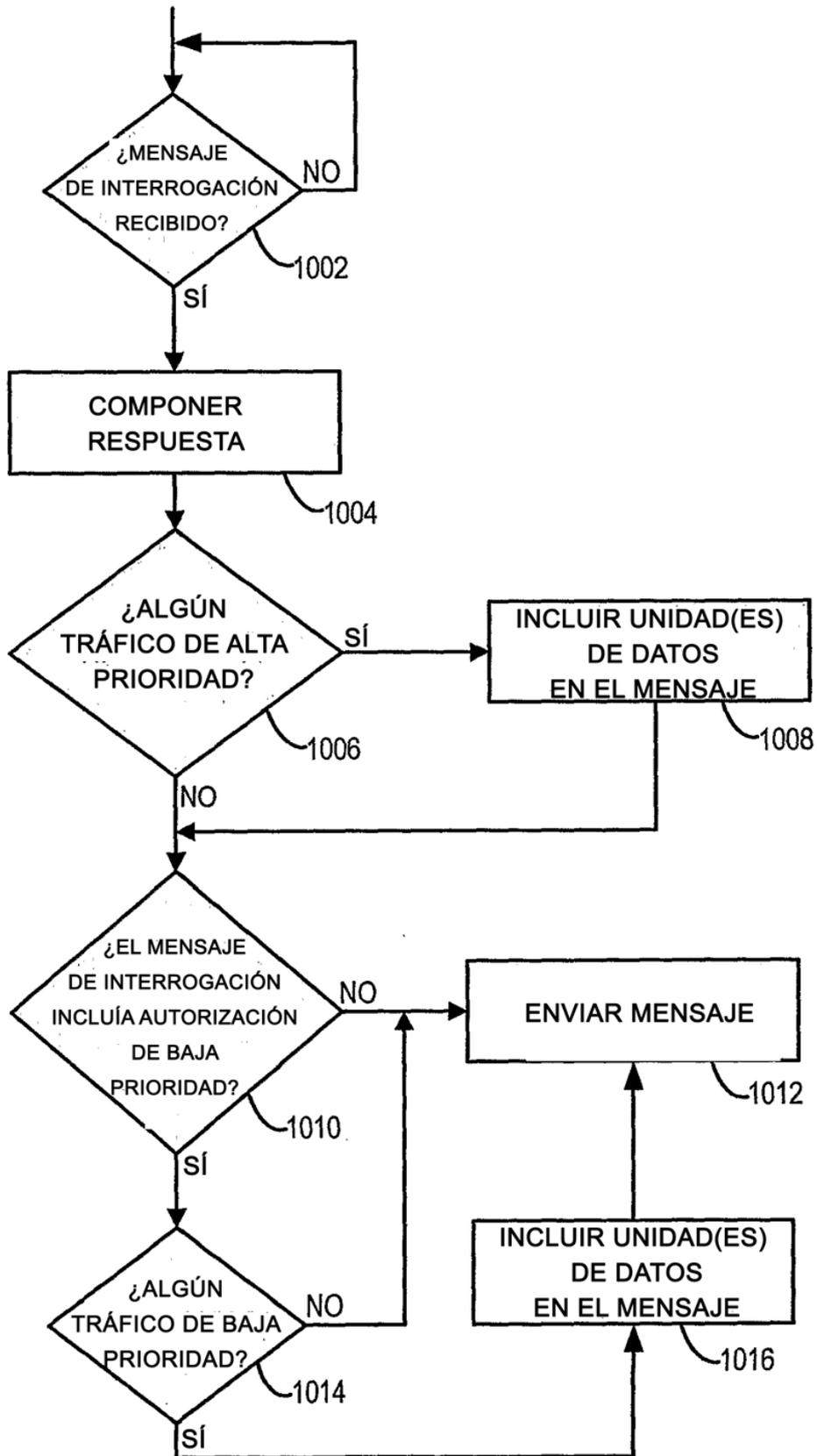


FIG. 10

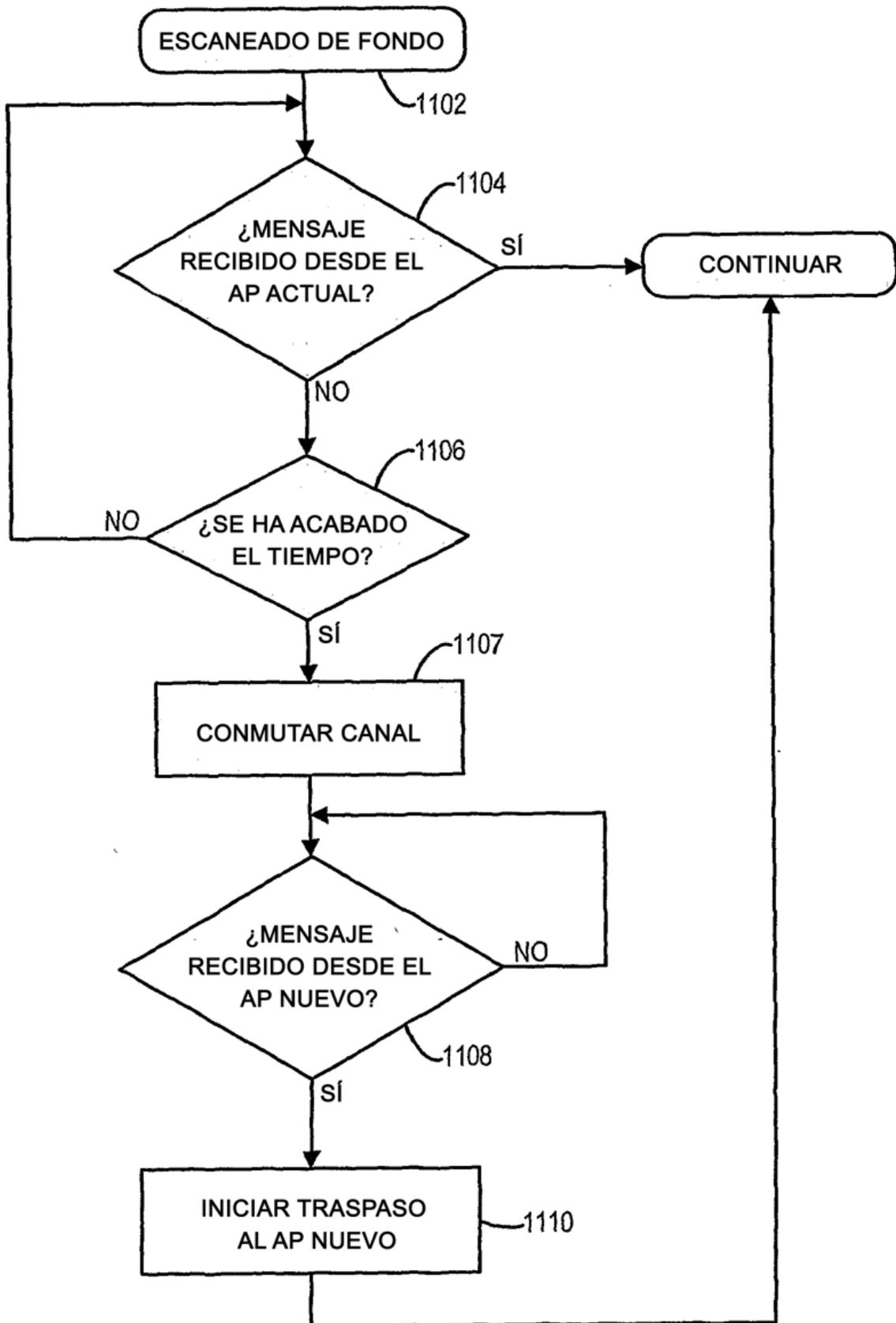


FIG. 11

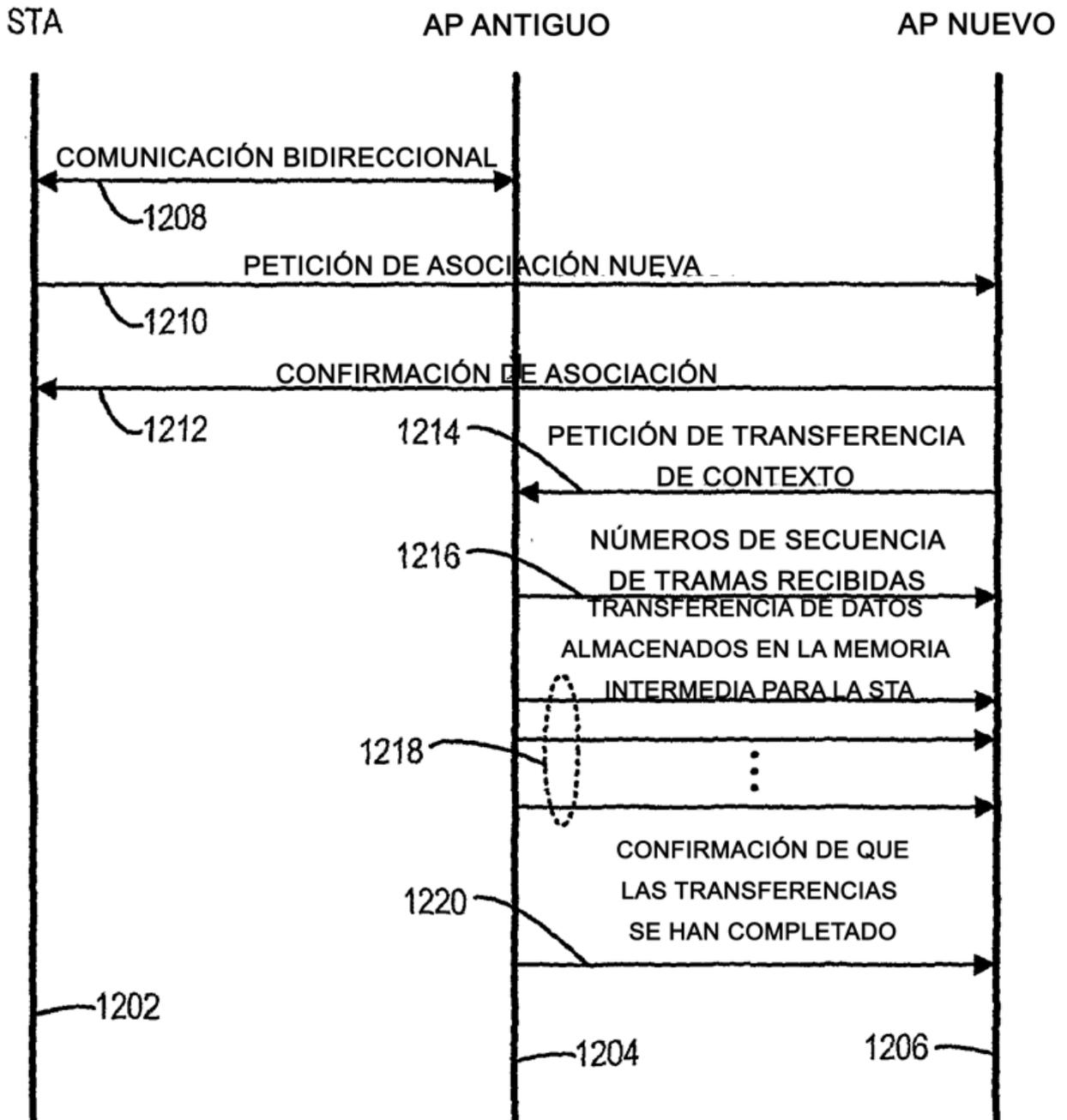


FIG. 12