

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 025**

51 Int. Cl.:

H04B 3/54 (2006.01)

H04L 12/28 (2006.01)

H04L 12/403 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.12.2008** **E 08869498 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2013** **EP 2238692**

54 Título: **Método, sistema, circuito integrado, módulo de comunicación y soporte informático de lectura para conseguir una compartición de recursos que incluye reutilización de espacio y tiempo dentro de un sistema de comunicación por línea eléctrica**

30 Prioridad:

04.01.2008 US 19052 P

18.01.2008 US 22251 P

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

26.12.2013

73 Titular/es:

PANASONIC CORPORATION (100.0%)
1006, OAZA KADOMA KADOMA-SHI
OSAKA 571-8501, JP

72 Inventor/es:

GALLI, STEFANO;
KUROBE, AKIO y
OHURA, MASATO

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 436 025 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, sistema, circuito integrado, módulo de comunicación y soporte informático de lectura para conseguir una compartición de recursos que incluye reutilización de espacio y tiempo dentro de un sistema de comunicación por línea eléctrica

Campo de la técnica

La presente invención se refiere a redes de comunicación por línea eléctrica.

Técnica anterior

Los cables de línea eléctrica son un medio muy generalizado que llega a casi todos los hogares y empresas y proporciona una técnica muy útil para suministrar servicios digitales a clientes así como para proporcionar capacidades de interconexión de redes de área local (LAN, *local area networking*). No obstante, los cables de línea eléctrica no son capaces de proporcionar unos enlaces dedicados en exclusiva a un abonado particular, como sí pueden los cables de par trenzado, debido a que estos son un medio compartido. De forma más específica, los cables de línea eléctrica que se extienden de un transformador de baja tensión a un conjunto de hogares individuales o a un conjunto de múltiples unidades de vivienda se comparten entre un conjunto de usuarios. Esto quiere decir que las señales que se generan por un usuario en un apartamento o casa pueden interferir con las señales que se generan en un apartamento o casa adyacente. Debido a que es imposible contener de forma local las señales generadas por un usuario, cuantos más usuarios en cercanía geográfica que usen comunicaciones por línea eléctrica (PLC, *power line communications*), más interferencia se generará. A medida que aumente la interferencia, cada usuario experimentará una disminución de la velocidad de datos a medida que tengan lugar más colisiones de paquetes.

Este fenómeno también puede tener lugar en una única red. De hecho, a medida que aumenta el número de nodos en la red, crece la probabilidad de colisión de paquetes, y disminuye el caudal de tráfico global de la única red. Por lo tanto, sería deseable proporcionar a los dispositivos de PLC una técnica para mantener unos rendimientos optimizados, incluso en presencia de muchos nodos o múltiples redes, con el fin definitivo de aumentar el caudal de tráfico de red global.

Divulgación de la invención

La presente invención se dirige a protocolos que permitan que una única red o múltiples redes próximas reduzcan la interferencia mutua y aumenten su caudal de tráfico global. Estos protocolos se definirán en dos casos de importancia práctica: 1) redes homogéneas en las que todos los dispositivos de comunicaciones por línea eléctrica (PLC) de múltiples redes son interoperables con respecto a una comunicación por línea eléctrica completa en una PHY común (esquema de modulación, esquema de codificación, anchura de banda, etc.) y 2) redes heterogéneas en las que los dispositivos de algunas redes de PLC no son interoperables con los dispositivos de PLC de otras redes de PLC con respecto a una comunicación por línea eléctrica completa dado que los dispositivos de las diferentes redes no emplean una PHY común. Con respecto a las redes heterogéneas, se proporciona un protocolo para posibilitar la coexistencia a través de un esquema de señalización simple que permite una compartición de recursos entre los dispositivos de las múltiples redes heterogéneas.

Las redes homogéneas son aquellas en las que todos los nodos pueden comunicarse uno con otro usando una PHY común, de tal modo que la información acerca de una red de PLC puede transferirse a otra red de PLC. Las redes heterogéneas son aquellas en las que no todas las redes de PLC pueden intercambiar información usando su propia PHY nativa. Este es el caso en el que usuarios en diferentes apartamentos o casas usan diferentes dispositivos que tienen diferentes especificaciones, diferentes capacidades de señalización, esquema de modulación, esquema de codificación, anchura de banda, etc.

En una realización, se proporciona un método de comunicación para un sistema de comunicación por línea eléctrica que comprende una primera red que incluye unos primeros dispositivos que emplean una primera PHY para la comunicación por línea eléctrica y una segunda red que incluye unos segundos dispositivos que emplean una segunda PHY para la comunicación por línea eléctrica, siendo las PHY primera y segunda diferentes la una de la otra con el fin de dar lugar a que los primeros dispositivos sean no interoperables con los segundos dispositivos con respecto a una comunicación por línea eléctrica completa, empleando los dispositivos primeros y segundos un esquema de señalización común (CSS, *common signaling scheme*) para posibilitar el intercambio de información entre los mismos con respecto a su presencia en el sistema de comunicación por línea eléctrica para permitir una compartición de recursos. El método incluye detectar señales comunes transmitidas de acuerdo con el esquema de CSS a partir de una pluralidad de los primeros dispositivos en una primera ventana de tiempo; determinar un estatus de red sobre la base de las señales comunes que se detectan; y seleccionar una estructura de TDMA específica sobre la base del estatus de red determinado; el método de comunicación puede implicar la realización de cada una de estas etapas por uno de los segundos dispositivos. El esquema de CSS puede ser un esquema de CSS simple no accionable para transmitir y recibir paquetes o un esquema de CSS potenciado accionable para transmitir y

recibir paquetes. Los primeros dispositivos pueden transmitir a una potencia necesaria mínima para establecer un enlace deseado de acuerdo con un protocolo de control de potencia, y los primeros dispositivos que transmiten las señales comunes pueden ser dispositivos que se han planificado para transmitir datos en un próximo periodo de sincronización.

5 En otra realización, se proporciona un método de comunicación que emplea un protocolo de reutilización de espacio y tiempo (STR, *space and time reuse*) para un sistema de comunicación por línea eléctrica que comprende una primera red que incluye unos primeros dispositivos que emplean una primera PHY para la comunicación por línea eléctrica y una segunda red que incluye unos segundos dispositivos que emplean una segunda PHY para la comunicación por línea eléctrica, siendo las PHY primera y segunda diferentes la una de la otra con el fin de dar lugar a que los primeros dispositivos sean no interoperables con los segundos dispositivos con respecto a una comunicación por línea eléctrica completa, empleando los dispositivos primeros y segundos un esquema de señalización común (CSS) para posibilitar el intercambio de información entre los mismos con respecto a su presencia en el sistema de comunicación por línea eléctrica para permitir una compartición de recursos. El método incluye detectar señales comunes transmitidas de acuerdo con el esquema de CSS a partir de una pluralidad de los primeros dispositivos en una primera ventana de tiempo; y determinar mediante uno de los segundos dispositivos, sobre la base de las señales comunes que se detectan, si el uno de los segundos dispositivos puede transmitir / recibir señales al mismo tiempo que los primeros dispositivos transmiten / reciben señales o si es necesario que el uno de los segundos dispositivos transmita / reciba señales en un instante diferente del instante en el que los primeros dispositivos transmiten / reciben señales. Los primeros dispositivos pueden emplear un protocolo de reutilización de espacio y tiempo (STR) de MNC / MTA para conseguir una compartición de recursos entre los primeros dispositivos. El método de comunicación puede incluir las siguientes etapas adicionales. Las anteriores etapas se repiten un número de veces, y cada uno de los segundos dispositivos genera un vector de índice de interferencia (IIV, *interference index vector*), que está asociado con una estructura de TDMA y proporciona el IIV a un dispositivo maestro en la segunda red, y el dispositivo maestro genera una lista de PHY de coexistencia (CPL, *coexistence PHY list*) sobre la base de los IIV que se han recibido a partir de los segundos dispositivos.

En otra realización, se proporciona un método de comunicación que emplea un protocolo de reutilización de espacio y tiempo (STR) para un sistema de comunicación por línea eléctrica que comprende una primera red que incluye unos primeros dispositivos que emplean una primera PHY para la comunicación por línea eléctrica y una segunda red que incluye unos segundos dispositivos que emplean una segunda PHY para la comunicación por línea eléctrica, siendo las PHY primera y segunda diferentes la una de la otra con el fin de dar lugar a que los primeros dispositivos sean no interoperables con los segundos dispositivos con respecto a una comunicación por línea eléctrica completa, empleando los dispositivos primeros y segundos un esquema de señalización común (CSS) para posibilitar el intercambio de información entre los mismos con respecto a su presencia en el sistema de comunicación por línea eléctrica para permitir una compartición de recursos. El método incluye (a) transmitir a partir de una pluralidad de los primeros dispositivos señales comunes de acuerdo con el esquema de CSS en una primera ventana de tiempo; (b) detectar por cada uno de los segundos dispositivos las señales comunes transmitidas por la pluralidad de primeros dispositivos en la primera ventana de tiempo; (c) generar, cada uno de los segundos dispositivos, un vector de índice de interferencia (IIV), que está asociado con una estructura de TDMA sobre la base de si las señales comunes detectadas tienen una intensidad de señal más grande o más pequeña que una primera calidad de servicio (QoS, *quality of service*); (d) elegir, cada uno de los segundos dispositivos, una estructura de TDMA que se corresponde con su vector de índice de interferencia (IIV) que se genera en la etapa (c) y comunicar el IIV a un dispositivo maestro en la segunda red; (e) crear, el dispositivo maestro, una lista de PHY de coexistencia (CPL) sobre la base de los IIV que se han recibido a partir de los segundos dispositivos; (f) proporcionar, el dispositivo maestro, la CPL a la totalidad de los segundos dispositivos; y (g) cada uno de los segundos dispositivos, crear una tabla de intervalos utilizables (UST, *usable slot table*) de acuerdo con la CPL, y realizar comunicaciones con otro de los segundos dispositivos de acuerdo con su UST.

50 En otra realización, se proporciona un sistema de comunicación para la comunicación por línea eléctrica, en el que una primera red incluye unos primeros dispositivos que emplean una primera PHY para la comunicación por línea eléctrica y una segunda red incluye unos segundos dispositivos que emplean una segunda PHY para la comunicación por línea eléctrica. Las PHY primera y segunda son diferentes la una de la otra con el fin de dar lugar a que los primeros dispositivos sean no interoperables con los segundos dispositivos con respecto a una comunicación por línea eléctrica completa, y los dispositivos primeros y segundos emplean un esquema de señalización común (CSS) para posibilitar el intercambio de información entre los mismos con respecto a su presencia en el sistema de comunicación para permitir una compartición de recursos. Los primeros dispositivos pueden accionarse para transmitir señales comunes de acuerdo con el esquema de CSS en una primera ventana de tiempo; y cada uno de los segundos dispositivos pueden accionarse para detectar las señales comunes transmitidas por los primeros dispositivos en la primera ventana de tiempo, para determinar un estatus de red sobre la base de las señales comunes que se detectan, y para seleccionar unas estructuras de TDMA específicas sobre la base del estatus de red determinado.

65 En otra realización, se proporciona un soporte informático de lectura que almacena un programa que se ejecuta por un ordenador de un segundo dispositivo en un método de comunicación para un sistema de comunicación por línea eléctrica que comprende una primera red que incluye unos primeros dispositivos que emplean una primera PHY

para la comunicación por línea eléctrica y una segunda red que incluye el segundo dispositivo que emplea una segunda PHY para la comunicación por línea eléctrica, siendo las PHY primera y segunda diferentes la una de la otra con el fin de dar lugar a que los primeros dispositivos sean no interoperables con el segundo dispositivo con respecto a una comunicación por línea eléctrica completa, empleando los primeros dispositivos y el segundo dispositivo un esquema de señalización común (CSS) para posibilitar el intercambio de información entre los mismos con respecto a su presencia en el sistema de comunicación por línea eléctrica para permitir una compartición de recursos. El programa ejecutado comprende las operaciones de (a) detectar por el segundo dispositivo señales comunes transmitidas de acuerdo con el esquema de CSS a partir de una pluralidad de los primeros dispositivos en una primera ventana de tiempo, (b) determinar mediante el segundo dispositivo un estatus de red sobre la base de las señales comunes que se detectan en la operación (a); y (c) seleccionar una estructura de TDMA específica sobre la base del estatus de red determinado en la operación (b).

En otra realización, se proporciona un circuito integrado para habilitar una compartición de recursos en un sistema de comunicación que emplea comunicaciones por línea eléctrica. El circuito integrado comprende (a) una primera sección que detecta señales comunes transmitidas a partir de una pluralidad de primeros dispositivos de acuerdo con un esquema de señalización común (CSS) en una primera ventana de tiempo; (b) una segunda sección que determina un estatus de red sobre la base de las señales comunes que se detectan por la primera sección; y (c) una tercera sección que selecciona una estructura de TDMA específica de acuerdo con el estatus de red determinado.

En otra realización, se proporciona un módulo de comunicación (tal como un módem de PLC) para habilitar una compartición de recursos en un sistema de comunicación que emplea comunicaciones por línea eléctrica. El módulo de comunicación comprende (a) una primera sección que detecta señales comunes transmitidas a partir de una pluralidad de primeros dispositivos de acuerdo con un esquema de señalización común (CSS) en una primera ventana de tiempo; (b) una segunda sección que determina un estatus de red sobre la base de las señales comunes que se detectan por la primera sección; y (c) una tercera sección que selecciona una estructura de TDMA específica de acuerdo con el estatus de red determinado.

Tal como se usa en el presente documento, el significado de la expresión "estructura de TDMA" es conforme a las ilustraciones de las figuras 19A-25 y el análisis adjunto de las mismas en lo sucesivo. La invención emplea una estructura de TDMA en la que cada canal celular se divide en unidades de multiplexación por división en el tiempo (TDMU, *Time Division Multiplexing Unit*) compuesta cada una de una pluralidad de intervalos de tiempo (véase la figura 20). En resumen, el estatus de red está asociado con una determinada estructura de TDMA dentro de una TDMU, y a dos o más redes en el sistema se asignan, respectivamente, uno o más intervalos de tiempo en una TDMU. Como ejemplo de la pluralidad de estructuras de TDMA disponibles en un sistema, la figura 23 muestra unos patrones 1-7 (estructuras de TDMA) cada uno de los cuales está asociado con un estatus de red y los requisitos de recursos que se anuncian en los campos b0 y b1, de los dispositivos de tres sistemas que tienen esquemas de señalización nativos diferentes PHY-A, PHY-B y PHY-C. Las estructuras de TDMA son conocidas por todos los dispositivos en la red, y están establecidas previamente en memoria y también pueden descargarse si se encuentran disponibles actualizaciones.

La expresión calidad de servicio (QoS) hace referencia a mecanismos de control de reserva de recursos. En general, la calidad de servicio se refiere a la capacidad de garantizar un determinado nivel de rendimiento a un flujo de datos o de proporcionar diferente prioridad a diferentes aplicaciones, usuarios o flujos de datos. La calidad de servicio puede estar basada en, por ejemplo, una velocidad de bits requerida, una razón de señal con respecto a ruido, una probabilidad de segregación de paquetes y / o tasa de error de bits. Por ejemplo, la QoS puede ser un caudal de tráfico garantizado que se necesita o se desea para garantizar que se mantiene un nivel mínimo de calidad. Los niveles de QoS pueden establecerse por una organización de establecimiento de Normas.

En la presente invención, puede usarse PLC, por ejemplo, en una red doméstica para acceder a Internet. En un entorno de este tipo, la QoS deseada habitualmente debería ser suficiente para conseguir un acceso a Internet de banda ancha, es decir, un acceso a Internet de alta velocidad de datos. Tales velocidades de datos se encuentran habitualmente en el intervalo de 64 kbit/s hasta 1,0 Mbit/s. Pero la presente invención no se limita a ninguna velocidad numérica real de transmisión de datos o Norma o incluso a un entorno de banda ancha o de alta velocidad de datos. La velocidad de datos específica que constituye la QoS suficiente dependerá de la aplicación particular en la que se emplee la presente invención.

En el presente documento, se pretende que la expresión "satisfacer una QoS particular" signifique satisfacer una QoS en, o por encima de, un umbral dado. Por ejemplo, si el umbral de velocidad de datos es de 256 kbits/s, entonces la QoS particular se satisface si la velocidad de datos es más grande que, o igual a, 256 kbits/s. Se pretende que la expresión "revisar la QoS particular" signifique, por ejemplo, cambiar el valor del umbral, por ejemplo, a una velocidad de datos más baja, tal como 64 kbit/s, cuando la calidad de recepción de la señal recibida sea baja.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1A ilustra una red de comunicación por línea eléctrica (PLC) que está compuesta por cuatro dispositivos de nodo de red, un maestro M y tres esclavos x, y, y z.

La figura 1B ilustra una huella de interferencia (IF, *interference footprint*) de un enlace para el nodo y que transmite al nodo z a la máxima velocidad de datos posible usando una alta potencia de transmisión $P_{\max}(y, z)$.

La figura 1C ilustra una IF para un enlace del nodo y que transmite al nodo z a una potencia más baja, $P_{\text{med}}(y, z)$, que $P_{\max}(y, z)$.

La figura 1D ilustra una IF del nodo y que transmite al nodo z a una potencia más baja, $P_{\text{baja}}(y, z)$, que $P_{\text{med}}(y, z)$.

La figura 2 ilustra el maestro M que transmite una señal de baliza a $P_{\min}$, la mínima potencia de transmisión que se necesita para llegar a la totalidad de los nodos esclavos que se ilustran en la figura 1A.

La figura 3 ilustra el maestro M reduciendo su potencia en relación con la que se ilustra en la figura 2 con el fin de usar la potencia mínima para llegar a los nodos restantes y y z dentro de la red.

La figura 4A ilustra un enlace en el que un nodo x se comunica con un nodo y con su máxima potencia de transmisión $P_{\max}$.

La figura 4B ilustra la IF más pequeña del nodo x cuando se aplica la mínima potencia de transmisión $P_{\min}(x, y)$.

La figura 4C ilustra unos nodos z y w que se comunican al mismo tiempo que se comunican los nodos x e y.

La figura 4D ilustra las IF para $P_{\min}(w, z) > P_{\text{ack}}(z, w)$ y $P_{\min}(x, y) > P_{\text{ack}}(y, x)$.

La figura 5A ilustra dos enlaces activos de forma simultánea ($x \rightarrow y, w \rightarrow z$).

La figura 5B ilustra unos enlaces ($x \rightarrow y, w \rightarrow z$) que generan la $IF_{\min}(x, y)$ y la $IF_{\min}(w, z)$ en el intervalo de tiempo TS (1) y un enlace ($a \rightarrow b$) que genera $IF_{\min}(a, b)$ en el intervalo de tiempo TS (2).

La figura 6 ilustra un sistema en el que la red 1 se define por el maestro M1 e incluye unos nodos {a, b, c} y la red 2 se define por el maestro M2 e incluye unos nodos {x, y, z, w}.

La figura 7 ilustra un perfeccionamiento de la figura (6) en el que una reducción de la potencia para el enlace $b \rightarrow c$ da lugar a que el nodo w caiga fuera de la IF (b, c) de tal modo que el nodo w puede recibir datos de forma fiable a partir de cualquier nodo en la red 2.

La figura 8 ilustra un perfeccionamiento de la figura 6 en el que un enlace $M2 \rightarrow w$ puede coexistir con un enlace interferente $b \rightarrow c$.

La figura 9 ilustra un perfeccionamiento de la figura 6 en el que un enlace $w \rightarrow x$ perturba el nodo b pero el nodo b no puede comunicarse directamente con un maestro M2 del enlace interferente.

La figura 10 ilustra un diagrama de red y una matriz de conectividad de nodos (MNC, *matrix of node connectivity*) para un sistema autónomo que tiene un maestro y tres nodos esclavos.

La figura 11 ilustra unos sistemas autónomos (AS) AS1 y AS2 próximos.

La figura 12A ilustra una matriz de asignación de tiempos (MTA, *matrix of time allocations*) para la topología de la figura 10 cuando hay $S = 6$ unidades elementales de multiplexación por división en el tiempo (TDM) (TEU, *time division multiplexing (TDM) elementary unit*) y ningún enlace activo.

La figura 12B ilustra que los elementos MTA (y, 1), MTA (y, 2), MTA (z, 1), y MTA (z, 2) se establecen a 1 para indicar que se prohíbe que los nodos y y z transmitan / reciban (TX / RX) en las TEU N° 1 y N° 2.

La figura 12C ilustra que la prohibición de TX se marca explorando la MNC en la fila de destino (la fila z).

La figura 12D ilustra que la prohibición de RX se marca explorando la MNC en la fila de origen (la fila y).

La figura 13A ilustra la MTA para un ejemplo en el que el nodo x de la figura 11 solicita establecer un enlace con el nodo z.

La figura 13B ilustra la MTA para el ejemplo en el que se establece el enlace $a \rightarrow b$.

La figura 14A ilustra la MTA, tras la compleción de la etapa 3 del protocolo de STR cuaternario, cuando el nodo x solicita 2 TEU para el enlace $x \rightarrow z$ en el sistema que se ilustra mediante la figura 11.

La figura 14B ilustra la MTA de la figura 14A tras la compleción de la etapa 4 del protocolo de STR cuaternario.

La figura 15A ilustra la MTA, tras la compleción de la etapa 3 del protocolo de STR cuaternario, cuando el nodo a solicita 1 TEU para el enlace $a \rightarrow b$ en el sistema que tiene la MTA que se ilustra mediante la figura 14B.

La figura 15B ilustra la MTA de la figura 15A tras la compleción de la etapa 4 del protocolo de STR cuaternario.

La figura 16A ilustra la MTA, tras la compleción de la etapa 3 del protocolo de STR cuaternario, cuando el nodo d solicita 1 TEU para el enlace $d \rightarrow c$ en el sistema que tiene la MTA que se ilustra mediante la figura 15B.

La figura 16B ilustra la MTA de la figura 16A tras la compleción de la etapa 4 del protocolo de STR cuaternario.

La figura 17A ilustra la MTA, tras la compleción de la etapa 3 del protocolo de STR cuaternario, cuando el maestro M1 asigna 1 TEU para el enlace $M1 \rightarrow w$ en el sistema que tiene la MTA que se ilustra mediante la figura 16B.

La figura 17B ilustra la MTA de la figura 17A tras la compleción de la etapa 4 del protocolo de STR cuaternario.

La figura 18 ilustra un ejemplo en el que los dispositivos de tres sistemas que tienen esquemas de señalización nativos diferentes, PHY-A, PHY-B, y PHY-C, transmiten unos S-CSS respectivos.

La figura 19A ilustra la detección de tres formas de onda de S-CSS que indican la existencia de tres esquemas de señalización nativos diferentes.

La figura 19B ilustra un perfeccionamiento de la figura 19A en el que se detectan solo dos de tres formas de onda de S-CSS.

La figura 20 ilustra una realización en la que el tiempo entre transmisiones de S-CSS consecutivas se subdivide adicionalmente en U unidades de TDM (TDMU) y cada TDMU se subdivide en S intervalos de TDM (TDMS, *TDM slot*).

La figura 21 ilustra una estructura de acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA) que tiene $S = 12$ intervalos de tiempo.

La figura 22 ilustra dos estructuras de TDMA que tienen $S = 12$ intervalos de tiempo.

Las figuras 23, 24 y 25 ilustran estructuras de TDMA para $S = 12$ y $P = 3$ cuando se usan dos ventanas de oportunidad de transmisión de S-CSS (los campos b_0 y b_1) para anunciar los requisitos de recursos.

La figura 26 ilustra dos sistemas heterogéneos usando una compartición de tiempo para ortogonalizar sus comunicaciones.

La figura 27A ilustra tres sistemas con tres PHY diferentes que interfieren uno con otro.

La figura 27B ilustra una lista de PHY de coexistencia (CPL) que se genera por los nodos del sistema que usan PHY-C dentro de la figura 27A.

La figura 27C ilustra una tabla de intervalos utilizables (UST) para la CPL de la figura 27B.

Las figuras 28A y 28B ilustran dos AS, uno que usa PHY-B y el otro que usa PHY-C.

La figura 29A ilustra, para los sistemas heterogéneos de las figuras 28A y 28B, que cada nodo en el sistema B notifica su vector de índice de interferencia (IIV) al maestro Mw.

La figura 29B ilustra una CPL que se genera por el maestro Mw sobre la base de los IIV que se han recibido a partir de los nodos x, y, y z.

La figura 29C ilustra el maestro Mw difundiendo la CPL generada a los nodos x, y, y z a través de una señal, tal como su baliza.

La figura 29D ilustra los patrones de TDM que se seleccionan de acuerdo con los IIV de los nodos Mw, x, y, y z.

Las figuras 30A y 30B ilustran los sistemas heterogéneos de la figura 28 en los que los nodos x, y, y z transmiten el IPP $\{b_0, b_1\} = \{1, 0\}$ y Mw transmite $\{1, 1\}$ y los nodos en el sistema C crean sus IIV = $\{B, C, A\}$ a partir de los IPP recibidos.

La figura 30C ilustra la CPL que se genera por el maestro Mo sobre la base de los IIV que se han recibido a partir de los nodos a, b, y c.

La figura 30D ilustra los patrones de TDM que se seleccionan de acuerdo con los IIV de los nodos Mo, a, b, y c.

La figura 31A ilustra los sistemas heterogéneos de la figura 28A en los que se establecen un enlace $x \leftrightarrow z$ y un enlace $a \leftrightarrow b$.

La figura 31B ilustra los patrones de TDM que se seleccionan por los nodos x y z para la comunicación.

La figura 31C ilustra los patrones de TDM que se seleccionan por los nodos a y b para la comunicación.

La figura 31D ilustra los sistemas heterogéneos de la figura 28A en los que se establecen un enlace $x \leftrightarrow y$ y un enlace $a \leftrightarrow c$.

La figura 31E ilustra los patrones de TDM que se seleccionan por los nodos x e y para la comunicación.

La figura 31F ilustra los patrones de TDM que se seleccionan por los nodos a y c para la comunicación.

La figura 32 ilustra un método para conseguir una STR a través de un control de potencia.

La figura 33 ilustra un método de consecución de STR mediante el empleo de MNC / MTA.

La figura 34 ilustra un método de consecución de STR en redes heterogéneas.

Las figuras 35A y 35B ilustran un protocolo de STR de MNC / MTA.

La figura 36 ilustra un protocolo de STR para PHY heterogéneas.

La figura 37A ilustra un aparato de control de potencia de PLC.

La figura 37B ilustra un módulo de circuito integrado de PLC que tiene un circuito integrado que incluye el aparato de control de potencia de PLC de la figura 37A.

La figura 38A ilustra un aparato de STR para asignar un canal de comunicaciones.

La figura 38B ilustra un módulo de circuito integrado de STR que tiene un circuito integrado que incluye el aparato de STR de la figura 38A.

La figura 39A ilustra un aparato de STR que asigna un canal de comunicaciones a un nodo de red.

La figura 39B ilustra un módulo de circuito integrado de STR que tiene un circuito integrado que incluye el aparato de STR de la figura 39A y

la figura 40 ilustra un protocolo de STR para PHY heterogéneas.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

A continuación se hará referencia con detalle a las realizaciones actualmente no limitantes, ejemplares y preferidas de la invención tal como se ilustra en los dibujos adjuntos. La naturaleza, los conceptos, los objetivos y las ventajas de la presente invención se harán más evidentes a los expertos en la materia después de considerar la siguiente descripción detallada en conexión con los dibujos adjuntos. La siguiente descripción se proporciona con el fin de explicar las realizaciones preferidas de la presente invención, siendo las características y detalles particulares que se muestran en la misma a modo de ejemplos ilustrativos no limitantes de diversas realizaciones de la presente invención. Las características y detalles particulares se presentan con el fin de proporcionar lo que se cree que es la descripción más útil y fácil de entender de los principios y las versiones conceptuales de la presente invención. A este respecto, no se hace intento alguno por mostrar detalles estructurales de la invención con más detalle del que es necesario para la comprensión fundamental de la presente invención. Se pretende que la descripción detallada considerada con los dibujos adjuntos haga evidente a los expertos en la materia cómo las varias formas de la presente invención pueden realizarse en la práctica.

A pesar de que los cables de línea eléctrica proporcionan un canal de comunicaciones compartido a diferentes usuarios, el nivel de interferencia que se genera por un dispositivo en otros dispositivos en la misma u otra red es

una variable aleatoria que depende de muchos factores, tal como la potencia transmitida, la topología (el tipo de cables, la longitud, la presencia y el número de ramas en derivación, los electrodomésticos enchufados a la red, etc.) del cableado de línea eléctrica, las prácticas de conexión a masa, el número de fases de la red de distribución que se suministran a las instalaciones, la distancia entre los dispositivos, etc. En algunos casos, los dispositivos de comunicación por línea eléctrica (PLC) interfieren más con otros dispositivos que están en cercanía espacial que con dispositivos que se encuentran más lejos, por ejemplo, en otra planta. En otros casos, incluso dentro del mismo apartamento, los dispositivos pueden dar lugar a muy diferentes niveles de interferencia dependiendo de, por ejemplo, si estos se encuentran o no en la misma fase de la red de distribución de corriente alterna (CA).

La presente invención aprovecha propiedades del canal de línea eléctrica mediante la introducción de la capacidad de realizar una reutilización de espacio y tiempo (STR), de tal modo que los dispositivos, o bien en la misma red o bien en diferentes redes próximas, son capaces de transmitir de forma simultánea sin dar lugar a interferencia uno con otro. En la actualidad, ningún sistema de PLC conocido hasta la fecha tiene esta capacidad. Dentro de la misma red, o bien se asignan a los nodos unos recursos ortogonales (por ejemplo, diferentes puntos de acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA, *time division multiple access*)) o bien estos compiten por los recursos (por ejemplo, acceso múltiple con detección de portadora (CSMA, *carrier sense multiple access*)). En la actualidad, en los sistemas conocidos hasta la fecha, no se intenta coordinación alguna o se comparte muy poca información entre diferentes redes que tienen dispositivos interoperables. Además, no se encuentra presente solución alguna en los sistemas conocidos hasta la fecha para coordinar las redes que estén compuestas por unos dispositivos no interoperables.

En el presente documento se presentan varios protocolos para STR para aumentar el caudal de tráfico de red global. Estos protocolos pueden implementarse de forma independiente o de forma conjunta y pueden proporcionar diferentes grados de caudal de tráfico de red, dependiendo de la cantidad de información que ha de compartirse entre dispositivos dentro de la misma red o entre diferentes redes.

Una propiedad del canal de PLC que se aprovecha por estos protocolos es la naturaleza de difusión del canal de línea eléctrica. Si el nodo i transmite al nodo j , entonces cada uno de los otros nodos dentro del alcance recibe el paquete de datos enviado por el nodo i . Por lo tanto, cualquier nodo k dentro del alcance es capaz de detectar al menos el delimitador (es decir, el preámbulo y la información de control de trama) del paquete que se transmite por i y por lo tanto tienen conocimiento de (1) las direcciones de origen y de destino (SA/DA, *source address / destination address*) del enlace (SA de i y DA de j) y (2) el nivel de interferencia que se genera por i sobre k .

En una red homogénea, la totalidad de los dispositivos en la red son interoperables y, por lo tanto, pueden accionarse para intercambiar datos. Esta capacidad proporciona unos protocolos de STR eficientes que aprovechan la interoperabilidad de dispositivos para intercambiar mensajes entre dispositivos que pertenecen a redes próximas.

(Protocolo de STR basado en control de potencia)

En los sistemas de PLC conocidos hasta la fecha no se implementa un protocolo de control de potencia de STR. Estos sistemas conocidos hasta la fecha siempre transmiten a la potencia máxima permitida por restricciones reglamentarias, incluso si los nodos se encuentran en cercanía inmediata. Por lo tanto, la interferencia que se genera sobre los dispositivos o redes adyacentes a menudo evita que otros dispositivos sean capaces de comunicarse, reduciendo de ese modo el caudal de tráfico global en la red.

La figura 1A ilustra una red de PLC que está compuesta por cuatro dispositivos de nodo de red, un maestro M y tres esclavos x , y , y z . El maestro M no se encuentra necesariamente en el centro de la red dado que su alcance depende de la topología de la red y el alcance puede no ser simétrico. La huella de interferencia (IF) 102 representa el área en la que un nodo es capaz de recibir la señal de baliza 100 del maestro. Cualquier nodo fuera de la IF 102 es incapaz de recibir correctamente la baliza 100 del maestro M y, por lo tanto, no pertenece a la red del maestro M , la Red M . Por ejemplo, el nodo "a" no pertenece a la red M . La IF representa el área en la que la señal del nodo que transmite daría lugar a una interferencia perjudicial. La IF solo depende de la potencia transmitida.

La misma potencia transmitida puede producir diferentes velocidades de datos entre nodos debido a diferentes atenuaciones de canal entre nodos; de forma similar, la IF de un enlace también depende de la velocidad de datos de ese enlace. Por ejemplo, la figura 1B ilustra una IF (y) 104 de un enlace 106 para el nodo y que transmite al nodo z a la máxima velocidad de datos posible usando una alta potencia de transmisión $P_{\text{máx}}(y, z)$. Si el nodo y bajara su potencia de transmisión desde $P_{\text{máx}}(y, z)$ hasta $P_{\text{med}}(y, z)$, este reduciría su IF y aún sería capaz de llegar a z , aunque a una velocidad de datos más baja. La figura 1C ilustra una IF (y) 108 para un enlace 110 del nodo y que transmite al nodo z a una potencia más baja, $P_{\text{med}}(y, z)$, que $P_{\text{máx}}(y, z)$. Una reducción adicional de la potencia de transmisión daría lugar a una reducción adicional de una IF (y) 112 y, al mismo tiempo, una reducción adicional de la velocidad de datos del enlace $y \rightarrow z$ 114. La figura 1D ilustra una IF (y) 112 del nodo y que transmite al nodo z a una potencia más baja, $P_{\text{baja}}(y, z)$, que $P_{\text{med}}(y, z)$. Por lo tanto, los nodos deberían establecer enlaces a la mínima velocidad de datos que se necesita para soportar sus restricciones de QoS y, al mismo tiempo, usar la mínima potencia de transmisión que se requiere para soportar esa velocidad de datos.

En general, todos los dispositivos conocidos hasta la fecha en una red de PLC transmiten a la potencia máxima permitida, incluso si no es necesario. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 1A, el maestro M difunde su baliza 100 a la potencia máxima $P_{\text{máx}}$ y esta potencia define la región en la que la baliza puede detectarse por otros nodos.

No obstante, la presente invención reconoce que es ventajoso emplear una potencia más pequeña que es suficiente para llegar a todos los nodos de la red. La figura 2 ilustra el maestro M que transmite su baliza a $P_{\text{mín}}$ 200, la mínima potencia de transmisión que se necesita para llegar a la totalidad de los nodos esclavos. El área entre las fronteras de la $IF_{\text{mín}}$ (M) 204 y la $IF_{\text{máx}}$ (M) 206 representa la potencia desperdiciada y en la que el maestro M podría crear, en potencia, una interferencia si está transmitiendo a la potencia máxima.

Varias técnicas pueden utilizarse para permitir que el maestro estime la mínima potencia de transmisión necesaria para llegar a la totalidad de los nodos esclavos. Por ejemplo, en una técnica, cuando un dispositivo S esclavo está enchufado y no puede recibir la señal de un maestro, el esclavo transmite un paquete específico a la potencia máxima para buscar un maestro. Si un maestro M se encuentra dentro del alcance y recibe el paquete, el maestro M estima, sobre la base del paquete recibido, cual es la potencia de transmisión requerida que se necesita para difundir su baliza a S.

Un paquete de búsqueda de este tipo también puede transmitirse de forma periódica u ocasional. En este caso, el maestro actualiza de forma periódica u ocasional la potencia transmitida mínima que se necesita para llegar a todos sus nodos esclavos. Por ejemplo, imagínese que el nodo x en la figura 2 se cae de la red del maestro M. Esto podría ocurrir, por ejemplo, si el nodo se desenchufara por el usuario. Si el maestro M no recibe una señal a partir del nodo x durante un tiempo, el maestro M reduce su potencia de transmisión y, de ese modo, reduce su huella de interferencia al mínimo que se requiere para llegar a todos los nodos restantes. La figura 3 ilustra el maestro M reduciendo su potencia en relación con la que se ilustra en la figura 2, con el fin de usar la potencia mínima, $P_{\text{mín}}$ 300, para llegar a los nodos restantes y y z dentro de la red. Al ajuste de potencia reducida, el maestro M produce la IF (M) 302.

El mismo procedimiento puede seguirse por los nodos esclavos que desean comunicarse con el maestro o entre ellos mismos. La figura 4A ilustra un enlace 400 en el que el nodo x se comunica con el nodo y con su máxima potencia de transmisión $P_{\text{máx}}$ 400. En la figura, $IF_{\text{máx}}$ (x) 402 muestra que M y z reciben una interferencia, pero w no. Esta es la forma en la que se comunican los dispositivos convencionales conocidos hasta la fecha.

Si el nodo x estimara la mínima potencia de transmisión $P_{\text{mín}}$ (x, y) que se requiere para comunicarse con el nodo y en un enlace 404, entonces la $IF_{\text{mín}}$ (x, y) 406 del nodo x sería mucho más pequeña. La figura 4B ilustra la huella más pequeña del nodo x cuando se aplica la mínima potencia de transmisión $P_{\text{mín}}$ (x, y). En este caso, los nodos M, z y w no reciben interferencia alguna y serían capaces de comunicarse uno con otro mientras que se comunican los nodos x e y. La figura 4C ilustra los nodos z y w que se comunican al mismo tiempo que se comunican los nodos x e y. Si el nodo x que se transmite a plena potencia tal como se muestra en la figura 4A, entonces z no sería capaz de recibir de forma fiable paquetes a partir de w debido a que z pertenecería a la huella de interferencia 408 de x. La figura 4C muestra una característica de la capacidad de STR: se encuentran activos dos enlaces de forma simultánea (el enlace $x \rightarrow y$ 404, el enlace $w \rightarrow z$ 410) sin provocar uno a otro una interferencia perjudicial. Expresado de otra forma, $IF_{\text{mín}}$ (x, y) 406 y la $IF_{\text{mín}}$ (w, z) 412 no se superponen en los puntos de nodo x, y, z, o w.

En la práctica, un nodo de recepción también transmite paquetes de acuse de recibo (ACK, *acknowledgment*) al emisor. Por lo tanto, cuando se establece un enlace, hay dos huellas de interferencia que considerar, una centrada en el emisor y una centrada en el receptor. No obstante, debido a que los paquetes de ACK se transmiten, en general, en modo de diversidad y a una velocidad de datos más baja que los paquetes de cabida útil enviados por el transmisor, la IF que se genera por el receptor debido a la transmisión de los paquetes de ACK es, en general, mucho más pequeña que la IF del emisor que está transmitiendo a una potencia mucho más alta para dar cabida a una velocidad de datos más alta. La figura 4D ilustra las IF para $P_{\text{mín}}$ (w, z) > P_{ack} (z, w) y $P_{\text{mín}}$ (x, y) > P_{ack} (y, x). IF_{ACK} (z, w) 414 es más pequeña que la $IF_{\text{mín}}$ (w, z) 412 pero P_{ack} (z, w) es suficiente para permitir que el nodo w detecte de forma fiable los paquetes de ACK que se transmiten por z. Una situación similar se muestra para el enlace $x \rightarrow y$ 408, en la que EF_{ACK} (z, w) 416 representa la IF de los paquetes de ACK que se transmiten por y.

En el ejemplo anterior, no se necesitó intercambiar dato alguno entre los nodos para establecer los dos enlaces simultáneos. No obstante, esto no siempre será deseable o posible. Por ejemplo, en el caso en el que han de establecerse muchos enlaces, es deseable asignar diferentes intervalos de TDMA solo a aquellos enlaces que requieren realmente recursos ortogonales.

La figura 5A ilustra dos enlaces activos de forma simultánea ($x \rightarrow y$ 500, $w \rightarrow z$ 502). El nodo a desea comunicarse con el nodo b, no obstante su huella de interferencia IF (a) 504 deterioraría el enlace existente $w \rightarrow z$ 502 debido a que z pertenece a la IF (a) 504. En este caso, es necesario ortogonalizar recursos y el maestro M dirige los dos enlaces ($x \rightarrow y$ 500, $w \rightarrow z$ 502) para usar un determinado intervalo de tiempo TS (1), mientras que este dirigiría el enlace ($a \rightarrow b$) 506 para usar un intervalo de tiempo TS (2) diferente. La figura 5B ilustra unos enlaces ($x \rightarrow y$ 500, $w \rightarrow z$ 502) que generan la $IF_{\text{mín}}$ (x, y) 508 y la $IF_{\text{mín}}$ (w, z) 510 en el intervalo de tiempo TS (1) y un enlace ($a \rightarrow b$)

506 que genera $IF_{\min}(a, b)$ 512 en el intervalo de tiempo TS (2).

El maestro puede accionarse para detectar si IF (a, b) 512 afecta a cualquier enlace existente. De hecho, una vez que se establece el enlace $a \rightarrow b$ 506, un nodo afectado de forma adversa empezará a experimentar una pérdida de paquetes más alta e informa al maestro M. El maestro, sobre la base de políticas establecidas previamente (por ejemplo, mecanismos de prioridad, etc.), difundirá con la señal de baliza un conjunto de acciones o informará a los nodos implicados. Los ejemplos de acciones son: (1) indicar a un nodo que use un intervalo de tiempo diferente o (2) indicar a un nodo que reduzca su velocidad de datos, reduciendo de este modo su potencia de transmisión y su IF.

De forma similar, dada la naturaleza dinámica de los enlaces, en una realización, un maestro indica a un nodo que aumente la velocidad de datos de su enlace activo, aumentando de este modo su potencia de transmisión y la IF, si las condiciones lo permiten.

Si todos los nodos de PLC que se accionan usando la característica de control de potencia que se ha descrito en lo que antecede, el caudal de tráfico de red se mejoraría en gran medida debido a que la IF de cada comunicación en curso se reduciría. Una red de PLC puede implementar esta estrategia novedosa de manera autónoma y sin intercambiar información alguna. En el caso de unas redes de PLC heterogéneas, de acuerdo con una realización de la presente invención, cada red de PLC puede accionarse para implementar esta estrategia, ya que cada red de PLC reduce de manera autónoma la IF de sus enlaces sin requerir el intercambio de dato alguno entre dispositivos o maestros.

Al permitir que los nodos en una red se comuniquen con los nodos en otra red, es posible mejorar adicionalmente la eficiencia de STR. Considérese un ejemplo en el que están presentes dos redes de PLC homogéneas. La figura 6 ilustra un sistema en el que la red 1 con la IF 600 se define por el maestro M1 e incluye los nodos {a, b, c} y la red 2 con la IF 602 se define por el maestro M2 e incluye los nodos {x, y, z, w}. En este ejemplo, el maestro M1 transmite su baliza a una potencia más alta que M2. Los nodos {M2, a, b, c, z, w} reciben la baliza del maestro M1 y los nodos {x, y, z, w, c} reciben la baliza del maestro M2. Los nodos {M2, w, z, c} reciben las balizas de ambos maestros. Los nodos esclavos que reciben múltiples maestros son unos nodos especiales y, a veces, se hace referencia a los mismos como nodos apoderados. Un nodo apoderado se encuentra a cargo de la retransmisión de paquetes de gestión desde el maestro de una red al maestro de otra red. Los nodos apoderados también están a cargo de garantizar una re-sincronización correcta de sistemas próximos.

La figura 6 ilustra además que hay un enlace activo 604 entre los nodos b y c con la IF (b, c) 606 correspondiente que incluye el nodo w. El nodo w puede no ser capaz de recibir datos a una alta velocidad de datos debido a que este se encuentra en la IF (b, c) 606 y, por lo tanto, recibe una interferencia a partir del nodo b. No obstante, el nodo w (que es un nodo apoderado) puede solicitar al maestro M1 que indique al nodo b que reduzca su IF (esto es posible debido a que el nodo w detecta el delimitador que se transmite por b y sabe que $SA = b$ y $DA = c$). Sobre la base de políticas establecidas previamente, M1 puede o bien conceder o bien denegar una solicitud de este tipo. Si la solicitud se concede, el maestro M1 indica a b que reduzca su potencia de transmisión con el fin de reducir su IF 606. Como consecuencia, el enlace $b \rightarrow c$ 604 puede experimentar una reducción del caudal de tráfico.

La figura 7 ilustra un perfeccionamiento de la figura 6 en el que una reducción de la potencia para el enlace $b \rightarrow c$ 604 da lugar a que el nodo w caiga fuera de la IF (b, c) 700 de tal modo que el nodo w puede recibir datos a una velocidad alta a partir de cualquier nodo en la red 2. Si las restricciones de QoS de b no permiten una reducción de la velocidad de datos, entonces el maestro M1 también podría dirigir el enlace $b \rightarrow c$ 604 a otro intervalo de tiempo con el fin de evitar la interferencia.

También es posible que un nodo pueda comunicarse y satisfacer sus restricciones de QoS incluso si este pertenece a la IF de otro nodo. Por ejemplo, considérese de nuevo el caso que se muestra en la figura 6, en el que un enlace de alta velocidad de datos entre b y c se encuentra activo y el nodo w pertenece a la IF (b, c) 606. Si el maestro M2 desea comunicarse con el nodo w, puede hacerlo sin solicitar a b que reduzca su IF. De hecho, dada la cercanía inmediata de M2 y w, su enlace experimentará muy poca atenuación. En este caso, M2 puede ser capaz de emplear una cantidad pequeña de la potencia de transmisión para superar tanto la atenuación de canal como la interferencia a partir de b. Si esto es posible, entonces el enlace $M2 \rightarrow w$ 800 se establecerá sin la necesidad de solicitar la reducción de la IF (b, c) 606. La figura 8 ilustra un perfeccionamiento de la figura 6 en el que un enlace $M2 \rightarrow w$ 800 puede coexistir con un enlace interferente $b \rightarrow c$ 604. El enlace $M2 \rightarrow w$ 800 produce la $IF_{\min}(M2, w)$ 802.

En los ejemplos anteriores, el nodo apoderado w recibe una interferencia y podría entrar directamente en contacto con el maestro M1 de la otra red. En el caso general en el que el nodo perturbado no es un nodo apoderado, un nodo enviaría a su propio maestro una solicitud de un cambio en la IF de un nodo interferente en otro sistema. El maestro retransmitiría entonces una solicitud de este tipo al otro sistema o bien directamente, si los maestros se encuentran dentro del alcance, o bien mediante retransmisión a través de nodos apoderados si los maestros no pueden comunicarse directamente. La figura 9 ilustra un perfeccionamiento de la figura 6 en el que el enlace $w \rightarrow x$ 900 perturba el nodo b pero el nodo b no puede comunicarse directamente con M2. Tal como se muestra mediante la trayectoria de trazos 902, b envía una solicitud a M1, M1 retransmite la solicitud al nodo apoderado c, y el nodo c retransmite la solicitud al maestro M2. Los maestros M1 y M2 pueden tomar decisiones locales, sobre la base de

políticas establecidas previamente, acerca de si retransmitir o conceder la solicitud.

Se aplican consideraciones similares para ampliar la técnica al caso de más de dos redes, o bien homogéneas o bien heterogéneas. En el caso de las redes heterogéneas, existe el problema de que los nodos que no tienen la misma PHY o control de acceso a medios (MAC, *media access control*) no son capaces de comunicarse uno con otro. En este caso, la invención proporciona una realización en la que un dispositivo de comunicación que es común a todos los dispositivos de PLC se utiliza de tal modo que puede realizarse algún intercambio de datos. Esta capacidad de comunicación común entre las PHY puede ser muy rudimentaria o más sofisticado, dependiendo de qué y cuánta información se intercambiará entre los sistemas heterogéneos.

La figura 32 ilustra un método para conseguir una STR a través de control de potencia. Un primer nodo de red comunica 3202 una señal a un segundo nodo de red. Sobre la base o bien de la calidad de recepción de la señal recibida o bien de una información de control de potencia que se comunica dentro de la señal recibida, el segundo nodo de red determina 3204 un nivel de potencia apropiado para comunicar información al primer nodo de red. A continuación de lo anterior, el segundo nodo de red transmite 3206 la información al primer nodo de red al nivel de potencia determinado. Tras recibir la información transmitida, el primer nodo de red comunica 3208 una señal al segundo nodo de red que indica si la señal se recibió de forma adecuada. Esta señal puede ser, por ejemplo, una señal de acuse de recibo / no acuse de recibo (ACK / NACK) y puede incluir una información de realimentación de control de potencia. Si el segundo nodo de red tiene una información adicional que comunicar al primer nodo de red, entonces el segundo nodo de red determina 3204 el nivel de potencia apropiado para comunicar la información adicional sobre la base o bien de la calidad de recepción de la señal de ACK / NACK o bien del contenido de la señal de ACK / NACK. Para cada determinación 3204 del ajuste de nivel de potencia, el segundo nodo de red también puede considerar 3210 el estatus de otros enlaces que existen en su red o las redes próximas.

La figura 37A ilustra un aparato de control de potencia de PLC 3700 que tiene una sección de recepción 3702 que recibe una señal que se comunica a partir de un nodo de PLC. Una sección de determinación de potencia 3706 determina, sobre la base de la señal recibida, la potencia que se requiere para comunicar información al nodo de PLC mientras que se satisface una QoS particular. Una sección de transmisión 3708 transmite la información en una señal de transmisión al nodo de PLC a la potencia determinada.

La potencia que se requiere para comunicar la información al nodo de PLC, mientras que se satisface la QoS particular, se determina a partir de la calidad de recepción de la señal recibida que se determina por una sección de determinación de calidad de recepción 3710. Como alternativa, la potencia requerida se determina a partir de una información de control de potencia que se comunica dentro de la señal recibida.

La sección de recepción 3702 recibe una señal de acuse de recibo a partir del nodo de PLC para la información comunicada. Sobre la base de la señal de acuse de recibo recibida, la sección de determinación de potencia 3706 revisa la potencia que se requiere para comunicar una información subsiguiente al nodo de PLC, y la sección de transmisión 3708 transmite la información subsiguiente al nodo de PLC a la potencia revisada. Como alternativa, la sección de determinación de potencia 3706 revisa la QoS particular para comunicar una información subsiguiente al nodo de PLC sobre la base de la calidad de recepción de la información que se comunica en otro enlace, y la información subsiguiente se transmite por la sección de transmisión 3708 al nodo de PLC a una potencia adecuada a la QoS revisada. Este otro enlace puede no implicar el aparato 3700; es decir, el enlace puede ser entre nodos que no sean el aparato 3700. Si el otro enlace se recibe por un nodo que no sea el aparato de control de potencia de PLC 3700, entonces se comunica una indicación de la QoS revisada al aparato de control de potencia de PLC 3700 por un nodo maestro o bien directamente o bien indirectamente a través de un tercer nodo.

En un aspecto, la sección de determinación de potencia 3706 determina si su enlace de comunicación con el nodo de PLC afectará de forma adversa a otro enlace de comunicación. Si es así, la sección de determinación de potencia 3706 asigna unos recursos de comunicación ortogonales a los dos enlaces de tal modo que la información puede comunicarse sobre los dos enlaces usando los recursos de comunicación ortogonales para evitar los efectos adversos.

La figura 37B ilustra un módulo de circuito integrado de PLC 3750. El módulo de circuito integrado de PLC 3750 tiene un circuito integrado 3752 que incluye el aparato de control de potencia de PLC 3700.

En lo sucesivo se describen unos protocolos de STR adicionales que se basan en un intercambio de información entre redes próximas. Los siguientes protocolos no necesariamente requieren que los dispositivos usen un control de potencia para limitar la interferencia. No obstante, estos protocolos pueden usarse en combinación con un control de potencia para aumentar adicionalmente el caudal de tráfico de red global prospectivo.

(Protocolo de STR basado en una matriz de conectividad de nodos)

Considérese un caso en el que todos los dispositivos de PLC en todas las redes de PLC próximas son homogéneos, es decir, estos son interoperables y pueden comunicarse datos uno a otro. Una red de PLC se denominará sistema autónomo (AS, *autonomous system*).

En cada intervalo de baliza, hay una ventana de contención (CW, *contention window*) y una ventana libre de contención (CFW, *contention-free window*). Supóngase que la CFW puede dividirse en múltiples unidades elementales de multiplexación por división en el tiempo (TDM) (TEU) de tiempo. Una TEU es la cantidad mínima de tiempo que un maestro puede asignar a los nodos para TDMA, y hay S TEU en una ventana CF. N denota el número total de nodos en todos los AS.

En la presente realización, el protocolo de STR emplea: (1) una matriz de conectividad de nodos (MNC), una matriz $N \times N$, y (2) una matriz de asignación de tiempos (MTA), una matriz $N \times S$.

(Matriz de conectividad de nodos (MNC))

Si i y j son dos nodos, SNR_{ij} denota la SNR a la que estos pueden recibirse uno a otro. La MNC se construye sobre la base de la SNR_{ij} . La MNC puede ser o bien binaria o bien no.

Si la MNC es binaria, entonces SNR_{TH} se define como el nivel umbral para la interferencia perjudicial. Si la MNC no es binaria, el valor del elemento MNC (i, j) depende del nivel de SNR_{ij} ; esto prevé más granularidad en la descripción del nivel de interferencia que pueden soportar dos nodos.

La atenuación de canal es, en general, simétrica debido a que la función de transferencia del canal de línea eléctrica es isotrópica. Esto quiere decir que la MNC es una matriz simétrica: $MNC(i, j) = MNC(j, i)$. A pesar de que la función de transferencia es simétrica, el canal de línea eléctrica puede no ser simétrico debido a que el ruido que se genera por los electrodomésticos se caracteriza por su localidad. Con el fin de incluir ruido en la MNC, se fuerzan unas entradas no simétricas. Por ejemplo, si uno cualquiera de los nodos i o j se encuentra en un estado ruidoso (por ejemplo, un electrodoméstico ruidoso en las cercanías), esto se representa forzando $MNC(i, j) \neq MNC(j, i)$. Por ejemplo, se establece $MNC(i, j) > MNC(j, i)$ para representar que el nodo i se encuentra en un estado ruidoso (para $i > j$) o viceversa ($i < j$).

Por ejemplo, si la MNC es binaria, entonces los elementos MNC (i, j) son tal como sigue: (1) $MNC(i, j) = 1$, los nodos i y j se comunican de forma fiable uno con otro a una $SNR > SNR_{TH}$ y (2) $MNC(i, j) = 0$, los nodos i y j no interfieren de manera sustancial uno con otro y no pueden comunicarse de forma fiable uno con otro debido a que sus SNR respectivas son más pequeñas que SNR_{TH} .

Si la MNC es ternaria, los elementos MNC (i, j) podrían ser tal como sigue: (1) $MNC(i, j) = 0$, los nodos i y j se reciben uno a otro a una $0 < SNR < SNR_{TH1}$, es decir, los nodos i y j no interfieren de manera sustancial uno con otro y no pueden comunicarse de forma fiable uno con otro, (2) $MNC(i, j) = 1$, los nodos i y j se reciben uno a otro a una $SNR_{TH1} < SNR < SNR_{TH2}$, y (3) $MNC(i, j) = 3$, los nodos i y j se reciben uno a otro a una $SNR > SNR_{TH2}$, donde SNR_{THx} ($x = 1, 2$) son diferentes umbrales.

La figura 10 ilustra un diagrama de red 1000 y una MNC 1002 para un sistema autónomo que tiene un maestro M y tres nodos esclavos $\{x, y, z\}$. A pesar de que no es necesario, el maestro M usa un control de potencia de tal modo que la potencia transmitida que se usa para su baliza es el mínimo que se requiere para llegar a la totalidad de los tres nodos. La MNC binaria 1002 asociada tiene el siguiente significado: (1) el maestro M puede transmitir (TX) / recibir (RX) a / desde todos los nodos con $SNR > SNR_{TH}$, (2) el nodo y puede TX / RX a / desde el nodo z con $SNR > SNR_{TH}$, y (3) el nodo x no puede TX / RX a / desde los nodos y y z con $SNR > SNR_{TH}$. Esto quiere decir que los nodos y y z siempre se encontrarán fuera de la IF (x) y, viceversa, que x se encontrará siempre fuera de la IF (y) y la IF (z). En la figura 10, 1 representa un primer calificador de enlace y 0 representa un segundo calificador de enlace, tal como se usa en el presente documento.

La figura 11 ilustra unos sistemas autónomos AS1 1100 y AS2 1102 próximos. Tal como se ilustra en la figura 11: (1) $AS1 = \{M1, x, y, x, w\}$ y (2) $AS2 = \{M2, a, b, c, d\}$. Los sistemas autónomos AS1 y AS2 tienen unos nodos apoderados $\{c, d, w\}$ y el número de nodos en los sistemas AS1 y AS2 es: (1) $N1 = 5$, (2) $N2 = 5$, y (3) $N = N1 + N2 = 10$. Para este ejemplo, los nodos no usan un control de potencia (a pesar de que tal como se observa en otra parte en el presente documento, esta técnica puede usarse con un control de potencia). La MNC binaria 1104 asociada tiene el siguiente significado: (1) el maestro M1 puede TX / RX a todos los nodos en el AS1 y a $\{c, d\}$ del AS2 con $SNR > SNR_{TH}$, (2) el maestro M2 puede TX / RX a todos los nodos en el AS2 y a w del AS1 con $SNR > SNR_{TH}$, (3) el nodo x puede TX / RX a todos los nodos en el AS1 con la excepción de w con $SNR > SNR_{TH}$, (4) el nodo x interferirá con cualquier nodo del AS2, (5) el nodo y puede TX / RX a todos los nodos en el AS1 con la excepción de z con $SNR > SNR_{TH}$, y (6) el nodo y solo interferirá con los nodos $\{c, d\}$ en el AS2.

La matriz MNC puede construirse y actualizarse de varias formas. Por ejemplo, debido a que el canal de línea eléctrica es un canal de difusión, los paquetes que se transmiten por el nodo i al nodo j también se reciben por el nodo k . El nodo k puede construir parte de la MNC "husmeando" paquetes y midiendo el nivel de potencia al que se reciben los paquetes. De forma más específica: (1) los nodos detectan la dirección de origen (SA) a partir de los paquetes que se transmiten por otros nodos, (2) sobre la base de la SA, cada nodo construye una fila de la MNC, y (3) los nodos envían de forma periódica su fila de MNC al nodo maestro.

La MNC también puede construirse de forma activa. Específicamente, los nodos pueden transmitir paquetes especiales a unos intervalos regulares para permitir que otros nodos construyan su fila de MNC. Como alternativa, los nodos pueden enviar, a unos intervalos regulares, su fila de MNC al maestro para posibilitar que el maestro construya la totalidad de la MNC y difunda entonces la totalidad de la MNC, o solo la parte que necesita una actualización, con una baliza de tal modo que cada nodo en la red puede actualizar y mantener la totalidad de la MNC.

En una implementación distribuida, los nodos envían su fila de MNC a todos los otros nodos dentro del alcance como paquetes de difusión. Todos los nodos dentro del alcance actualizan entonces su MNC con esta información. Los nodos que no se encuentran dentro del alcance recibirían el paquete y esto no debería importar, debido a que estos no se encontrarían dentro del alcance de interferencia.

Debido a que las características de canal, incluyendo la atenuación, son variables en el tiempo y síncronas con el ciclo de CA de la red de distribución, en una realización, los nodos mantienen múltiples MNC, una por cada región de fase para el ciclo de CA.

(Matriz de asignación de tiempos (MTA))

Si hay S TEU de tiempo en la CFW de un intervalo de baliza, la MTA es una matriz $N \times S$, donde se encuentre disponible, y las TEU no permitidas se marcan. Por ejemplo, en el caso de un marcado binario $\{0, 1\}$: (1) $MTA(i, j) = 0$ quiere decir que el nodo i puede usar una TEU $N^\circ j$ para un enlace y (2) $MTA(i, j) = 1$ quiere decir que la TEU $N^\circ j$ no puede usarse para un nuevo enlace por el nodo i , o bien debido a que el nodo i ya tiene un enlace activo en esa TEU o bien debido a que esa TEU se encuentra en uso por otro nodo que interfiere con el nodo i . En el caso de un marcado cuaternario $\{0, 1, T, R\}$: (1) $MTA(i, j) = 0$ quiere decir que el nodo i puede usar la TEU $N^\circ j$ para un enlace, (2) $MTA(i, j) = 1$ quiere decir que el nodo i no puede usar la TEU $N^\circ j$ para un enlace, (3) $MTA(i, j) = T$ quiere decir que no se permite que el nodo i transmita en la TEU $N^\circ j$, y (4) $MTA(i, j) = R$ quiere decir que no se permite que el nodo i reciba en la TEU $N^\circ j$. Una MTA cuaternaria aumenta el factor de reutilización espacial en algunas topologías debido a que esta diferencia entre la prohibición en la transmisión y la recepción.

El marcado de las TEU en la MTA depende de la topología, que se representa por la MNC. Dado un enlace $x \rightarrow y$, existen las siguientes reglas: (1) la prohibición de transmisión se marca explorando la MNC en la fila y y (2) la prohibición de recepción se marca explorando la MNC en la fila x .

La figura 12A ilustra la MTA para la topología de la figura 10 cuando hay $S = 6$ TEU y ningún enlace activo. En esta MTA, los elementos son todos cero.

Supóngase que se establece un enlace $y \rightarrow z$ entre los nodos y y z usando las TEU $N^\circ 1$ y $N^\circ 2$. La figura 12B ilustra que los elementos $MTA(y, 1)$, $MTA(y, 2)$, $MTA(z, 1)$, y $MTA(z, 2)$ se establecen a 1 para indicar que se prohíbe (es decir, no se permite o se impide) que los nodos y y z TX / RX en las TEU $N^\circ 1$ y $N^\circ 2$. La figura 12C ilustra que la prohibición de TX se marca explorando la MNC en la fila de destino, la fila z . Debido a que $MNC(z, M) = 1$, se marca $MTA(M, 1) = MTA(M, 2) = T$, tal como se muestra en la figura 12C. La figura 12D ilustra que la prohibición de RX se marca explorando la MNC en la fila de origen, la fila y . Debido a que $MNC(y, M) = 1$, $MTZ(M, 1) = MTA(M, 2) = R$. No obstante, debido a que estos dos elementos ya estaban marcados como "T", ambos se marcan como "1" para indicar la prohibición tanto de TX como de RX, tal como se muestra en la figura 12D.

La figura 12D muestra la MTA final después de que el enlace $y \rightarrow z$ se haya establecido en las TEU $N^\circ 1$ y 2 . Si $MTA(i, j) = 0$, esto quiere decir que el nodo i puede usar la TEU $N^\circ j$ para establecer un enlace activo.

Considérese el sistema en la figura 11, que muestra dos AS y su MNC asociada 1104. Supóngase que la MNC 1104 ya se conoce, $S = 4$, y la MTA es cuaternaria. La figura 13A ilustra la MTA para un ejemplo en el que el nodo x de la figura 11 solicita un enlace con el nodo z . La figura 13B ilustra la MTA para el ejemplo en el que se establece el enlace $a \rightarrow b$.

En un esquema centralizado: (1) solo el maestro mantiene y actualiza la MTA, (2) los nodos han de enviar una solicitud al maestro para obtener una asignación de TDMA, (3) el maestro anuncia las asignaciones de TDMA en una baliza, (4) el maestro anuncia la sub-matriz de MTA que concierne a su propio AS en la baliza, y (5) los nodos apoderados informan a otros maestros de las sub-matrices de MTA que se transmiten en la baliza del primer maestro.

En un esquema distribuido: (1) todos los nodos mantienen y actualizan la MTA, (2) el maestro puede anunciar la MTA en la baliza, (3) los nodos deciden de manera autónoma la asignación de las TEU y envían entonces unas unidades de datos de protocolo (PDU, *protocol data unit*) de gestión al maestro. El maestro difunde entonces una nueva asignación de TDM a la totalidad de la red, y (4) los nodos apoderados informan a los AS próximos.

(Descripción del protocolo de STR de MNC / MTA)

El protocolo de STR de MNC / MTA incluye las siguientes operaciones, tal como se ilustra en las figuras 35A y 35B (esto se explicará con detalle en lo sucesivo con referencia a la figura 11):

1. un nodo x solicita de su maestro una TEU para transmitir a y (etapa 3502);
2. el maestro M explora, de forma secuencial, columnas de la MTA buscando TEU disponibles hasta que se satisface una u otra de las siguientes condiciones:

$MTA(x, j) = MTA(y, j) = 0$ o
 $MTA(x, j) = R$ y $MTA(y, j) = T$ (etapa 3504);

3. si la búsqueda tiene éxito (etapa 3506), M establece $MTA(x, j) = 1$ y $MTA(y, j) = 1$ (etapa 3510); en caso contrario, se rechaza la solicitud del nodo x (etapa 3508);
4. M marca la prohibición de TX y de RX para cada nodo k en la MTA tal como sigue:

Si $MTA(k, j) = 0$, entonces

$MTA(k, j) = R$, si $MNC(x, k) = 1$
 $MTA(k, j) = T$, si $MNC(y, k) = 1$

Si $MTA(k, j) = T$, entonces

$MTA(k, j) = 1$, si $MNC(x, k) = 1$

Si $MTA(k, j) = R$, entonces

$MTA(k, j) = 1$, si $MNC(y, k) = 1$ (etapa 3512);

5. el maestro M asigna la TEU N° j al enlace $x \rightarrow y$ (etapa 3514);
6. M anuncia la asignación de enlace en su baliza, y se inicia la transmisión $x \rightarrow y$ (etapa 3516);
7. M envía una PDU de gestión a los nodos apoderados con la columna actualizada j de la MTA (etapa 3518);
8. los nodos apoderados retransmiten la PDU de gestión a los maestros de otras redes y aguardan un ACK (etapa 3520); y
9. los nodos apoderados retransmiten los ACK de otros maestros a sus maestros respectivos (etapa 3522).

Considérese el sistema en la figura 11, que muestra dos AS y su MNC. Supóngase que la MNC ya se conoce, $S = 4$, la MTA es cuaternaria, y solo se considerarán las etapas 1-5 anteriores. Inicialmente, no se encuentra activo enlace de TDMA alguno, es decir, $MTA(i, j) = 0$ para cada i y j. La figura 14A ilustra la MTA, tras la compleción de la etapa 3 del protocolo de STR cuaternario, cuando el nodo x solicita 2 TEU para el enlace $x \rightarrow z$ en el sistema que se ilustra mediante la figura 11. La figura 14B ilustra la MTA de la figura 14A tras la compleción de la etapa 4 del protocolo de STR cuaternario.

A continuación, el nodo a solicita 1 TEU para el enlace $a \rightarrow b$. La figura 15A ilustra la MTA, tras la compleción de la etapa 3 del protocolo de STR cuaternario, cuando el nodo a solicita 1 TEU para el enlace $a \rightarrow b$ en el sistema que tiene la MTA que se ilustra mediante la figura 14B. La figura 15B ilustra la MTA de la figura 15A tras la compleción de la etapa 4 del protocolo de STR cuaternario. La reutilización de espacio / tiempo se consigue en este ejemplo debido a que se encuentran activos dos enlaces de forma simultánea en el mismo intervalo de TDM N° 1.

A continuación, el nodo d solicita 1 TEU para el enlace $d \rightarrow c$. La figura 16A ilustra la MTA, tras la compleción de la etapa 3 del protocolo de STR cuaternario, cuando el nodo d solicita 1 TEU para el enlace $d \rightarrow c$ en el sistema que tiene la MTA que se ilustra mediante la figura 15B. La figura 16B ilustra la MTA de la figura 16A tras la compleción de la etapa 4 del protocolo de STR cuaternario. La reutilización de espacio / tiempo se consigue adicionalmente debido a que ahora se encuentran activos tres enlaces de forma simultánea en el mismo intervalo de TDM N° 1.

A continuación, el nodo M1 solicita 2 TEU para el enlace $M1 \rightarrow w$. La figura 17A ilustra la MTA, tras la compleción de la etapa 3 del protocolo de STR cuaternario cuando el maestro M1 asigna 1 TEU para el enlace $M1 \rightarrow w$ en el sistema que tiene la MTA que se ilustra mediante la figura 16B. La figura 17B ilustra la MTA de la figura 17A tras la compleción de la etapa 4 del protocolo de STR cuaternario. No se consigue una reutilización de espacio / tiempo adicional debido a que solo se encuentran activos tres enlaces de forma simultánea en el mismo intervalo de TDM N° 1.

Como muestra el ejemplo de reutilización de espacio / tiempo en lo que antecede, 4 enlaces activos que usan de forma simultánea 6 TEU, cuando solo hay $S = 4$ TEU disponibles, proporcionan un aumento promedio en el caudal de tráfico global de un 50 %.

La figura 33 ilustra un método de consecución de STR a través del uso de la MNC y la MTA. Un nodo de red, tal como un nodo maestro, determina 3202 la QoS para los pares de nodos en su red o tanto su red como las redes próximas. Sobre la base de la información de QoS para los pares de nodos, el nodo maestro asigna 3304 calificador de enlace a los pares de nodos. El maestro asigna 3306 un canal a un par de nodos bajo solicitud, pero impide 3308 que otros pares de nodos que pueden interferir con el canal asignado accedan al canal. Adicionalmente, el maestro puede asignar 3310 el canal a un nodo no interferente.

La figura 38A ilustra un aparato de STR 3800 para asignar un canal de comunicaciones. El aparato de STR 3800 incluye una sección de determinación de comunicación de pares de nodos 3802 que determina, para cada uno de una pluralidad de pares de nodos dentro de una red, si el par de nodos puede comunicarse a una QoS particular. Una sección de asignación de calificadores de enlace 3804 asigna un primer calificador de enlace a cada par de nodos que se determina que es capaz de comunicarse a la QoS particular y, en caso contrario, asigna un segundo calificador de enlace a cada par de nodos. Un elemento de asignación de canal de comunicaciones 3806 asigna, para un par de nodos de red primero y segundo que tiene el primer calificador de enlace asignado al mismo, un canal de comunicaciones para la comunicación de información de cabida útil del primer nodo al segundo nodo. El elemento de asignación de canal de comunicaciones 3806 impide parcial o completamente que el canal se asigne de forma concurrente a otro nodo de red si el primer calificador de enlace se asigna o bien al par del otro nodo y el primer nodo o bien al par del otro nodo y el segundo nodo.

La figura 38B ilustra un módulo de circuito integrado de STR 3850. El módulo de circuito integrado de STR 3850 tiene un circuito integrado 3852 que incluye el aparato de STR 3800.

(Protocolo de reutilización de espacio / tiempo para redes heterogéneas)

Las redes heterogéneas son unas redes que tienen unos dispositivos no interoperables, tal como cuando no todos los dispositivos tienen la misma PHY (modulación, codificación, anchura de banda, etc.). Por ejemplo, este es el caso en el que un AS contiene dispositivos que usan la PHY-A y un segundo AS contiene dispositivos que usan una PHY-B diferente de la PHY-A. En este caso, la comunicación entre los dispositivos en el AS (A) que usan la PHY-A y los dispositivos en el AS (B) que usan la PHY-B es imposible usando sus protocolos de comunicación nativos. Cada AS aún puede usar el protocolo de STR que se ha descrito en lo que antecede, pero puede intercambiarse información solo entre los AS que son homogéneos, es decir, tienen nodos interoperables. La presente realización proporciona una técnica para aumentar las ganancias de STR mediante la provisión de un protocolo para que los dispositivos sean interoperables en cierta medida.

La presente realización proporciona dos técnicas para proporcionar una interoperabilidad limitada entre dispositivos en una red heterogénea: un esquema de señalización común simple (S-CSS, *simple common signaling scheme*) y un esquema de señalización común potenciada (E-CSS, *enhanced common signaling scheme*). Los dispositivos de S-CSS están equipados con un esquema de señalización común simple, además de su protocolo de comunicaciones nativo que, a pesar de que no se permite que estos intercambien paquetes de datos, posibilita sin embargo que estos intercambien una información muy básica, tal como información de su presencia / ausencia en la red de un AS con una determinada PHY o requisitos de anchura de banda de un determinado conjunto de AS que tienen la misma PHY; esta información básica se aprovecha entonces por el protocolo de STR. Los dispositivos de E-CSS están equipados con un esquema de señalización común, además de su protocolo de comunicaciones nativo, que es más sofisticado que el esquema de señalización S-CSS y que posibilita el intercambio de paquetes que contienen datos útiles para el protocolo de STR.

Si los dispositivos están equipados con un esquema de señalización simple, aún es posible usar un protocolo de STR sobre la base del control de potencia, tal como se ha descrito en lo que antecede. A pesar de que puede no ser posible intercambiar solicitudes para modificar las huellas de interferencia entre dos AS heterogéneos, la información que se transporta a través del esquema de señalización común básico se aprovecha para modificar la huella de interferencia que se genera por cada AS.

El uso del esquema de señalización común más sofisticado que permite el intercambio de paquetes de datos posibilita que nodos heterogéneos usen protocolos de STR de MNC / MTA basados en matrices. El uso de E-CSS soporta los protocolos de STR que se han descrito en lo que antecede, que se describen con respecto a las redes homogéneas, con algunas modificaciones.

(Esquema de señalización común simple (S-CSS))

Supóngase que todos los dispositivos de PLC en una red tienen, además de su esquema de señalización nativo, la capacidad de generar una forma de onda de múltiple portadora simple de acuerdo con un esquema de señalización simple (CSS, *simple signaling scheme*). Esto se logra mediante el almacenamiento en memoria de muestras de la forma de onda y la provisión de las muestras desde la memoria directamente a un convertidor de digital a analógico (D / A). Este método puede implementarse incluso en un dispositivo que no tiene un esquema de señalización de múltiple portadora nativo. Supóngase que la forma de onda de múltiple portadora se designa "S-CSS" y que existen P S-CSS diferentes, donde P es el número de esquemas de señalización nativos diferentes.

Cada dispositivo que tiene una determinada PHY transmite el S-CSS de forma simultánea y periódica. Cada sistema que tiene una determinada PHY transmite el S-CSS de una forma de tipo asignación cíclica a desplazamientos fijos con respecto al paso por cero de la red de distribución de CA.

La figura 18 ilustra un ejemplo en el que los dispositivos de tres sistemas que tienen esquemas de señalización nativos diferentes, PHY-A, PHY-B, y PHY-C, transmiten sus S-CSS. Todos los dispositivos que tienen la PHY-A transmiten S-CSS (A) cada $P = 3$ periodos de sincronización TH. De forma similar, todos los dispositivos que tienen la PHY-B transmiten S-CSS (B) cada $P = 3$ periodos de sincronización TH con un desplazamiento de TH con respecto a cuando se transmitió S-CSS (A). De forma similar, todos los dispositivos que tienen la PHY-C transmiten S-CSS (C) cada $P = 3$ periodos de sincronización TH con un desplazamiento de $2 \cdot TH$ con respecto a cuando se transmitió S-CSS (A) y un desplazamiento de TH con respecto a cuando se transmitió S-CSS (B).

En este esquema de CSS, debido a que todos los nodos de una determinada PHY transmiten la misma información al mismo tiempo usando una forma de onda de múltiple portadora de banda de base, la superposición de las señales puede detectarse por otros nodos. Los nodos detectan el estatus de red, es decir, el número de sistemas con esquemas de señalización nativos diferentes que se encuentran en la red, mediante la detección de qué formas de onda de S-CSS se transmiten. La figura 19A ilustra la detección de tres formas de onda de S-CSS que indican la existencia de tres esquemas de señalización nativos diferentes.

Cada señal de S-CSS se transmite a un desplazamiento fijo con respecto a un paso por cero de CA. Se definen ventanas de oportunidad de transmisión, y los sistemas transmiten en esas ventanas para señalar su presencia en la red. Si no hubiera dispositivo alguno de una determinada PHY, entonces no tendría lugar transmisión alguna en la ventana de oportunidad de transmisión correspondiente. La figura 19B ilustra un ejemplo en el que se detectan solo dos de tres formas de onda de S-CSS.

El periodo TH de transmisiones de S-CSS idénticas, en una realización, es un entero múltiplo del ciclo de la red de distribución de CA. La figura 20 ilustra una realización en la que el tiempo entre transmisiones de S-CSS consecutivas se subdivide adicionalmente en U unidades de TDM (TDMU) y cada TDMU se subdivide en S intervalos de TDM (TDMS). Los valores de U y S se eligen sobre la base de determinados factores. U rige la frecuencia (o la latencia) de la actualización del estatus de red. S rige la compensación recíproca entre la granularidad de anchura de banda y la latencia mínima experimentadas por los paquetes de un AS. Los valores a modo de ejemplo de U y S se encuentran en el intervalo $3 \leq U \leq 10$ y S debería ser un entero múltiplo de P. No obstante, la elección de estos valores depende de la aplicación.

El conocimiento del estatus de red se usa para determinar cómo los recursos se compartirán sobre la base de políticas establecidas previamente. El concepto fundamental es que el estatus de red está asociado con una determinada estructura de TDMA dentro de la TDMU. A pesar de que la presente invención es general y es independiente de esas políticas, con fines de claridad, los ejemplos en el presente documento adoptan una política específica y un número máximo de diferentes PHY nativas igual a $P = 3$. En la práctica, los dispositivos presentes en el mercado y el estatus de standardización se tienen en cuenta para generar unos valores optimizados para P, S, y U, así como las políticas establecidas previamente. Sin pérdida de generalidad, supóngase en los siguientes ejemplos que se impone la siguiente política. Si la totalidad de las tres PHY se encuentran presentes (1) los dispositivos de PHY-A están autorizados a usar hasta un 50 % de los recursos, (2) los dispositivos de PHY-B están autorizados a usar hasta un 25 % de los recursos, y (3) los dispositivos de PHY-C están autorizados a usar hasta un 25 % de los recursos. Si solo dos PHY están presentes, cada sistema está autorizado a usar hasta un 50 % de los recursos. Cada sistema puede usar menos recursos si sus restricciones de QoS lo permiten. Asimismo, un sistema puede usar más o menos recursos que los que se indican en lo que antecede si otro sistema renuncia a sus recursos. Esta característica se denomina como asignación de anchura de banda dinámica (DBA, *dynamic bandwidth assignment*).

Los sistemas usan las señales de S-CSS para anunciar su solicitud de recursos a todos los otros dispositivos. Por ejemplo, en la figura 20 se muestran múltiples ventanas de S-CSS de oportunidad de transmisión. La primera ventana para una oportunidad de transmisión, el campo b0, anuncia que un sistema está presente; la segunda ventana para una oportunidad de transmisión, el campo b1, anuncia los requisitos de recursos. Si S-CSS (A) se encuentra presente en el campo b1, esto quiere decir que un dispositivo de PHY-A quiere la totalidad de los recursos disponibles para sí (es decir, la concesión de política); si S-CSS (A) no se encuentra presente en el campo b1, entonces esto quiere decir que el dispositivo de PHY-A puede ceder algunos recursos en beneficio de otros sistemas. Otras ventanas de oportunidad de transmisión también pueden estar presentes y permitir varias características, por ejemplo, más granularidad de anchura de banda en la implementación de la DBA, la re-sincronización de sistemas, y una solicitud de una compartición de recursos de multiplexación por división en frecuencia (FDM, *frequency division multiplexing*). La presencia de los campos bx ($x = 1, 2, 3, \dots$) no es necesaria, pero permite una mejor compartición de recursos entre los múltiples sistemas en el canal de línea eléctrica.

Como un ejemplo de cómo el estatus de red está asociado con una estructura de TDMA particular, supóngase que los nodos en la red detectan las formas de onda de S-CSS de la totalidad de las tres PHY, como en la figura 19A. La

figura 21 ilustra una estructura de TDMA que satisface las políticas que se han dado en lo que antecede para el caso de $S = 12$.

Como otro ejemplo de cómo el estatus de red está asociado con una estructura de TDMA particular, supóngase que los nodos en la red detectan las formas de onda de S-CSS de solo PHY-A y PHY-C, tal como se ilustra en la figura 19B. La figura 22 ilustra dos estructuras de TDMA que satisfacen las políticas que se han dado en lo que antecede para el caso de $S = 12$. Las dos soluciones se diferencian en términos de la latencia mínima que puede garantizarse a un sistema.

En ambos ejemplos, a los sistemas se asignan unos TDMS intercalados para minimizar la latencia. Como alternativa, se asigna una porción de TDMS contiguos. Esta solución simplifica la implementación pero no minimiza la latencia. De nuevo, la elección apropiada se hace sobre la base de las restricciones de QoS y depende de cada caso.

Las figuras 23-25 ilustran estructuras de TDMA para $S = 12$ y $P = 3$ cuando dos ventanas de oportunidad de transmisión de S-CSS, los campos b_0 y b_1 , se usan para anunciar los requisitos de recursos. En este ejemplo particular, dos intervalos TDMS se introducen al comienzo de cada TDMU que puede usarse por todos los sistemas en el CSMA.

Con respecto a las estructuras de TDMA específicas que se encuentran disponibles para su uso, se requiere que la totalidad de las estructuras de TDMA disponibles y su asociación con el estatus de red sean conocidas por todos los dispositivos en la red. En una realización, estas estructuras de TDMA están establecidas previamente en memoria. A pesar de que la practicidad introduce una restricción sobre el número de estructuras de TDMA disponibles que pueden almacenarse en memoria, la presente invención puede funcionar con cualquier número de estructuras de TDMA establecidas previamente.

El protocolo de S-CSS también puede funcionar usando un control de potencia tal como sigue. No todos los nodos transmiten su forma de onda de proceso de Poisson interrumpido (IPP, *interrupted Poisson process*) de forma simultánea; en su lugar, solo los nodos que planean transmitir datos en el próximo período de sincronización transmiten de forma simultánea el IPP. Si un nodo no planea enviar datos, este no transmitirá la forma de onda de IPP. Asimismo, no es necesario que el nodo transmita la forma de onda de IPP cuando es suficiente transmitir en D1 y D2 usando CSMA. Después de estimar la potencia necesaria mínima para establecer un enlace deseado, un nodo transmite la forma de onda de IPP a esa potencia, no a la potencia máxima. Esto tiene un efecto de reducción de la huella de interferencia de ese nodo.

(Protocolo de STR para redes heterogéneas basado en SCSS)

El siguiente protocolo de STR está diseñado para redes heterogéneas y aprovecha la disponibilidad de un S-CSS y un conjunto de estructuras de TDMA conocidas de forma inequívoca que están asociadas con el estatus de red. Tal como se ha descrito previamente, cada nodo que comparte una PHY nativa común transmite el S-CSS de forma simultánea, periódica u ocasional, y de una forma de tipo asignación cíclica con los otros sistemas (véanse las figuras 18 y 19).

Cada nodo de un sistema transmite en el campo b_0 y algunos también transmiten en el campo b_1 de acuerdo con sus requisitos de recursos respectivos. Cada nodo de un sistema detecta la superposición de los S-CSS de los nodos de los otros sistemas. Sobre la base de esta detección, cada nodo decide si puede transmitir / recibir señales en el mismo instante que otro sistema de PHY (nodo independiente que puede conseguir una ganancia de STR) o si este ha de ortogonalizar su funcionamiento mediante el uso de otro TDMS (es decir, el caso de la compartición de tiempo). La figura 26 ilustra dos sistemas heterogéneos usando una compartición de tiempo para ortogonalizar sus comunicaciones.

Cada nodo construye de manera autónoma un vector de índice de interferencia (IIV). Cuando se comunica con sus nodos maestros respectivos, el conjunto de todos los IIV de un sistema forma una lista de PHY de coexistencia (CPL). El IIV indica si un nodo en un sistema puede detectar el S-CSS a partir de otros sistemas que usan una PHY diferente. La figura 27A ilustra cómo tres sistemas con tres PHY diferentes pueden interferir uno con otro.

La figura 27B ilustra una CPL que se genera por los nodos del sistema que usan PHY-C. La CPL, que se ilustra en la figura 27B, indica que el M_c maestro detecta el campo b_0 de S-CSS (B) pero no el campo b_1 lo que quiere decir que uno o más nodos de sistema de PHY-B pueden interferir con las comunicaciones de M_c maestro y que los nodos de PHY-B que se detectan por el M_c maestro no están solicitando sus recursos disponibles máximos. El nodo x no detecta la presencia de nodo alguno con una PHY diferente. El nodo y detecta los campos b_0 y b_1 de S-CSS (B) y S-CSS (A), que indican que hay uno o más nodos de sistema de PHY-B y uno o más nodos de sistema de PHY-A que pueden interferir con las comunicaciones de nodo y y el uno o más nodos de cada uno de estos sistemas están solicitando los recursos disponibles máximos. El nodo z detecta los campos b_0 y b_1 de S-CSS (A), que indican que uno o más nodos de sistema de PHY-A pueden interferir con las comunicaciones de nodo z y que uno o más nodos de PHY-A que se detectan por el nodo z están solicitando sus recursos disponibles máximos.

Todos los nodos en el sistema que usan PHY-C transmiten su presencia y su solicitud de recursos máximos, con la excepción del nodo y que señala que este puede aceptar recursos reducidos.

Tal como se muestra en las figuras 23-25, cada IIV está asociado con una estructura de TDMA. Por ejemplo, IIV (x) {B, C, A} = "0011 00" se corresponde con el patrón 6, e IIV (z) {B, C, A} = "00 11 11" se corresponde con el patrón 4. Si el nodo x deseara comunicarse con el nodo z este conocería de forma inmediata qué TDMS usar mediante el cálculo de una tabla de intervalos utilizables (UST). La figura 27C ilustra una UST para la CPL de la figura 27B. Cada intervalo de la UST contiene un 1 cuando la estructura de TDMA del emisor y el receptor tienen unos valores de TDMS comunes, y 0 en caso contrario. El enlace $x \rightarrow z$ se establece entonces usando los TDMS marcados con un "1" en la UST. Por ejemplo, el enlace $x \rightarrow z$ puede comunicar información en los TDMS 3, 4, 7, 8, 11, 12, debido a que los valores de los intervalos de UST 3, 4, 7, 8, 11, 12 son todos 1.

(Descripción del protocolo de STR heterogéneo)

El protocolo de STR para PHY heterogéneas tiene las siguientes etapas, que se ilustran en la figura 36.

1. arranque,

arranque, sincronización con el periodo de S-CSS, etc. (etapa 3602);

2. cada nodo transmite S-CSS de acuerdo con los requisitos de recursos (etapa 3604);

3. cada nodo detecta S-CSS de otros sistemas y establece IIV tal como sigue:

1, si la señal recibida es intensa, es decir, más grande que el umbral, y

0, si la señal recibida es débil es decir, más pequeña que el umbral (etapa 3606);

4. cada nodo elige la estructura de TDMA que se corresponde con su IIV y cada nodo será capaz de transmitir solo en los TDMS dedicados que se asignan a su sistema (etapa 3608);

5. cada nodo comunica su IIV al nodo maestro, y el maestro actualiza la CPL (etapa 3610);

6. cada nodo maestro anuncia su CPL a la totalidad de los nodos en su sistema, por ejemplo, usando una baliza (etapa 3612); y

7. cada nodo crea la UST y, cuando este desea comunicarse con otro nodo, usa los TDMS marcados por un "1" en la UST (etapa 3614).

La figura 40 ilustra el algoritmo de STR novedoso de manera más genérica. Tal como se ilustra en la figura 40, cada nodo detecta (etapa 4002) una señal común que se transmite por otros nodos. Cada nodo determina (etapa 4004) un estatus de red sobre la base de las señales detectadas, y selecciona (etapa 4006) una estructura de TDMA específica sobre la base del estatus de red determinado.

Las figuras 28A y 28B ilustran dos AS, uno que usa PHY-B y el otro que usa PHY-C. Cada sistema tiene 4 nodos, un maestro y tres esclavos. Todos los nodos en el sistema B 2800 transmiten una señal de IPP $\{b_0, b_1\} = \{1, 0\}$. Para los nodos en el sistema C 2802, los nodos a, b, y c transmiten $\{b_0, b_1\} = \{1, 0\}$ y Mo transmite $\{1, 1\}$. Los nodos en el sistema B 2800 reciben las señales de IPP y crean su IIV = {B, C, A}. Supóngase que para: (1) los nodos x y z, IIV = {10, 00, 00} (todas las señales a partir del sistema C 2802 son débiles) $\rightarrow$ patrón 5, tal como se ilustra en las figuras 23 y 28A, y (2) para el maestro Mw y el nodo y, IIV = {10, 11, 00} (hay señales de IPP intensas a partir del sistema C 2802) $\rightarrow$ patrón 17, tal como se ilustra en las figuras 25 y 28B.

La figura 29A ilustra, para los sistemas heterogéneos de las figuras 28A y 28B, que cada nodo en el sistema B 2800 notifica su IIV al maestro Mw. La figura 29B ilustra la CPL que se genera por el maestro Mw sobre la base de los IIV que se han recibido a partir de los nodos x, y, y z. La figura 29C ilustra el maestro Mw difundiendo la CPL generada a los nodos x, y, y z a través de una señal, tal como su baliza. La figura 29D ilustra los patrones de TDM que se seleccionan de acuerdo con los IIV de los nodos Mw, x, y, y z.

Las figuras 30A y 30B ilustran los sistemas heterogéneos de la figura 28 en los que los nodos x, y, y z transmiten YPP $\{b_0, b_1\} = \{1, 0\}$, el maestro Mw transmite $\{1, 1\}$, y los nodos en el sistema C 2802 crean sus IIV = {B, C, A} a partir de los IPP recibidos. Supóngase que el IIV del maestro Mo = {10, 11, 00}, los IIV del nodo a y del nodo c = {10, 10, 00}, y el IIV del nodo b = {00, 10, 00}. Cada nodo en el sistema C 2802 notifica su IIV al maestro Mo. La figura 30C ilustra la CPL que se genera por el maestro Mo sobre la base de los IIV que se han recibido a partir de los nodos a, b, y c. La figura 30D ilustra los patrones de TDM que se seleccionan de acuerdo con los IIV de los nodos Mo, a, b, y c. Específicamente, el patrón 6 se selecciona para el nodo b, el patrón 2 se selecciona para los nodos a y c, y el patrón 17 se selecciona para el maestro Mo.

La figura 31 A ilustra los sistemas heterogéneos de la figura 28A en los que se establecen un enlace $x \leftrightarrow z$ 3100 y un enlace $a \leftrightarrow b$ 3102. La figura 31B ilustra los patrones de TDM que se seleccionan por los nodos x y z para la comunicación. Debido a que los nodos x y z emplean el mismo patrón de TDM y este patrón asigna todos los intervalos de tiempo a la comunicación del sistema B 2800, los nodos x y z pueden comunicarse en todos los

intervalos de TDM. La figura 31C ilustra los patrones de TDM que se seleccionan por los nodos a y b para la comunicación. Debido a que las TDM de los nodos a y b comparten recursos comunes (es decir, los recursos del sistema C 2802) en los intervalos 4, 5, 8, 9 y 12, los nodos a y b pueden comunicarse en los intervalos de TDM 4, 5, 8, 9 y 12.

La figura 31D ilustra los sistemas heterogéneos de la figura 28A en los que se establecen un enlace $x \leftrightarrow y$ 3104 y un enlace $a \leftrightarrow c$ 3106. La figura 31E ilustra los patrones de TDM que se seleccionan por los nodos x e y para la comunicación. Debido a que las TDM de los nodos x e y comparten recursos comunes (es decir, los recursos del sistema B 2800) en los intervalos 3, 7, 10 y 11, los nodos x e y pueden comunicarse en los intervalos de TDM 3, 7, 10 y 11. La figura 31F ilustra los patrones de TDM que se seleccionan por los nodos a y c para la comunicación. Debido a que las TDM de los nodos a y c comparten recursos comunes (es decir, los recursos del sistema C 2802) en los intervalos 4, 5, 8, 9 y 12, los nodos a y c pueden comunicarse en los intervalos de TDM 4, 5, 8, 9 y 12.

Incluso a pesar de que los enlaces $x \leftrightarrow z$ 3100 y $a \leftrightarrow b$ 3102 comunican información de forma simultánea, los IIV de los nodos x y z indican que estos nodos no reciben una interferencia significativa a partir de los nodos a y b, y viceversa. Por lo tanto, se consigue la ortogonalidad en el espacio de los recursos de comunicación comunes a los sistemas B 2800 y C 2802 y una ganancia de STR de un 50 % para los enlaces que se ilustran en la figura 31A

E incluso a pesar de que cada uno de los enlaces $x \leftrightarrow y$ 3104 y $a \leftrightarrow c$ 3106 puede crear una interferencia significativa para el otro, tal como se ilustra en la figura 31D, las figuras 31E y 31F ilustran cómo se consigue la ortogonalidad en el tiempo de los recursos de comunicación comunes a los sistemas B 2800 y C 2802 para los enlaces que se ilustran en la figura 31D. De forma más específica, el enlace $x \leftrightarrow y$ 3104 se comunica en los intervalos de TDM 3, 7, 10 y 11 y el enlace $a \leftrightarrow c$ 3106 se comunica en los intervalos de TDM 4, 5, 8, 9 y 12.

La figura 34 ilustra un método de consecución de STR con redes heterogéneas. De acuerdo con este método, un nodo de red asigna 3402 un primer calificador de enlace a una primera red si una primera señal se recibe durante un primer periodo de tiempo con una QoS particular y, en caso contrario, asigna 3402 un segundo calificador de enlace. Un tercer calificador de enlace se asigna 3404 a la primera red si la primera señal se recibe durante un segundo periodo de tiempo y, en caso contrario, un cuarto calificador de enlace se asigna 3404. Un quinto calificador de enlace se asigna 3406 a una segunda red si una segunda señal se recibe durante un tercer periodo con la QoS particular y, en caso contrario, un sexto calificador de enlace se asigna 3406. Un séptimo calificador de enlace se asigna 3408 a la segunda red si la segunda señal se recibe durante un cuarto periodo de tiempo y, en caso contrario, un octavo calificador de enlace se asigna 3408. Uno de una pluralidad de esquemas de recursos de comunicación ortogonales se selecciona 3410 de acuerdo con los calificadores de enlace primero a octavo que se asignan a las redes primera y segunda y que se usan para comunicarse con otro nodo de red. Los periodos de tiempo primero, segundo, tercero y cuarto son unos periodos que no se superponen. El nodo de red recibe 3412 un esquema de recursos de comunicación ortogonales a partir del otro nodo de red y comunica 3414 información al otro nodo de red solo con unos recursos que son comunes a los esquemas de recursos de comunicación ortogonales seleccionados y recibidos.

La figura 39A ilustra un aparato de STR 3900 que asigna un canal de comunicaciones a un nodo de redes. El aparato de STR incluye una sección de recepción 3902 que recibe unas señales comunicadas. Una sección de asignación 3904: (1) asigna un primer calificador de enlace a una primera red si una primera señal se recibe durante un primer periodo de tiempo con una QoS particular, y asigna un segundo calificador de enlace a la primera red si la primera señal se recibe de este modo sin la QoS particular; (2) asigna un tercer calificador de enlace a la primera red si la primera señal se recibe durante un segundo periodo de tiempo, y asigna un cuarto calificador de enlace a la primera red si la primera señal se recibe de este modo sin la QoS particular; (3) asigna un quinto calificador de enlace a una segunda red si una segunda señal se recibe durante un tercer periodo de tiempo con la QoS particular, y asigna un sexto calificador de enlace a la segunda red si la segunda señal se recibe de este modo sin la QoS particular; y (4) asigna un séptimo calificador de enlace a la segunda red si la segunda señal se recibe durante un cuarto periodo de tiempo, y asigna un octavo calificador de enlace a la segunda red si la segunda señal se recibe de este modo sin la QoS particular. Los periodos de tiempo primero, segundo, tercero y cuarto son unos periodos que no se superponen. Una sección de selección 3906 selecciona uno de una pluralidad de esquemas de recursos de comunicación ortogonales de acuerdo con los calificadores de enlace primero a octavo que se asignan a las redes primera y segunda, y una sección de transmisión 3908 se comunica con otro nodo de red usando el esquema de recursos de comunicación ortogonales seleccionado.

La figura 39B ilustra un módulo de circuito integrado de STR 3950 que asigna un canal de comunicaciones a un nodo de red. El módulo de circuito integrado de STR 3950 tiene un circuito integrado 3952 que incluye el aparato de STR 3900.

La descripción anterior ilustra y describe la presente invención. No obstante, la divulgación muestra y describe solo las realizaciones preferidas de la invención, pero ha de entenderse que la invención puede usarse en diversas otras combinaciones, modificaciones y entornos. Asimismo, la invención es capaz de un cambio o modificación adecuados a las enseñanzas anteriores y a la pericia o el conocimiento de un experto en la materia relevante. Por ejemplo, uno o más elementos de cada realización pueden omitirse de, o incorporarse a, las otras realizaciones.

La descripción anterior de implementaciones y realizaciones de la invención se ha presentado con fines de ilustración y descripción no limitante. A pesar de que la presente invención se ha descrito en el presente documento con referencia a estructuras, materiales y realizaciones particulares, no se pretende que la presente invención se limite a las características y detalles particulares que se divulgan en el presente documento. En su lugar, la presente invención se extiende a todas las estructuras, métodos y usos funcionalmente equivalentes, tal como se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Las descripciones provistas en el presente documento no son exhaustivas y no limitan la invención a las formas precisas que se divulgan. Los ejemplos de realización anteriores se han proporcionado meramente con fines de explicación y no han de interpretarse, en modo alguno, como limitantes del alcance de la presente invención. Las palabras que se han usado en el presente documento son palabras de ilustración y descripción, en lugar de palabras de limitación. Las presentes enseñanzas pueden realizarse y aplicarse con facilidad a otros tipos de aparatos. Además, son posibles modificaciones y variaciones, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, tal como se exponen actualmente y tal como se modifiquen en lo sucesivo, a la luz de las enseñanzas anteriores o pueden adquirirse a partir de la práctica de la invención. Además, a pesar de que los elementos de la invención pueden describirse o reivindicarse en singular, se contempla el plural a menos que se indique de forma expresa una limitación al singular.

Susceptibilidad de aplicación industrial

De acuerdo con la presente invención, pueden proporcionarse unos protocolos que permitan que una única red o múltiples redes próximas reduzcan la interferencia mutua y aumenten su caudal de tráfico global y mantengan unos rendimientos optimizados, incluso en presencia de muchos nodos o múltiples redes, con el fin definitivo de aumentar el caudal de tráfico de red global.

REIVINDICACIONES

1. Un método de comunicación que emplea un protocolo de reutilización de espacio y tiempo, STR, para un sistema de comunicación por línea eléctrica que comprende una primera red que incluye unos primeros dispositivos que emplean una primera PHY para la comunicación por línea eléctrica y una segunda red que incluye unos segundos dispositivos que emplean una segunda PHY para la comunicación por línea eléctrica, siendo dichas PHY primera y segunda diferentes la una de la otra con el fin de dar lugar a que dichos primeros dispositivos sean no interoperables con dichos segundos dispositivos con respecto a una comunicación por línea eléctrica completa, empleando dichos dispositivos primeros y segundos un esquema de señalización común, CSS, para posibilitar el intercambio de información entre los mismos con respecto a su presencia en dicho sistema de comunicación por línea eléctrica para permitir una compartición de recursos, comprendiendo dicho método:
 - (a) detectar señales comunes transmitidas de acuerdo con dicho esquema de CSS a partir de una pluralidad de dichos primeros dispositivos en una primera ventana de tiempo; y
 - (b) determinar mediante uno de dichos segundos dispositivos, sobre la base de las señales comunes que se detectan en la etapa (a), si dicho uno de dichos segundos dispositivos puede transmitir / recibir señales en el mismo instante en el que dichos primeros dispositivos transmiten / reciben señales o si es necesario que dicho uno de dichos segundos dispositivos transmita / reciba señales en un instante diferente del instante en el que dichos primeros dispositivos transmiten / reciben señales, donde

las etapas (a)- (b) se repiten un número de veces, cada uno de dichos segundos dispositivos genera un vector de índice de interferencia, IIV, que está asociado con una estructura de TDMA sobre la base de los resultados de dicha etapa (b) y proporciona dicho IIV a un dispositivo maestro en dicha segunda red, y dicho dispositivo maestro genera una lista de PHY de coexistencia, CPL, sobre la base de los IIV que se han recibido a partir de dichos segundos dispositivos.
2. El método de comunicación de la reivindicación 1, donde dichos primeros dispositivos emplean un protocolo de reutilización de espacio y tiempo, STR, de matriz de conectividad de nodos, MNC, o uno de matriz de asignación de tiempos, MTA, para conseguir una compartición de recursos entre dichos primeros dispositivos.
3. El método de comunicación de la reivindicación 1, que además comprende:
 - (c) generar, cada uno de dichos segundos dispositivos, un vector de índice de interferencia, IIV, sobre la base de si dichas señales comunes detectadas tienen una intensidad de señal más grande o más pequeña que el nivel de señal prescrito;
 - (d) elegir, cada uno de dichos segundos dispositivos, una estructura de TDMA que se corresponde con su vector de índice de interferencia, IIV, que se genera en la etapa (c) y comunicar el IIV a un dispositivo maestro en dicha segunda red;
 - (e) crear, dicho dispositivo maestro, una lista de PHY de coexistencia, CPL, sobre la base de los IIV que se han recibido a partir de dichos segundos dispositivos;
 - (f) proporcionar, dicho dispositivo maestro, la CPL a la totalidad de los segundos dispositivos; y
 - (g) cada uno de dichos segundos dispositivos, crear una tabla de intervalos utilizables, UST, cada una de las cuales muestra la disponibilidad de intervalo de TDM para la comunicación de datos entre dos dispositivos específicos en los segundos dispositivos que están asociados con una estructura de TDMA, de acuerdo con la CPL, y realizar comunicaciones con otro de los segundos dispositivos de acuerdo con su UST.
4. Un soporte informático de lectura que almacena un programa que, cuando se ejecuta por un ordenador, lleva a cabo todas las etapas de un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3.
5. Un módulo de comunicación para habilitar una compartición de recursos en un sistema de comunicación que emplea una comunicación por línea eléctrica, comprendiendo dicho módulo de comunicación:
 - una sección de recepción que está adaptada para detectar señales comunes transmitidas a partir de una pluralidad de primeros dispositivos de acuerdo con un esquema de señalización común, CSS, en una primera ventana de tiempo;
 - una sección de determinación que está adaptada para determinar un estatus de red sobre la base de las señales comunes que se detectan por dicha sección de recepción; y
 - una sección de selección que está adaptada para seleccionar una estructura de TDMA específica de acuerdo con el estatus de red determinado,

caracterizado por comprender además

 - una sección de determinación de calidad de recepción que está adaptada para determinar si dichas señales comunes detectadas tienen una intensidad de señal más grande o más pequeña que el nivel de señal prescrito y para generar un vector de índice de interferencia, IIV;
 - una sección de transmisión que está adaptada para comunicar el IIV a un dispositivo maestro en dicha segunda red con el fin de permitir que cada uno de los segundos dispositivos elija una estructura de TDMA que se corresponde con su vector de índice de interferencia, IIV;

una sección de recepción de dicho dispositivo maestro que está adaptada para recibir los vectores de índice de interferencia, IIV, y para crear una lista de PHY de coexistencia, CPL, sobre la base de los IIV que se han recibido a partir de dichos segundos dispositivos;

una sección de transmisión de dicho dispositivo maestro que está adaptada para proporcionar la CPL a la totalidad de los segundos dispositivos; y

una sección de recepción en cada uno de dichos segundos dispositivos que está adaptada para crear una tabla de intervalos utilizables, UST, que muestra la disponibilidad de intervalo de TDM para la comunicación de datos entre dos dispositivos específicos en los segundos dispositivos que están asociados con una estructura de TDMA, de acuerdo con la CPL y para la cual dicho segundo dispositivo realiza comunicaciones con otro de los segundos dispositivos de acuerdo con su UST.

6. Un módulo de comunicación de acuerdo con la reivindicación 5, donde la sección de recepción, la sección de determinación, y la sección de selección son parte de un circuito integrado.

7. Un sistema de comunicación para la comunicación por línea eléctrica, comprendiendo dicho sistema:

una primera red que incluye unos primeros dispositivos que emplean una primera PHY para la comunicación por línea eléctrica y una segunda red que incluye unos segundos dispositivos que emplean una segunda PHY para la comunicación por línea eléctrica, siendo dichas PHY primera y segunda diferentes la una de la otra con el fin de dar lugar a que dichos primeros dispositivos sean no interoperables con dichos segundos dispositivos con respecto a una comunicación por línea eléctrica completa, empleando dichos dispositivos primeros y segundos una sección de transmisión y una sección de recepción de un esquema de señalización común, CSS, para posibilitar el intercambio de información entre los mismos con respecto a su presencia en dicho sistema de comunicación por línea eléctrica para permitir una compartición de recursos, comprendiendo dicho primer dispositivo:

una sección de transmisión para transmitir señales comunes de acuerdo con dicho esquema de CSS en una primera ventana de tiempo;

comprendiendo dichos segundos dispositivos:

un módulo de comunicación de acuerdo con la reivindicación 5 o 6.

FIG. 1A

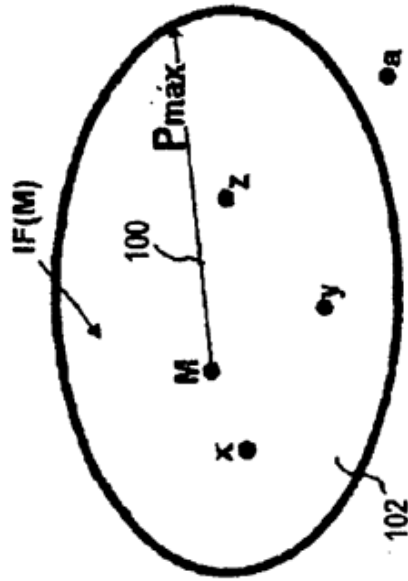


FIG. 1B

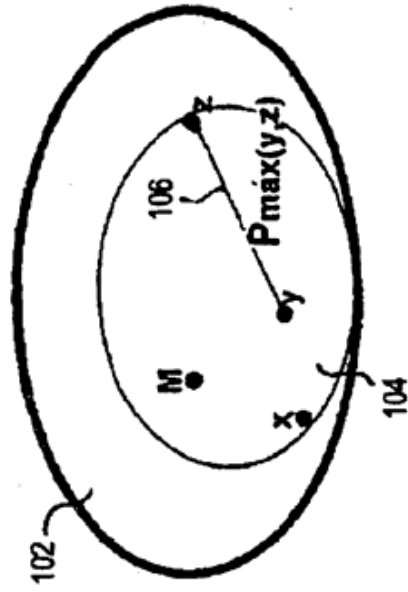


FIG. 1C

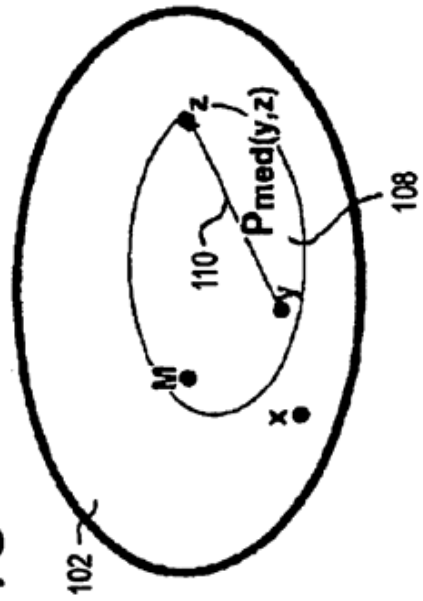


FIG. 1D

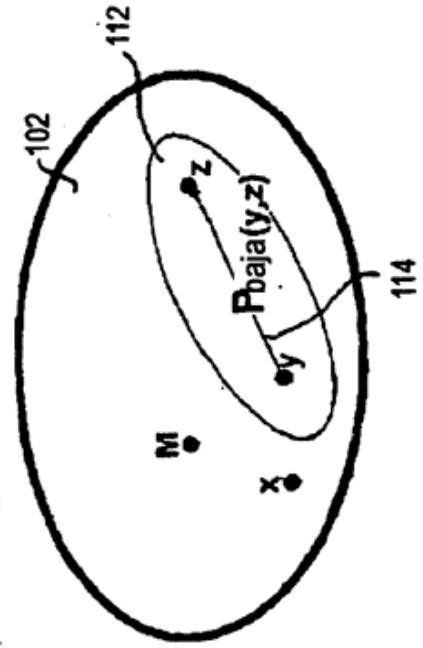


FIG. 2

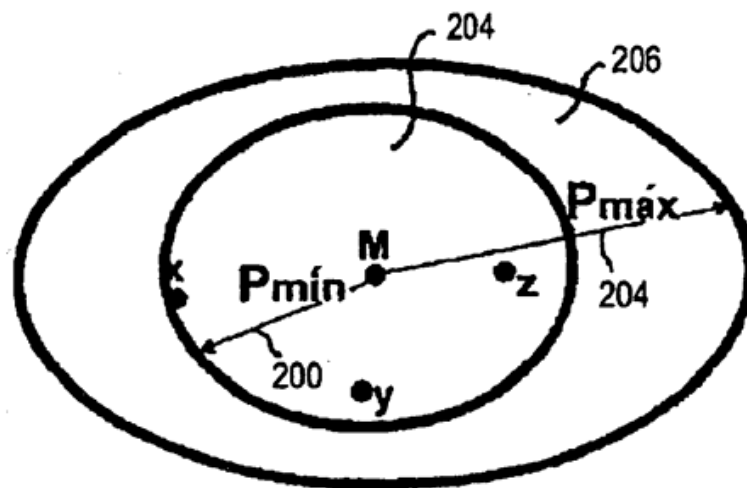


FIG. 3

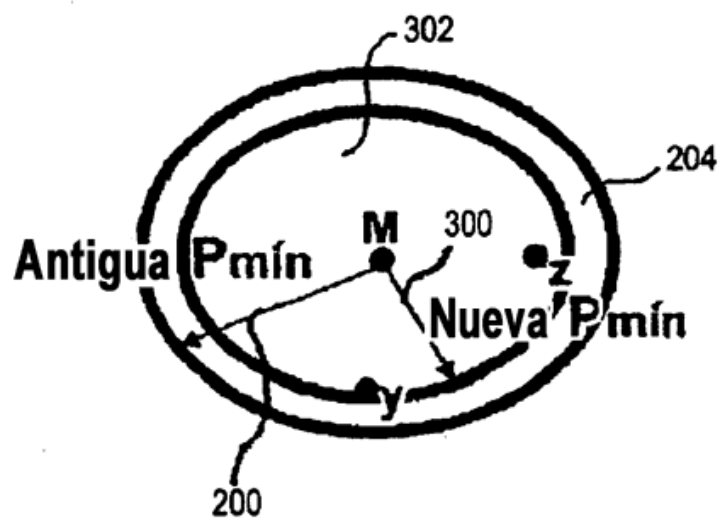


FIG. 4A

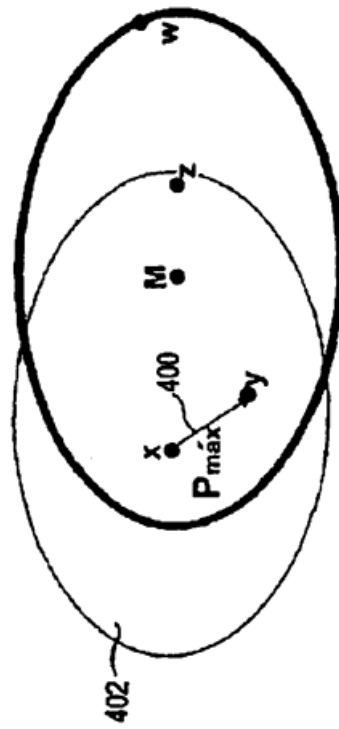


FIG. 4C

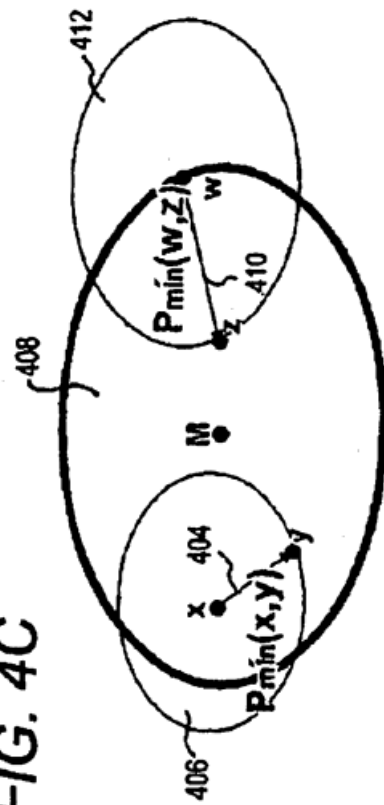


FIG. 4B

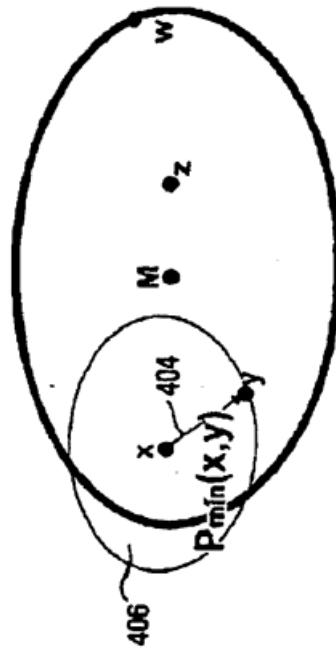


FIG. 4D

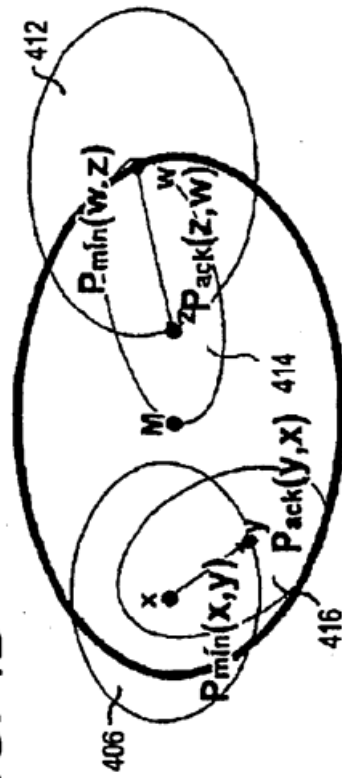


FIG. 6

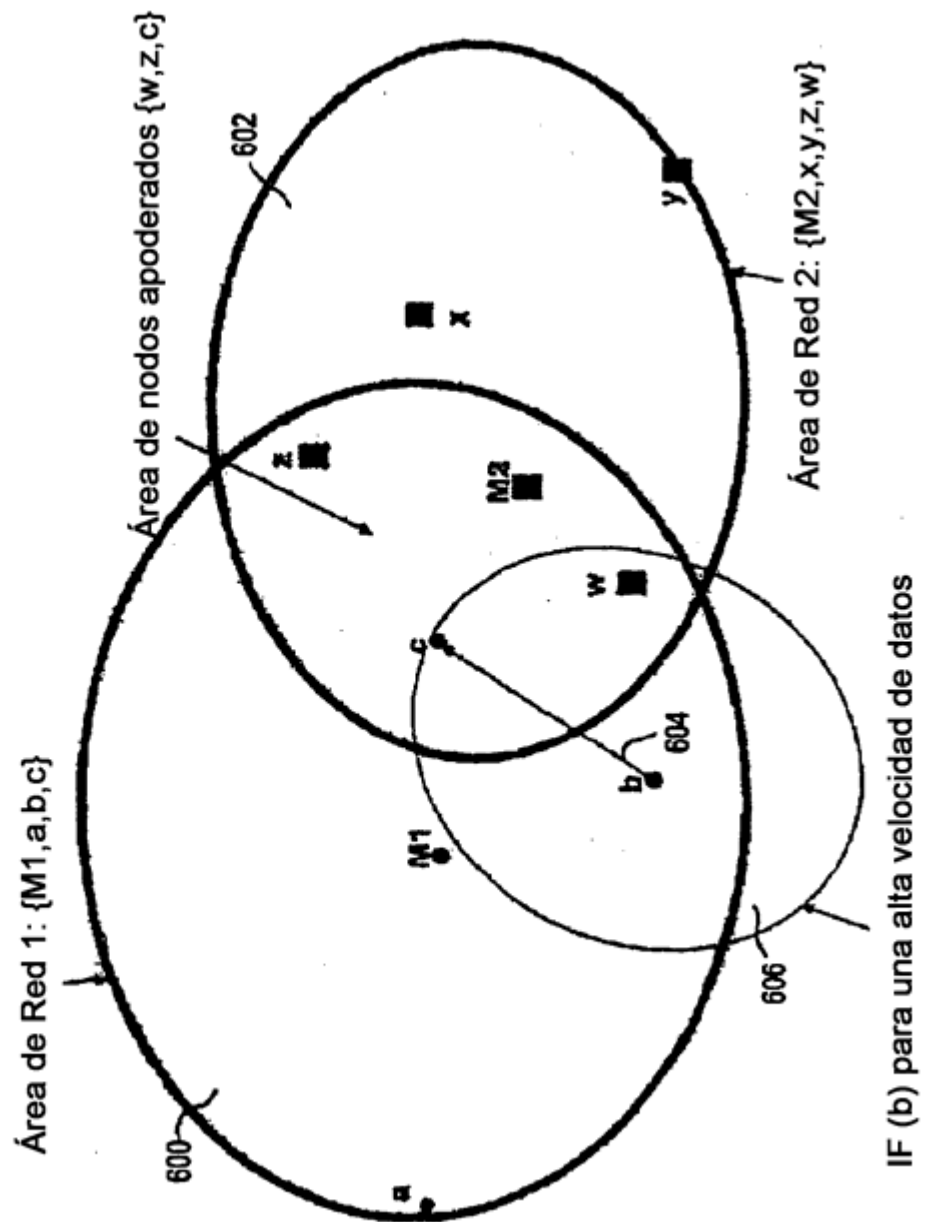


FIG. 7

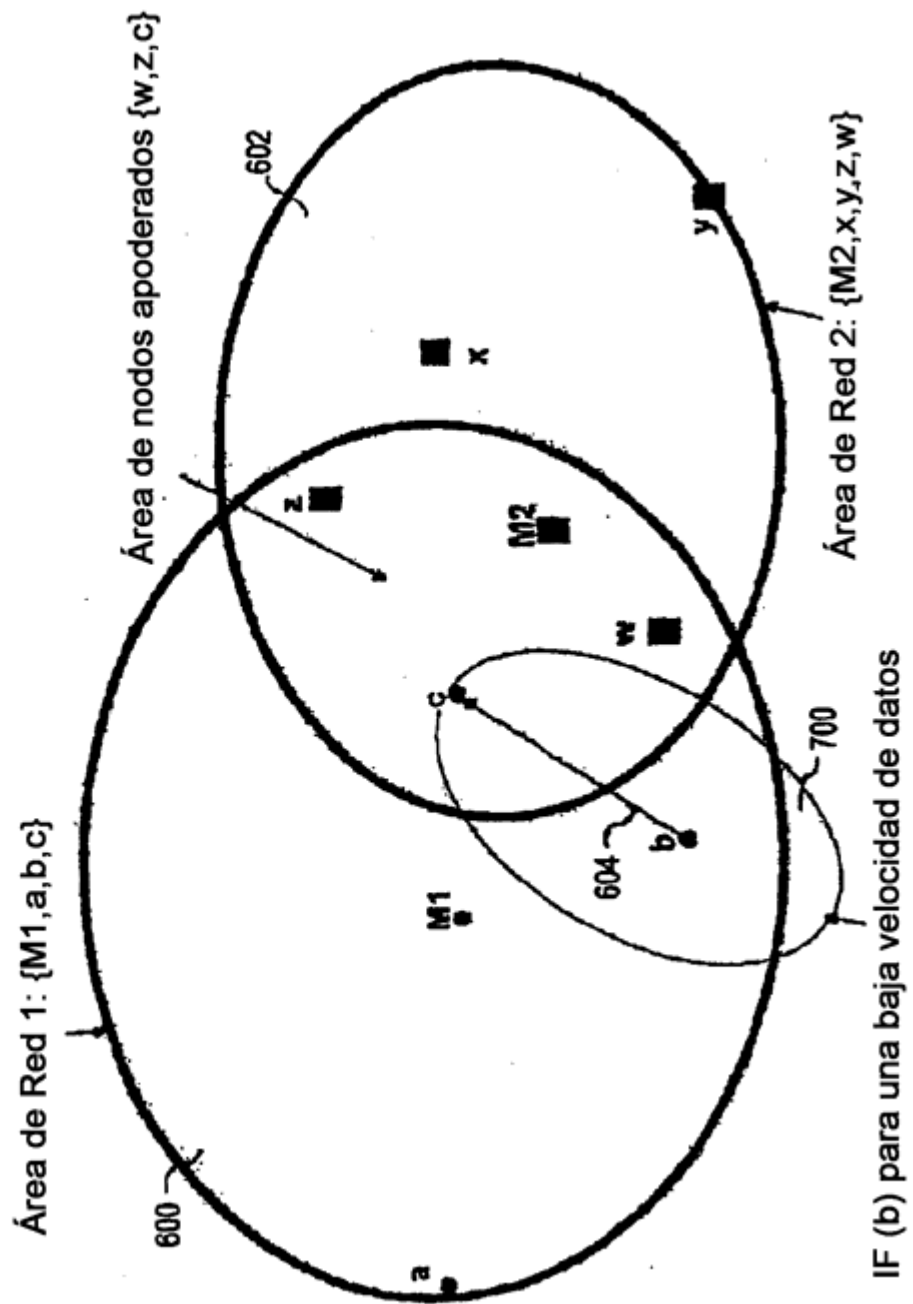


FIG. 8

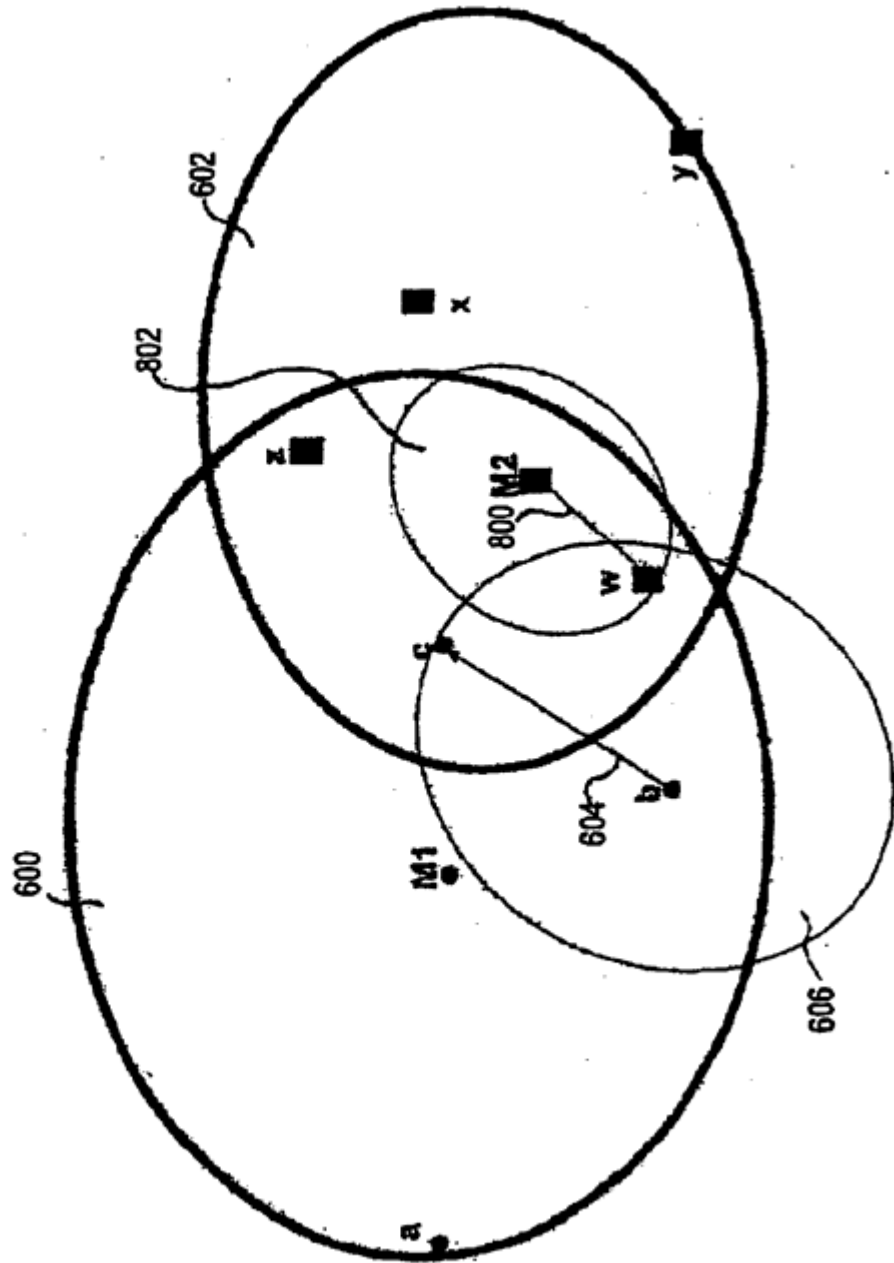


FIG. 9

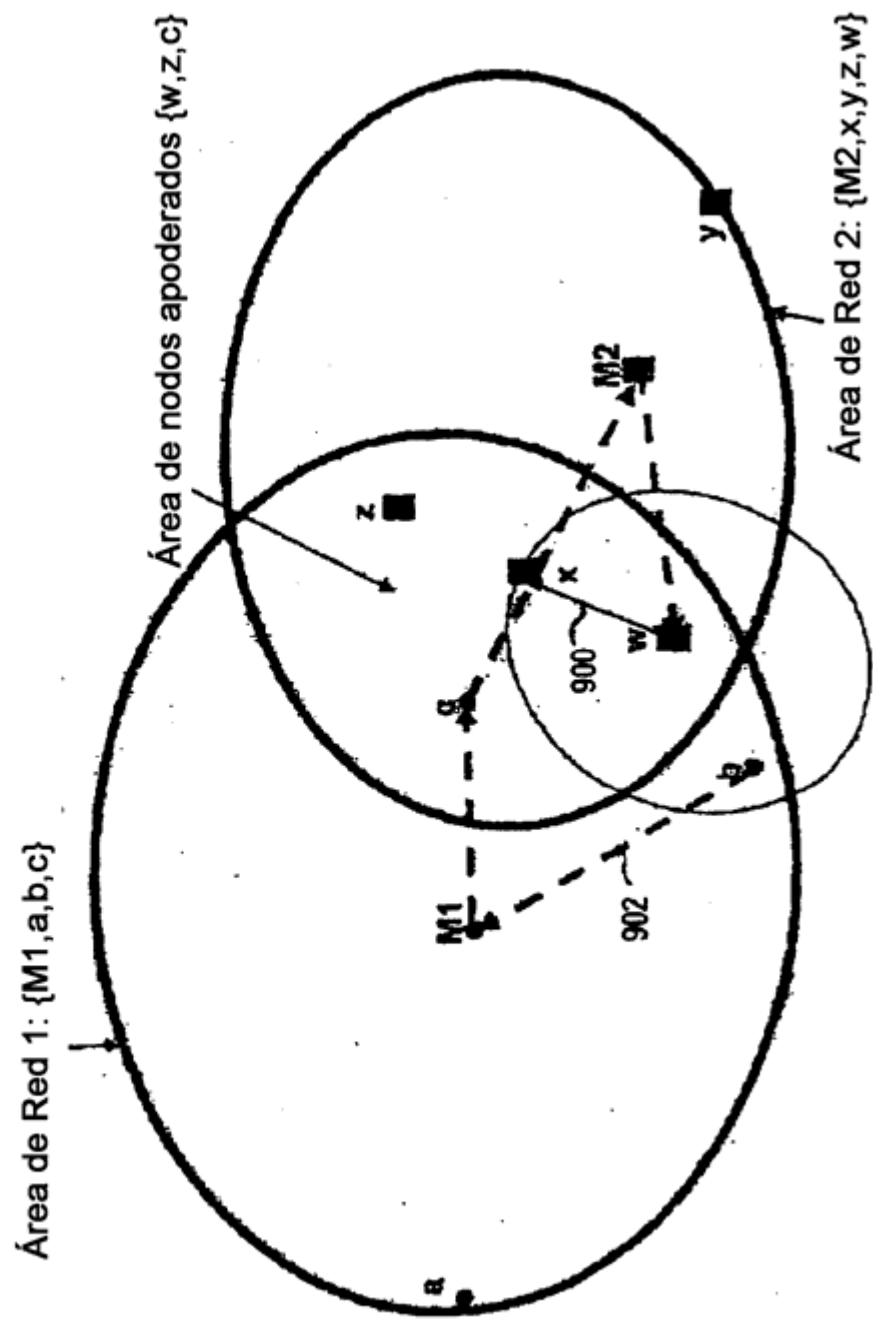


FIG. 10

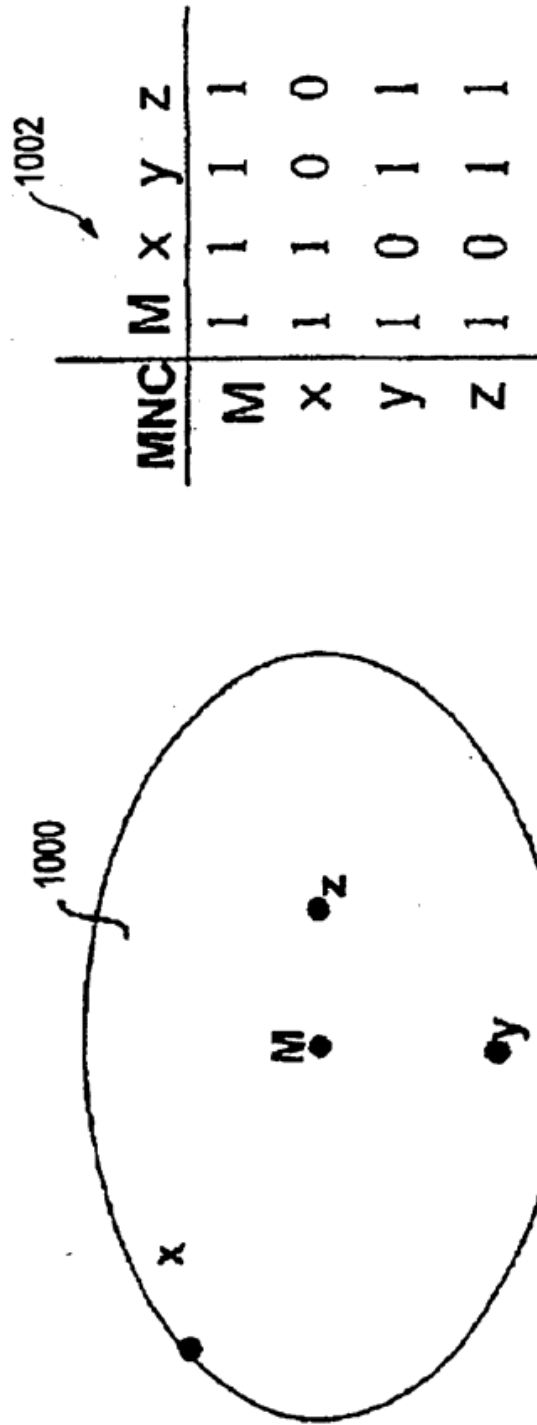


FIG. 11

1104

MNC	M1	x	y	z	w	M2	a	b	c	d
M1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
x	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
y	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
z	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0
w	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
M2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
a	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
b	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
c	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
d	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1

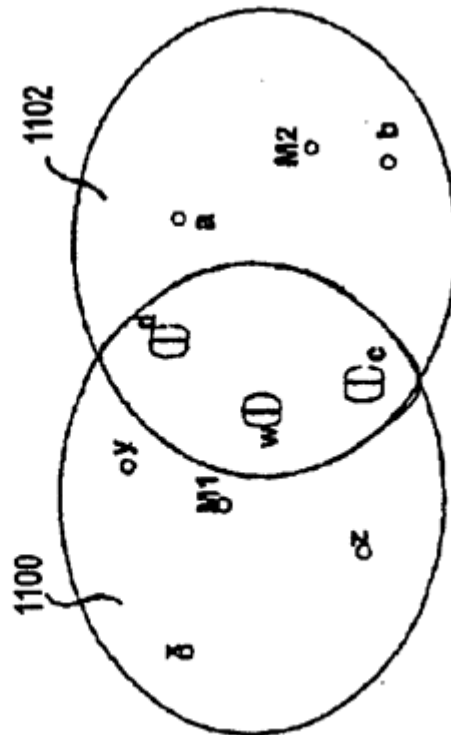


FIG. 12A

MTA	1	2	3	4	5	6
M	0	0	0	0	0	0
x	0	0	0	0	0	0
y	0	0	0	0	0	0
z	0	0	0	0	0	0

FIG. 12B

MTA	1	2	3	4	5	6
M	0	0	0	0	0	0
x	0	0	0	0	0	0
y	1	1	0	0	0	0
z	1	1	0	0	0	0

FIG. 12C

MTA	1	2	3	4	5	6
M	T	T	0	0	0	0
x	0	0	0	0	0	0
y	1	1	0	0	0	0
z	1	1	0	0	0	0

FIG. 12D

MTA	1	2	3	4	5	6
M	1	1	0	0	0	0
x	0	0	0	0	0	0
y	1	1	0	0	0	0
z	1	1	0	0	0	0

FIG. 13A

MTA	1	2	3	4
M1	1	0	0	0
x	1	0	0	0
y	R	0	0	0
z	1	0	0	0
w	T	0	0	0
M2	0	0	0	0
a	0	0	0	0
b	0	0	0	0
c	T	0	0	0
d	0	0	0	0

x → z link

FIG. 13B

MTA	1	2	3	4
M1	0	0	0	0
x	0	0	0	0
y	0	0	0	0
z	0	0	0	0
w	0	0	0	0
M2	1	0	0	0
a	1	0	0	0
b	1	0	0	0
c	T	0	0	0
d	R	0	0	0

a → b link

FIG. 14A

Fin de la Etapa 3

MTA	1	2	3	4
M1	0	0	0	0
x	1	1	0	0
y	0	0	0	0
z	1	1	0	0
w	0	0	0	0
M2	0	0	0	0
a	0	0	0	0
b	0	0	0	0
c	0	0	0	0
d	0	0	0	0

FIG. 14B

Fin de la Etapa 4

MTA	1	2	3	4
M1	1	1	0	0
x	1	1	0	0
y	R	R	0	0
z	1	1	0	0
w	T	T	0	0
M2	0	0	0	0
a	0	0	0	0
b	0	0	0	0
c	T	T	0	0
d	0	0	0	0

FIG. 15A

Fin de la Etapa 3

MTA	1	2	3	4
M1	1	1	0	0
x	1	1	0	0
y	R	R	0	0
z	1	1	0	0
w	T	T	0	0
M2	0	0	0	0
a	1	0	0	0
b	1	0	0	0
c	T	T	0	0
d	0	0	0	0

FIG. 15B

Fin de la Etapa 4

MTA	1	2	3	4
M1	1	1	0	0
x	1	1	0	0
y	R	R	0	0
z	1	1	0	0
w	T	T	0	0
M2	1	0	0	0
a	1	0	0	0
b	1	0	0	0
c	T	T	0	0
d	R	0	0	0

STR se ha obtenido; dos enlaces en el mismo intervalo de TDMA N° 1

FIG. 16A

Etapa 3

MTA	1	2	3	4
M1	1	1	0	0
x	1	1	0	0
y	R	R	0	0
z	1	1	0	0
w	T	T	0	0
M2	1	0	0	0
a	1	0	0	0
b	1	0	0	0
c	1	T	0	0
d	1	0	0	0

FIG. 16B

Etapa 4

MTA	1	2	3	4
M1	1	1	0	0
x	1	1	0	0
y	1	R	0	0
z	1	1	0	0
w	1	T	0	0
M2	1	0	0	0
a	1	0	0	0
b	1	0	0	0
c	1	T	0	0
d	1	0	0	0

STR adicional se ha obtenido; ahora, tres enlaces en el mismo intervalo de TDMA N° 1

FIG. 17A

Etapa 3

MTA	1	2	3	4
M1	1	1	1	1
x	1	1	0	0
y	1	R	0	0
z	1	1	0	0
w	1	T	1	1
M2	1	0	0	0
a	1	0	0	0
b	1	0	0	0
c	1	T	0	0
d	1	0	0	0

FIG. 17B

Etapa 4

MTA	1	2	3	4
M1	1	1	1	1
x	1	1	R	R
y	1	R	1	1
z	1	1	1	1
w	1	T	1	1
M2	1	0	T	T
a	1	0	0	0
b	1	0	0	0
c	1	T	1	1
d	1	0	1	1

FIG. 18

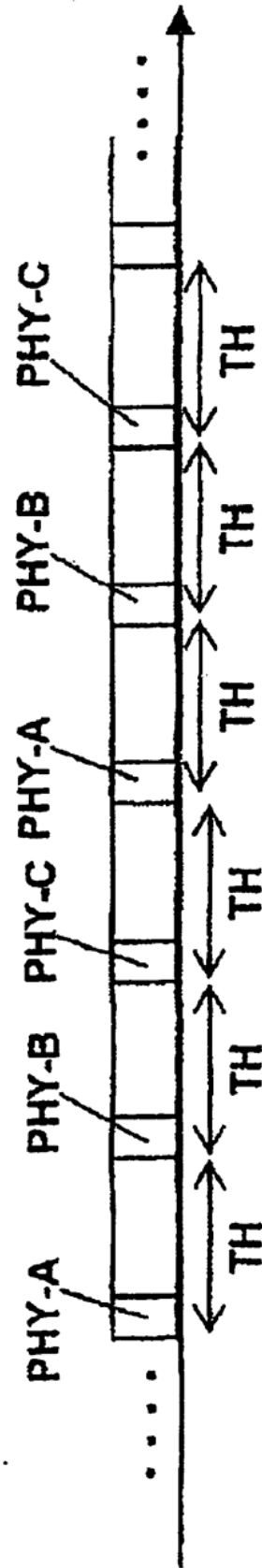
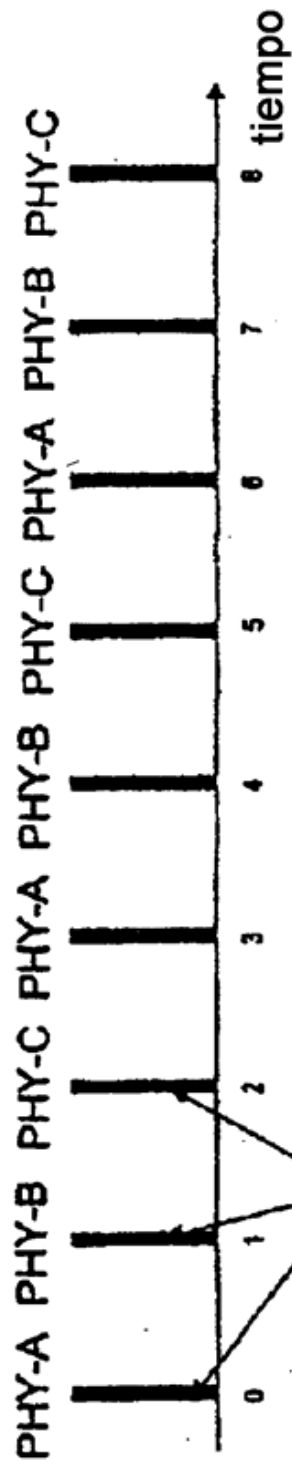


FIG. 19A



S-CSS transmitido por cada dispositivo con una PHY determinada

FIG. 19B

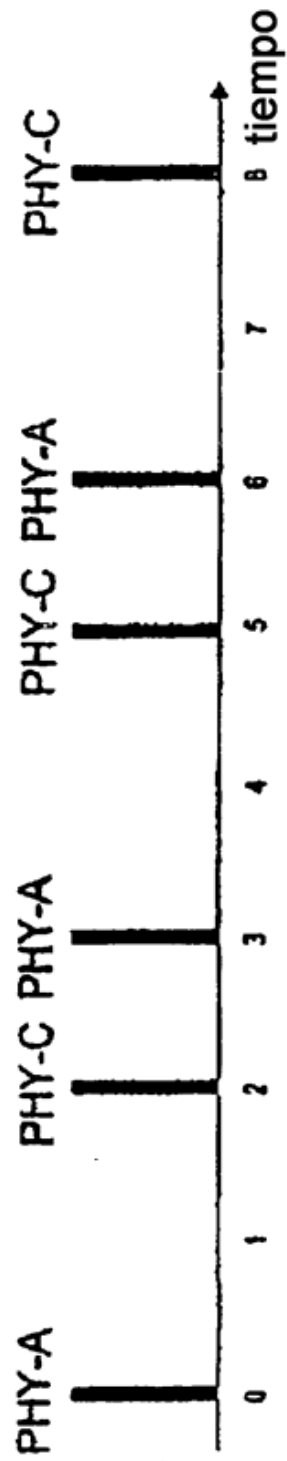


FIG. 20

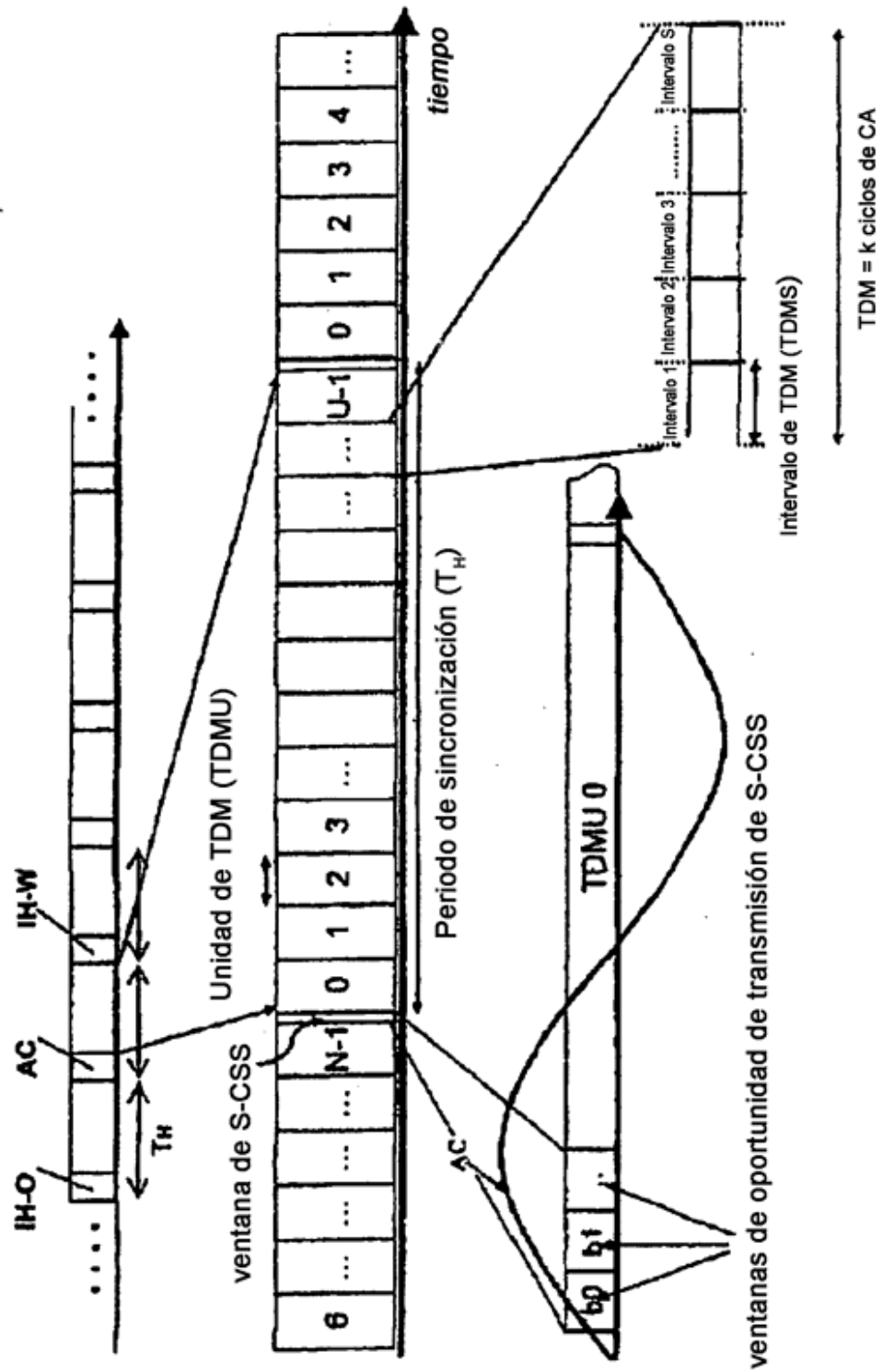


FIG. 21

Duración de TDMS (S = 12):

> 3,33 ms (50 Hz) o 2,78 ms (60 Hz)

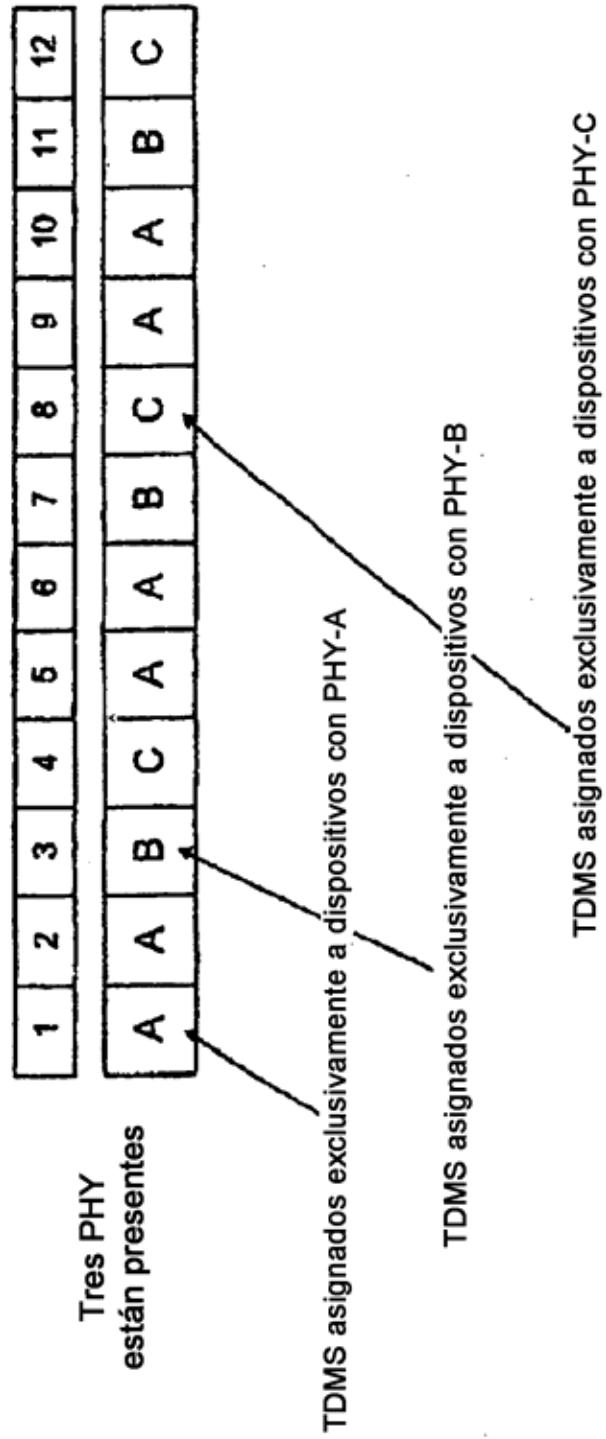
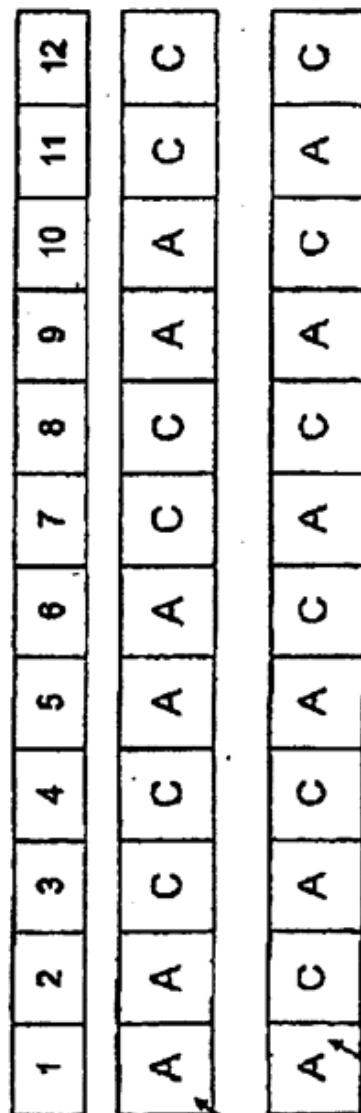


FIG. 22

Duración de TDMS (S = 12):

► 3,33 ms (50 Hz) o 2,78 ms (60 Hz)



Dos PHY
están presentes

Dos PHY
están presentes

Estructura de TDMA que permite una gran latencia de 9,99 ms (50 Hz) o de 8,34 ms (60 Hz)

Estructura de TDMA que permite una pequeña latencia de 6,66 ms (50 Hz) o de 5,56 ms (60 Hz)

FIG. 23

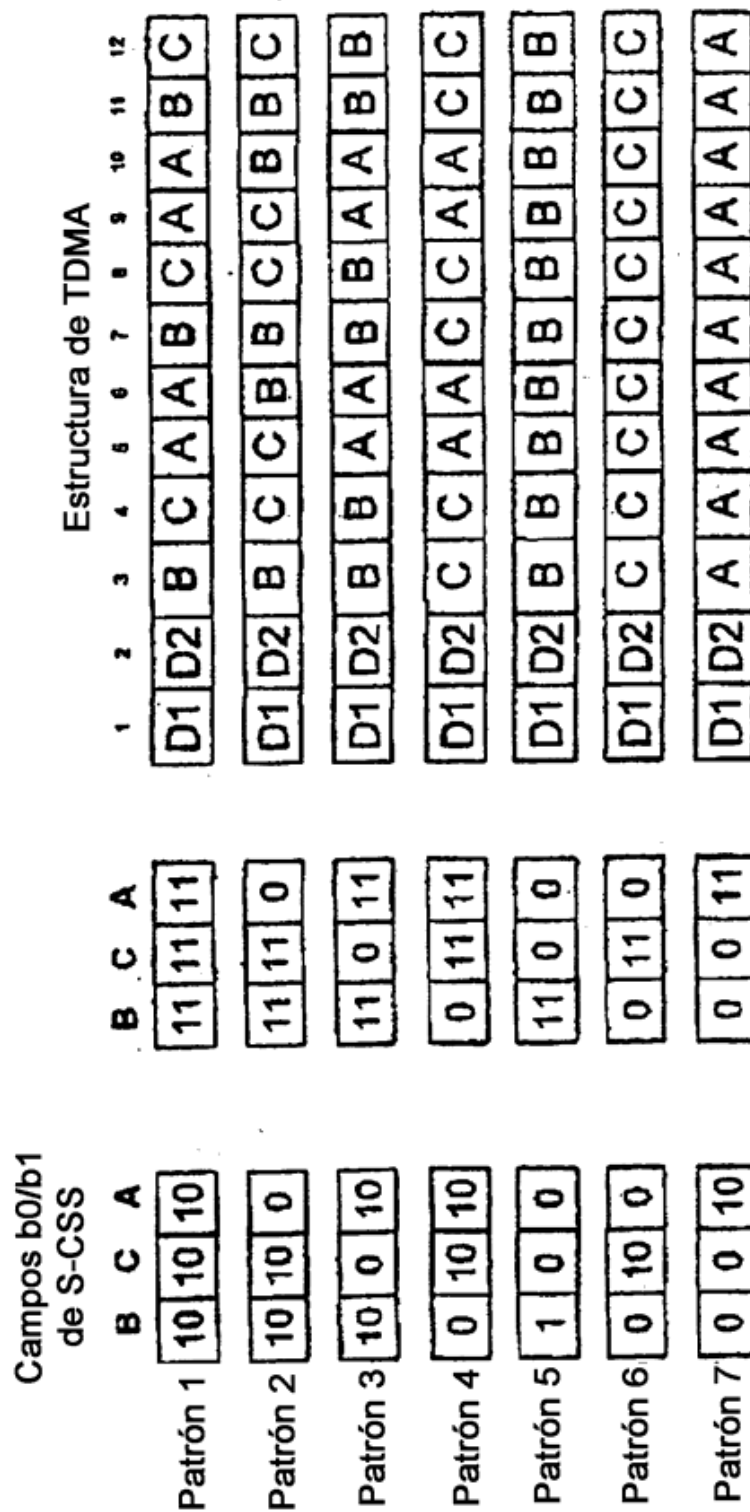


FIG. 24

Campos b0/b1 de S-CSS			patrón de TDM												
	B	C	A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Patrón 8	11	11	10	D1	D2	B	C	C	A	B	C	A	B	B	C
Patrón 9	11	10	11	D1	D2	B	B	A	A	B	A	A	A	B	C
Patrón 10	10	11	11	D1	D2	C	C	A	A	B	C	A	A	C	C
Patrón 11	11	10	10	D1	D2	B	B	B	A	B	B	A	B	B	C
Patrón 12	10	11	10	D1	D2	C	C	C	A	B	C	A	C	C	C
Patrón 13	10	10	11	D1	D2	A	A	A	A	B	A	A	A	A	C
Patrón 14	11	10	1	D1	D2	B	C	B	B	B	C	C	B	B	C

FIG. 25

Campos b0/b1 de S-CSS			patrón de TDM											
B	C	A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Patrón 15	11	0	10	D1	D2	B	B	A	A	B	A	A	B	B
Patrón 16	10	00	11	D1	D2	B	A	A	A	B	A	A	B	B
Patrón 17	10	11	0	D1	D2	B	C	C	C	B	C	C	B	C
Patrón 18	0	10	11	D1	D2	C	C	A	A	A	C	A	A	C
Patrón 4	0	11	10	D1	D2	C	C	A	A	C	C	A	A	C

FIG. 26

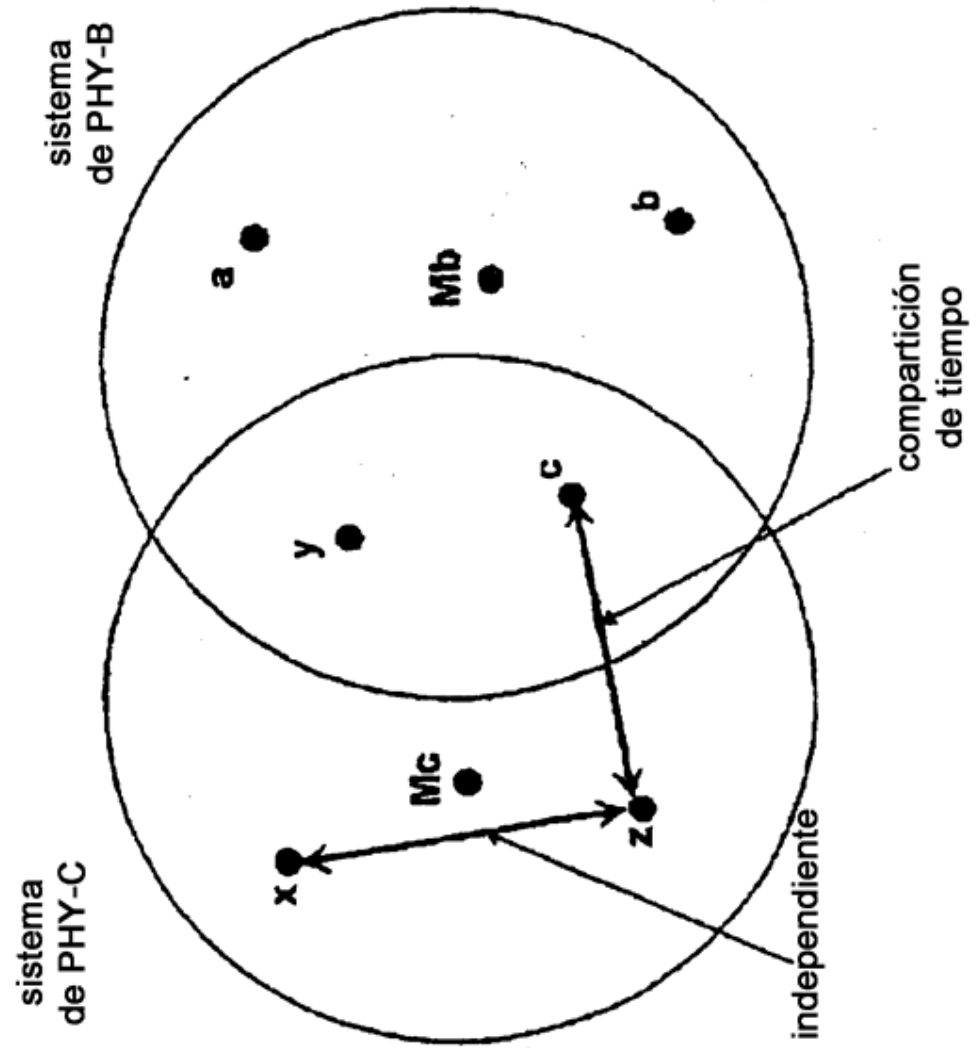


FIG. 27A

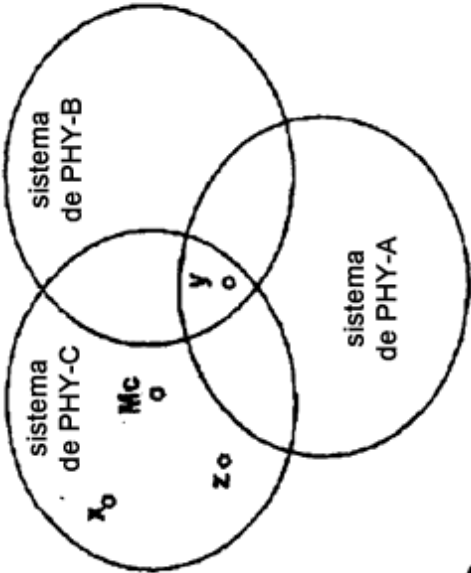


FIG. 27B

Listas de PHY de coexistencia (CPL)

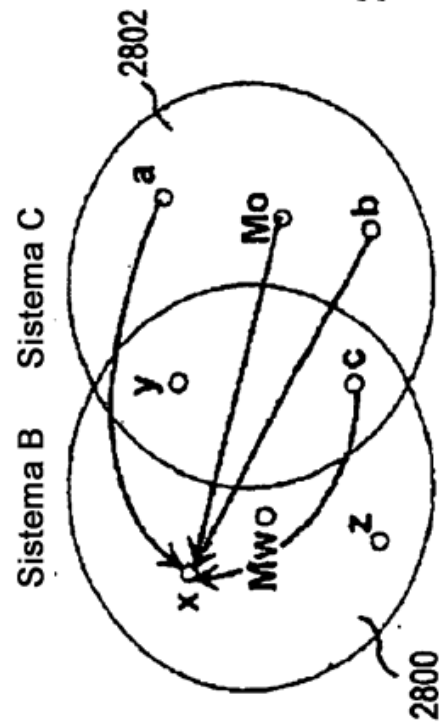
nodo	B	C	A
Mc	10	11	00
x	00	11	00
y	11	10	11
z	00	11	11

vector de índice de interferencia (IIV)

FIG. 27C

nodo x (origen)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	D1	D2	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
nodo z (destino)	D1	D2	C	C	A	A	C	C	A	A	C	C
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
UST	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1

FIG. 28A

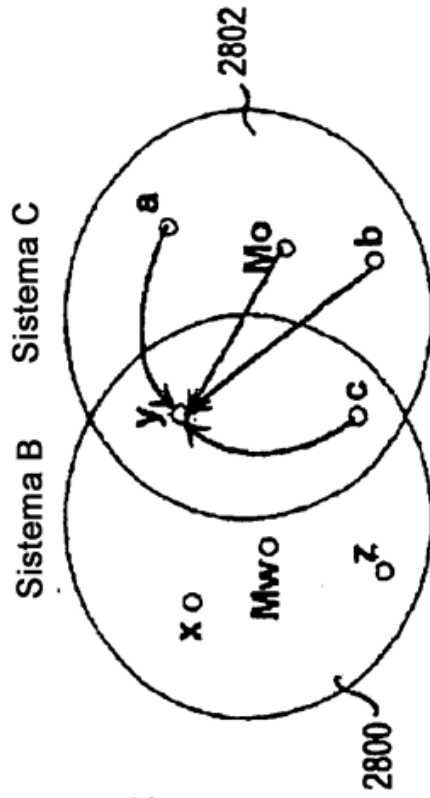


Todas las señales de IPP se detectan débilmente por x

$$AS(B) = \{Mw, x, y, z\}$$

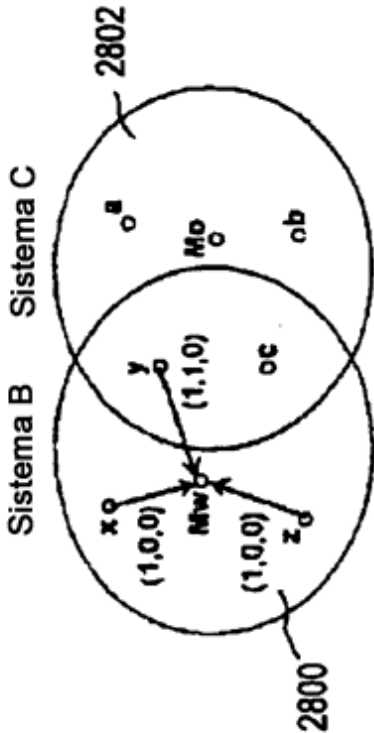
$$AS(C) = \{Mo, a, b, c\}$$

FIG. 28B



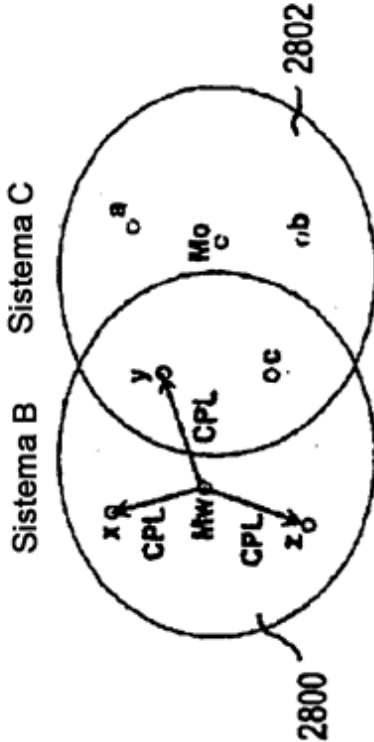
Algunas señales de IPP se detectan intensamente por y

FIG. 29A



Los nodos notifican IIV al maestro

FIG. 29C



El maestro difunde la CPL

Lista de PHY de coexistencia (CPL) de AS(B)

nodo	B	C	A
Mw	10	11	0
x	10	0	0
y	10	11	0
z	10	0	0

FIG. 29B

FIG. 29D

IIV = {10,00,00} → Patrón 5:

D1	D2	B	B	B	B	B	B	B	B
----	----	---	---	---	---	---	---	---	---

IIV = {10,11,00} → Patrón 17:

D1	D2	B	C	C	B	C	C	B	C
----	----	---	---	---	---	---	---	---	---

FIG. 30A

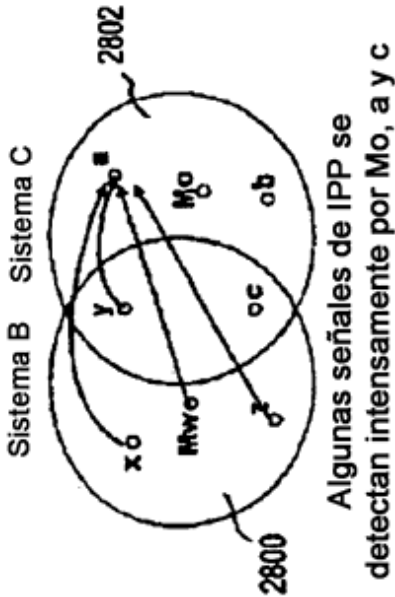
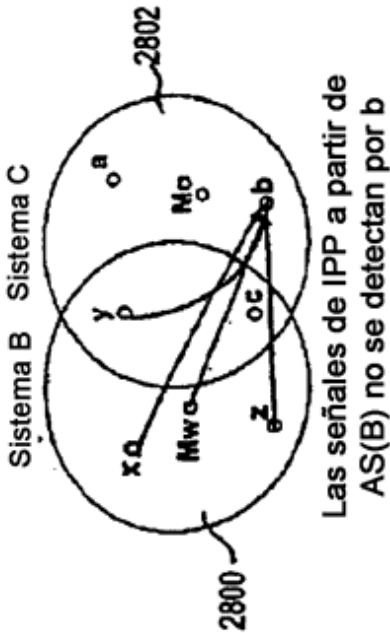


FIG. 30B



Lista de PHY de coexistencia (CPL) de AS(C)

Nodo	B	C	A
Mo	10	11	0
a	10	10	0
b	0	10	0
c	10	10	0

FIG. 30C

IIV = {00,10,00} → Patrón 6:

D1	D2	C	C	C	C	C	C	C	C
----	----	---	---	---	---	---	---	---	---

IIV = {10,10,00} → Patrón 2:

D1	D2	B	C	C	B	C	C	B	C
----	----	---	---	---	---	---	---	---	---

IIV = {10,11,00} → Patrón 17:

D1	D2	B	C	C	B	C	C	B	C
----	----	---	---	---	---	---	---	---	---

FIG. 30D

FIG. 31A

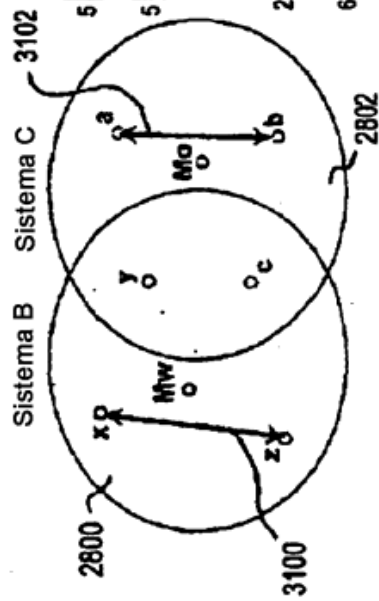


FIG. 31B

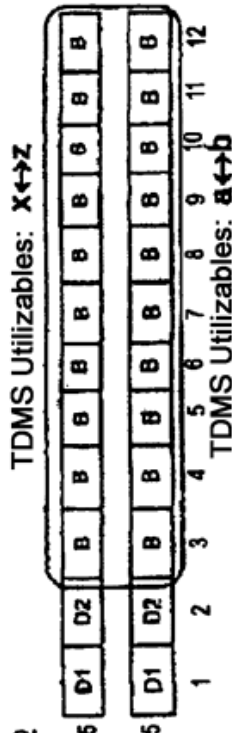


FIG. 31C

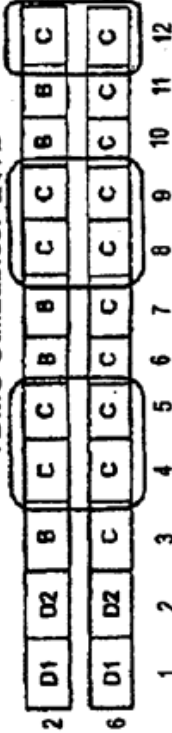


FIG. 31D

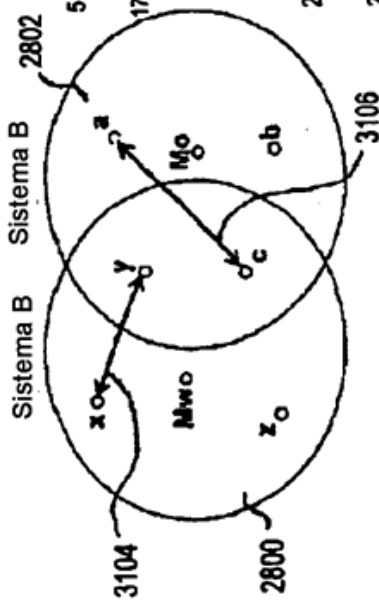


FIG. 31E

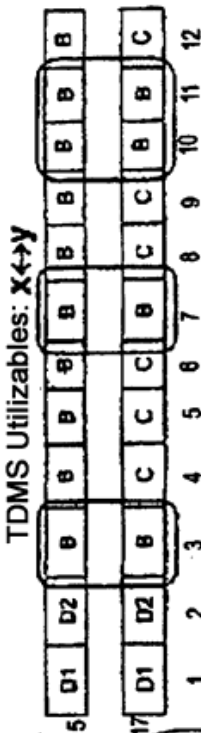


FIG. 31F

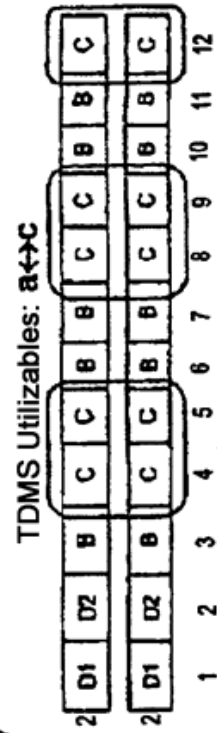


FIG. 32

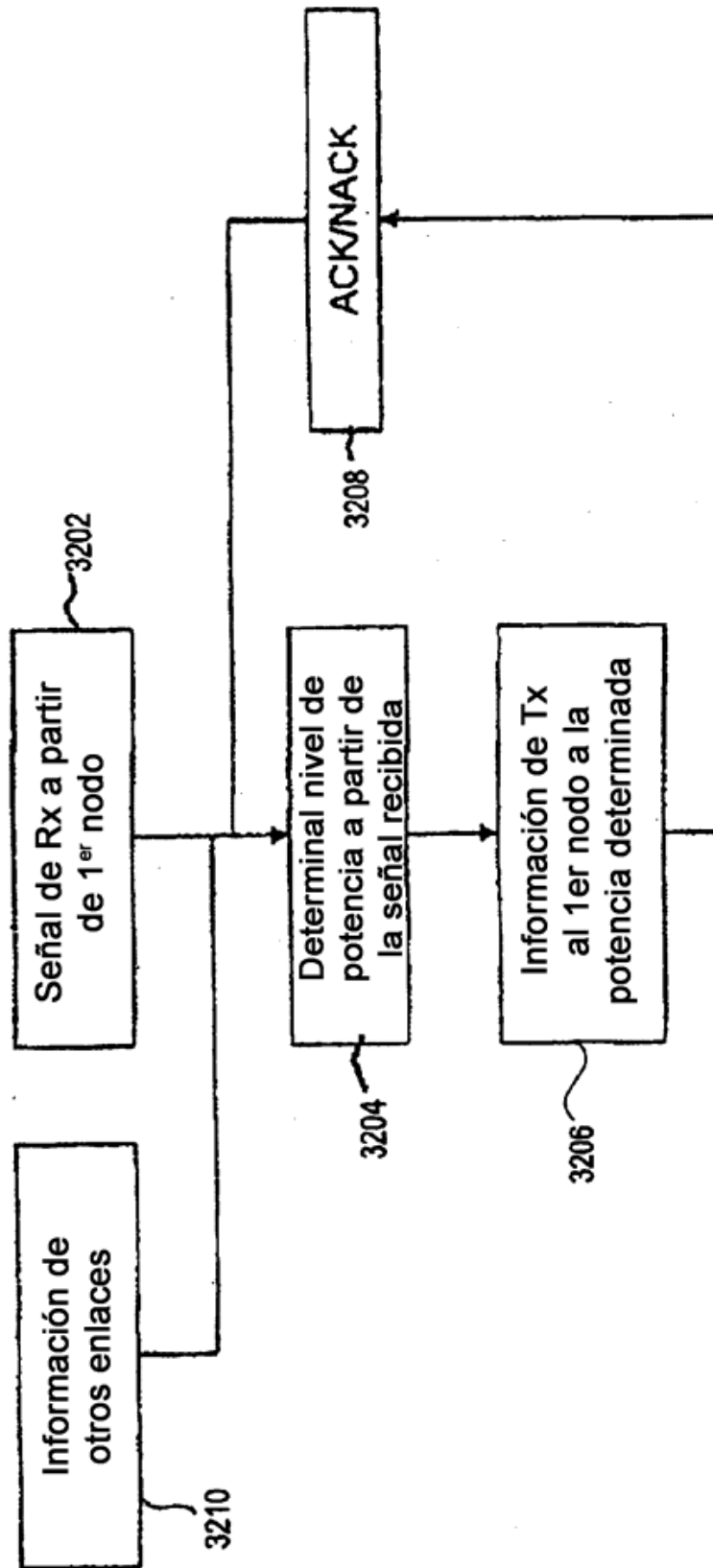


FIG. 33

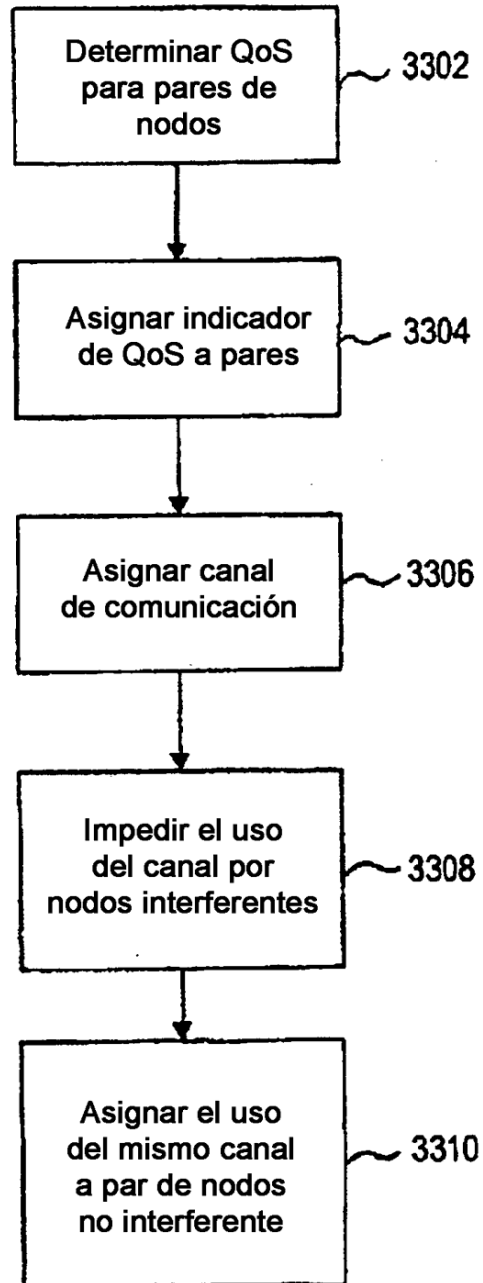


FIG. 34

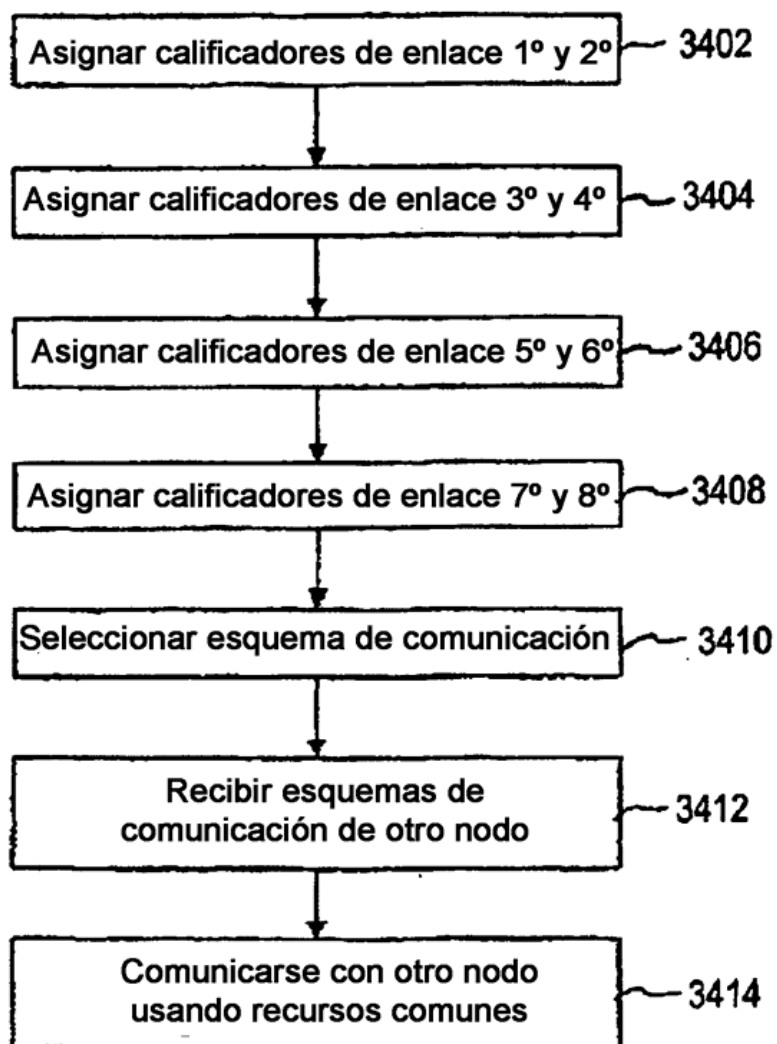


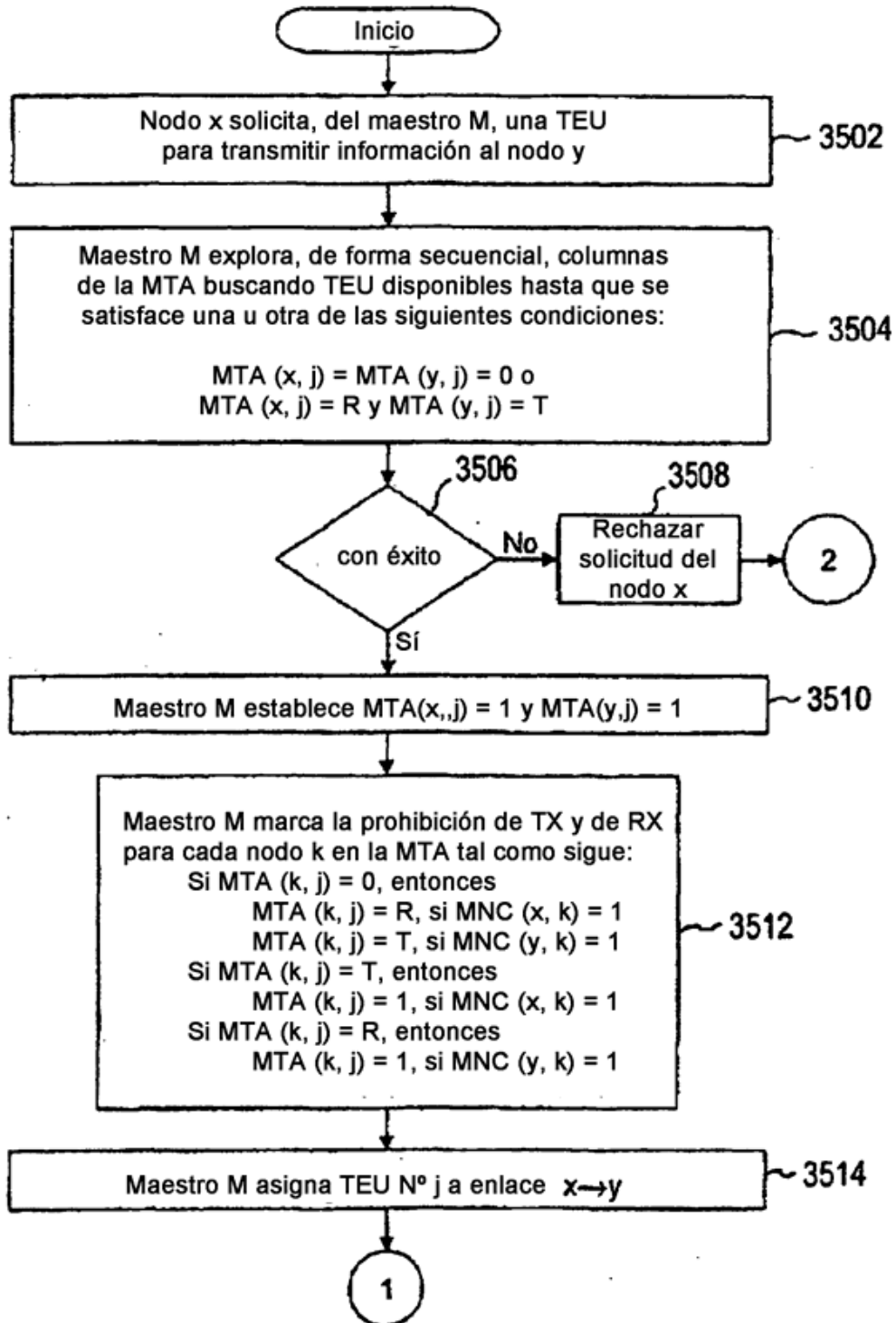
FIG. 35A

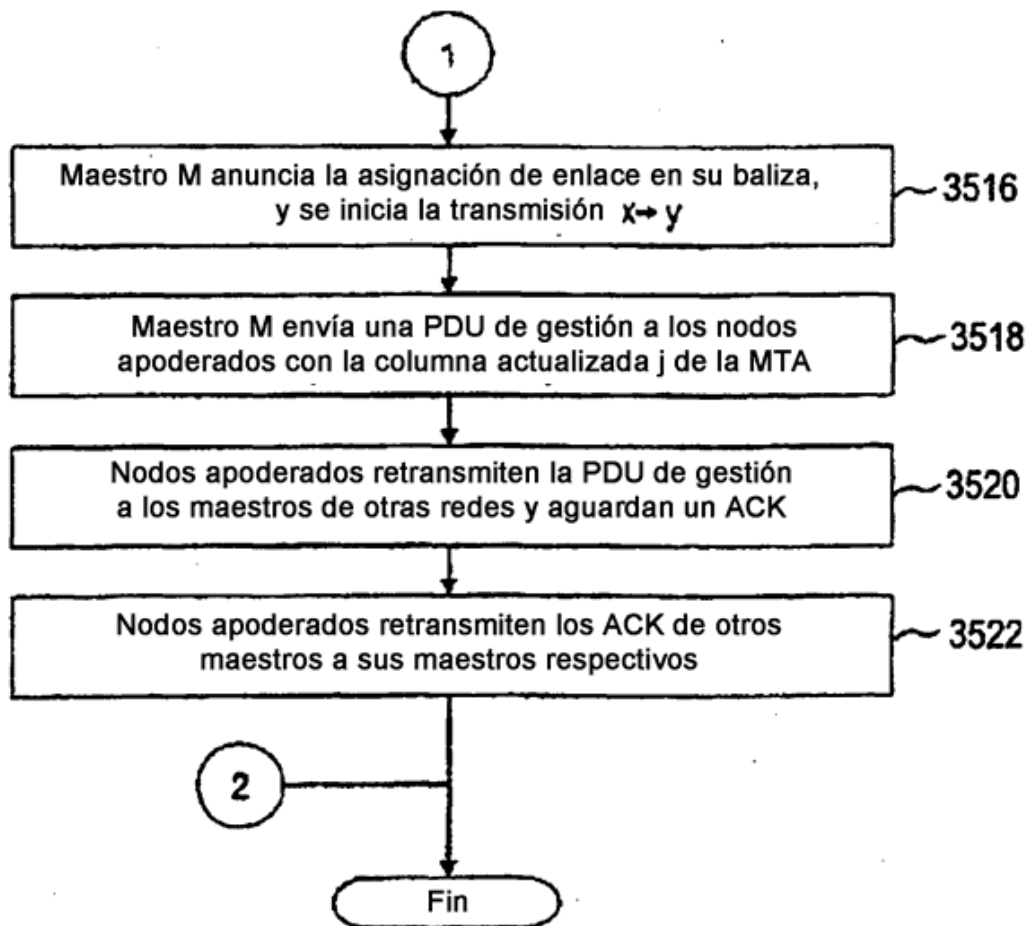
FIG. 35B

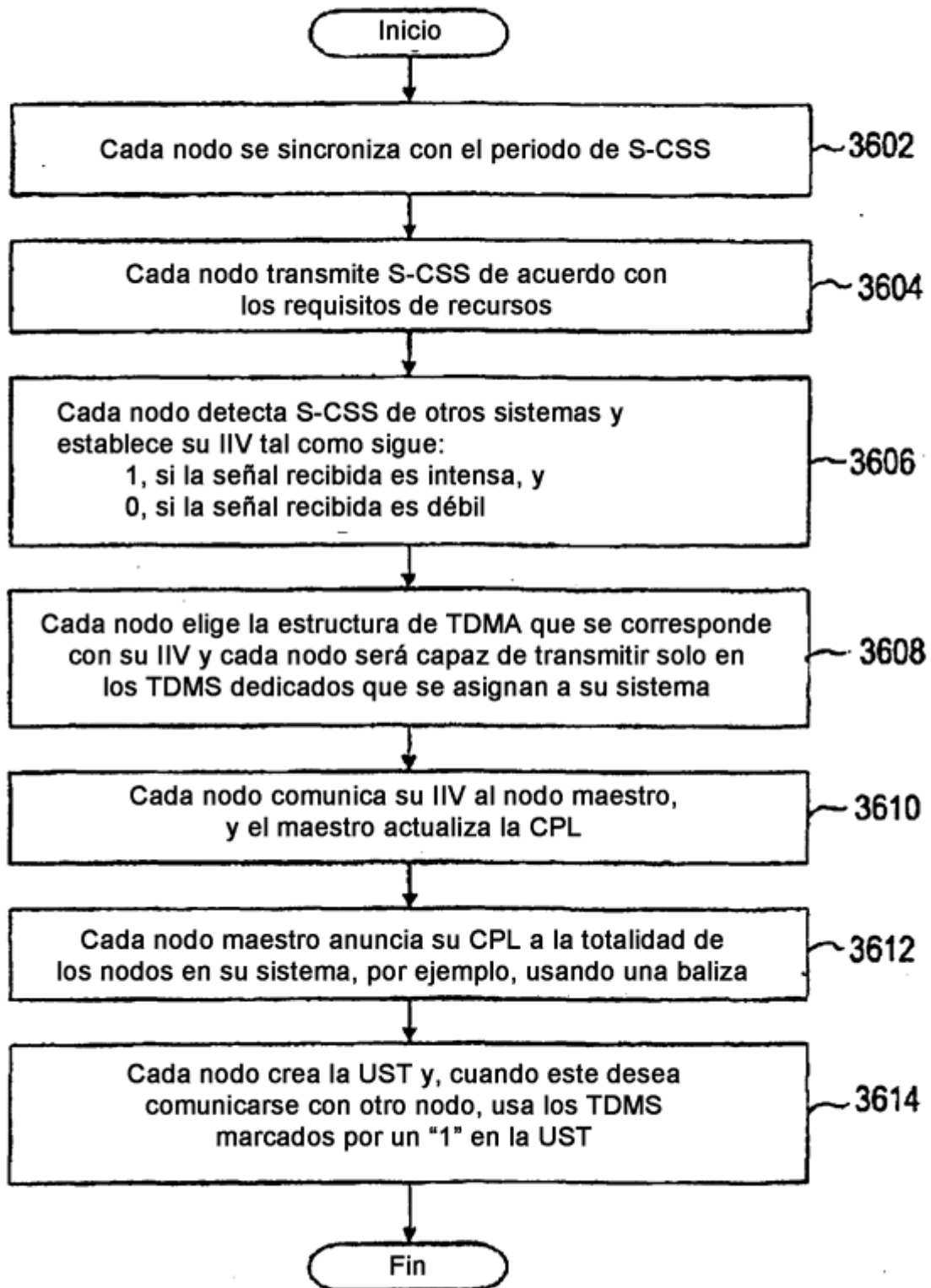
FIG. 36

FIG. 37A

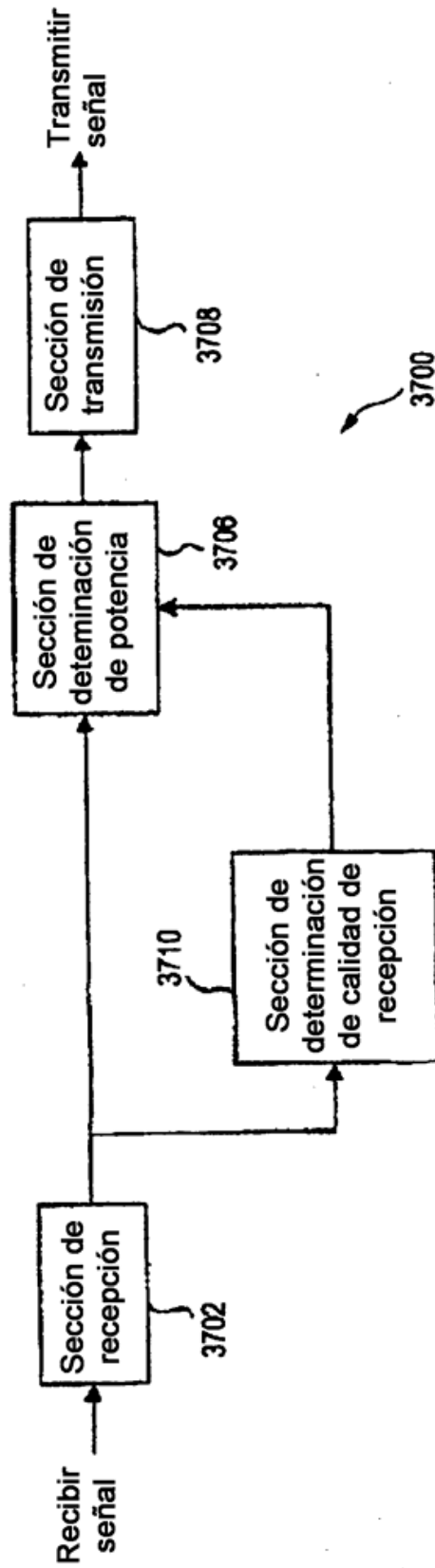


FIG. 37B

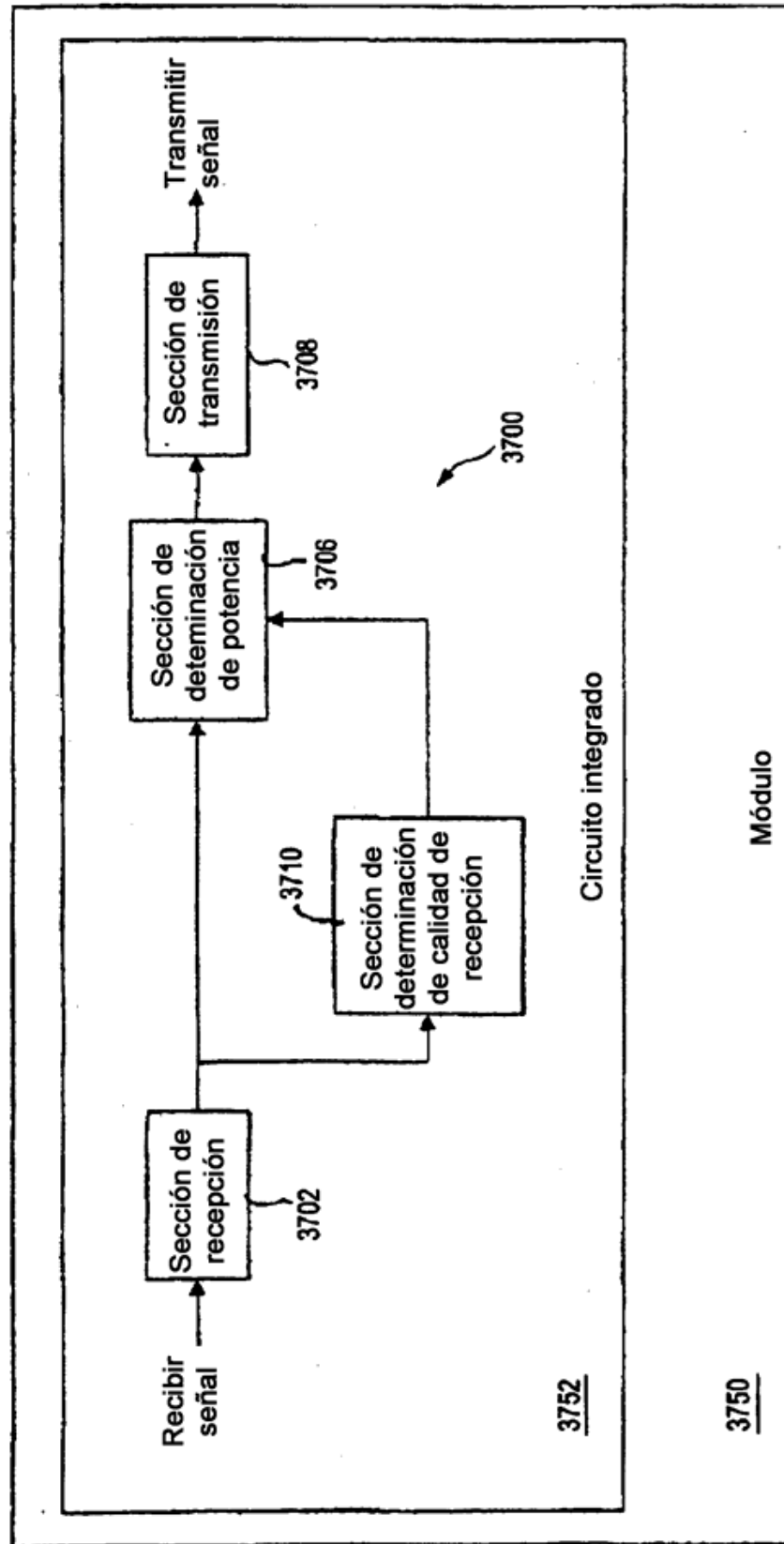


FIG. 38A

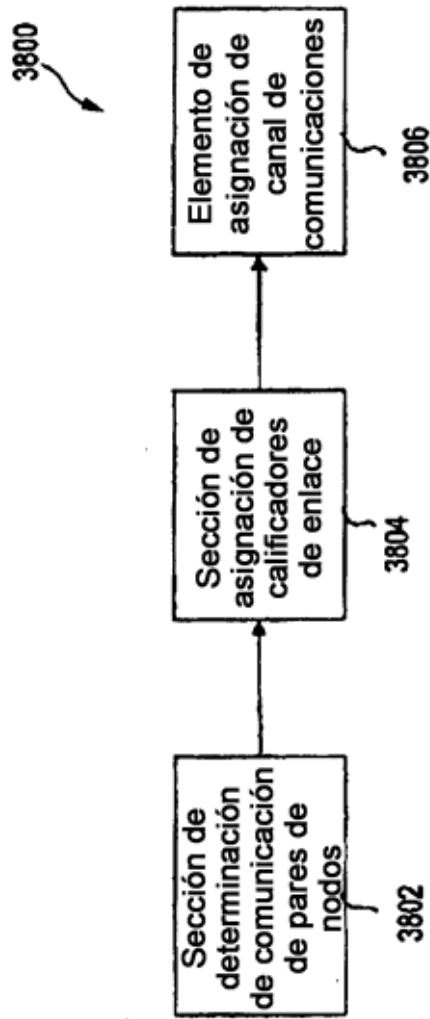
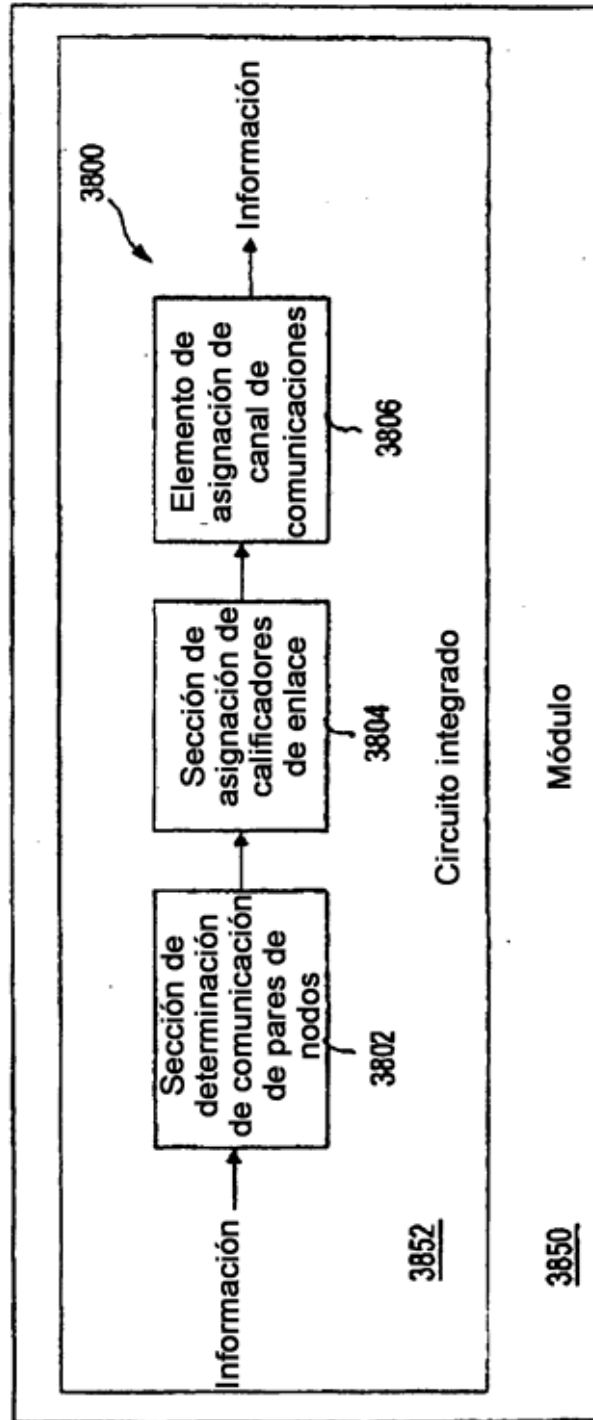


FIG. 38B



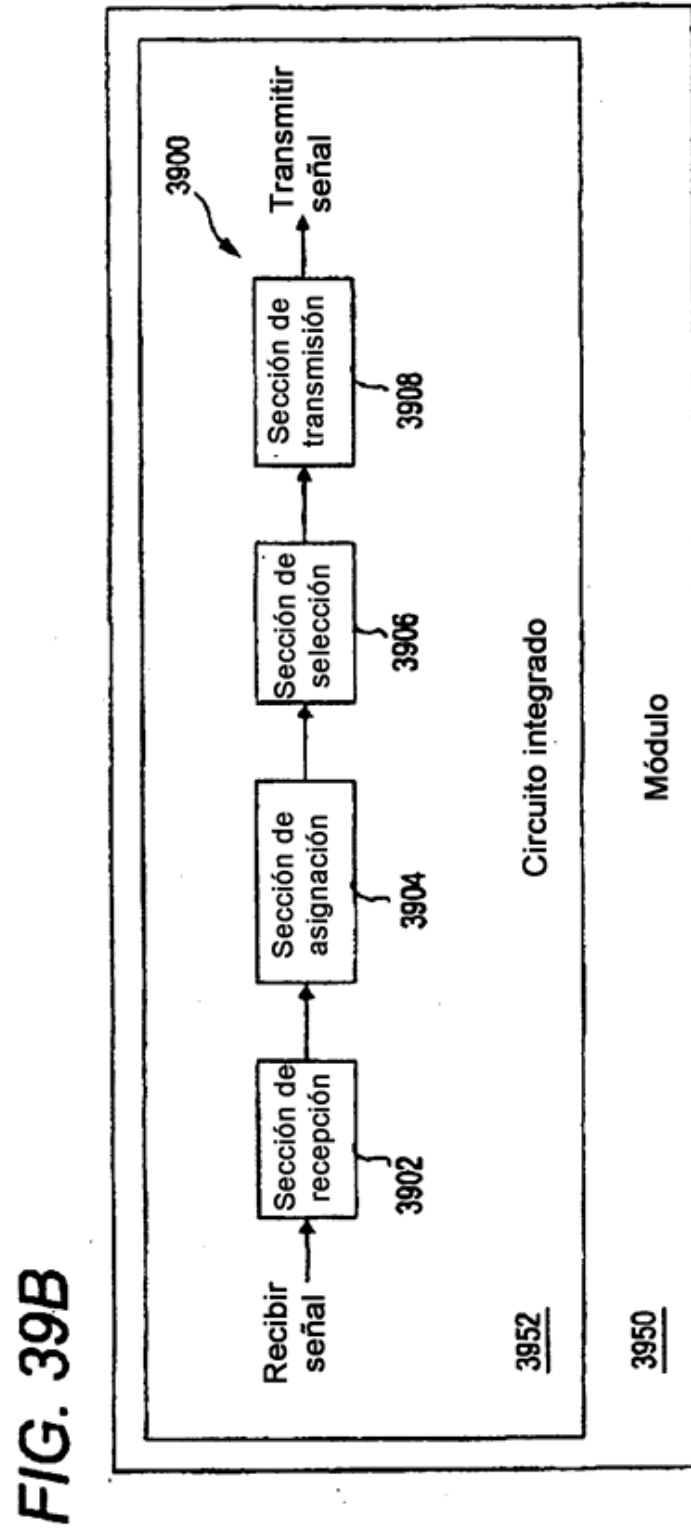
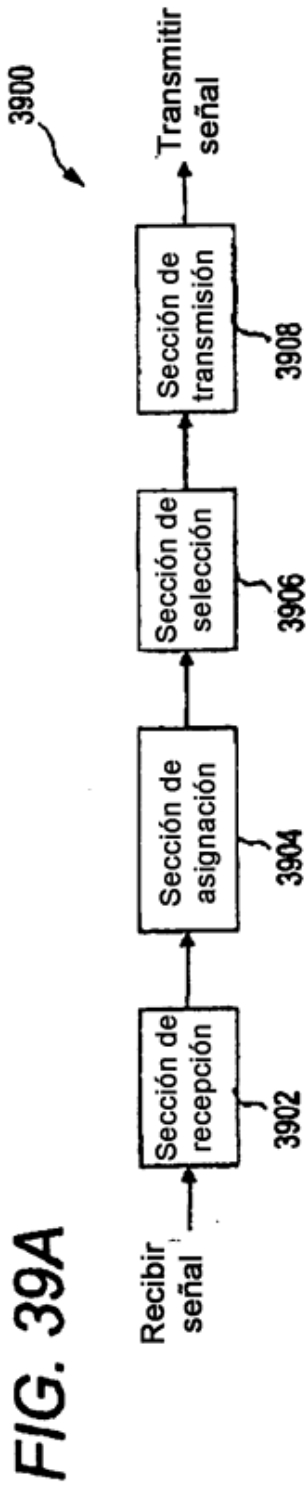


FIG. 40

