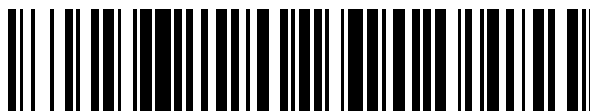


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 571**

51 Int. Cl.:

H04W 74/08 (2009.01)

H04W 56/00 (2009.01)

H04W 84/18 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.08.2012 E 12180728 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 2560453**

54 Título: **Procedimiento para la organización de la red**

30 Prioridad:

19.08.2011 DE 102011081269

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

11.05.2020

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastraße 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**HUPP, JÜRGEN;
WINDISCH, THOMAS y
FLÜGEL, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 759 571 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

Procedimiento para la organización de la red

5

[0001] La presente invención se refiere a transmisores y receptores para transmitir paquetes de datos a través de un canal multiplexado en el tiempo, un procedimiento para transmitir paquetes de datos, un procedimiento para recibir paquetes de datos y un programa informático correspondiente. La presente invención se refiere en particular a medidas para mejorar los efectos de colisiones de paquetes de datos enviados por diferentes transmisores a través del canal multiplexado en el tiempo durante la misma ranura de tiempo.

10

[0002] La transmisión o el intercambio de datos, es decir, la información es un requisito frecuente en muchas áreas. Por ejemplo, puede ser deseable recopilar valores medidos relacionados con variables físicas desde una variedad de puntos de medición, que se distribuyen en el espacio. Además de la posibilidad de conectar los sensores individuales en los puntos de medición por medio de cables a un dispositivo central de recopilación de datos, las estrategias basadas en radio se han vuelto cada vez más importantes, principalmente por razones de coste y flexibilidad. Algunos tipos de dichos dispositivos se denominan redes de sensores, entre otras cosas. Una red de sensores es un sistema de nodos de sensores distribuidos espacialmente, que interactúan de forma independiente entre sí y también con la infraestructura existente por radio, dependiendo de la aplicación. Esto sirve para adquirir, procesar, reenviar y suministrar información y/o datos del mundo físico. Las redes de sensores pueden diferir en el tipo de red, la topología y la dirección del flujo de datos, por ejemplo.

15

20

[0003] La figura 1 muestra como ejemplo una vista topológica esquemática de una red de sensores inalámbricos 1. La red de sensores 1 comprende nodos de sensores 4, nodos de anclaje y/o nodos encaminadores 5 y, en el ejemplo que se muestra aquí, una transferencia de red, es decir, el nodo de puerta de enlace 6. La red de sensores 1 está conectada a una red principal, es decir, una red troncal 2 a través del nodo de puerta de enlace 6. Un sistema de análisis también puede conectarse como un sistema especializado 3 a la red troncal 2.

25

[0004] En general, la topología de una red de sensores no se puede determinar de antemano y/o puede cambiar durante el funcionamiento. Una posibilidad de responder a la variabilidad de la topología de red de sensores consiste en dejar la organización de la comunicación, es decir, la topología de red a los nodos que forman la red. La comunicación, es decir, la topología de red, se organiza automáticamente por la red. Especialmente en el caso de redes de sensores basadas en radio, pero también con otras tecnologías de transmisión que se usan, puede suceder que un transmisor no tenga el alcance suficiente para poder enviar de manera fiable los datos que deben transmitirse a un receptor, que se encuentra en una distancia espacial del transmisor. En este caso, se puede proporcionar que, con muchas topologías de red, los paquetes de datos se reenvían al receptor a través de nodos intermedios (comunicación de múltiples saltos). Por lo tanto, un receptor no necesita estar en el intervalo directo (radio) del transmisor original.

35

[0005] En muchas aplicaciones, los nodos sensores normalmente funcionan con batería, por lo que la comunicación inalámbrica es un desafío especial. Dependiendo de la aplicación, los requisitos con respecto a la latencia permitida, la velocidad de transferencia de datos requerida, el número de nodos y la topología deseada se deben dilucidar y comparar con la energía disponible.

40

[0006] Existen las siguientes razones principales para el consumo de energía eléctrica en la comunicación:

45

- "Escucha inactiva" (estado listo para recibir): un nodo ha activado el receptor y está escuchando mensajes inexistentes que podrían enviarse. Esto normalmente es una de las principales fuentes o causas del consumo de energía eléctrica.

50

- "Escuchando": un nodo recibe mensajes no destinados a él.

- "Colisiones": dos paquetes enviados simultáneamente se superponen destructivamente en el receptor y deben repetirse.

- "Sobrecarga de control" (gastos de control y/o coordinación): la información de encabezado del protocolo requiere tiempo adicional para su transmisión y, por lo tanto, consume energía.

55

[0007] Debido a la energía limitada, especialmente en los dispositivos que funcionan con baterías, algunos protocolos para la comunicación de múltiples saltos en redes inalámbricas de sensores intentan coordinar sus procesos de transmisión y recepción para lograr así los ciclos de actividad más cortos posibles.

60

[0008] Varios protocolos han introducido una coordinación de temporización a través de una instancia central (maestra) en el sistema. Ejemplos de esto incluyen IEEE 802.15.4 en el llamado modo baliza o el protocolo s-net del Fraunhofer Institute for Integrated Circuits, que también se describe en la patente europea EP 1 815 650 B1.

[0009] En Michael Walther y col.: "New Concepts for a Decentralized, Self-Organizing Air-To-Air Radio Link", Conferencia de Sistemas Aviónicos Digitales (DASC), 2010 IEEE/AIAA 29, IEEE, Piscataway, NJ, EE. UU., 3 de

65

octubre de 2010, los autores proponen un nuevo esquema de acceso para una red ad hoc aeronáutica móvil (MANET). El esquema de acceso combina las ideas de patrones anidados de reutilización celular y tiempos de guarda variables. Se presenta un algoritmo para calcular los tiempos de guarda variables y se deriva un límite inferior para el tiempo de guarda promedio requerido.

5

[0010] La patente europea número EP 2 124 501 B1 describe una MANET (red móvil ad hoc) que puede incluir una pluralidad de nodos MANET, cada uno de los cuales incluye un transceptor inalámbrico, un dispositivo de determinación de posición y un controlador que coopera con el transceptor inalámbrico y el dispositivo de determinación de posición para establecer un enlace de comunicación inalámbrica con un nodo MANET adyacente basado en una implementación de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). La implementación de TDMA puede usar ranuras de tiempo sin usar un tiempo de guarda dependiente del intervalo en la misma. El controlador puede determinar además un intervalo para el nodo MANET adyacente, y planificar ranuras de tiempo para compensar un retardo de enlace en una señal recibida desde el nodo MANET adyacente basado en el intervalo determinado.

10

15 **[0011]** Otras tecnologías relacionadas se describen en:

- El número de publicación de la solicitud de patente de EE.UU. 2011/149922 A1,

20 - Simeone y col.: "Spectrum Leasing to Cooperating Secondary Ad Hoc Networks", IEEE Journal sobre áreas seleccionadas en comunicaciones, Centro de Servicio IEEE, Piscataway, EE. UU., Vol. 25, n.º 1, 1 de enero de 2008, páginas 203-213, y

25 - Laneman y col.: "Distributed space-time-coded protocols for exploiting cooperative diversity in wireless networks", IEEE Transactions on Information Theory, IEEE Press, EE. UU., Vol. 49, n.º 10, 1 de octubre de 2003, páginas 2415-2425.

[0012] La figura 2 muestra esquemáticamente una estructura de red de la red de sensores 1 y se cita para ilustrar un ejemplo de propagación tipo árbol de una señal de sincronización y/o una señal de coordinación en la red de sensores 1. La red de sensores 1 está estructurada según una topología de árbol autoorganizada. Como se ha mencionado anteriormente, se puede utilizar una sincronización temporal para permitir una comunicación con ahorro energético. Para la sincronización temporal, los nodos de sincronización transmitirán periódicamente señales baliza. Los nodos se organizan de forma independiente a lo largo de una estructura en árbol. A excepción del nodo maestro 7, cada nodo tiene un nodo padre y puede no tener nodo hijo, un nodo hijo o múltiples nodos hijos. Los ajustes dinámicos en la estructura de red pueden producirse en particular cuando hay cambios en la posición espacial y/o las condiciones de transmisión entre dos o más nodos.

30

35

[0013] El nodo principal, es decir, el nodo maestro 7 pertenece a un grupo de capas 0 y transmite periódicamente una señal baliza. Por ejemplo, el nodo maestro 7 puede definirse como el nodo maestro sobre la base de una configuración por el usuario o el administrador de red de la red de sensores 1. Otra posibilidad es que el nodo maestro 7 sea el primer nodo activado dentro de la red de sensores 1, por ejemplo, y así se transmita primero como una señal baliza. En el ejemplo ilustrado en la figura 2, hay seis nodos adicionales dentro del intervalo de recepción del nodo maestro 7, concretamente, el nodo final y/o los nodos sensores 4 con los números de identificación de nodo 1, 18 y 20 indicados dentro de los círculos, así como los nodos de anclaje 5 con los números de identificación de nodo 2, 4 y 5. Los seis nodos mencionados anteriormente con los números de identificación de nodo 1, 2, 4, 5, 18 y 20 pertenecen a un grupo de capas 1 porque son capaces de recibir la señal baliza directamente desde el nodo maestro 7. La señal baliza del nodo maestro 7 contiene al menos un elemento de información que se ha enviado desde un nodo del grupo de capas 0. Los nodos de anclaje 5 con los números de identificación de nodo 2, 4 y 5 emiten a su vez señales baliza, pero típicamente están desplazados en el tiempo en relación con la señal baliza del nodo maestro 7. La señal baliza emitida por el nodo de anclaje que tiene el número de identificación de nodo 2 es recibida por el nodo de anclaje que tiene los números de identificación de nodo 3 y 6, por ejemplo, que de este modo se asignan al grupo de capas 2. La señal baliza del nodo de anclaje que tiene el número de identificación de nodo 4 es recibida por otros dos nodos de anclaje que tienen los números de identificación de nodo 8 y 12; la señal de datos emitida por el nodo de anclaje que tiene el número de identificación de nodo 5 es recibida por los nodos finales que tienen los números de identificación de nodo 13 y 14. Como ejemplo representativo, ahora se considerará el nodo de anclaje que tiene el número de identificación de nodo 7. El nodo de anclaje que tiene el número de identificación de nodo 7 está dentro del intervalo del nodo de anclaje que tiene el número de identificación de nodo 3 y pertenece al grupo de capas 3. Dado que otro nodo final externo que tiene el número de identificación de nodo 17 también está dentro del área de recepción de un nodo que tiene el número de identificación de nodo 7, el nodo n.º 17 se asigna al grupo de capas 4 y al nodo n.º 7 es un nodo padre para el nodo n.º 17)

40

45

50

55

60

[0014] La figura 2 muestra así que el nodo maestro 7 (nodo n.º 0) transmite su información y/o señales de sincronización como nodos de la capa 0. Estas señales son recibidas por el nodo de la capa 1, que a su vez envía su información y/o señales de sincronización como nodos a la capa 1. Estas señales son recibidas por nodos de la capa 2, etc. Una estructura de trama que tiene ranuras de tiempo para las actividades de envío/recepción (periódicas) de los nodos individuales a menudo se define para enviar la información y/o señales de sincronización. Si dos nodos

65

cuyas señales pueden ser recibidas por un tercer nodo usan la ranura de tiempo para enviar, una señal de colisión puede ser recibida por un tercer nodo que usa la ranura de tiempo para enviar, puede producirse una colisión en el tercer nodo, de modo que el tercer nodo no puede recibir de manera fiable ninguna de las dos señales que se envían.

5 **[0015]** Sería deseable si los efectos de dicha situación fueran menos graves para el tercer nodo, que no tiene la oportunidad de participar en la comunicación con la red de sensores 1 porque no tiene la oportunidad de sincronizarse con la red restante. De forma adicional o alternativa, también sería deseable que la situación descrita anteriormente fuera detectable y corregible, si es posible.

10 **[0016]** La invención se define por un nodo según la reivindicación 1, un procedimiento para enviar según la reivindicación 8 y un programa informático según la reivindicación 13.

[0017] Las realizaciones de la enseñanza técnica desvelada aquí se refieren a un transmisor para enviar paquetes de datos a través de un canal multiplexado en el tiempo. El transmisor comprende un selector de ranura de tiempo para seleccionar una ranura de tiempo para enviar un paquete de datos y un selector de posición de paquete de datos para seleccionar una posición en el tiempo del paquete de datos dentro de la ranura de tiempo seleccionada, en el que la posición en el tiempo del paquete de datos se selecciona de nuevo para al menos cada ^{iésimo} paquete de datos. El transmisor se configura transmitiendo el paquete de datos en la ranura de tiempo seleccionada y en la posición en el tiempo del paquete de datos seleccionado dentro de la ranura de tiempo seleccionada.

20 **[0018]** Realizaciones adicionales de la enseñanza técnica desvelada aquí proporcionan un receptor para recibir paquetes de datos a través de un canal multiplexado en el tiempo. El receptor comprende un analizador de ranuras de tiempo para verificar si se han recibido paquetes de datos de más de un transmisor durante una ranura de tiempo de una trama actual o durante al menos una ranura de tiempo correspondiente de una trama anterior. La ranura de tiempo y la al menos una ranura de tiempo correspondiente de la al menos una trama anterior se subdividen, de modo que un paquete de datos dentro de la ranura de tiempo o dentro de la ranura de tiempo correspondiente puede estar presente en una de al menos dos posiciones en el tiempo diferentes de paquetes de datos. El receptor también comprende un generador de información de ranura de tiempo para generar información de ranura de tiempo, que indica si la ranura de tiempo o la ranura de tiempo correspondiente de al menos una de las tramas anteriores está recibiendo paquetes de datos de más de un transmisor, y también comprende un dispositivo de envío de información de ranura de tiempo para enviar la información de ranura de tiempo.

[0019] En realizaciones de la enseñanza técnica divulgada, se pone a disposición un procedimiento para enviar paquetes de datos a través de un canal multiplexado en el tiempo. Este procedimiento comprende seleccionar una ranura de tiempo para enviar un paquete de datos, seleccionar una posición en el tiempo del paquete de datos dentro de la ranura de tiempo seleccionada, en el que la posición en el tiempo del paquete de datos se selecciona nuevamente para al menos cada ^{iésimo} paquete de datos a enviar, y el procedimiento también comprende enviar el paquete de datos durante la ranura de tiempo seleccionada y en la posición en el tiempo del paquete de datos seleccionado dentro de la ranura de tiempo seleccionada.

40 **[0020]** Realizaciones adicionales de la enseñanza técnica divulgada ponen a disposición un procedimiento para recibir paquetes de datos a través de un canal multiplexado en el tiempo. Este procedimiento comprende recibir un paquete de datos, que se asigna al transmisor que envía el paquete de datos, durante una ranura de tiempo, dicha ranura de tiempo que se subdivide, de modo que un paquete de datos dentro de la ranura de tiempo puede producirse en una de al menos dos posiciones en el tiempo diferentes de paquetes de datos. Este procedimiento también incluye verificar si un paquete de datos, que se ha enviado desde un transmisor diferente al paquete de datos actual, se ha recibido dentro de la ranura de tiempo o una ranura de tiempo correspondiente de al menos una trama anterior. Además, el procedimiento comprende enviar información de ranura de tiempo si el transmisor que envía el paquete de datos actual y el al menos otro transmisor usan la misma ranura de tiempo, o la al menos una trama anterior usa la misma ranura de tiempo correspondiente para enviar paquetes de datos.

[0021] La enseñanza técnica desvelada en el presente documento reduce el riesgo de colisiones permanentes repetidas de transmisión de datos de dos transmisores diferentes dentro de una ranura de tiempo. En particular, el punto en el tiempo dentro de una ranura de tiempo para la transmisión de datos por un transmisor puede variar de un momento a otro, de modo que un transmisor diferente que use la misma ranura de tiempo puede transmitir en un punto diferente en el tiempo dentro de la ranura de tiempo, resultando al menos en que la señal de uno de los dos transmisores sea pueda recibir y sea analizable por el receptor. La enseñanza técnica aquí desvelada proporciona un procedimiento por el cual se pueden detectar las ocupaciones dobles y/o múltiples de una ranura de tiempo dentro de la red, así como las llamadas colisiones deslizantes de redes independientes y, de modo que, en particular, los fallos de radio permanentes totales no se producen.

[0022] A continuación, se describen las realizaciones de la presente invención más en detalle con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

65 la figura 1 muestra un diagrama de red esquemático de una red de sensores que tiene una red troncal conectada y un

sistema especializado;

la figura 2 muestra un diagrama de red esquemático como ejemplo de una propagación tipo árbol de una señal de sincronización y/o una señal de coordinación;

5

la figura 4 muestra un ejemplo esquemático de la asignación de un detalle de la estructura de trama de la figura 3;

la figura 5 muestra un diagrama esquemático de un paquete de datos, que se usa para la comunicación dentro de la red de sensores;

10

la figura 6 muestra una ocupación de ranura de tiempo esquemática de los nodos de la red de sensores para transmitir su señal de sincronización y/o señal de coordinación;

la figura 7 muestra un detalle esquemático de la figura 2 para ilustrar la realización de la propagación tipo árbol de una señal de sincronización y/o una señal de coordinación en la red de sensores;

15

la figura 8 muestra una ilustración de la deriva de dos redes de sensores independientes con colisiones deslizantes;

la figura 9 muestra un diagrama esquemático con respecto a la introducción de subranuras, una de las cuales se selecciona para enviar un paquete de datos;

20

la figura 10 muestra un diagrama esquemático de la deriva de dos redes de sensores independientes que tienen colisiones deslizantes cuando se usa la enseñanza técnica desvelada en el presente documento;

25 la figura 11 muestra un gráfico de la probabilidad de recepción en función de la probabilidad de transmisión para una determinada posición en el tiempo del paquete de datos dentro de una ranura de tiempo para diferentes condiciones;

la figura 12 muestra un diagrama esquemático de un transmisor según una realización de la enseñanza técnica desvelada en el presente documento;

30

la figura 13 muestra un diagrama de bloques esquemático de un transmisor según otra realización de la enseñanza técnica desvelada en el presente documento;

la figura 14 muestra un diagrama de bloques esquemático de un receptor según una realización de la enseñanza técnica desvelada en el presente documento;

35

la figura 15 muestra un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento para transmitir según una realización de la enseñanza técnica desvelada en el presente documento; y

40 la figura 16 muestra un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento para recibir según una realización de la enseñanza técnica desvelada en el presente documento.

[0023] Antes de analizar la enseñanza técnica desvelada en el presente documento en detalle a continuación sobre la base de los dibujos, primero debe señalarse que los elementos idénticos o aquellos que tienen las mismas o similares funciones en las figuras están etiquetados con los mismos números de referencia o similares de modo que la descripción de los elementos en las diversas realizaciones puede ser intercambiable y/o puede aplicarse mutuamente.

45

[0024] La enseñanza técnica desvelada en el presente documento describe dispositivos y procedimientos que pueden usarse para la comunicación entre los nodos de una red de sensores 1 (véase la figura 1). Para minimizar la complejidad de la configuración para un usuario o administrador de una red de sensores y/o permitir un ajuste flexible de la red de sensores a la topología de red cambiante, se implementa un procedimiento de organización descentralizado (procedimiento de autoorganización) en algunas arquitecturas de redes de sensores, en el que un nodo selecciona automáticamente la ranura de tiempo para su propia transmisión a partir de la información (por ejemplo, información de ocupación) que ha recibido de sus nodos precursores y/o vecinos. Además, tiene oportunidades para analizar la intensidad de la señal recibida (opciones de escaneo RSSI; RSSI = indicación de intensidad de la señal recibida), en el sentido de que el nodo escucha en el canal de radio y detecta cualquier intensidad de la señal que pueda estar presente. Por ejemplo, se pueden definir ranuras de tiempo separadas para cada una de las capas individuales que se muestran en la figura 2. Por lo tanto, los nodos en la misma capa usarían solo las ranuras de tiempo que se proporcionan para esta capa como corresponde.

55

60

[0025] La figura 3 muestra esquemáticamente una estructura de trama 15 para la sincronización temporal de la red. Con la sincronización, se pueden lograr ciclos de actividad muy cortos para los procesos de transmisión y recepción. Dado que la transmisión y la recepción típicamente constituyen el mayor consumo energético por parte de los nodos, mediante ciclos de actividad cortos se pueden lograr grandes ahorros de energía. Como ya se ha explicado

65

- junto con la figura 2, la sincronización temporal se envía desde el nodo maestro 7 (que tiene el número de identificación de nodo 0 en la figura 2). Para hacerlo, el nodo maestro 7 envía paquetes de control de protocolo con los que los nodos circundantes se sincronizan en la recepción. Los nodos que reciben la señal directamente desde el nodo maestro 7 forman el grupo de capas 1. Cada nodo en el grupo de capas 1 a su vez envía paquetes de sincronización con los que se sincronizan los nodos del grupo de capas 2 que han recibido los paquetes de sincronización, etc. Todo ello conduce a una estructura en árbol sincronizada y en red. El final de una bifurcación se alcanza en un nodo final 4. Este tipo de nodo típicamente no transmite una señal baliza, o una señal baliza transmitida por él no es recibida por un nodo que aún no está asignado a un grupo de capas.
- 10 **[0026]** Los nodos finales 4 son típicamente los nodos sensores de la red de sensores 1. Sin embargo, también es posible que los nodos de anclaje 5 y/o los nodos de puerta de enlace 6 tengan una funcionalidad de sensor.
- [0027]** La calidad de la conexión de red se puede monitorizar (de forma continua) y la topología de red se puede ajustar dinámicamente si es necesario. En este caso, un nodo selecciona otro nodo precursor y/o padre para recibir el paquete de sincronización si la señal de sincronización enviada desde este nodo padre a otros nodos padres se recibe mejor que desde los nodos padres usados previamente.
- 15 **[0028]** La comunicación de datos entre nodos típicamente es bidireccional. Típicamente, para la comunicación de datos en la transmisión de datos útiles se usan preferiblemente las mismas rutas de comunicación que las que resultan de la sincronización. Esto típicamente conduce a la formación de una estructura en árbol, que también se puede usar con respecto a la transmisión de datos útiles dentro de la red de sensores 1.
- [0029]** Además, con muchos tipos de sensores, los datos también se pueden intercambiar entre los nodos, que se encuentran mutuamente dentro de los intervalos de transmisor respectivos. Esta transferencia de datos dentro de una malla de red (transferencia de datos en malla) puede ser independiente de la topología de sincronización y el grupo de capas. Por lo tanto, también es utilizado por muchos protocolos de red para obtener información del entorno circundante. De esta manera, un nodo puede recopilar información sobre sus vecinos de radio.
- 25 **[0030]** Para la sincronización temporal, todos los nodos pueden seguir una trama periódica 15. Una trama 15 comprende varias regiones activas, los llamados dominios. Cada dominio cumple una tarea típica. Por ejemplo, un protocolo puede comprender los siguientes tres dominios:
- Dominio de balizas 16: Un dominio del tiempo para enviar y recibir paquetes de sincronización y para la comunicación de datos en la dirección de los nodos finales. El intervalo de baliza sirve para sincronizar los nodos a tiempo con el comienzo exacto de la trama 15, que es iniciada por el maestro 17 y comienza al mismo tiempo para todos los nodos.
 - Dominio de datos 17: Dominio del tiempo para enviar y recibir paquetes de datos en la dirección del nodo maestro 7.
 - Dominio de datos en malla 18: Dominio del tiempo para enviar y recibir datos dentro de la célula radio de un nodo y para extraer información del entorno circundante.
- 35 **[0031]** Un dominio se subdivide en intervalos de tiempo para grupos de capas. Las capas individuales se sincronizan para funcionar sin colisión de esta manera. Cada grupo de capas se subdivide a su vez en múltiples ranuras de tiempo de envío/recepción.
- [0032]** La figura 4 muestra un posible dominio de balizas 16 a modo de ejemplo: se definen tres grupos de capas 26, 27 y 28, cada uno con cuatro ranuras de tiempo de envío/recepción. Por ejemplo, el grupo de capas 26 para la capa 0 tiene las cuatro ranuras de tiempo de envío/recepción 30, 31, 32, 33. El nodo maestro 7 selecciona una ranura de tiempo de envío/recepción no asignada en el grupo de capas 0 (número de referencia 26) para enviar su paquete de sincronización. Un nodo posterior, por ejemplo, el nodo n.^o 2 en la figura 2, recibe este paquete y, a su vez, envía un paquete de sincronización en una ranura de tiempo de la ranura de tiempo 27, que se proporciona para el grupo de capas 1. La figura 4 ilustra la situación para un nodo de anclaje del grupo de capas 2 que recibe el paquete de sincronización 51 transmitido por el nodo del grupo de capas 1, por ejemplo, durante la primera ranura de tiempo del intervalo de tiempo 27 para el grupo de capas 1. Este nodo del grupo de capas 2 a su vez envía un paquete de sincronización 52 en una ranura de tiempo del intervalo de tiempo 28 para el grupo de capas 2.
- 50 **[0033]** La longitud de una trama y el número de grupos de capas y de ranuras de tiempo de envío/recepción se pueden configurar según los requisitos de la aplicación.
- [0034]** La figura 5 muestra esquemáticamente el diseño de un paquete de datos de la capa física del modelo de capa OSI. La capa física (PHY) representa la capa de protocolo más baja directamente sobre el dispositivo de radio físico (emisor/receptor, es decir, transceptor). El paquete de datos que se muestra aquí puede ser el paquete de datos 51 de la figura 4, por ejemplo, o puede ser otro paquete de datos enviado por uno de los nodos de red. El paquete de datos 51 comprende un campo de preámbulo y un campo de sincronización 53, un campo de especificación de longitud 54, una unidad de datos de protocolo (PDU) 55 de una capa de control de acceso al medio (MAC) y un campo de suma de comprobación 56.
- 65

[0035] Como se indica junto con la figura 4, un nodo selecciona automáticamente la ranura de tiempo para su propia transmisión a partir de la información (por ejemplo, información de ocupación), que recibe de los nodos precursores y/o sus nodos vecinos en un procedimiento de organización descentralizado (procedimiento de autoorganización). En la práctica, puede suceder que los nodos de la misma capa busquen casualmente la misma ranura de tiempo. La figura 6 muestra esquemáticamente la ocupación de ranura de tiempo de los nodos para transmitir su señal de sincronización, es decir, la señal de coordinación. Según la situación representada en la figura 6, los nodos n.º 3 y n.º 8 han seleccionado la ranura de tiempo "ranura 1" de la capa 2. Por ejemplo, si el nodo n.º 7 está en el intervalo de transmisión del nodo n.º 3, así como en el intervalo de transmisión del nodo n.º 8, pueden producirse colisiones de paquetes de datos transmitidos por los nodos n.º 3 y n.º 8 en el nodo posterior n.º 7. Las colisiones de paquetes en el receptor pueden provocar paquetes no válidos, que luego se descartan.

[0036] Estos nodos ya no son capaces de recibir un nodo predecesor, lo que puede provocar que pierdan su sincronización con el resto de la red y ya no puedan almacenar datos. La figura 7 muestra nuevamente una colisión de paquetes de datos en el nodo n.º 7 en una presentación esquemática diferente. Comenzando desde el nodo maestro 7 con el nodo n.º 0, un paquete de datos de sincronización se transmite y es recibido por los nodos n.º 2 y n.º 4 del grupo de capas 1, entre otros. A continuación, un paquete de datos de sincronización enviado por el nodo n.º 2 es recibido por los nodos n.º 3 y n.º 6 del grupo de capas 2, el nodo n.º 3 de los cuales será considerado más a fondo aquí. Del mismo modo, un paquete de datos enviado por el nodo n.º 4 es recibido por el nodo n.º 8. Nodos n.º 3 y n.º 8 derivan de los paquetes de datos de sincronización recibidos que ambos pertenecen al grupo de capas 2, por lo que a su vez envían sus paquetes de sincronización dentro del intervalo de tiempo 28 (figura 4), que está reservado para el grupo de capas 2. Con los procedimientos actuales, la elección de la ranura de tiempo dentro del intervalo de tiempo 28 se realiza una vez aleatoriamente para cada nodo. Si los nodos n.º 3 y n.º 8 buscan la misma ranura de tiempo dentro del intervalo de tiempo 28 para el grupo de ranura de tiempo 2, entonces hay una colisión de los paquetes de datos enviados por cada uno en el nodo 7, como se indica en la figura 7. Dado que el nodo n.º 7 no puede incorporarse a la red por falta de oportunidad de recibir paquetes de sincronización, el nodo n.º 7 tampoco puede entregar ningún acuse de recibo al nodo n.º 3 y/o al nodo n.º 8. La enseñanza técnica divulgada aquí también se refiere al tratamiento de dichas situaciones, entre otras cosas.

[0037] Además de dicha ocupación doble dentro de una red, las llamadas colisiones deslizantes también pueden producirse con redes independientes. Típicamente son causadas por bases de tiempo independientes en sistemas con una pequeña diferencia de baja frecuencia. Las ranuras de tiempo de los sistemas independientes, por lo tanto, derivan una hacia la otra y en algunos puntos hay una superposición en el tiempo y, por lo tanto, se produce la interferencia. La figura 8 muestra esquemáticamente dicha deriva de dos sistemas con colisión deslizante. En el sistema 1, un nodo envía un paquete de datos de sincronización durante el intervalo de tiempo para el grupo de capas 2 dentro de la segunda ranura de tiempo, por ejemplo. En un segundo sistema y/o red radio, un nodo también envía un paquete de datos de sincronización durante la segunda ranura de tiempo del grupo de capas 2. Debido a las diferentes bases de tiempo de los dos sistemas, la recepción de ambos paquetes de datos todavía puede tener éxito inicialmente, en particular cuando el segundo sistema, es decir, la red radio está un poco retardada en comparación con el primer sistema, es decir, la red radio, por ejemplo. Sin embargo, debido a las diferencias en los relojes de los dos sistemas, es decir, la red radio, puede suceder que el sistema 2 alcance el sistema 1, de modo que los dos paquetes de datos TX1 y TX2 se superpongan. Esta situación de una colisión deslizante también se puede tener en cuenta mediante la enseñanza técnica desvelada en el presente documento.

[0038] La figura 9 ilustra esquemáticamente la estrategia propuesta según la enseñanza técnica desvelada en el presente documento. En principio, la clasificación en las ranuras de tiempo se conserva, pero las subranuras separadas en momentos separados, que representan posibles posiciones en el tiempo de paquetes de datos dentro de las ranuras de tiempo, se definen para enviar la información, es decir, los paquetes de datos, dentro de los intervalos. La figura 9 muestra solo el intervalo para el grupo de capas 2, es decir, el intervalo de tiempo 28 de la figura 4, como un detalle con el propósito de ilustración. La porción superior de la figura 9 muestra un esquema de ranura de tiempo, que actualmente es habitual, y la parte inferior de la figura 9 muestra un esquema de ranura de tiempo que usa la enseñanza técnica desvelada en el presente documento.

[0039] Un nodo selecciona una subranura, es decir, una posición en el tiempo del paquete de datos para la transmisión de la información según un principio aleatorio antes de cada *i*ésima transmisión de un paquete de datos o al menos un paquete de datos de sincronización. En el ejemplo representado en la figura 9, cada ranura de tiempo comprende dos subranuras, es decir, dos posibles posiciones de paquetes de datos. En la primera ranura de tiempo, el nodo n.º 6 puede enviar su paquete en una primera subranura o en una segunda subranura. Se produce una selección aleatoria renovada de la subranura al menos una vez cada *i* operaciones de transmisión. Una selección aleatoria de la subranura puede producirse nuevamente en particular con cada proceso de transmisión ($i = 1$). Cabe destacar que realizar una selección aleatoria renovada de la subranura no necesariamente conlleva un cambio en la subranura debido a la aleatoriedad fundamental. Además de una selección aleatoria de la subranura, también es concebible que cada nodo de red determine la subranura respectiva en la que se enviará un paquete de datos según un esquema predeterminado, en el que esta determinación de subranura se realiza de diferentes maneras por los diversos nodos de redes. Esto hace posible impedir en gran medida dos nodos que podrían causar una colisión de paquetes de datos en un tercer nodo debido a sus posiciones espaciales, y esto les impide buscar repetidamente la

misma subranura, por lo que el tercer nodo no puede recibir ningún paquete de datos válido para un largo período de tiempo

[0040] En el ejemplo ilustrado en la figura 9, el nodo n.º 8 transmite en la primera subranura de la segunda ranura de tiempo del intervalo de tiempo 28, y el nodo n.º 3 transmite durante la segunda subranura. De esta manera, al menos el paquete de datos enviado por el nodo n.º 8 se puede recibir en el nodo n.º 7, si el nodo n.º 7 está dentro del intervalo de transmisión del nodo n.º 8. En algunas circunstancias, el paquete de datos del nodo n.º 3 enviado durante la segunda subranura también se puede recibir en el nodo 7.

[0041] Debido a la reelección relativamente frecuente de la subranura respectiva, hay ciertas probabilidades de una colisión dentro de la ranura de tiempo correspondiente. Suponiendo que se proporcionan dos subranuras por ranura de tiempo y que dos nodos que transmiten juntos paquetes de datos que posiblemente podrían colisionar entre sí han seleccionado la misma ranura de tiempo, entonces estas probabilidades de colisión son las siguientes: las colisiones se producen cuando ambos nodos transmiten en la subranura inicial o cuando ambos nodos transmiten en la subranura posterior. Si un nodo transmite en la subranura inicial y el otro nodo transmite en la subranura posterior, entonces el primer paquete de datos (al menos) puede recibirse correctamente. La siguiente tabla resume las probabilidades de recepción para el caso cuando cada nodo transmite su información, es decir, su paquete de datos, en la posición inicial con una probabilidad del 50%. Los nodos sucesores, es decir, el nodo n.º 7 en la figura 2 o la figura 7, ha seleccionado el nodo n.º 3 como el nodo precursor. En el ejemplo considerado aquí, el nodo n.º 7 es capaz de recibir solo un único paquete durante una ranura de tiempo.

Nodo n.º 3	inicial (p = 50%)	posterior (1 - p = 50%)	inicial (p = 50%)	posterior (1 - p = 50%)
Nodo n.º 8	inicial (p = 50%)	inicial (p = 50%)	posterior (1 - p = 50%)	posterior (1 - p = 50%)
Recepción en el nodo n.º 7	Probabilidad de que ambos nodos transmitir en la ranura de tiempo inicial es $0,5 \times 0,5 = 0,25$ Colisión (p = 25%)	Nodo n.º 8 se reciba (p = 25%) Predecesor incorrecto pero nodo n.º 7 puede utilizar información para conservar la sincronización	Nodo n.º 3 es recibido (p = 25%) Predecesor correcto	Colisión (p = 25%)

[0042] Así el nodo n.º 7 recibe un nodo de la red con una probabilidad de $p = 50\%$ y, por lo tanto, puede mantener la sincronización con la red. El nodo n.º 7 recibe su nodo predecesor correcto n.º 3 con $p = 25\%$ y puede llevar a cabo la comunicación de datos.

[0043] También es posible detectar colisiones deslizantes, como se muestra en la figura 10. Como en la figura 8, un sistema 2 deriva en un sistema 1. Un nodo del sistema 1, que está sincronizado con la señal TX1, puede recibir todos los paquetes TX1 en la posición de la ranura de tiempo inicial, mientras que un cierto porcentaje (por ejemplo, 50%) de los paquetes en la posición de ranura de tiempo posterior tiene interferencia debido al sistema 2 porque la señal TX2 de un nodo del sistema 2 se envía con esta probabilidad en su posición de la ranura de tiempo inicial. Un receptor que pertenece al sistema 1 puede constatar que los paquetes se reciben más a menudo en la posición de la ranura de tiempo inicial que aquellos en la posición de ranura de tiempo posterior. De este hallazgo se puede concluir que la posición de la ranura de tiempo posterior, es decir, la subranura posterior, tiene interferencia, que puede ser causada por el segundo sistema y/o la red de sensores, por ejemplo. El nodo que pertenece al sistema 1 puede detectar una colisión deslizante de esta manera.

[0044] Dentro del contexto de la enseñanza técnica divulgada en el presente documento, la señalización de la subranura que se usa actualmente puede proporcionarse en el paquete de datos correspondiente, de modo que el receptor pueda determinar la base de tiempo correcta para la estructura de trama.

[0045] Por compatibilidad con sistemas antiguos, también es aconsejable indicar si se usan subranuras. Dos bits son suficientes para el ejemplo anterior: un primer bit de estos dos bits puede indicar, por ejemplo, si o no se usan subranuras:

Valor de bit ₀	Significado
0	No hay subranuras, la señal de sincronización se envía a la hora prevista del sistema antiguo

1	Se usan dos subranuras
---	------------------------

[0046] El segundo bit (bit 1) puede significar, por ejemplo:

Valor de bit ₁	Significado
0	La posición de la ranura de tiempo inicial, es decir, la subranura inicial, se usa para el paquete actual
1	La posición de la ranura de tiempo posterior, es decir, la subranura posterior, se usa para el paquete actual

5

[0047] La figura 11 muestra diversas densidades de probabilidad, que se representan esquemáticamente para paquetes por recibir correctamente del predecesor correcto o al menos un predecesor en función del número de nodos y la probabilidad de ocupación de la posición de la ranura de tiempo inicial, es decir, la subranura inicial. La curva 61 muestra la densidad de probabilidad para la recepción de un paquete de datos que puede usarse al menos para conservar la sincronización con la red restante para el caso en que dos nodos predecesores usen la misma ranura de tiempo. Una curva 62 indica la probabilidad de que un paquete de datos sea recibido por el nodo predecesor correcto en esta situación. Se puede ver aquí que ambas curvas tienen su máximo a una probabilidad de transmisión del 50% para la posición inicial del paquete de datos.

15

[0048] Una curva 63 representa la densidad de probabilidad de que se pueda recibir un paquete de datos, que se usa para la sincronización, cuando tres nodos comparten la misma ranura de tiempo. Una curva 64 indica el caso correspondiente para la recepción de un paquete de datos desde el nodo predecesor correcto. Las dos curvas 63 y 64 tienen un máximo de aprox. 33% de probabilidad de transmisión para la posición inicial del paquete de datos. Dos curvas 65 y 66 muestran las densidades de probabilidad de recepción para el caso en que cuatro nodos compartan una ranura de tiempo, concretamente, la probabilidad de recibir un paquete de datos de sincronización (curva 65), es decir, un paquete de datos del predecesor correcto (curva 66). Las dos curvas tienen sus picos a aprox. 25% para la probabilidad de transmisión para la posición inicial del paquete de datos.

20

[0049] Por lo tanto, la figura 11 muestra que en una ocupación de ranura de tiempo por tres nodos, el uso de la posición inicial del paquete de datos, es decir, la subranura inicial todavía permite el 44% de recepción de paquetes con una probabilidad de $p = 1/3$ para mantener la sincronización y permite el 14,8% de recepción de paquetes del predecesor correcto. En una ocupación de ranura de tiempo por cuatro nodos, el uso de la posición inicial del paquete de datos, es decir, la subranura inicial, todavía permite aprox. el 42% de recepción de paquetes con una probabilidad de $p = 1/4$ para mantener la sincronización y permite aprox. el 10,5% de recepción de paquetes del predecesor correcto.

25

30

[0050] Las densidades de nodo más altas pueden hacer que sea necesario introducir más de dos subranuras por ranura de tiempo.

35

[0051] La figura 12 muestra un diagrama de bloques esquemático de un transmisor 100 según una realización de la enseñanza técnica desvelada en el presente documento. El transmisor 100 forma parte de una red radio a la que pertenece un receptor 190 y otros dos transmisores 102, 104 también según el diagrama de la figura 12, que también debe entenderse como ejemplo. En lugar de una red radio, también podría proporcionarse una red basada en una tecnología diferente, por ejemplo, una tecnología cableada, una red óptica (de fibra) o una red de transmisión ultrasónica.

40

[0052] El transmisor 100 recibe en una entrada un paquete de datos 10, que debe transmitirse y se envía internamente a un procesamiento de paquete de datos 110 del transmisor 100. El procesamiento de paquetes de datos 110 puede configurarse para analizar algunas partes del paquete de datos 10 para determinar cómo se debe enviar el paquete de datos 10 a través de un canal 180 al receptor 190. El procesamiento de paquetes de datos también puede configurarse para procesar paquetes de datos 10 o partes de los mismos para la transmisión de radio, en particular, por ejemplo, para realizar una codificación y una conversión digital-analógica de los datos digitales contenidos en el paquete de datos 10. El transmisor 100 comprende además un selector de ranura de tiempo 120, que está configurado para transferir información acerca de una ranura de tiempo a la que se debe enviar el paquete de datos 10 a través del canal 180 al procesamiento de paquetes de datos 110. La elección de la ranura de tiempo a usar se puede hacer sobre la base de un análisis de los paquetes de datos de sincronización recibidos, que han sido enviados por otros nodos, en particular un nodo predecesor según la jerarquía de la red. En la medida de lo posible, un receptor del nodo al que también pertenece el transmisor 100 puede intentar recibir señales de radio desde nodos vecinos, que pertenecen al mismo grupo de capas que los nodos de red en cuestión aquí. De esta manera, es posible en algunas circunstancias determinar qué ranuras de tiempo ya están ocupadas por otros nodos vecinos. De esta manera, el nodo de red en cuestión puede ceder el paso a ranuras de tiempo que aún no están ocupadas o están

55

ocupadas solo por relativamente pocos otros nodos vecinos. Sin embargo, no siempre es posible recibir señales de los nodos vecinos, en particular cuando el nodo de red en cuestión está fuera del intervalo de transmisión del nodo vecino al que puede pertenecer el transmisor 102 o el transmisor 104, por ejemplo.

5 **[0053]** El transmisor 100 comprende además un selector de posición de paquete de datos 130 para seleccionar una posición en el tiempo del paquete de datos dentro de la ranura de tiempo seleccionada. Típicamente, la posición en el tiempo del paquete de datos se selecciona de nuevo al menos para cada ^{iésimo} paquete de datos. En algunas circunstancias, sostiene que $i = 1$, por lo que la posición en el tiempo del paquete de datos se selecciona nuevamente para cada paquete de datos. Por ejemplo, si el transmisor 100 y el transmisor 102 han seleccionado la misma ranura de tiempo sobre la base de las especificaciones correspondientes de sus respectivos selectores de ranura de tiempo 10 120, entonces la selección renovada de la posición en el tiempo del paquete de datos, que se realiza para al menos cada ^{iésimo} paquete de datos, impide que se produzcan colisiones de paquetes de datos repetidamente dentro de la ranura de tiempo. Puede suceder que las colisiones se sigan produciendo esporádicamente, pero por regla general no se producirá una colisión con ninguna de las tramas siguientes, de modo que la recepción de al menos un paquete de datos desde uno de los transmisores 100 o 102 por el receptor 190 es posible.

[0054] La figura 13 muestra un diagrama de bloques esquemático de un transmisor 200 según otra realización de la enseñanza técnica desvelada aquí. El transmisor 200 comprende un selector de ranura de tiempo 220, que a su vez comprende una entrada para datos de configuración 222. Los datos de configuración 222 pueden programarse 20 permanentemente en el transmisor 200, por ejemplo, o pueden obtenerse como el resultado de un análisis de señales de radio recibidas. Los datos de configuración 222 en la figura 13 se representan como parte del transmisor 200, en el que se puede proporcionar como alternativa que los datos de configuración 222 se almacenen fuera del transmisor 200. Sobre la base de los datos de configuración 222, el selector de ranura de tiempo 220 selecciona nuevamente una ranura de tiempo para la transmisión del paquete de datos 10 de una manera similar a la que se muestra en la figura 25 12 y descrita conjuntamente con la misma.

[0055] Además, el transmisor 200 comprende un generador aleatorio 232, que está conectado a una entrada del selector de posición del paquete de datos 230. De esta manera, la posición en el tiempo del paquete de datos se puede seleccionar sobre la base de un proceso aleatorio. La posición en el tiempo del paquete de datos seleccionado 30 aleatoriamente se transfiere a su vez al procesamiento de paquetes de datos 110, que tiene en cuenta esta información al enviar una señal de radio basada en el paquete de datos 10 al receptor 190 a través del canal 180.

[0056] La figura 14 muestra un diagrama de bloques esquemático de un receptor 400 según una realización de la enseñanza técnica desvelada en el presente documento. El receptor 400 está configurado para recibir una señal de radio enviada por el transmisor 100 a través del canal 180. El receptor 400 comprende una unidad de procesamiento de señales y extracción de paquetes de datos 410, un analizador de ranura de tiempo 420, una memoria 430 para almacenar las ocupaciones de ranura de tiempo actuales por diversos transmisores, un generador de información de ranura de tiempo 435 y una unidad de transmisión de información de ranura de tiempo 440. El procesamiento de señal y la extracción de paquetes de datos 410 están configurados como una unidad para procesar 40 la señal que llega por el canal 180, de modo que se puede extraer un paquete de datos 10', que corresponde esencialmente a un paquete de datos enviado por el transmisor 100. El paquete de datos se transmite desde la unidad de procesamiento de señales y extracción de paquetes de datos 410 al analizador de ranura de tiempo 420, que extrae información del paquete de datos 10' sobre la ranura de tiempo a la que se ha enviado el paquete de datos y desde qué transmisor se ha enviado. De esta manera, la memoria 430 puede llenar una tabla con datos que indican, por 45 ejemplo, qué transmisor (por ejemplo, los transmisores A a E) está ocupando actualmente qué ranura de tiempo 0 a 3. En la posición actual que se muestra en la figura 14, por ejemplo, la ranura de tiempo 1 está ocupada por los transmisores D y E. Por medio de la información contenida en la memoria 430, el analizador de ranura de tiempo ahora puede verificar si los paquetes de datos han sido recibidos por más de un transmisor durante una ranura de tiempo de una trama actual o durante al menos una ranura de tiempo correspondiente de una trama anterior. El analizador de 50 ranuras de tiempo puede determinar si una determinada ranura de tiempo (por ejemplo, la ranura de tiempo 1) siempre ha sido usada por un solo transmisor en el pasado o si dentro de un horizonte de tiempo que se extiende en el pasado (por ejemplo, las últimas 10 estructuras de trama) se han recibido paquetes de diferentes transmisores, lo que indicaría que estos transmisores comparten la ranura de tiempo correspondiente y, por lo tanto, existe una mayor probabilidad de una colisión de paquetes de datos enviados por los transmisores que compiten por la ranura de tiempo. Si el 55 receptor 400 es capaz de recibir y procesar dos paquetes de datos enviados durante la misma ranura de tiempo pero en diferentes posiciones de ranura de tiempo, puede ser suficiente analizar solo la ranura de tiempo de la trama actual puesto que las transmisiones de paquetes de datos sin colisión se producen ocasionalmente con al menos una cierta probabilidad y es posible determinar en base a ellos, qué transmisores usan la ranura de tiempo correspondiente.

60 **[0057]** El receptor 400 comprende además el generador de información de ranura de tiempo 435 para generar información de ranura de tiempo que indica si la ranura de tiempo o la ranura de tiempo correspondiente de al menos una de las tramas anteriores contiene paquetes de datos de más de un transmisor. Por lo tanto, una entrada del generador de información de ranura de tiempo 435 puede conectarse a una salida del analizador de ranura de tiempo 420. El generador de información de ranura de tiempo 435 puede retransmitir la información de ranura de tiempo 65 generada en base a esta información a la unidad de transmisión de información de ranura de tiempo 440, que procesa

esta información para enviarla. La información de ranura de tiempo puede enviarse como una señal 442 a través del canal 180, por ejemplo, enviándola de manera dirigida a los nodos cuyos transmisores usan la ranura de tiempo correspondiente que es la materia objeto de la información de ranura de tiempo o como un señal de radio a todos los nodos vecinos dentro del intervalo de transmisión del nodo al que pertenece el receptor 400. La unidad de transmisión de información de ranura de tiempo 440 puede transmitir la señal 442 durante los dominios de datos en malla 18, por ejemplo (figura 3). En el diagrama de bloques esquemático de la figura 14, la unidad de transmisión de información de ranura de tiempo 440 se muestra como parte del receptor 400. De forma alternativa, la información de ranura de tiempo también se puede transmitir a través de un transmisor, que pertenece al mismo nodo que el receptor 400. La unidad de transmisión de información de ranura de tiempo 440 estaría por lo tanto fuera del receptor 400 y no sería un componente del mismo.

[0058] Para poder recibir un análisis de la información de ranura de tiempo generada por el receptor 400, los transmisores 100, 200 de las figuras 12 y 13 todavía comprenden una unidad de recepción para recibir al menos un elemento de información de ranura de tiempo (o interactúan con dicha unidad), que es enviado por el receptor 400 en respuesta a un paquete de datos enviado por el transmisor. El selector de ranura de tiempo del transmisor 100, 200 puede configurarse para verificar sobre la base de la información de ranura de tiempo y determinar si debe seleccionarse una ranura de tiempo diferente para transmitir futuros paquetes de datos y luego realizar opcionalmente esta elección. De esta manera, el transmisor 100, 200 puede reaccionar ante situaciones en las que compite con otros transmisores (por ejemplo, 102, 104 en la figura 12) por una ranura de tiempo. Puede suceder que el transmisor 100, 200 reciba información de ranura de tiempo de varios receptores 400, que deben coordinarse, de modo que la resolución de un conflicto no dé como resultado otro conflicto en otro receptor. Si se puede reconocer sobre la base de al menos un elemento de información de ranura de tiempo que al menos una ranura de tiempo no se usa actualmente por ningún transmisor, entonces el transmisor 100, 200 puede ceder el paso a esta ranura de tiempo actualmente sin utilizar en el evento de un conflicto en otra ranura de tiempo. De lo contrario, el transmisor 100, 200 todavía tiene la opción de seleccionar la ranura de tiempo, que usa la menor cantidad de transmisores.

[0059] Como una opción adicional, el transmisor 100, 200 puede configurarse para insertar información de posición en el tiempo del paquete de datos en el paquete de datos enviado por el transmisor 100, 200, indicando la posición en el tiempo del paquete de datos en el que se envía el paquete.

[0060] Para volver al diagrama de bloques esquemático del receptor 400 que se muestra en la figura 14, el analizador de ranura de tiempo 420 todavía puede configurarse para verificar si se ha recibido un paquete de datos previsto dentro de la ranura de tiempo anticipada y, si el paquete de datos previsto no llega, generar información sobre una posible colisión. El generador de información de ranura de tiempo 435 todavía puede configurarse para insertar información sobre una posible colisión de dos o más paquetes de datos dentro de la ranura de tiempo prevista en la información de ranura de tiempo. El fallo de la llegada de un paquete de datos previsto puede detectarse, por ejemplo, por el hecho de que el paquete de datos podría haberse recibido con al menos una cierta probabilidad durante una trama anterior. Si un valor de recepción promedio medido es inferior a un cierto valor umbral, entonces es posible hablar de un fallo en la llegada de un paquete de datos previsto. Una posible hipótesis para el fallo de la llegada de un paquete de datos puede ser que ha habido una colisión de dos o más paquetes de datos de diferentes transmisores en el receptor, de modo que el receptor 400 no pudo recibir el paquete de datos previsto. Otras posibles hipótesis incluyen que el transmisor 100, 200 dejó de enviar el paquete de datos, por ejemplo, debido a una desactivación del nodo de red correspondiente o a causa de agotamiento del suministro de energía, por ejemplo, en el caso de un nodo de red alimentado con una batería, o que el receptor 400 está ubicado fuera del intervalo de transmisión del transmisor 100, 200. Si de hecho ha habido una colisión, el transmisor correspondiente desde el cual se ha enviado el paquete de datos previsto puede reaccionar a la información de ranura de tiempo e intentar una ranura de tiempo alternativa.

[0061] El transmisor de información de ranura de tiempo 440 del receptor 400 también se puede configurar, de modo que la información de ranura de tiempo se envíe a al menos un primer transmisor que haya enviado un paquete de datos actual y al menos a un segundo transmisor al que se ha asignado la misma ranura de tiempo que el primer transmisor sobre la base de una planificación de ranura de tiempo. En el caso de redes multiplexadas en el tiempo en particular, el transmisor de información de ranura de tiempo 440 solo necesita enviar información de ranura de tiempo durante la ranura de tiempo o ranuras de tiempo durante las cuales el primer transmisor y/o el segundo transmisor está/están listos para recibir dicha información de ranura de tiempo. El transmisor de información de ranura de tiempo 440 también puede configurarse para enviar información de ranura de tiempo a un transmisor en cuestión sobre la base de la planificación de ranura de tiempo, el cual se antepone, según un criterio de clasificación, al menos a otro transmisor al que se ha asignado la misma ranura de tiempo sobre la base de la planificación de ranura de tiempo. Como dicho criterio de clasificación para la coordinación, sería concebible que el receptor informe al nodo predecesor que tiene el n.º de nodo más bajo de los nodos implicados en la colisión. El nodo predecesor informado de esta manera intentará resolver el conflicto eligiendo una ranura de tiempo alternativa que tenga menos ocupación o ninguna en absoluto. Esta etapa de informar a los nodos predecesores sobre la ocupación doble o una colisión deslizando es una medida posible para reaccionar ante la detección de una ocupación doble o múltiple y/o una colisión deslizando. Si múltiples sucesores detectan estas colisiones, se necesita una estrategia sobre qué predecesor debe ser informado y/o qué nodo predecesor debe responder. Esta estrategia puede implementarse por medio del criterio de clasificación mencionado anteriormente u otro criterio de clasificación, de modo que los nodos siguientes informen, por ejemplo,

que el nodo predecesor tiene el n.º de nodo inferior.

[0062] A densidades de nodo más altas, es posible que más de dos nodos intenten ocupar una ranura de tiempo. Entonces es mejor usar la posición de la ranura de tiempo inicial de las subranuras con una probabilidad menor que 50%.

[0063] El receptor 400 también puede comprender un calculador de estadísticas de recepción para paquetes de datos recibidos satisfactoriamente como mínimo en dos posiciones en el tiempo diferentes de paquetes de datos de una ranura de tiempo. El calculador de estadísticas de recepción o el generador de información de ranura de tiempo 435 también se pueden configurar para comparar una diferencia en las estadísticas de recepción para las al menos dos posiciones en el tiempo diferentes de paquetes de datos con un valor umbral, y si se excede el valor umbral, insertar información sobre una posible colisión deslizante en la información de ranura de tiempo. Suponiendo que todas las posiciones de ranura de tiempo y/o subranuras posibles dentro de una ranura de tiempo son igualmente probables, el receptor 400 debería recibir en promedio un número igual de paquetes de datos en las diferentes 15 posiciones de ranura de tiempo y/o durante las diferentes subranuras. Como se puede ver sobre la base de la figura 10, el sistema 2 primero influye en la subranura posterior del sistema 1 cuando el sistema 2 se ha desplazado de derecha a izquierda en comparación con el sistema 1, como se muestra aquí (es decir, la base de tiempo del sistema 2 es más rápido que la base de tiempo del sistema 1). Sin embargo, la posición de la ranura de tiempo inicial y/o la primera subranura en la segunda ranura de tiempo del intervalo de tiempo para el grupo de capas 2 no se ven 20 afectados inicialmente por la colisión deslizante entre los sistemas 1 y 2, lo que tiene el efecto de que las estadísticas de recepción para la subranura inicial son más bajas que las de la subranura posterior.

[0064] El receptor 400 también puede comprender una unidad de sincronización para sincronizar un control de ranura de tiempo del receptor 400 por medio del paquete de datos recibido. Como ya se ha explicado anteriormente, 25 el receptor puede analizar información en este paquete de datos provisto con esta finalidad, en particular analizando qué posición de ranura de tiempo se ha usado para enviar el paquete de datos correspondiente. Con la ayuda de esta información, el receptor 400 puede determinar la base de tiempo para la estructura de trama.

[0065] La figura 15 muestra un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento para enviar paquetes de 30 datos según una realización de la enseñanza técnica desvelada en el presente documento. Primero, en la trama de una acción 502, se selecciona una ranura de tiempo para enviar un paquete de datos. Esto puede hacerse sobre la base de una planificación de ranura de tiempo, que asigna ciertos intervalos de tiempo para enviar paquetes de datos dentro de una estructura de trama a ciertos niveles de jerarquía, por ejemplo.

[0066] A continuación se selecciona una posición en el tiempo del paquete de datos, es decir, una subranura, dentro de la ranura de tiempo seleccionada, como se muestra en la figura 15 junto con la acción de proceso 504. La posición en el tiempo del paquete de datos se selecciona de nuevo aquí al menos para cada ^{iésimo} paquete de datos a 35 enviar. Esto asegura que la posición en el tiempo del paquete de datos variará al menos ocasionalmente dentro de la ranura de tiempo seleccionada, de modo que un paquete de datos se enviará al menos ocasionalmente sin colisión con uno o más paquetes de datos en una determinada posición en el tiempo del paquete de datos. Este paquete de 40 datos, que no está implicado en una colisión con otros paquetes de datos, hace posible que el receptor determine que cierto transmisor está usando la ranura de tiempo seleccionada para enviar paquetes de datos. La información sobre qué transmisores ocupan actualmente qué ranuras de tiempo se puede recopilar típicamente en varias estructuras de trama de esta manera.

[0067] En una acción 506 del procedimiento para enviar paquetes de datos, el paquete de datos se envía 45 durante la ranura de tiempo seleccionada y en la posición en el tiempo seleccionada del paquete de datos que está dentro de la ranura de tiempo seleccionada.

[0068] La selección de la posición en el tiempo del paquete de datos también se puede realizar de forma 50 aleatoria. Además, $i = 1$ puede mantenerse en particular, de modo que la posición en el tiempo del paquete de datos y/o la subranura se selecciona nuevamente para cada paquete de datos.

[0069] Este procedimiento puede comprender además: recibir información de ranura de tiempo de al menos un 55 receptor que ha recibido el paquete de datos enviado; comprobar si es necesario seleccionar otra ranura de tiempo para enviar futuros paquetes de datos; y seleccionar la otra ranura de tiempo, si es necesario, en el que el transmisor se asigna al canal durante la otra ranura de tiempo según una planificación de ranura de tiempo. Al analizar la información de ranura de tiempo enviada por un receptor, el transmisor tiene la posibilidad de tomar medidas que harán que las futuras colisiones de paquetes de datos sean menos probables o, en algunas circunstancias, las 60 impedirán por completo durante un cierto período de tiempo. Con este propósito, el procedimiento para transmitir puede depender de la otra ranura de tiempo, que también se asigna al transmisor según la planificación de ranura de tiempo, si dicha ranura de tiempo existe y no está ocupada en absoluto, o al menos no está tan ocupada por otros transmisores que pertenecen al mismo grupo de capas que el transmisor en cuestión aquí, que está implementando el procedimiento para enviar, por ejemplo.

65

[0070] Según una realización de la enseñanza técnica desvelada en el presente documento, el procedimiento para enviar paquetes de datos también puede comprender la inserción de información de posición en el tiempo del paquete de datos en el paquete de datos, indicando en qué posición en el tiempo del paquete de datos se está enviando o se ha enviado el paquete. Un receptor que recibe el paquete de datos puede sincronizarse más exactamente con el resto de la red, concretamente, fundamentalmente con la precisión de una subranura, en base a esta información de posición en el tiempo del paquete de datos. Además, esta información de posición en el tiempo del paquete de datos también se puede usar para otros fines.

[0071] La figura 16 muestra un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento para recibir paquetes de datos según una realización de la enseñanza técnica desvelada en el presente documento. Este procedimiento comprende acciones para recibir 602 un paquete de datos, para verificar 604 y para transmitir información de ranura de tiempo 606. Como parte de la acción 602, el paquete de datos se recibe durante una ranura de tiempo, que se asigna a un transmisor que envía el paquete de datos. Esta ranura de tiempo se subdivide, de modo que puede producirse un paquete de datos dentro de la ranura de tiempo en una de al menos dos posiciones en el tiempo diferentes de paquetes de datos. Como parte de la acción 604, se realiza una verificación sobre si un paquete de datos enviado por un transmisor diferente al paquete de datos actual se ha recibido dentro de la ranura de tiempo o dentro de una ranura de tiempo correspondiente de al menos una trama anterior. Si se puede determinar que durante la ranura de tiempo actual o durante las ranuras de tiempo anteriores correspondientes, diferentes transmisores han enviado paquetes de datos usando la misma ranura de tiempo, entonces, en principio, existe el riesgo de colisión de paquetes de datos de dos transmisores diferentes. En base a la enseñanza divulgada en el presente documento, se proporciona que un paquete de datos no está fijo en una determinada posición en el tiempo del paquete de datos dentro de una ranura de tiempo, por lo que es posible impedir que los paquetes de datos transmitidos por dos o más transmisores diferentes colisionen entre sí durante un período de tiempo más largo, es decir, estructuras de tramas múltiples.

[0072] En la acción 606, la información de ranura de tiempo se transmite si el transmisor que envía el paquete de datos actual y el al menos un transmisor usan la misma ranura de tiempo o la misma ranura de tiempo correspondiente de la al menos una trama anterior para enviar paquetes de datos. El procedimiento para recibir paquetes de datos genera así un acuse de recibo al procedimiento para enviar los paquetes de datos, que en algunas circunstancias puede solicitar al procedimiento para enviar paquetes de datos que cambie la ranura de tiempo seleccionada.

[0073] Aunque el procedimiento ilustrado en la figura 15 para enviar paquetes de datos se implementa junto con un procedimiento tradicional para recibir paquetes de datos, típicamente se puede observar que las colisiones de paquetes de datos en este caso no se pueden impedir, pero no puede haber una situación de colisión permanente porque al menos con cada ^{jésimo} paquete de datos, la posición en el tiempo del paquete de datos para los paquetes de datos sucesivos se selecciona de nuevo.

[0074] Dentro del entramado de este procedimiento para recibir paquetes de datos, también es posible verificar si se ha recibido un paquete de datos previsto dentro de una ranura de tiempo prevista. Si el paquete de datos previsto no ha llegado, se puede generar información sobre una posible colisión. Esta información sobre la posible colisión se puede transmitir y poner a disposición de esta manera a los transmisores que causan esta colisión, por ejemplo.

[0075] El procedimiento puede incluir además transmitir información de ranura de tiempo a al menos uno de los transmisores que envían el paquete de datos actual y al menos a otro transmisor. Si uno de los dos transmisores se va a abordar de manera dirigida, la transmisión de información de ranura de tiempo puede dirigirse al transmisor que llega antes que otros transmisores según un criterio de clasificación. Dicho criterio de clasificación puede comprender, por ejemplo, el n.º de nodo del nodo de red al que están asignados los transmisores.

[0076] Dentro del contexto del procedimiento para recibir paquetes de datos, también es posible determinar si las estadísticas de recepción para al menos dos posiciones en el tiempo diferentes de paquetes de datos de una ranura de tiempo difieren significativamente entre sí en promedio. Si se puede determinar una diferencia significativa entre las estadísticas de recepción para al menos dos posiciones en el tiempo diferentes de paquetes de datos, entonces se puede enviar información sobre una posible colisión deslizando.

[0077] Este procedimiento también puede comprender sincronizar un control de ranura de tiempo, por ejemplo, para un receptor, por medio del paquete de datos recibido.

[0078] La enseñanza técnica desvelada en el presente documento puede conllevar una reducción en el rendimiento, pero no dará como resultado un fallo total de comunicación del nodo (y/o el subárbol) ("exacerbación progresiva"; Inglés: "graceful degradation"). La ocupación doble de ranuras de tiempo o las colisiones deslizando se pueden detectar en ubicaciones donde provocan errores (en el receptor) y se pueden iniciar contramedidas. La ocupación doble o las colisiones deslizando se pueden diferenciar sobre la base del patrón de error diferente (probabilidad de paquetes recibidos correctamente en las posiciones inicial y posterior del paquete de datos, respectivamente) y se pueden tomar diferentes contramedidas.

- [0079]** La introducción de subranuras, es decir, las posiciones de los paquetes de datos se puede implementar de una forma muy compacta a lo largo del tiempo. Típicamente, una ventana de tiempo de recepción en un receptor síncrono debe ser más larga que el paquete de transmisión a fin de compensar los procesos de deriva y fluctuación de fase en la base de tiempo. Sin embargo, los procesos de deriva no necesitan ser [compensados] solo para cada subranura sino para toda la ranura de tiempo. Por lo tanto, una ranura de tiempo se alarga solo por la duración de una subranura (más cortos tiempos de compensación de fluctuación de fase).
- [0080]** Como alternativa a la enseñanza técnica desvelada en el presente documento, en lugar de alargar una ranura de tiempo con subranuras, el tiempo requerido para esto dentro de la estructura de trama puede utilizarse para introducir más ranuras de tiempo. Aunque esto resulta en una menor probabilidad de ocupación doble, en principio el problema persiste. Además, las ranuras de tiempo deben ser capaces de compensar, en principio, los procesos de fluctuación de fase o deriva en la base de tiempo, es decir, la sobrecarga para las nuevas ranuras de tiempo es mayor que la sobrecarga causada por las nuevas subranuras. Otra alternativa a la enseñanza técnica desvelada en el presente documento sería una selección aleatoria de una ranura de tiempo a partir de una ranura de tiempo disponible para este transmisor. Sin embargo, esto provocaría que los receptores tuvieran que estar listos para recibir durante todas las ranuras de tiempo en las que se podría enviar un paquete de datos destinado a ellos, lo que a su vez conllevaría un mayor consumo energético por parte de los receptores.
- [0081]** Como otra alternativa más a la enseñanza técnica desvelada en el presente documento, se podría introducir un procedimiento de escuchar antes de hablar o CSMA (acceso múltiple por detección de portadora) en el extremo del transmisor. Sin embargo, esto conllevaría un mayor consumo de corriente en el transmisor porque primero se debe monitorizar el canal. Además, el período de tiempo para un CSMA razonable es a menudo demasiado corto, es decir, los tiempos de detección y los tiempos de retroceso no se pueden satisfacer razonablemente en una ranura de tiempo de transmisión corta.
- [0082]** Según un aspecto adicional, el transmisor puede configurarse además para insertar un elemento de información de posición en el tiempo del paquete de datos en el paquete de datos que indica la posición en el tiempo del paquete de datos a la que se envía el paquete.
- [0083]** Según otro aspecto, el transmisor de información de ranura de tiempo puede estar configurado para transmitir la información de ranura de tiempo a al menos uno de entre un primer transmisor que ha enviado un paquete de datos actual y un segundo transmisor al que se ha asignado la misma ranura de tiempo que al primer transmisor en base a una planificación de ranura de tiempo.
- [0084]** Según un aspecto adicional, el transmisor de información de ranura de tiempo puede configurarse para enviar la información de ranura de tiempo a un transmisor que se tiene en cuenta debido a la planificación de ranura de tiempo y se antepone al menos a otro transmisor al cual, según un criterio de clasificación, se ha asignado la misma ranura de tiempo sobre la base de la planificación de ranura de tiempo.
- [0085]** Según otro aspecto, el receptor puede comprender además un dispositivo de sincronización para sincronizar un control de ranura de tiempo del receptor por medio del paquete de datos recibido.
- [0086]** Según otro aspecto, el procedimiento para transmitir puede comprender además una etapa de insertar un elemento de información de posición en el tiempo del paquete de datos en el paquete de datos, indicando en qué posición en el tiempo del paquete de datos se envía el paquete.
- [0087]** Según otro aspecto, el procedimiento de recepción puede comprender además las siguientes acciones: verificar si se ha recibido un paquete de datos previsto dentro de una ranura de tiempo prevista; generar información sobre una posible colisión si el paquete de datos previsto no ha aparecido; y transmitir la información sobre la posible colisión.
- [0088]** Según otro aspecto, el procedimiento para recibir puede comprender además una etapa de transmitir información de ranura de tiempo al transmisor que se antepone a otros transmisores según el criterio de clasificación.
- [0089]** Según otro aspecto, el procedimiento de recepción puede comprender además una sincronización de un control de ranura de tiempo por medio del paquete de datos recibido.
- [0090]** Aunque se han descrito muchos aspectos junto con un dispositivo, es obvio que estos aspectos también constituyen una descripción del procedimiento correspondiente, de modo que un bloque o un módulo de un dispositivo también podría entenderse como una etapa correspondiente del procedimiento o como una característica de una etapa del procedimiento. De manera similar, los aspectos que se han descrito junto con un procedimiento o como una etapa del procedimiento también constituyen una descripción de un bloque o detalle o característica correspondiente de un dispositivo correspondiente. Algunas o todas las etapas del procedimiento se pueden ejecutar por (o mediante el uso de) un aparato de hardware, como, por ejemplo, un microprocesador, un ordenador programable o un circuito

electrónico. En algunas realizaciones, algunas o más de las etapas más importantes del procedimiento se pueden ejecutar mediante dicho aparato.

5 **[0091]** Dependiendo de ciertos requisitos de implementación específicos, las realizaciones de la invención se pueden implementar en hardware o software. La implementación puede habilitarse utilizando un medio de memoria digital, por ejemplo, un disco flexible, un DVD, un disco Blue-ray, un CD, una ROM, una PROM, una EPROM, una EEPROM o una memoria FLASH, un disco duro o cualquier otra memoria magnética u óptica en la que se almacenen señales de control legibles electrónicamente, de modo que estas señales interactúen o puedan interactuar con un sistema informático programable de tal manera que se implemente el procedimiento respectivo. El medio de memoria
10 digital puede ser, por lo tanto, legible por ordenador.

[0092] Algunas realizaciones según la invención comprenden así un medio de datos que tiene señales de control legibles electrónicamente, que son capaces de interactuar con el sistema informático programable, de tal manera que se implementa uno de los procedimientos descritos en el presente documento.
15

[0093] En general, las realizaciones de la presente invención se pueden implementar como un producto de programa informático con un código de programa, en el que el código de programa es eficaz para realizar uno de los procedimientos cuando el producto de programa informático se ejecuta en un ordenador.

20 **[0094]** El código de programa puede almacenarse en un soporte legible por máquina, por ejemplo.

[0095] Otras realizaciones comprenden el programa informático para realizar los procedimientos descritos en el presente documento, en el que el programa informático se almacena en un soporte legible por máquina.

25 **[0096]** En otras palabras, una realización del procedimiento según la invención es, por lo tanto, un programa informático que tiene un código de programa para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

[0097] Otra realización del procedimiento según la invención es, por lo tanto, un medio de datos (o un medio de memoria digital o un medio legible por ordenador) en el que se registra el programa informático para implementar uno de los procedimientos descritos en el presente documento.
30

[0098] Otra realización del procedimiento según la invención es, por lo tanto, un flujo de datos o una secuencia de señales que representan el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento. El flujo de datos o la secuencia de señales se pueden configurar, por ejemplo, para que se transfiera a través de un enlace de comunicación de datos, por ejemplo, a través de Internet.
35

[0099] Una realización adicional comprende una unidad de procesamiento, por ejemplo, un ordenador, o un módulo lógico programable que está configurado o adaptado para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento.
40

[0100] Otra realización comprende un ordenador en el cual se instala el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento.

45 **[0101]** Otra realización según la invención comprende un dispositivo o un sistema diseñado para transferir a un receptor un programa informático para implementar al menos uno de los procedimientos descritos en el presente documento. La transmisión puede tener lugar electrónicamente u ópticamente, por ejemplo. El receptor puede, por ejemplo, ser un ordenador, un dispositivo móvil, un dispositivo de memoria o un dispositivo similar. El dispositivo o sistema puede comprender, por ejemplo, un servidor de archivos para transferir el programa informático al receptor.
50

[0102] En algunas realizaciones, se puede usar un módulo lógico programable (por ejemplo una matriz de puertas programables in situ) para implementar algunas o todas las funcionalidades de los procedimientos descritos en el presente documento. En algunas realizaciones, una matriz de puertas programables in situ puede cooperar con un microprocesador para implementar uno de los procedimientos descritos en el presente documento. En general, los procedimientos en algunas realizaciones son realizados por cualquier dispositivo de hardware. Este puede ser un hardware utilizable universalmente, como un procesador de ordenador (CPU) o un hardware específico para el procedimiento, como un ASIC.
55

[0103] Las realizaciones descritas anteriormente representan solo una ilustración de los principios de la presente invención. Es obvio que a otras personas expertas en la técnica se les ocurrirán modificaciones y variaciones de los mecanismos y detalles descritos en el presente documento. Por lo tanto, la intención es que la invención se limite solo por el alcance de protección de las reivindicaciones de patente que siguen a continuación y no por los detalles específicos presentados en el presente documento sobre la base de la descripción y la explicación de las realizaciones.
60
65

REIVINDICACIONES

1. Un nodo que comprende un transmisor (100) para enviar paquetes de datos (10) a través de un canal multiplexado en el tiempo (180) y un receptor (190) para recibir paquetes de datos (10) a través de un canal multiplexado en el tiempo (180),
 5 dicho nodo que pertenece a una red autoorganizada (1) que está estructurada según una topología de árbol, en el que los nodos en la misma capa usan solo las ranuras de tiempo que se proporcionan para esa capa en base a una señal de sincronización recibida por las capas situadas por encima de dicha capa, dicho receptor (190) que comprende:
- 10 un analizador de ranura de tiempo (420) para verificar si durante una ranura de tiempo de una trama actual o durante al menos una ranura de tiempo correspondiente de una trama anterior, se han recibido paquetes de datos de más de un transmisor (100), en el que la capa y, por lo tanto, las ranuras de tiempo proporcionadas para esta capa se determinan sobre la base de un análisis de los paquetes de datos de sincronización recibidos transmitidos por nodos vecinos o nodos en las capas situadas por encima; un generador de información de ranura de tiempo
 15 (435) para generar información de ranura de tiempo que indica si la ranura de tiempo o la ranura de tiempo correspondiente de al menos una de las tramas anteriores contiene paquetes de datos de más de un transmisor (100);
 un medio de transmisión de información de ranura de tiempo (440) para transmitir la información de ranura de tiempo;
 20 dicho transmisor (100) que comprende:
- un selector de ranura de tiempo (120) para seleccionar una ranura de tiempo para enviar un paquete de datos en base a la información de ranura de tiempo recibida; y
 un selector de subranura (130) para seleccionar una subranura entre al menos dos subranuras separadas y no superpuestas en momentos separados dentro de la ranura de tiempo seleccionada, en el que las subranuras representan posibles posiciones en el tiempo del paquete de datos dentro de la ranura de tiempo y en el que la subranura se selecciona de nuevo para al menos cada ^{iésimo} paquete de datos;
 25 en el que el selector de ranura de tiempo está configurado para verificar, sobre la base de la información de ranura de tiempo, determinar si es necesaria una selección de otra ranura de tiempo para enviar paquetes de datos futuros y luego implementar esta selección, si es necesario; y
 en el que el transmisor (100) está configurado para enviar el paquete de datos en la ranura de tiempo seleccionada y durante la subranura seleccionada dentro de la ranura de tiempo seleccionada.
- 30
- 35 2. El nodo según la reivindicación 1, en el que el transmisor (100) comprende además un generador aleatorio (232) conectado al selector de subranura (130) para seleccionar aleatoriamente la nueva subranura.
3. El nodo según la reivindicación 1 o 2, además adaptado para determinar una nueva subranura para cada paquete de datos.
- 40 4. El nodo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un medio de recepción para recibir al menos un elemento de información de ranura de tiempo desde el receptor que recibe el paquete de datos.
- 45 5. El nodo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la ranura de tiempo y la al menos una ranura de tiempo correspondiente de la al menos una trama anterior se subdividen, de modo que un paquete de datos dentro de la ranura de tiempo o la ranura de tiempo correspondiente puede estar presente en una de al menos dos posiciones en el tiempo diferentes de paquetes de datos.
- 50 6. El nodo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el analizador de ranuras de tiempo está configurado además para verificar si se ha recibido un paquete de datos previsto dentro de una ranura de tiempo prevista, y si el paquete de datos previsto no aparece, generar información sobre una posible colisión, y en el que el generador de información de ranura de tiempo está configurado además para insertar en la información de ranura de tiempo la información sobre una posible colisión de dos o más paquetes de datos dentro de la ranura de tiempo
 55 prevista.
7. El nodo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el receptor (190) comprende además un calculador de estadísticas de recepción para paquetes de datos recibidos satisfactoriamente dentro de al menos dos subranuras diferentes de una ranura de tiempo; en el que el generador de información de ranura de tiempo
 60 (435) está configurado además para comparar una diferencia en las estadísticas de recepción para las al menos dos subranuras diferentes con un valor umbral e insertar información sobre una posible colisión deslizante en la información de ranura de tiempo en caso de que se exceda el valor umbral.
8. Un procedimiento de un nodo para enviar paquetes de datos (10) a través de un canal multiplexado en el tiempo (180) y para recibir paquetes de datos (10) a través de un canal multiplexado en el tiempo (180), dicho nodo

que pertenece a una red autoorganizada (1) que está estructurada según una topología de árbol, en el que los nodos en la misma capa usan solo las ranuras de tiempo que se proporcionan para esa capa en base a una señal de sincronización recibida por las capas situadas por encima de dicha capa, dicho receptor que comprende:

- 5 comprobar si durante una ranura de tiempo de una trama actual o durante al menos una ranura de tiempo correspondiente de una trama anterior, se han recibido paquetes de datos de más de un transmisor (100), en el que la capa y, por lo tanto, las ranuras de tiempo proporcionadas para esta capa se determinan sobre la base de un análisis de los paquetes de datos de sincronización recibidos transmitidos por nodos vecinos o nodos en capas situadas por encima;
- 10 generar información de ranura de tiempo que indica si la ranura de tiempo o la ranura de tiempo correspondiente de al menos una de las tramas anteriores contiene paquetes de datos de más de un transmisor (100); transmitir la información de ranura de tiempo; seleccionar una ranura de tiempo para enviar un paquete de datos en base a la información de ranura de tiempo recibida; y
- 15 seleccionar una subranura entre al menos dos subranuras separadas y no superpuestas en momentos separados dentro de la ranura de tiempo seleccionada, en el que las subranuras representan posibles posiciones en el tiempo del paquete de datos dentro de la ranura de tiempo y en el que la subranura se selecciona de nuevo para al menos cada ^{jésimo} paquete de datos;
- 20 verificar, sobre la base de la información de ranura de tiempo, determinar si es necesaria una selección de otra ranura de tiempo para enviar paquetes de datos futuros y luego implementar esta selección, si es necesario; y enviar el paquete de datos en la ranura de tiempo seleccionada y durante la subranura seleccionada dentro de la ranura de tiempo seleccionada.
9. El procedimiento según la reivindicación 8, en el que la selección de la subranura es aleatoria.
- 25 10. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 8 o 9, en el que se selecciona una nueva subranura para cada paquete de datos.
11. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 8, 9 o 10, que comprende además:
- 30 transmitir información de ranura de tiempo a al menos uno de entre: el transmisor (100) que envía el paquete de datos actual y el al menos otro transmisor (102, 104).
12. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 8, 9, 10 u 11, que comprende además:
- 35 determinar si las estadísticas de recepción de al menos dos subranuras diferentes de una ranura de tiempo difieren significativamente en el promedio;
- transmitir información sobre una posible colisión deslizante cuando se ha determinado que las estadísticas de recepción para las al menos dos subranuras diferentes difieren significativamente en el promedio.
- 40 13. Un programa informático con códigos de programa para implementar el procedimiento según la reivindicación 8, 9, 10, 11 o 12 cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador, un microcontrolador o un microprocesador.

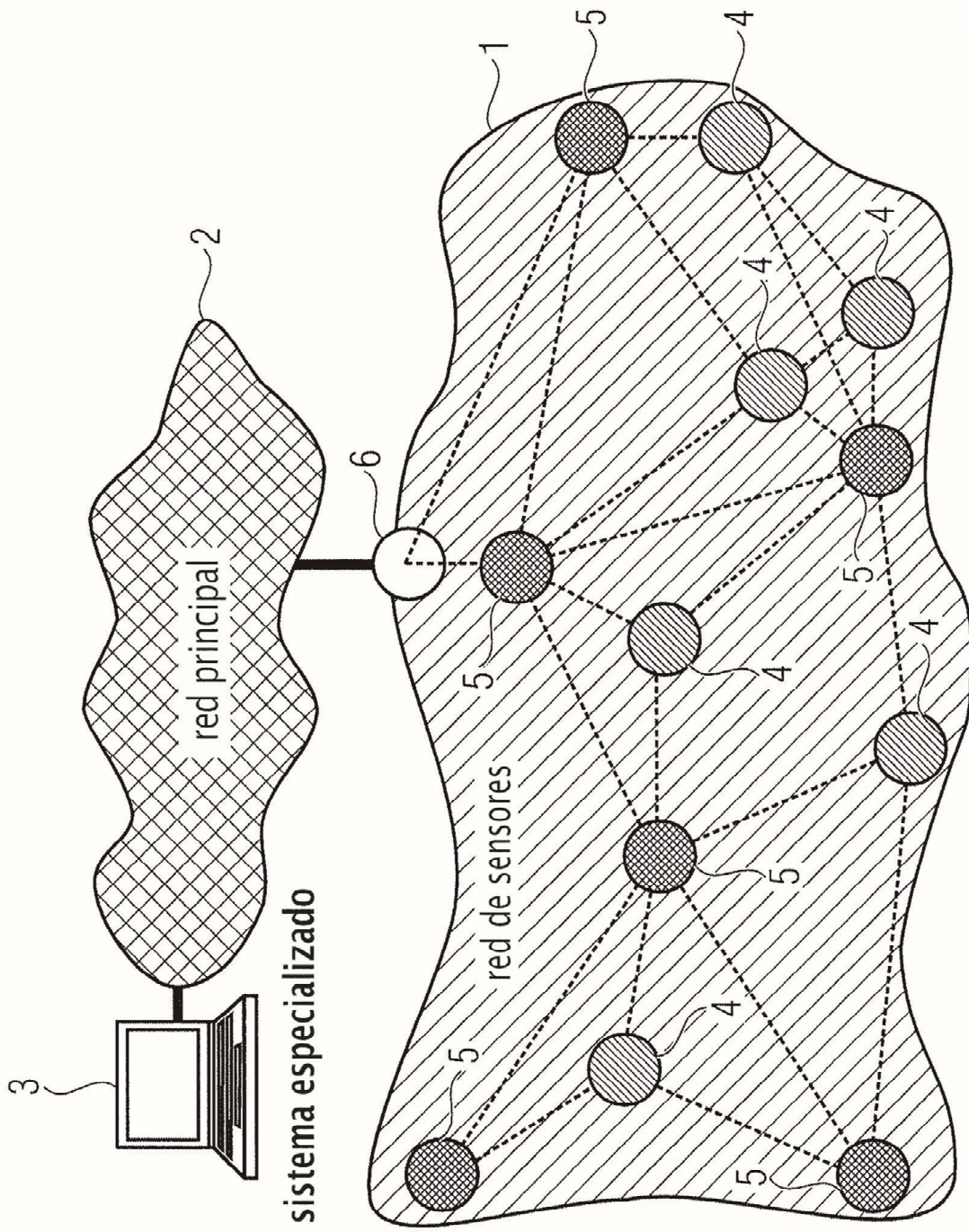


FIGURA 1

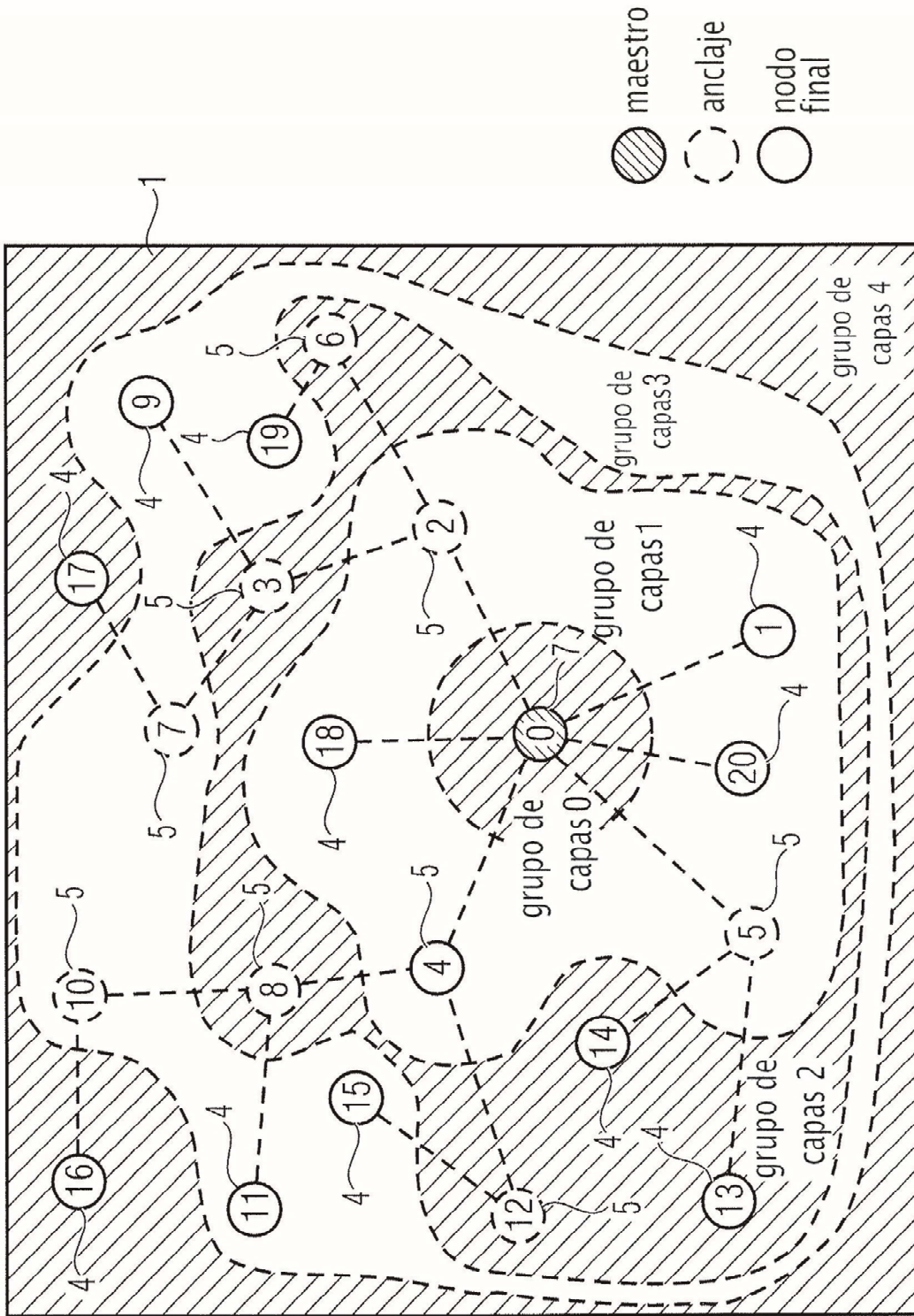


FIGURA 2

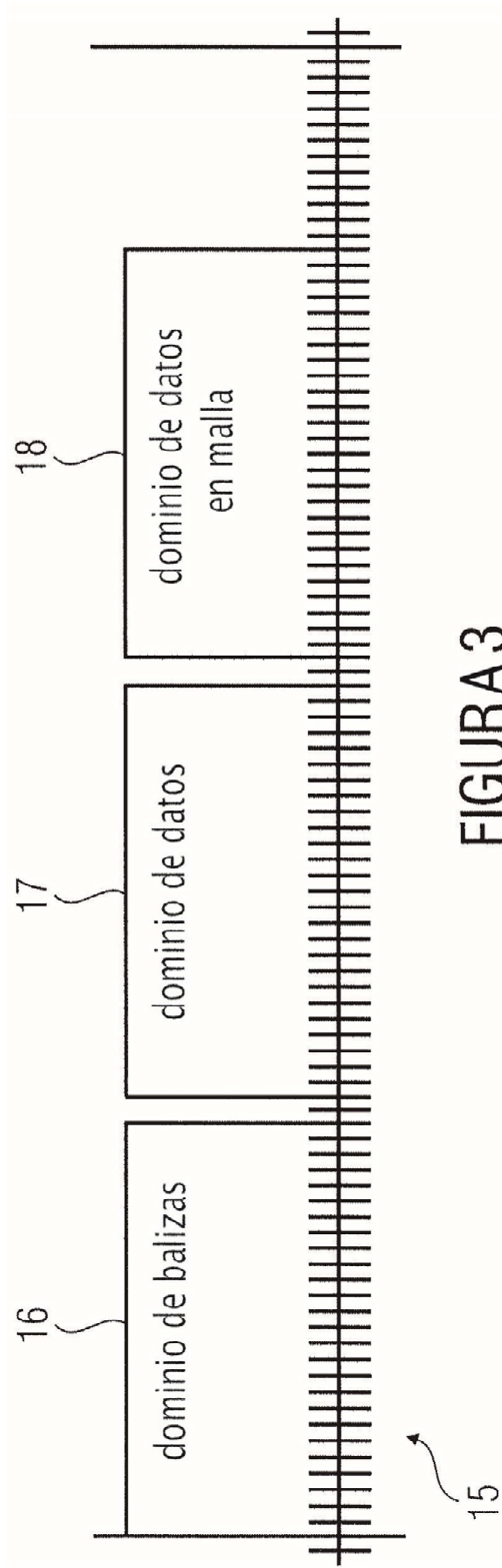


FIGURA 3

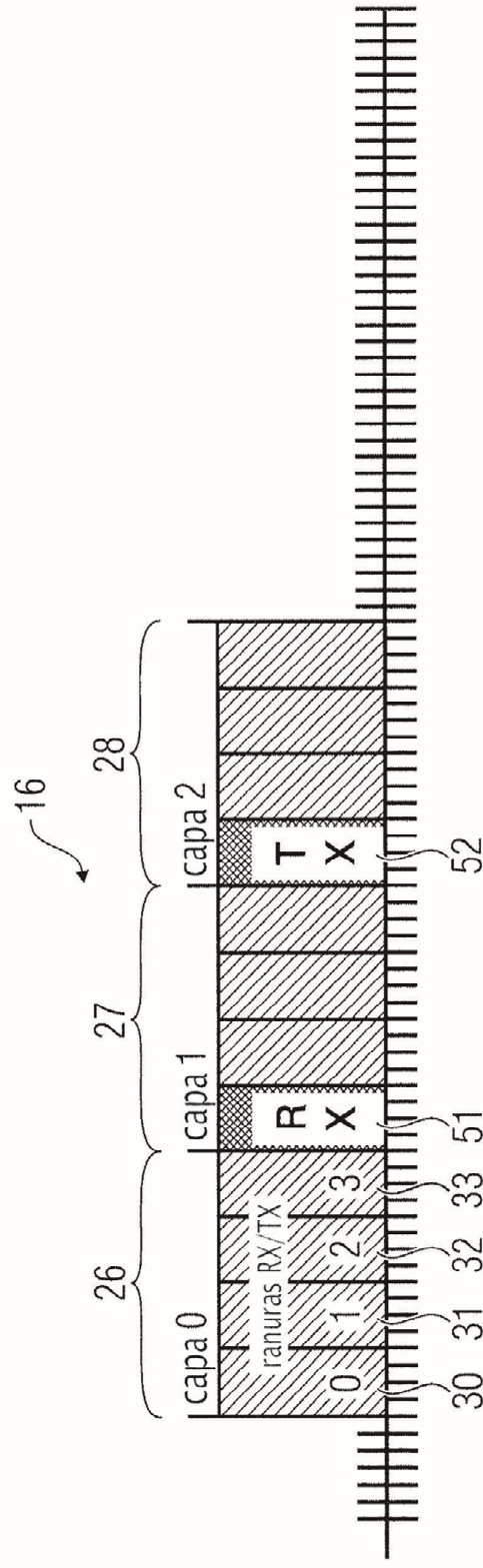


FIGURA 4

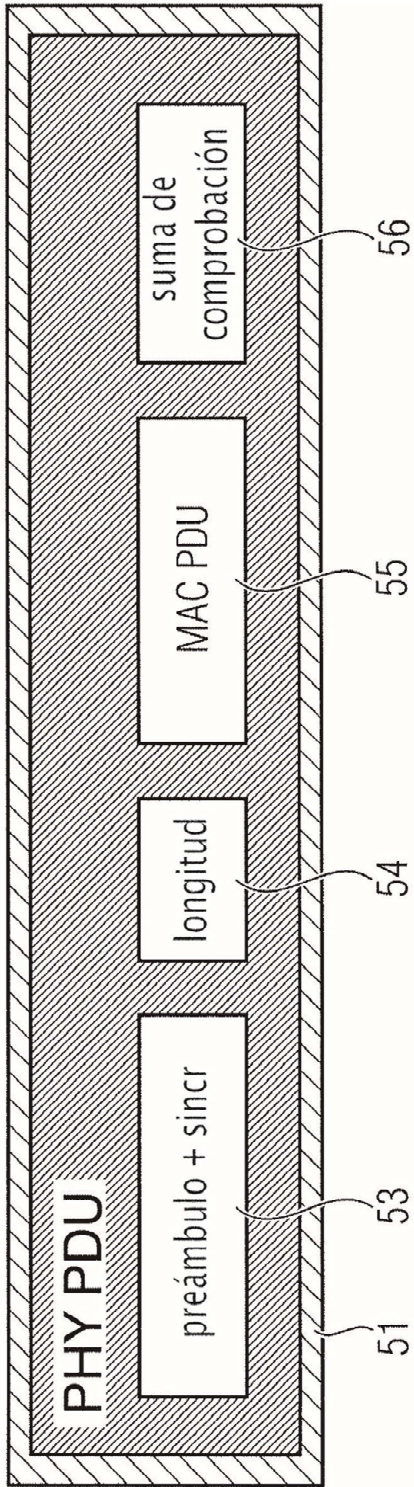


FIGURA 5

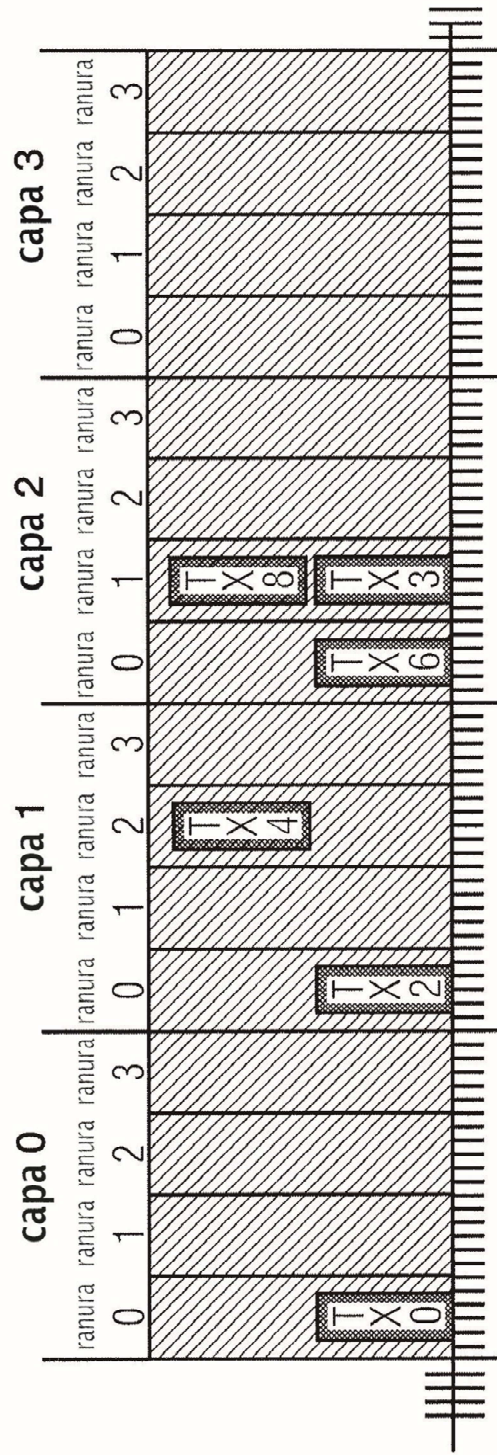


FIGURA 6

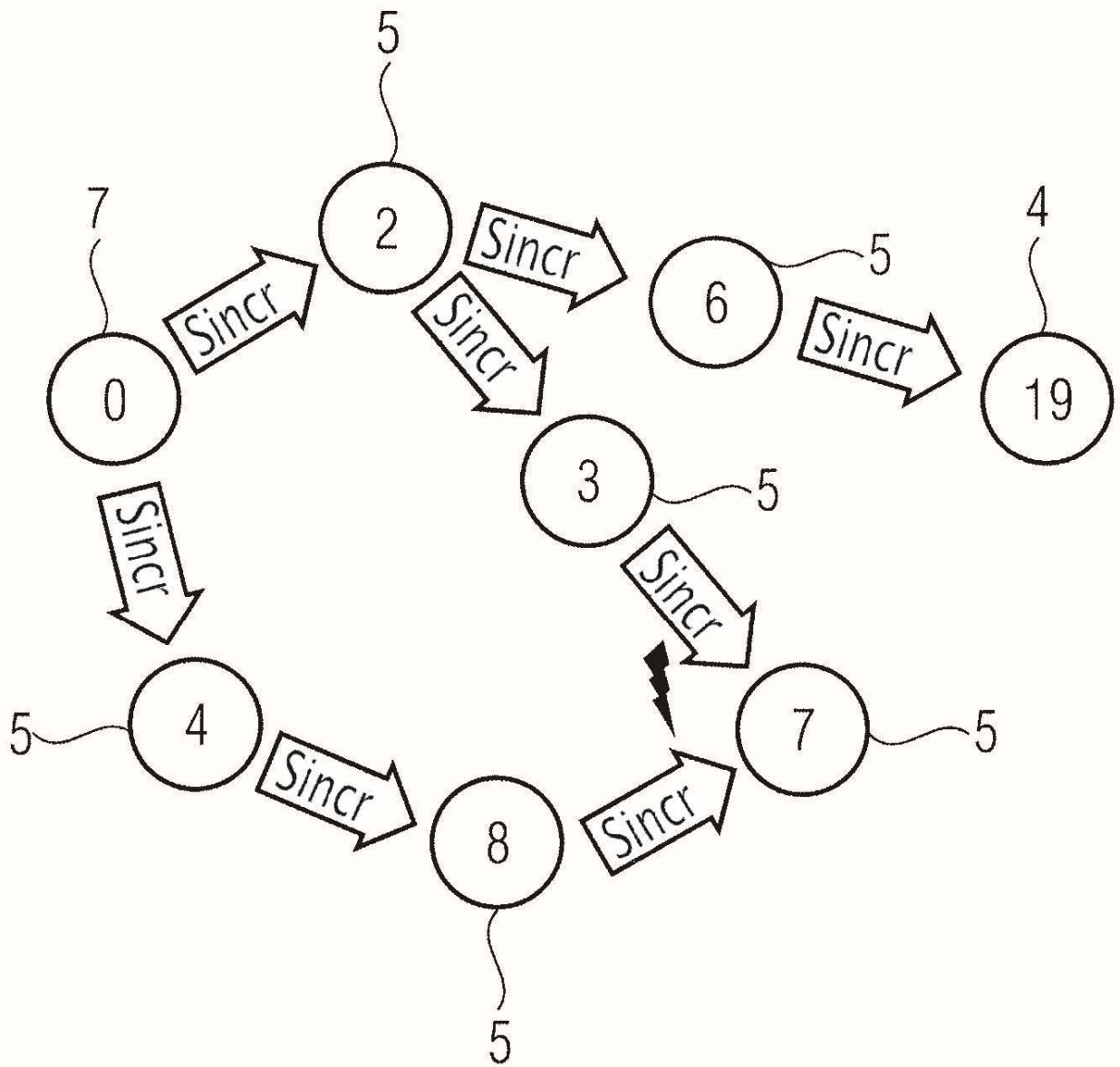


FIGURA 7

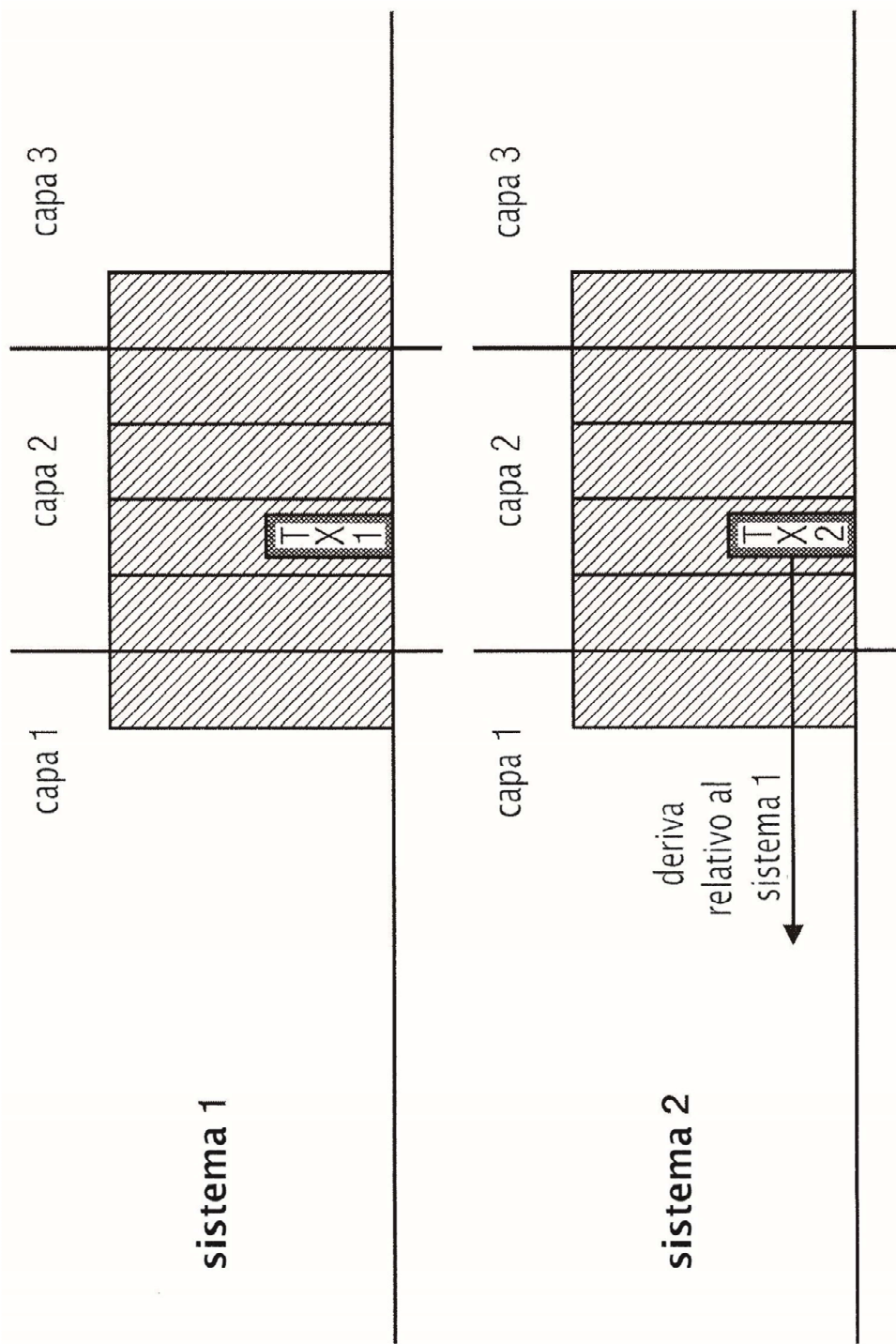


FIGURA 8

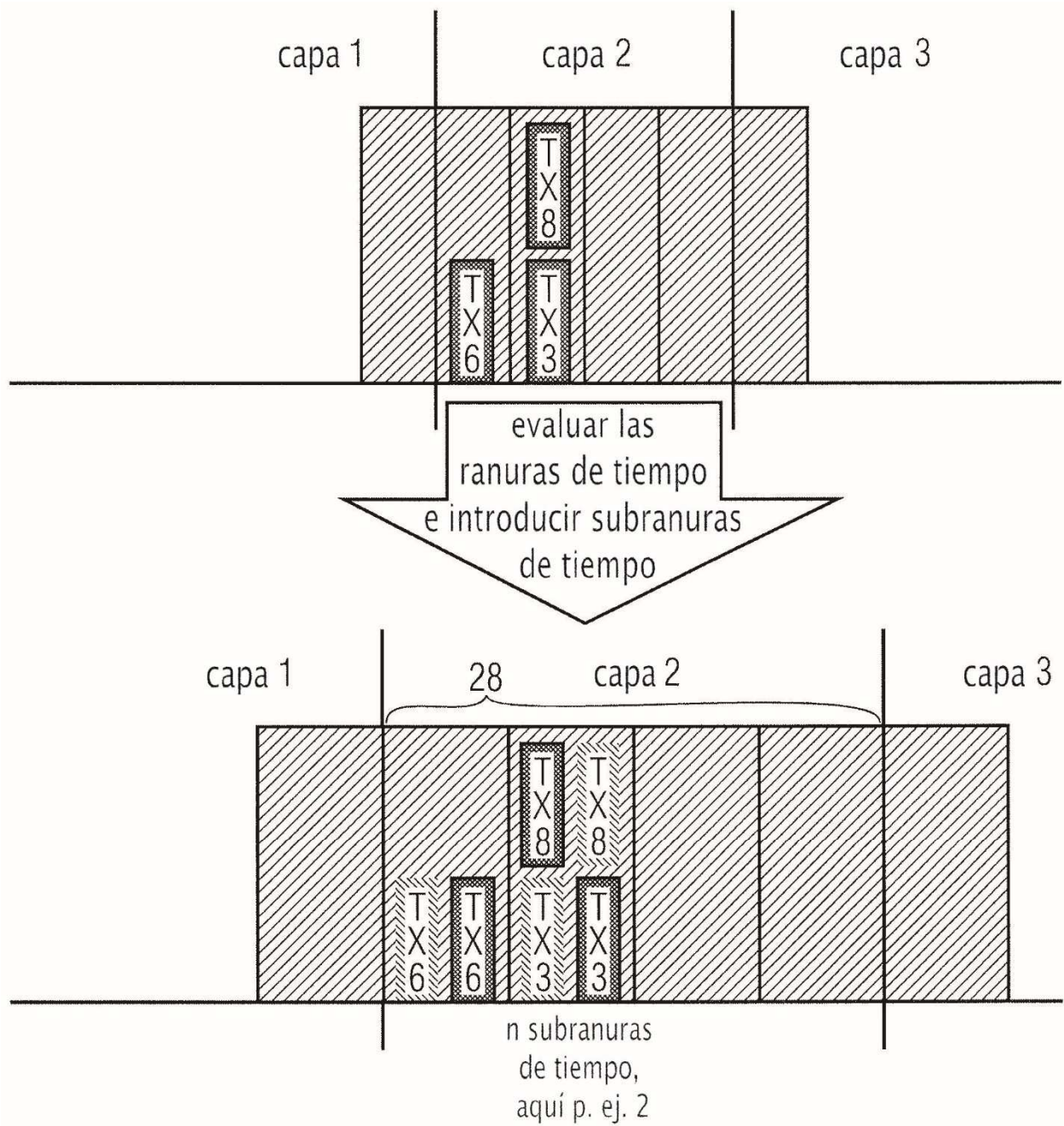


FIGURA 9

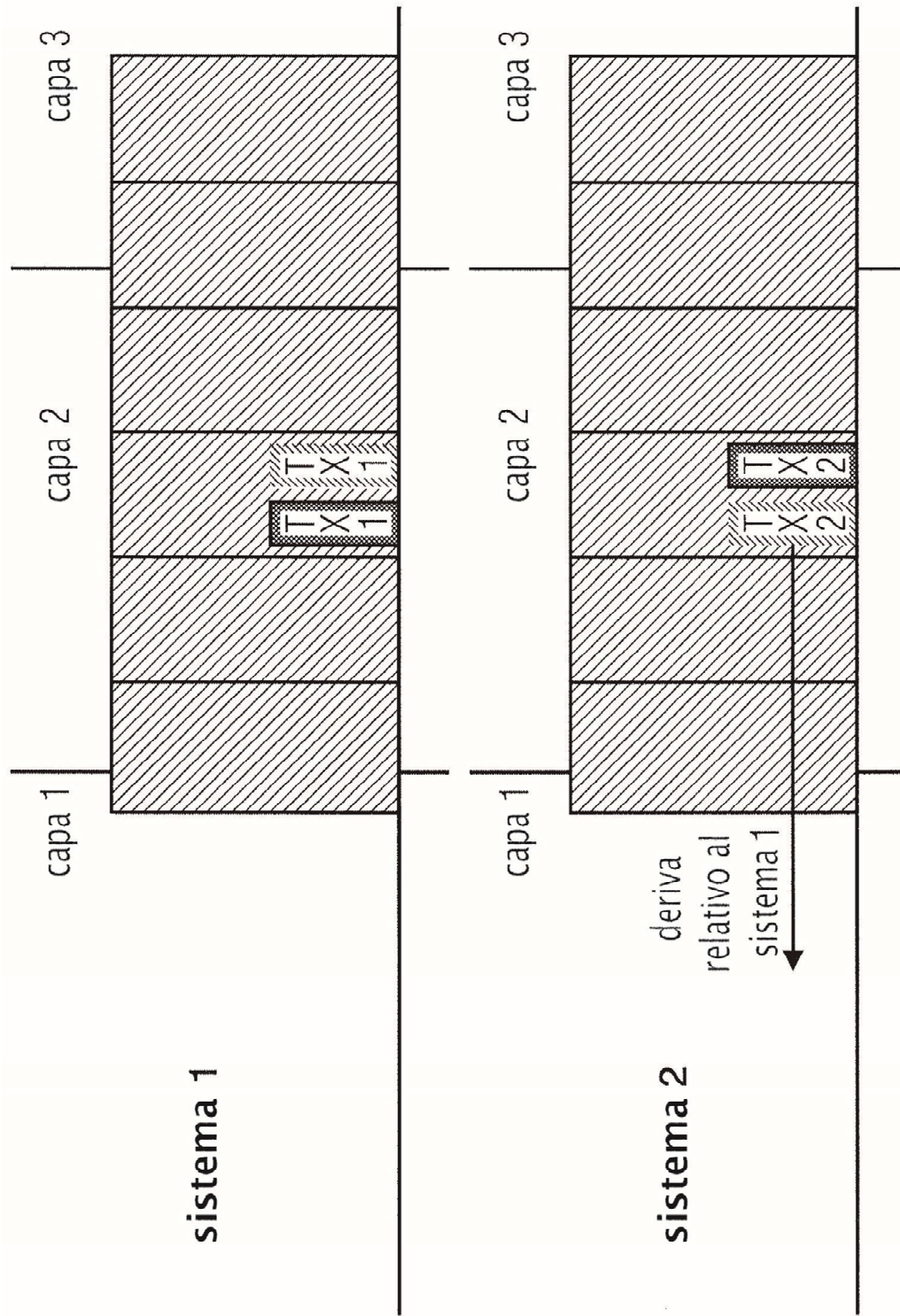


FIGURA 10

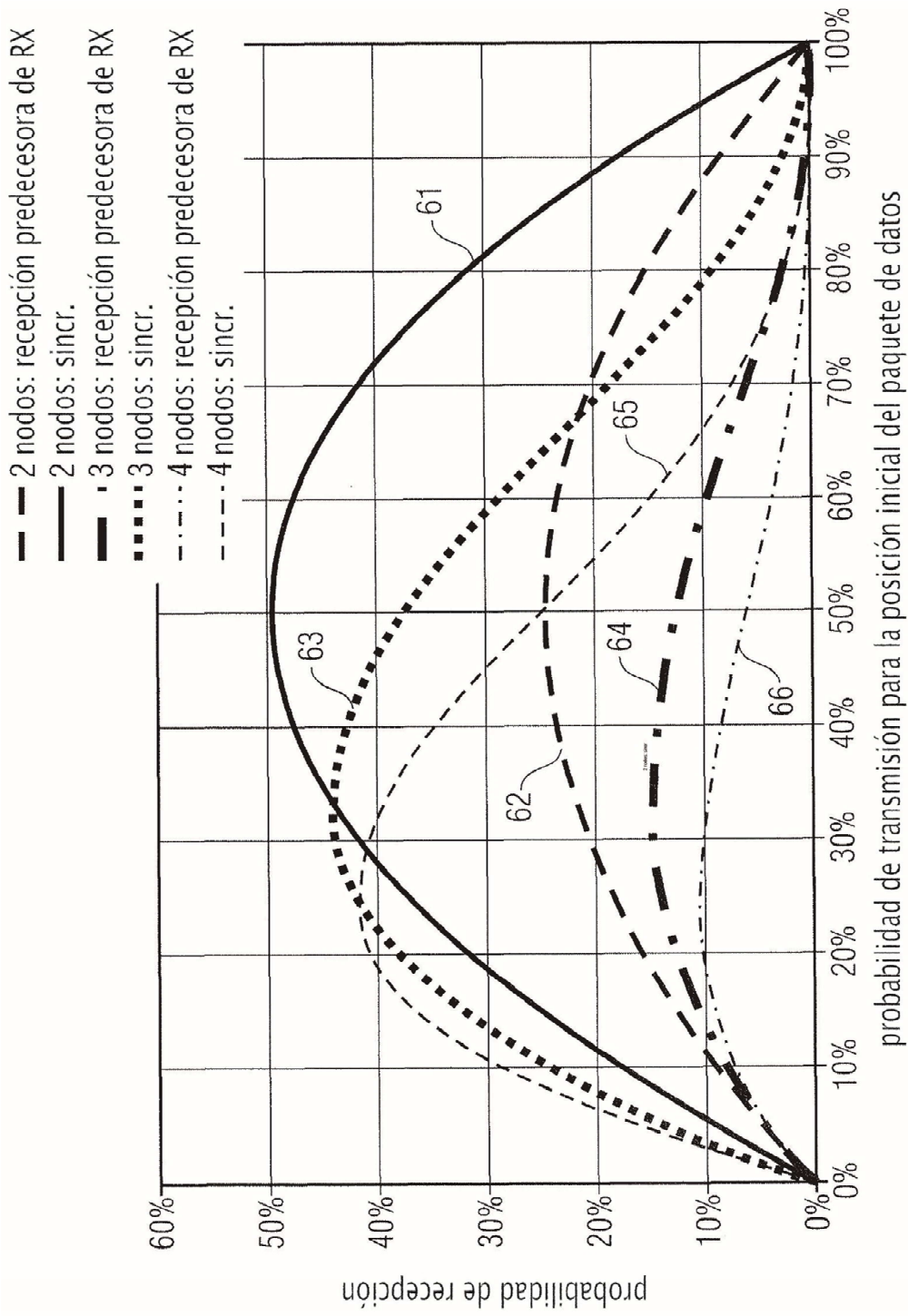


FIGURA 11

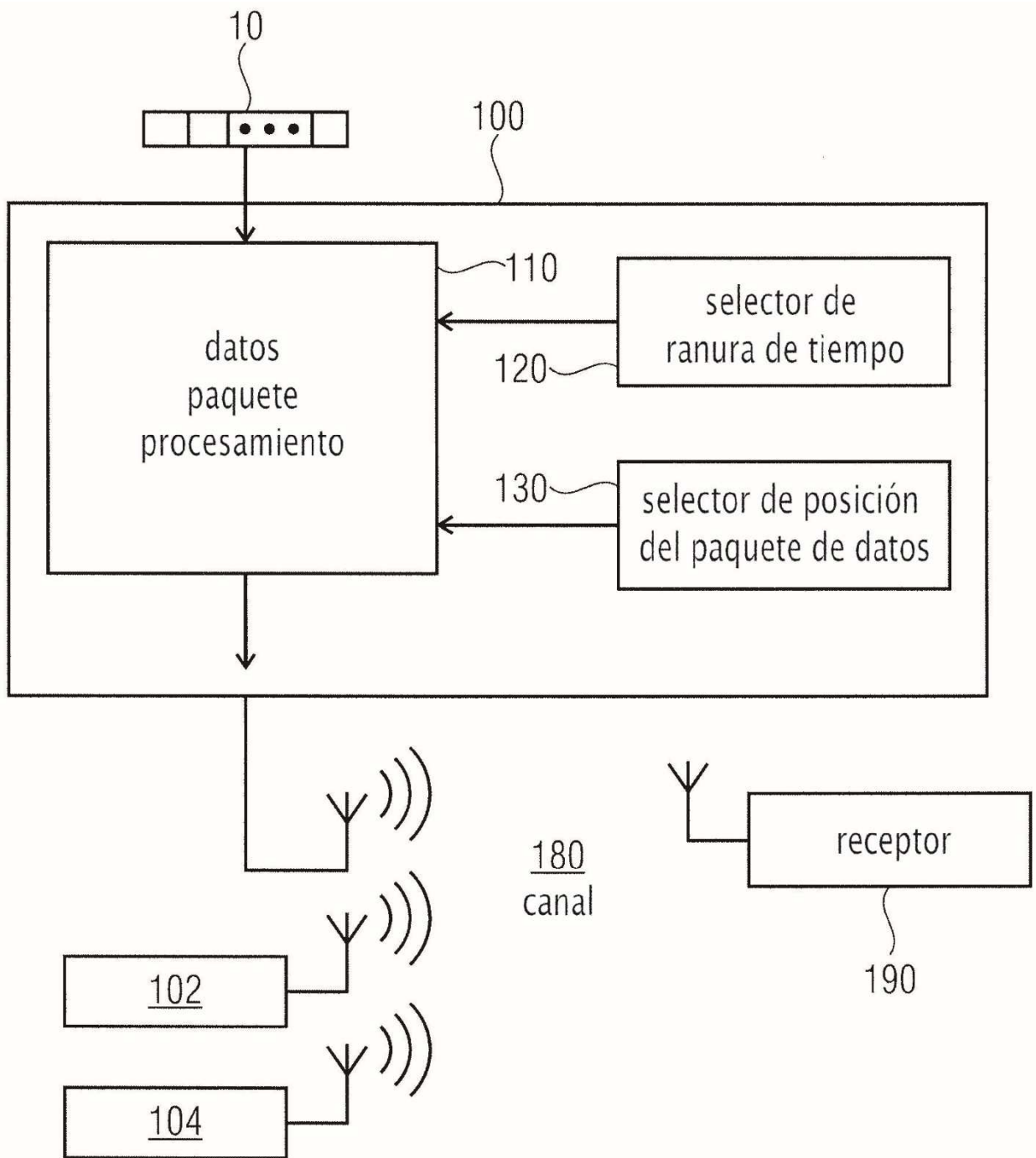


FIGURA 12

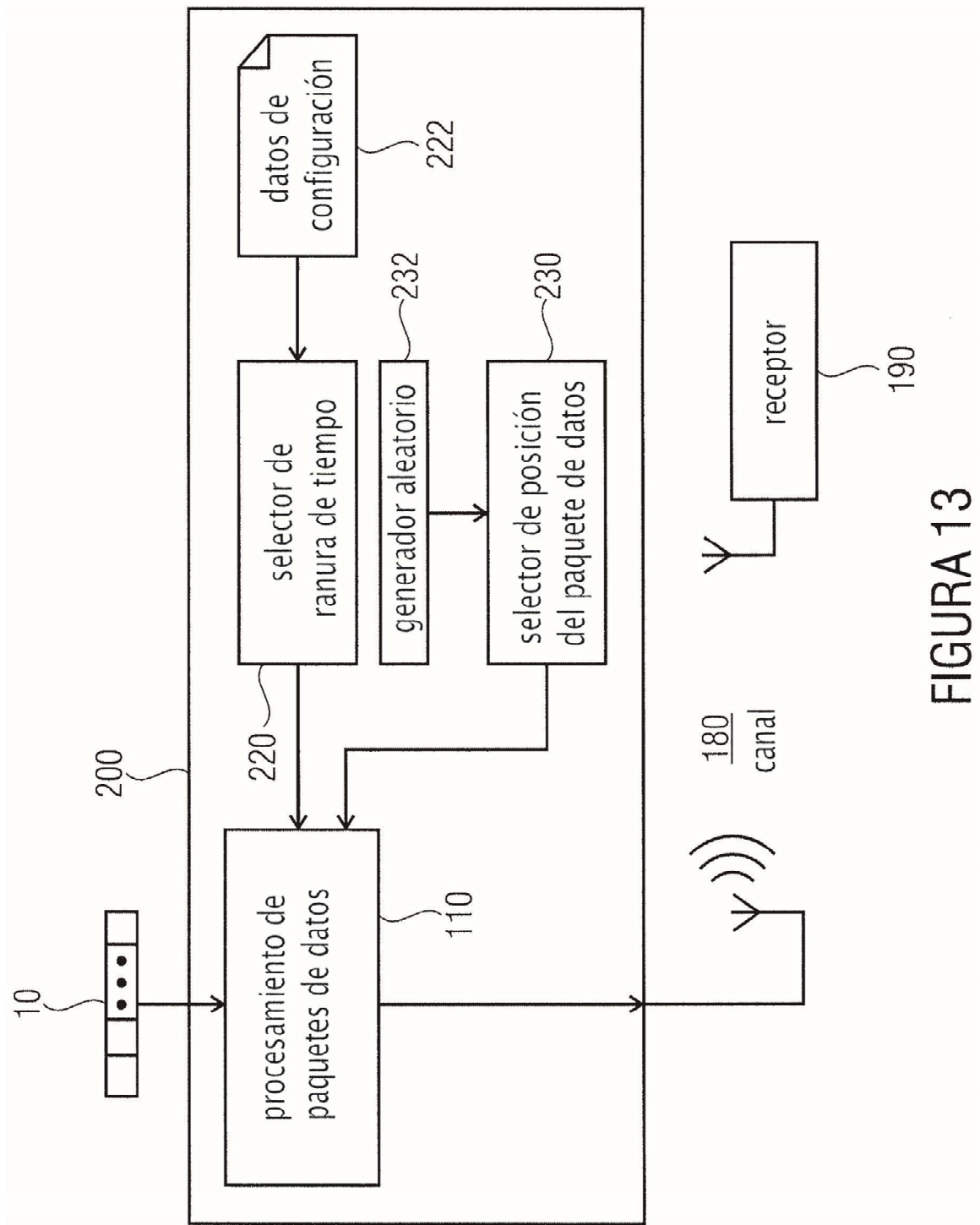


FIGURA 13

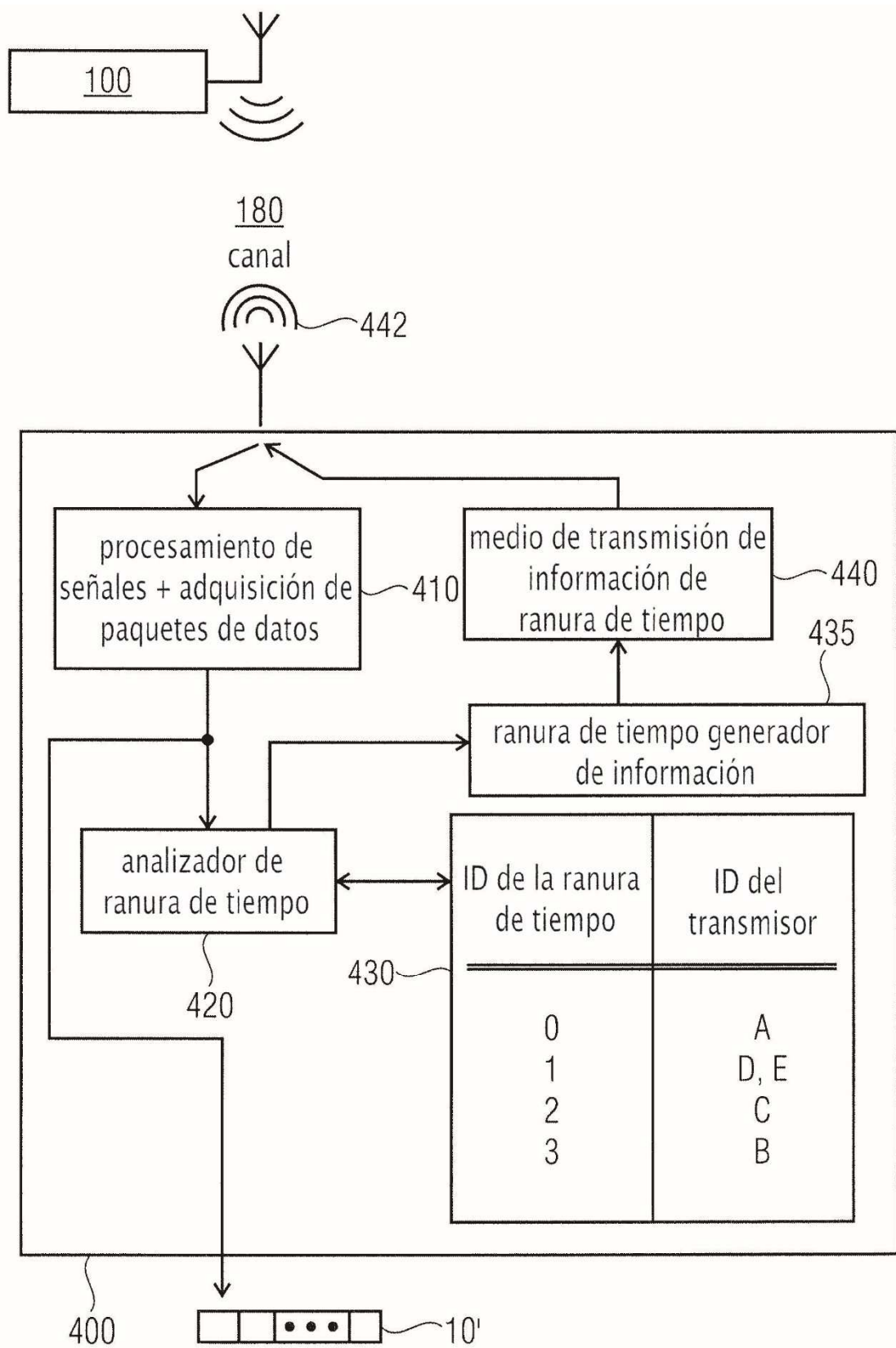


FIGURA 14

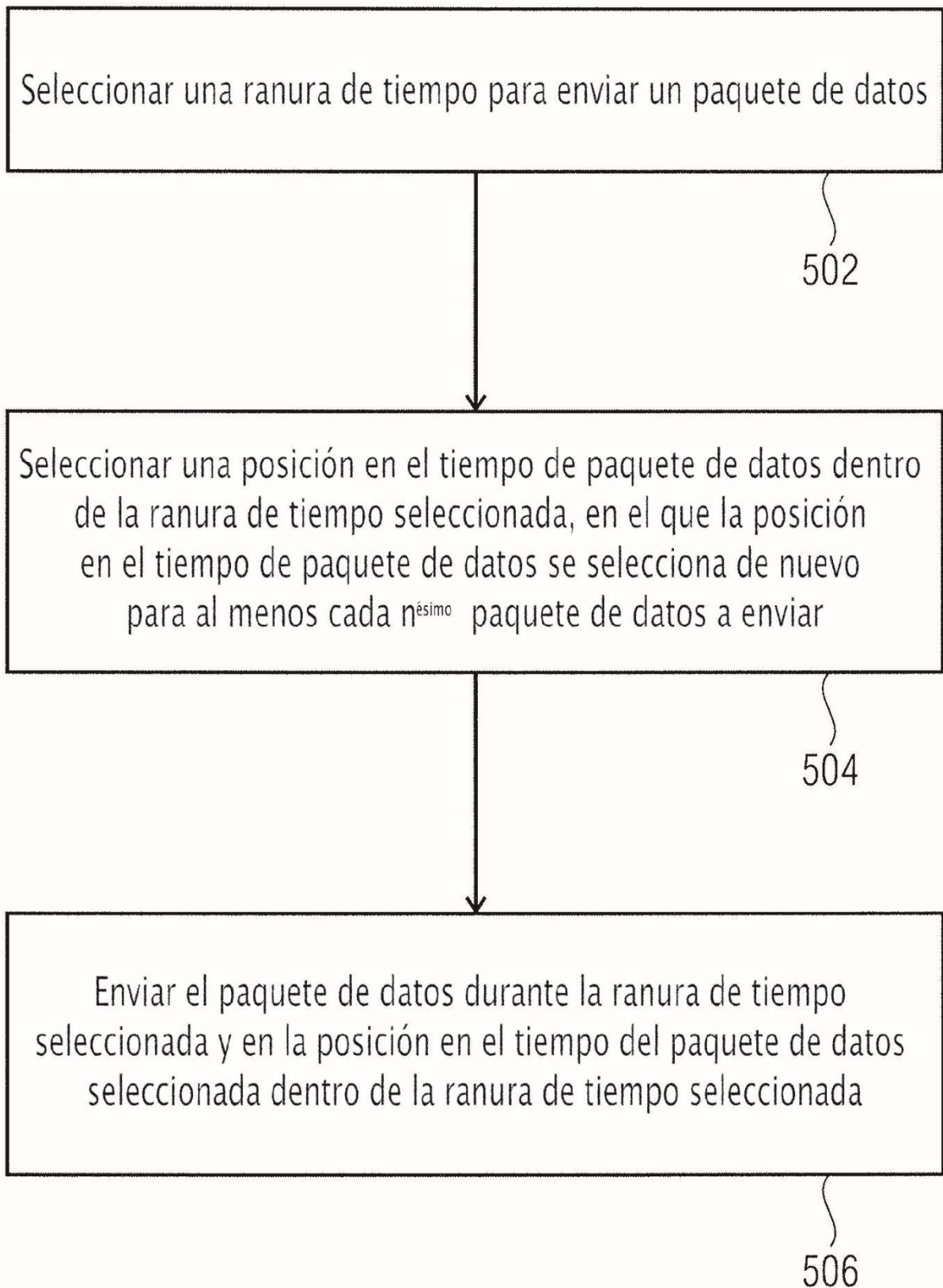


FIGURA 15

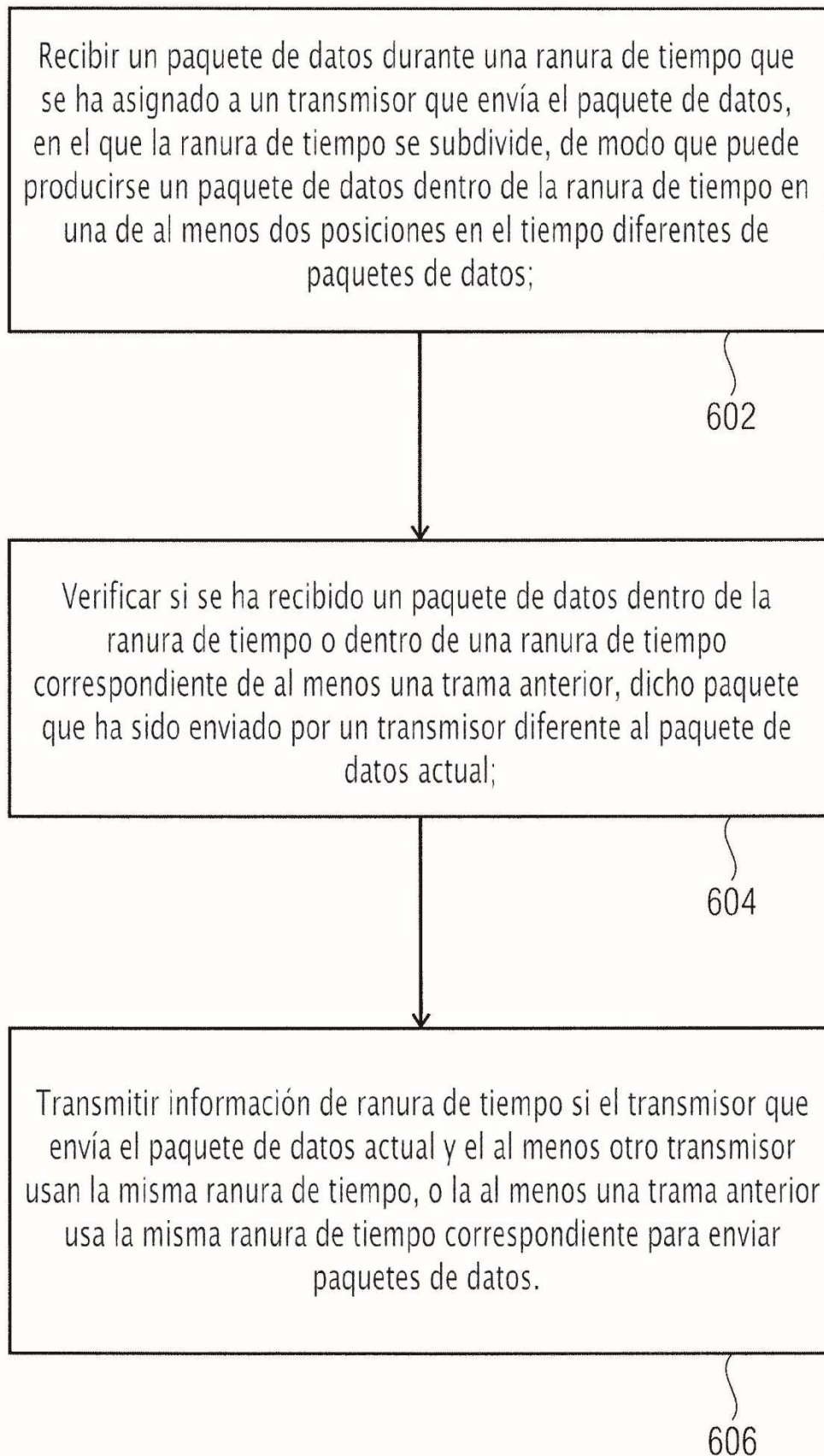


FIGURA 16