

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 797 781**

51 Int. Cl.:

**H04L 12/851** (2013.01)

**H04L 12/863** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2017 E 17188345 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 3451598**

54 Título: **Método de sincronización de transmisión de paquetes de datos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**03.12.2020**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Werner-von-Siemens-Straße 1  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**CHEN, FENG;  
GÖTZ, FRANZ-JOSEF;  
KIESSLING, MARCEL;  
NGUYEN, AN NINH y  
SCHMITT, JÜRGEN**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 797 781 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Método de sincronización de transmisión de paquetes de datos

La invención se refiere a un método, un puente de red y a una red de comunicación industrial.

5 Las redes de área local (LAN) se implementan rutinariamente para proporcionar conectividad de red entre estaciones confinadas a un área limitada. Una LAN normalmente permite que las estaciones conectadas transmitan paquetes de datos llamados tramas. Usualmente, dicha trama comprenderá una dirección que identifica la estación receptora o el destino. La transmisión de datos se basa principalmente en el protocolo IEEE 802.3 o Ethernet. Para ampliar el rango de tales redes, se usan comúnmente conmutadores (puentes) de capa 2. Además de las funciones de la capa 1 (amplificación de señal, reenvío), un puente puede extraer información de dirección para filtrar el tráfico.

10 El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) presentó un estándar (IEEE 802.1Q) que define el funcionamiento de los puentes VLAN de capa 2 que permiten la definición, operación y administración de topologías LAN virtuales dentro de una infraestructura LAN en puente. Dentro del concepto IEEE 802.1Q, se emplean algoritmos de árbol de expansión para proporcionar una transmisión de datos sin circuito. Como las LAN deben estar habilitadas para dar servicio a diferentes tipos de tráfico, existe la necesidad de mejorar los puentes con medios para diferenciar entre diferentes clases de tráfico de servicio. Una forma adecuada de definir tipos de tráfico o clases de servicio es proporcionar identificadores o etiquetas en los encabezados de trama que rigen el tratamiento por puentes individuales.

20 Si bien las clases de servicio dan lugar al procesamiento de tramas de datos basado en la prioridad, no hay garantía de que la calidad del servicio permanezca dentro de los límites establecidos o fijos, porque una sobrecarga de tráfico de alta prioridad o fallas de enlace puede conducir a la degradación del servicio. Por lo tanto, para proporcionar una calidad garantizada de un servicio tiene que ir más allá de la mera clasificación de las tramas.

25 Por consiguiente, se ha propuesto agregar vigilancia de tráfico en los puntos de borde de servicio. Los umbrales de datos se pueden usar para poner un límite a la cantidad de tráfico que ingresa a una red. La calidad del servicio (QoS) depende de manera crucial de la disponibilidad de ancho de banda para transportar tráfico de alta prioridad. Por lo tanto, la eficiencia de la vigilancia del tráfico depende de si se pueden encontrar mecanismos adecuados para controlar la carga de los enlaces de red a través de parámetros de vigilancia del tráfico elegidos adecuadamente. Por ejemplo, en la publicación de solicitud de patente EP 1705839 A1 se propone proporcionar servicios garantizados de ancho de banda flexibles y confiables a través de redes en puente de Ethernet.

30 Además, a partir de la publicación de solicitud de patente US 20150256356 A1, se conocen métodos que se basan en la comunicación sincronizada entre los nodos de la red. En ese caso, se definen intervalos de tiempo particulares para el intercambio de datos entre socios de comunicación prescritos. Dichos métodos de intervalo de tiempo requieren sincronización sofisticada y dispositivos de hardware especiales.

35 El documento US 2014071823 A1 divulga un dispositivo de red que incluye una pluralidad de colas configuradas para almacenar tramas de datos respectivas que tienen un nivel de prioridad. El dispositivo de red incluye un moldeador configurado para transmitir, durante una primera porción de un intervalo de transmisión, tramas de datos de una primera de la pluralidad de colas que tienen un nivel de prioridad más alto, bloques de tramas de datos de una segunda de la pluralidad de colas durante una banda de bloqueo que se extiende desde un primer tiempo antes del inicio del intervalo de transmisión hasta un segundo tiempo que indica el inicio del intervalo de transmisión, determina, basándose en el segundo tiempo y el tamaño máximo de trama que se transmitirá durante el intervalo de transmisión, el segundo tiempo, y transmite selectivamente, después del primer tiempo y antes del segundo tiempo, tramas de datos de la segunda de las colas de pluralidad basadas en el segundo tiempo.

45 El documento EP2453613A1 describe un método para asignar y priorizar comunicaciones de datos en una red de control industrial. Se establece una programación (28) de transmisión que incluye múltiples ventanas de prioridad y múltiples colas (Q). Cada cola (Q) está asignada al menos a una ventana de prioridad, y cada ventana de prioridad puede tener múltiples colas (Q) asignadas a la misma. Un dispositivo (10) de control que se comunica en la red (12) de control transmite paquetes de datos de acuerdo con la una programación (28) de transmisión. Dentro de cada ventana de prioridad, se pueden transmitir paquetes de datos correspondientes a una de las colas (Q) asignadas a la ventana de prioridad. Los paquetes de datos pueden transmitirse en cualquier punto durante la ventana de prioridad, pero solo se transmitirán si no hay paquetes de datos de una cola (Q) más alta esperando ser transmitidos.

50 Los métodos mencionados anteriormente se basan en la prioridad y no abordan paquetes de datos no sincronizados. En caso de transmisión de paquetes de datos no sincronizados, por ejemplo, debido a dispositivos defectuosos o debido a una capacidad de tasa de datos lenta entre estaciones de la red, requisitos de tipo de tráfico, por ejemplo, QoS o requisitos en tiempo real, pueden ser violados.

55 Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un mecanismo para la integración de estaciones no sincronizadas y para mitigar los efectos perjudiciales de la transmisión de paquetes de datos no sincronizados.

De acuerdo con un primer aspecto, se propone un método de sincronización de transmisión de paquetes de datos en una red de acuerdo con la reivindicación 1 adjunta.

De acuerdo con un segundo aspecto, se propone un puente de red, siendo el puente de red operativo para realizar los pasos del método del primer aspecto.

- 5 De acuerdo con un tercer aspecto, se propone una red de comunicación industrial que comprende un puente de red de acuerdo con el segundo aspecto.

La invención se describe con más detalle con base en las siguientes figuras:

La figura 1 muestra una representación esquemática de una red con una primera topología de red,

La figura 2 muestra una representación esquemática de una red con una segunda topología de red,

- 10 La figura 3 muestra una representación esquemática de la red en la que todas las estaciones están sincronizadas,

La figura 4 muestra una representación esquemática de una red con estaciones terminales no sincronizadas,

La figura 5 muestra una representación esquemática de una primera realización de una programación de tiempo para la transmisión de paquetes de datos,

- 15 La figura 6 muestra una representación esquemática de una segunda realización de una programación de tiempo para la transmisión de paquetes de datos,

La figura 7 muestra una representación esquemática de una tercera realización de una programación de tiempo para la transmisión de paquetes de datos,

La figura 8 muestra una representación esquemática de la transmisión de datos en una red,

- 20 La figura 9 muestra una representación esquemática de múltiples colas que comprenden paquetes de datos para ser transmitidos en la red,

La figura 10 muestra una representación esquemática de la transmisión de datos en la red,

La figura 11 muestra una representación esquemática de una lista de programación para la operación de puerta de un puente,

- 25 Las figuras 12a y 12b muestran una representación esquemática de una adaptación del uso del ancho de banda para la transmisión de datos,

Las figuras 13a, 13b y 13c muestran una representación esquemática del rendimiento a través de un puente de red,

La figura 14 muestra una representación esquemática de otra red de ejemplo,

La figura 15 muestra una representación esquemática de la transmisión de datos de programación en una red de ejemplo,

- 30 La figura 16 muestra otra representación esquemática de la transmisión de datos de programación en una red de ejemplo,

La figura 17 muestra pasos de método de ejemplo de acuerdo con una primera realización,

La figura 18 muestra pasos de método de ejemplo de acuerdo con una segunda realización,

La figura 19 muestra pasos de método de ejemplo de acuerdo con una tercera realización,

- 35 La figura 20 muestra pasos de método de ejemplo de acuerdo con una cuarta realización,

La figura 21 muestra pasos de método de ejemplo de acuerdo con una quinta realización,

La figura 22 muestra pasos de método de ejemplo de acuerdo con una sexta realización,

La figura 23 muestra pasos de método de ejemplo de acuerdo con una séptima realización,

La figura 24 muestra pasos de método de ejemplo de acuerdo con una octava realización,

- 40 La figura 25 muestra pasos de método de ejemplo de acuerdo con una novena realización, y

La figura 26 muestra una estructura de ejemplo de un puente de red.

La figura 1 muestra una red N con una topología de línea, es decir, las estaciones B1, B2, B3, B4 de red están conectadas en una línea. Las estaciones B1, B4 de borde de la red también están conectadas a los dispositivos T1, T2 terminales de la red N. Las estaciones B1, B2, B3, B4 de red están conectadas a través de líneas de transmisión a través de las cuales es posible la transmisión y/o recepción de paquetes de datos. Las estaciones B1, ..., B4 de red pueden transmitir y/o recibir paquetes de datos de manera sincronizada a través de las líneas de transmisión. Esta parte S sincronizada de la red N está rodeada por una línea denominada S. Los dispositivos T1, T2 terminales no están necesariamente sincronizados con la parte S sincronizada de la red N con respecto a la transmisión y/o recepción de paquetes de datos.

La figura 2 muestra la red N con una topología de anillo, es decir, las estaciones B1, B2, B3, B4 de red están conectadas en un círculo. En este caso, las estaciones B1, B3 de borde de la red N también están conectadas a los dispositivos T1, T2 terminales de la red N. Las estaciones B1, B2, B3, B4 de red están conectadas a través de líneas de transmisión a través de las cuales la transmisión y/o recepción de paquetes de datos es posible. Las estaciones B1, ..., B4 de red pueden transmitir y/o recibir paquetes de datos de manera sincronizada a través de las líneas de conexión, esta parte S sincronizada de la red N está rodeada por una línea indicada S, mientras que las estaciones terminales no están necesariamente sincronizadas con la parte S sincronizada de la red N con respecto a la transmisión y/o recepción de paquetes de datos.

Así, en general, puede existir una red N que comprende una parte S de red sincronizada en la que la transmisión y recepción de paquetes de datos se produce de manera sincronizada, por ejemplo, dentro de intervalos de tiempo predefinidos con puntos de inicio y finalización fijos en el tiempo con respecto a un reloj de referencia, mientras que otras partes de la red N (una o más estaciones, tal como los dispositivos T1, T2 terminales) no están sincronizadas con esta parte S sincronizada. Como se mencionó anteriormente, esta transmisión de paquetes de datos fuera de sincronización puede ocurrir debido a la diferente capacidad de tasa de datos de las líneas de transmisión o debido al uso de dispositivos de bajo coste sin la capacidad de sincronizar la transmisión y/o recepción de paquetes de datos. Las líneas de transmisión pueden estar cableadas, pero también pueden comprender líneas de transmisión inalámbricas, por ejemplo, los paquetes de datos pueden transmitirse y/o recibirse a través de la comunicación por radio. Preferiblemente, la transmisión y/o recepción en una red N tiene lugar a través de Ethernet y/o de acuerdo con el protocolo IEEE 802.3 como se mencionó anteriormente.

Ahora volviendo a la figura 3, se muestra otra red N con topología de línea. Todas las estaciones en la red N están conectadas entre sí a través del mismo tipo de líneas C1 de transmisión. Es decir, las líneas C1 de transmisión de la red N son del mismo tipo, en particular con respecto a la capacidad de tasa de datos. Por lo tanto, la misma cantidad de datos puede transmitirse y/o recibirse independientemente del trayecto de transmisión respectivo. Por lo tanto, no existen cuellos de botella con respecto a la capacidad de tasa de datos. La figura 3 también comprende un puente B de ejemplo que tiene múltiples puertos, cada uno de los cuales está conectado a una línea C1 de transmisión que tiene la misma capacidad de tasa de datos.

Sin embargo, en la figura 4 existen diferentes tipos de líneas C1, C2, C3 de transmisión en la red N a través de la cual se transmiten y/o reciben paquetes de datos en la red N. Por ejemplo, el dispositivo T1 terminal está conectado a un puente B1 a través de línea C3 de transmisión, que puede tener una capacidad de tasa de datos menor que, por ejemplo, la línea C1 de transmisión a través de la cual el puente B1 está conectado al puente B2. Otros tipos de líneas de transmisión, por ejemplo, C2, pueden existir con una capacidad de tasa de datos diferente a la capacidad de tasa de datos de las líneas C3 y C1 de transmisión. La figura 4 también comprende un puente B de ejemplo que tiene múltiples puertos, en este caso, sin embargo, los diferentes puertos del puente B están conectados a las líneas C1, C2, C3 de transmisión, respectivamente, y las diferentes líneas de transmisión poseen capacidades de tasa de datos diferentes. La capacidad de tasa de datos puede definirse como una tasa de datos máxima alcanzable a través de una línea de transmisión.

Como se describe en conexión con las figuras 1 y 2, las redes N como se muestran en las figuras 3 y 4 pueden estar sincronizadas o pueden comprender una o más partes que están sincronizadas y pueden comprender además una o más partes que no están sincronizadas con las partes sincronizadas. Las partes sincronizadas de la red N en las figuras 3 y 4 están indicadas por un reloj de referencia simbólico y están rodeadas por una línea S circular.

Algunas aplicaciones, en particular en el ámbito industrial, tienen una necesidad de entrega de paquetes de datos que es altamente predecible en términos del tiempo en que ocurrirá la transmisión y/o recepción del paquete de datos, y la latencia general y la fluctuación de fase que se experimentarán como uno o más paquetes de datos se entregan desde su origen a su destino. Por lo tanto, en una aplicación industrial, donde se transmiten datos, se puede usar una red industrial (Ethernet) para transmitir información relacionada con la aplicación, por ejemplo, datos críticos, en uno o más paquetes de datos. En dicho sistema, uno o más paquetes de datos que transportan información, tal como por ejemplo información de control, se transmiten en una programación de tiempo de repetición. La entrega tardía de dichos paquetes de datos puede provocar inestabilidad, inexactitud o falla en la operación de los circuitos de control en cuestión. Además, ha surgido la necesidad de mezclar el tiempo-tráfico crítico con otros tipos de tráfico en la misma red. La priorización por sí sola es insuficiente para abordar las necesidades de este tipo de tráfico; si ya se está transmitiendo un paquete de datos de baja prioridad, entonces esa transmisión puede completarse antes de que un paquete o trama de datos de mayor prioridad pueda acceder al medio de transmisión, lo que resulta en una alta latencia y/o retraso. En IEEE Std 802.1Qbv-2015 se propone introducir ventanas de transmisión protegidas, cf. FIG Q-

1 de IEEE Std 802.1Qbv-2015. Estas ventanas pueden crearse mediante la operación de las llamadas puertas de transmisión que controlan la transmisión y/o recepción de paquetes de datos a través de un puerto, por ejemplo, de un puente de red. Las puertas pueden estar abiertas o cerradas y el funcionamiento de la puerta puede controlarse mediante una lista que proporciona el estado de la puerta en un tiempo dado. En la figura Q-2 de IEEE Std 802.1Qbv-2015 se representa un funcionamiento de ejemplo de múltiples puertas para proporcionar las ventanas de transmisión protegidas mencionadas anteriormente.

Volviendo a la figura 5, se muestra una programación de tiempo de ejemplo para la transmisión de paquetes de datos en una red N (al menos en parte sincronizada). La programación de tiempo que se muestra es periódico y se repite después de cada período. La programación de tiempo que se muestra comprende además dos ventanas de transmisión, indicadas por RT y BE. Sin embargo, son posibles tiempos programados con más de dos ventanas de transmisión. Las respectivas ventanas RT, BE de transmisión pueden estar dedicadas a diferentes tipos de tráfico, es decir, a paquetes de datos que pertenecen a diferentes tipos de tráfico. En el ejemplo de la figura 5, la primera ventana de transmisión, indicada como RT, está dedicada a la transmisión de tráfico en tiempo real, mientras que la segunda ventana de transmisión, indicada como BE, está dedicada al tráfico de mejor esfuerzo. Como se muestra en la figura 5, las ventanas de transmisión están directamente adyacentes a otra. Sin embargo, se puede proporcionar cierto retroceso (a tiempo) entre las ventanas de transmisión.

La longitud de las ventanas RT, BE de transmisión se puede elegir de acuerdo con diferentes aspectos de las propiedades de la red, tales como el tamaño de la red, por ejemplo, el número de saltos que debe realizar un paquete de datos para viajar desde su origen a su destino en la red, o el volumen del paquete de datos que se transmitirá a través de la red. Por lo tanto, la ventana RT de transmisión puede elegirse de acuerdo con un volumen de datos máximo a transmitir durante una ventana de transmisión y/o de acuerdo con la latencia máxima que ocurre cuando los paquetes de datos, por ejemplo, del volumen máximo de datos se transmitirán. Además, la fluctuación de fase, es decir, la desviación respectiva a un reloj de referencia, puede considerarse al determinar la longitud de una ventana de transmisión, en particular la longitud de la ventana RT de transmisión.

Idealmente, en especial en el caso de un dispositivo T1, T2 de red terminal, el uno o más paquetes de datos deben transmitirse al comienzo de una ventana de transmisión para permitir que uno o más paquetes P1, P2, P3 de datos complete su camino a través de la red N dentro de la ventana RT, BE de transmisión. Es decir, inyección inicial, por ejemplo, en el tiempo  $t_i$  en que uno o más paquetes de datos deben ocurrir al comienzo de una ventana de transmisión. Para un paquete de datos de un tipo de tráfico específico, se elige una ventana de transmisión respectiva. Para el tráfico en tiempo real, se elige una ventana de transmisión de tráfico en tiempo real y/o para el tráfico de mejor esfuerzo, se elige una ventana de transmisión de tráfico de mejor esfuerzo. Ahora, si un paquete de datos debe realizar un cierto número de saltos en la red, por ejemplo, a través de uno o más puentes, el reenvío o la retransmisión del paquete de datos no se produce al comienzo de una ventana de transmisión respectiva, sino más bien en un cierto punto en el tiempo después del comienzo de la ventana de transmisión. La ventana de transmisión está, como ya se explicó, configurada de tal manera que permita que la transmisión del paquete de datos se complete dentro de la ventana de transmisión respectiva.

Como se puede ver en la figura 6, si una ventana de transmisión, es decir, la puerta respectiva que controla la recepción y/o transmisión del paquete de datos, está cerrada, la estación de red respectiva no transmitirá ni reenviará un paquete de datos, por ejemplo, un puente de red. Este período de tiempo se indica en la figura 6 mediante "cerrado=esperar". La transmisión del paquete de datos se retrasa así hasta que se abre la ventana de transmisión, o su puerta respectiva. Entonces, la transmisión de uno o más paquetes de datos puede ocurrir de la manera descrita en lo anterior. Este período de tiempo se indica mediante "abrir=reenviar" en la figura 6. Cuando la ventana de transmisión se cierra nuevamente, por ejemplo, debido a que se abre otra ventana de transmisión, los paquetes de datos del tipo de tráfico que pertenece a dicha ventana de transmisión se retrasan nuevamente. Este período de tiempo se indica nuevamente en la figura 6 mediante "cerrado=esperar".

Durante este período de tiempo puede ocurrir la transmisión de paquetes de datos de paquetes de datos de un tipo de tráfico diferente. Por ejemplo, cada tipo de tráfico y/o cola de paquetes de datos respectivos pueden tener una puerta asignada. En la realización de ejemplo de la figura 6, el tráfico de mejor esfuerzo puede transmitirse en el período de tiempo "cerrado=esperar".

El mecanismo descrito en la figura 6 ahora se describe nuevamente en relación con la figura 7. Durante un primer período de tiempo, indicado por 1) en la figura 7, la transmisión de uno o más paquetes de datos, por ejemplo, uno o más paquetes de datos que llegan (al puente) y/o almacenados en una o más colas (paquetes de datos) se retrasan. Luego, se abre una ventana de transmisión, indicada por 2) y 3) en la figura 7, y los paquetes de datos previamente recibidos y/o almacenados en una o más colas se inyectan/transmiten en el tiempo  $t_i$ .

Además, al comienzo de la ventana de transmisión se proporciona un intervalo de tiempo umbral  $t_t$ , indicado por 2) en la figura 7. El intervalo de tiempo umbral  $t_t$  puede corresponder al intervalo de tiempo de fluctuación mencionado. El intervalo de tiempo de fluctuación puede compensar las diferentes desviaciones de las estaciones de red de un reloj de referencia. Esto permite uno o más paquetes de datos, por ejemplo, recibido previamente o almacenado en una o más colas (paquete de datos), para viajar a su destino en la red N.

Uno o más paquetes de datos que se transmiten y/o reciben después del comienzo de la ventana de transmisión, es decir, después del intervalo de tiempo umbral  $t_t$ , pueden no alcanzar su destino en la red N debido al tiempo insuficiente restante en la ventana de transmisión, durante el período de tiempo 3), para que se reenvíen uno o más paquetes de datos (por una o más estaciones de red tales como uno o más puentes de red). Un paquete de datos que llega a un

5 puente de red, en particular desde un dispositivo de red terminal, después del comienzo de la ventana de transmisión, es decir: durante el período de tiempo 3), o después del intervalo de tiempo umbral  $t_t$ , solo puede transmitirse con un aumento y/o latencia desconocida.

El uno o más paquetes de datos pueden, en tal caso, terminar en otro puente de red causando congestión. Por lo tanto, la transmisión del uno o más paquetes de datos puede fallar en general. Cuando la ventana de transmisión, que comprende los períodos de tiempo 2) y 3), se cierra de nuevo, un paquete de datos que llega (al puente) puede reenviarse solo en la siguiente ventana de transmisión y, por lo tanto, la transmisión de este paquete de datos se retrasa nuevamente, indicado por 1) en la figura 7.

10

Se propone además retrasar la transmisión de uno o más paquetes de datos que llegan, en particular desde un dispositivo de red terminal a un puente de red, después del intervalo de tiempo umbral  $t_t$  de una ventana de transmisión (pero que todavía llegan dentro de dicha ventana de transmisión) y transmitir dichos uno o más paquetes de datos en el intervalo de tiempo umbral  $t_t$  de una ventana de transmisión posterior (es decir, una ventana de transmisión para uno o más paquetes de datos del mismo tipo de tráfico que la ventana de transmisión en la que llegó el paquete de datos). Por lo tanto, se puede lograr una latencia definida del uno o más paquetes de datos.

15

En la figura 7, también se muestra la siguiente ventana RT de transmisión para uno o más paquetes de datos que llegaron durante el período de tiempo 3). Esta ventana RT de transmisión directamente posterior también comprende un intervalo de tiempo umbral  $t_t$ . Durante este intervalo de tiempo umbral  $t_t$ , se transmiten uno o más paquetes de datos que llegaron durante el período de tiempo anterior, indicado por 1) y 3) en la figura 7.

20

La figura 8 muestra una representación esquemática de la transmisión de paquetes de datos desde un dispositivo T1 de red terminal y entre dispositivos B2, B3 de red no terminal. Ambas transmisiones se producen a través del puente B1. El puente B1 puede llamarse estación de borde o puente de borde o dispositivo de borde de la red N cuando está conectado a un dispositivo T1 terminal. Por lo tanto, el puente B1 puede gestionar uno o más paquetes de datos que llegan desde el dispositivo T1 terminal y/o desde los puentes B2 y B3. La gestión de uno o más paquetes de datos puede lograrse mediante una o más colas de paquetes de datos a través de los cuales los paquetes de datos se almacenan y posteriormente se reenvían. Como puede verse en la figura 8, uno o más paquetes de datos que llegan desde el dispositivo T1 terminal en el puente B1 se reenvían a uno o más puentes dentro de la red, en este caso los puentes B2 y B3. Por lo tanto, una transmisión de multidifusión de uno o más paquetes de datos, puede ocurrir por ejemplo, a través de diferentes puertos del puente B1. Al mismo tiempo, los paquetes de datos pueden transmitirse dentro de la red N, por ejemplo, desde el puente B1 hasta los puentes B2 y B3 o viceversa. Además, la capacidad de tasa de datos entre estaciones dentro de la red N suele ser mayor que la capacidad de tasa de datos entre un dispositivo de borde, tal como el puente B1, y un dispositivo terminal, como el dispositivo T1 terminal, de una red N. Esto generalmente puede ser el caso y ser deseado también. Por ejemplo, en particular con aplicaciones industriales, un dispositivo T1 terminal puede ser un sensor o actor, ambos pueden ser un dispositivo simple o de bajo coste. Además, dicho dispositivo T1 terminal puede ser un dispositivo de baja potencia. En tal caso, el dispositivo terminal puede no tener la capacidad de tasa de datos para transferir datos con la misma tasa de datos que podría obtenerse con dispositivos dentro de la red. Esto puede deberse a una menor potencia de procesamiento del dispositivo T1 de red terminal o a una menor capacidad del cable de transmisión o del medio de transmisión en sí.

25

30

35

40

En la figura 9 se representan múltiples colas Q1, Q2, Q3, Q4 que comprenden paquetes de datos a transmitir en la red N. Las colas Q1, Q2, Q3, Q4 pueden comprender uno o más paquetes de datos, por ejemplo, almacenado en una memoria de un puente de red. Cada paquete de datos puede tener asignado un número de orden, por medio del cual se proporciona una posición del número de orden del paquete de datos dentro de la cola. La transmisión de uno o más paquetes de datos desde una cola Q1, Q2, Q3, Q4 puede ser controlada por una puerta 1G, 2G, 3G, 4G respectiva. Como se mencionó anteriormente, cada cola puede tener su propia puerta a través de la cual se controla la transmisión de uno o más paquetes de datos desde la cola respectiva. Como se muestra en la figura 9, la cola Q1 está controlada por una puerta 1G y la cola Q2 está controlada por una puerta 2G. Se propone proporcionar una cola Q1 principal y una cola Q2 auxiliar para la transmisión de uno o más paquetes de datos, por ejemplo, de un tipo de tráfico con requisitos en tiempo real. En la cola Q1 principal, los paquetes de datos regulares se almacenan, mientras que la cola auxiliar o la segunda cola Q2 están dedicadas a los paquetes de datos recibidos después de la expiración del intervalo de tiempo umbral  $t_t$  (pero recibidos aún dentro del intervalo de tiempo de transmisión).

45

50

Lo mismo puede aplicarse a las colas Q3 y Q4 para uno o más paquetes de datos de otro tipo de tráfico, por ejemplo, tráfico de mejor esfuerzo.

55

La figura 10 muestra una representación esquemática de la transmisión de datos de uno o más paquetes de datos desde diferentes colas Q1, Q2, Q3, Q4 de datos en la red N. Uno o más paquetes de datos desde la cola principal y la cola auxiliar pueden transmitirse dentro de una ventana de transmisión, por ejemplo, la ventana RT de transmisión. Uno o más paquetes de datos de la cola Q1 principal pueden transmitirse durante el lapso de tiempo de toda la ventana de transmisión, es decir, la inyección de paquetes de datos de la cola principal puede ocurrir en cualquier tiempo

60

durante la ventana RT de transmisión, es decir, también después del vencimiento del intervalo de tiempo umbral  $t_t$ , como se muestra en la figura 10. Esto se debe al hecho de que en la cola principal se pueden almacenar uno o más paquetes de datos que se han recibido de otra estación de red o dispositivo de red no terminal y que esos paquetes de datos no deben retrasarse (ya que pueden estar cerca de su destino). Por lo tanto, uno o más paquetes de datos recibidos de una o más estaciones o dispositivos de red no terminales pueden reenviarse dentro de la misma ventana de transmisión incluso si se reciben después del (vencimiento) del intervalo de tiempo umbral  $t_t$ .

Por otro lado, uno o más paquetes de datos de la cola Q2 auxiliar solo se transmiten al comienzo de una ventana de transmisión, por ejemplo, ventana RT de transmisión, preferiblemente dentro del intervalo de tiempo umbral  $t_t$ . Los paquetes de datos de la cola principal y de la cola auxiliar pueden transmitirse simultáneamente en la red, por ejemplo, en diferentes bandas de frecuencia, por ejemplo, debido a la mayor capacidad de tasa de datos de las líneas de transmisión dentro de la red. Sin embargo, si tal transmisión simultánea de paquetes de datos no es posible, la transmisión de paquetes de datos desde la cola Q1 principal y la cola Q2 auxiliar debe gestionarse. Por ejemplo, se puede asignar una prioridad más alta al uno o más paquetes de datos en la cola Q2 auxiliar. Por lo tanto, solo los paquetes de datos de la cola Q2 auxiliar pueden transmitirse durante el intervalo de tiempo umbral  $t_t$  (si los paquetes de datos se almacenan en la cola auxiliar). Si la cola auxiliar Q2 de paquetes de datos está vacía, los paquetes de datos de la cola Q1 principal pueden transmitirse durante el intervalo de tiempo umbral  $t_t$ . Para garantizar que uno o más paquetes de datos de la cola Q2 auxiliar se transmiten al comienzo de una ventana de transmisión, se propone asignar una prioridad más alta al uno o más paquetes de datos de la cola Q2 auxiliar que a uno o más paquetes de datos de la cola Q1 principal cuando se trata de la gestión de las colas Q1, Q2.

Al transmitir uno o más paquetes de datos desde la cola Q2 auxiliar al comienzo de la ventana de transmisión, se puede garantizar su llegada a su destino a su debido tiempo, es decir, dentro de la ventana de transmisión.

Durante la ventana de transmisión para uno o más paquetes de datos desde la cola Q1, Q2 principal y auxiliar, la transmisión de paquetes de datos desde las colas Q3 y Q4 se retrasa. Solo cuando se abren las ventanas de transmisión para la transmisión de un tipo de tráfico de los paquetes de datos de las colas Q3 y Q4, pueden transmitirse los paquetes de datos de esas colas. La programación de tiempo descrito en lo anterior puede repetirse por varios períodos consecutivos.

La figura 11 muestra una lista de programación para la operación de un puente con múltiples puertas. Tal lista puede ser parte de lo que se conoce como Modelador Consciente del Tiempo (TAS). La lista puede ser utilizada por un controlador de puerta para abrir o cerrar las puertas respectivas que permiten que uno o más paquetes de datos de una cola se transmitan en el medio. En la lista, un "0" representa una puerta abierta, mientras que "C" una puerta cerrada. La apertura y el cierre de las estaciones de red deben sincronizarse en toda la red para permitir la transmisión de datos durante las respectivas ventanas de transmisión. Así, por ejemplo, en un punto en el tiempo T00, las puertas 1G y 2G se abren para que uno o más paquetes de datos puedan transmitirse desde las colas Q1 y Q2, mientras que en ese punto en el tiempo T00 las puertas 3G y 4G están cerradas. En un punto posterior en el tiempo T01, la puerta 2G se cierra y solo la puerta 1G permanece abierta para la transmisión de paquetes de datos. En un tercer punto en el tiempo T02, la puerta 1G también se cierra y las puertas 3G y 4G se abren ambas para que se puedan transmitir uno o más paquetes de datos de las colas Q3 y Q4. El intervalo de tiempo entre T00 y T01 puede corresponder al intervalo de tiempo umbral propuesto. El intervalo de tiempo entre T00 y T02 puede corresponder a la ventana de transmisión, por ejemplo, para un tipo de tráfico con requisitos en tiempo real. El intervalo de tiempo entre T02 y el final del período de programación puede corresponder a una ventana de transmisión para otro tipo de tráfico, por ejemplo, tráfico de mejor esfuerzo, como se muestra en las figuras 9 y 10. La operación de las puertas puede repetirse de acuerdo con el período de transmisión programado.

Pasando ahora a las figuras 12a y 12b, se muestra una adaptación del uso de ancho de banda para la transmisión de datos. Un dispositivo de red de terminal, tal como un sensor o actor o similar, puede, por ejemplo, durante un primer modo de operación, transmite un primer volumen V1 de datos y puede, por ejemplo, durante un segundo modo de operación, transmitir un segundo volumen V2 de datos, más grande que el primer volumen V1 de datos. En el ejemplo de la figura 12a y 12b, la cantidad de datos se duplica. La lista de control de puerta puede adaptarse en consecuencia, por ejemplo, mediante un protocolo de reserva de paquetes de datos, tal como el protocolo de reserva de flujo, que reserva el ancho de banda para el transporte de paquetes de datos en la red. Por consiguiente, el intervalo de tiempo umbral y/o la ventana de transmisión pueden adaptarse para permitir la transmisión de un volumen de datos mayor desde el dispositivo de red terminal. Se puede emplear un protocolo de reserva que garantice que la programación en la red proporcione suficiente ancho de banda que no se haya utilizado para los paquetes de datos de otros dispositivos terminales en la red. Por lo tanto, la ventana de transmisión, por ejemplo, la ventana de transmisión para el tráfico en tiempo real puede incrementarse, por ejemplo, siempre que esté disponible un ancho de banda mínimo para otra ventana de transmisión, tal como la ventana de transmisión de mejor esfuerzo, y el período de programación de tiempo no se cambie para admitir más tráfico en tiempo real en la red. Como se muestra en las figuras 12a y 12b, el tiempo de una ventana "200: oCCC" de transmisión se duplica en comparación con su configuración anterior "100: oCCC", permitiendo así que uno o más paquetes de datos se transmitan dentro de la red durante la ventana de transmisión, en este caso, la ventana RT de transmisión para la transmisión de tráfico en tiempo real.

Las figuras 13a, 13b y 13c muestran una representación esquemática del rendimiento a través de una red N que comprende los puentes B1 y B2. En una red sincronizada sin una cola auxiliar de datos en la que toda la transmisión

de datos se realiza de manera coordinada, una tasa de transmisión de datos más lenta, por ejemplo, la línea de transmisión de 100Mbit/s entre T1 y B1 en la figura 13a puede reducir significativamente el ancho de banda utilizable para los paquetes de datos. Esto se debe a que puede llevar más tiempo entregar los paquetes de datos desde el dispositivo terminal a un dispositivo de borde, por ejemplo, debido a una capacidad de tasa de datos de línea de transmisión más lenta. Además, los paquetes de datos desde dispositivos terminales (no sincronizados) pueden transmitirse fuera de las ventanas BE, RT de transmisión dedicadas para el tipo de tráfico respectivo de los paquetes de datos. Debido a la mayor capacidad de tasa de datos en la red, por ejemplo, en la línea de transmisión de 1 Gbit/s entre el puente B1 y B2, un cierto volumen de datos enviado desde el dispositivo T1 terminal puede transmitirse en la red en una ventana de transmisión más pequeña. Para garantizar la transmisión RT de tramas al comienzo del período RT, el tamaño del período RT mostrado en la figura 13a puede reducirse para evitar una transmisión no intencionada de la trama RT 3 desde el dispositivo T1 terminal en el puente B1 a B2. La reducción se muestra en la figura 13b. Esta reducción conduce a una menor cantidad utilizable de ancho de banda RT en la transmisión de red más rápida.

En contraste con esto, si el puente B1 de borde usa una cola auxiliar de paquetes de datos, el dispositivo T1 terminal, como se muestra en la figura 13c, puede usar su ancho de banda completo y no tiene que considerar ventanas de transmisión dedicadas. El dispositivo B1 de borde puede actuar como una unidad de sincronización para el dispositivo T1 terminal y puede recopilar (en la cola auxiliar de datos) todos los paquetes de datos que llegan después del intervalo de tiempo umbral  $t_t$  de una ventana de transmisión y puede hacer uso de su mayor ancho de banda al reenviar los paquetes de datos recibidos del dispositivo T1 terminal en el tiempo umbral  $t_t$  del siguiente, por ejemplo la ventana de transmisión directamente siguiente para el mismo tipo de tráfico.

La figura 14 muestra otra red N de ejemplo en la que los paquetes de datos de tres dispositivos T1, T2, T3 de red terminal están transmitiendo paquetes de datos a otro dispositivo L de red terminal. El dispositivo L terminal, también llamado dispositivo final en la literatura, también puede caracterizarse como un oyente de un flujo de datos (que comprende uno o más paquetes de datos) que emergen de otros dispositivos terminales, por ejemplo dispositivos T1, T2, T3 terminales. La transmisión de paquetes de datos en este caso tiene lugar a través de dos puentes B1 y B2 de red, en donde el dispositivo T1 terminal está conectado al puente B1 y los dispositivos T2 y T3 terminales están conectados al puente B2 y en donde el puente B2 está conectado al puente B1. Finalmente, el dispositivo L terminal también está conectado al puente B1, a través del cual el puente B1 transmite todos los paquetes de datos al dispositivo L terminal.

La figura 15 muestra una representación esquemática de la transmisión de datos de programación en una red de ejemplo. En este caso, la programación de tiempo presentado corresponde a la red de ejemplo de la figura 14. Los paquetes de datos P2 y P3 de los dispositivos de red terminal T2 y T3, respectivamente, se reciben en el puente B2 de red y se inyectan en la red consecutivamente al comienzo de una ventana de transmisión. En un punto posterior en el tiempo, los paquetes P2, P3 se reciben en el puente B1 de red. Al comienzo de la ventana de transmisión, el puente B1 inyecta, por ejemplo, desde su cola auxiliar de paquete de datos, un paquete de datos P1 recibido (en el puente B1 antes del comienzo de la ventana de transmisión) desde el dispositivo T1 de red terminal a la red. Los paquetes de datos P2 y P3 se transmiten en un orden consecutivo después del paquete de datos P1. El dispositivo L de red de terminal recibe entonces todos los paquetes P1, P2, P3 de datos dentro de la ventana de transmisión.

La figura 15 muestra además diferentes configuraciones de los intervalos de tiempo umbral  $t_t$  de los respectivos puentes B1 y B2 de red. El intervalo de tiempo umbral  $t_t$  se adapta a la cantidad de datos recibidos de los dispositivos terminales y se puede adaptar automáticamente, por ejemplo, a través de un protocolo de reserva.

La figura 16 muestra otra representación esquemática de la transmisión de datos de programación en una red de ejemplo. En este caso, la red es la misma que la mostrada en la figura 16, pero con una tasa (capacidad) de datos diferente entre el dispositivo T3 terminal y el puente B2 que La tasa de datos (capacidad) entre los puentes B2 y B1. Por lo tanto, el tiempo de transmisión requerido del paquete p3 se reduce en la transmisión de red entre los puentes B2 y B1 en comparación con la transmisión entre el dispositivo T3 terminal y el puente B2. Como se puede ver en la figura 16, la transmisión de un paquete de datos, por ejemplo, el paquete P3 de datos ocupa significativamente menos ancho de banda en la línea de transmisión entre el puente 2 y el puente B1 que en la línea de transmisión entre el dispositivo T3 terminal y el puente B2.

Las figuras 17 a 25 muestran pasos de método de ejemplo, por ejemplo, implementado por una o más estaciones de red, tal como uno o más puentes de red. Después de un paso S1 de recepción, por ejemplo, desde el dispositivo terminal, uno o más paquetes de datos después de un intervalo de tiempo umbral de una ventana de transmisión se puede realizar un paso S2 que comprende y/o inicia: reenviando uno o más paquetes de datos recibidos en una ventana de transmisión posterior, en donde el reenvío se realiza dentro del intervalo de tiempo umbral de la ventana de transmisión posterior.

Preferiblemente, entre el paso S1 de recibir el uno o más paquetes de datos y reenviar el uno o más paquetes de datos, se realiza un paso S3 de almacenar el uno o más paquetes de datos en una cola auxiliar de paquetes de datos, seguido de un paso S4 de reenviar uno o más paquetes de datos desde la cola auxiliar de paquetes de datos.

En un paso S5 se pueden recibir paquetes de datos adicionales, por ejemplo, durante el intervalo de transmisión de otro tipo de tráfico. Estos paquetes de datos se almacenan también en un paso S6 en la cola auxiliar de paquetes de

datos y se reenvían en un paso S7 en el intervalo de tiempo umbral de una ventana de transmisión posterior, preferiblemente una ventana de transmisión directamente siguiente para el tipo de tráfico respectivo del paquete de datos recibido.

5 Además, en un paso S8 los paquetes de datos pueden ser recibidos por el puente desde otros dispositivos no terminales. Dichos paquetes de datos pueden almacenarse en un paso S9 en una cola principal de paquetes de datos y pueden reenviarse adicionalmente desde la cola principal de paquetes de datos en un paso S10 dentro de la misma ventana de transmisión en la que fueron recibidos.

10 En un paso S11, el paquete de datos almacenado en la cola principal de paquetes de datos y almacenado en la cola auxiliar de paquetes de datos puede gestionarse para cumplir con los requisitos de tráfico de los respectivos paquetes de datos. Por ejemplo, se pueden asignar prioridades a los paquetes de datos para garantizar un manejo adecuado como se mencionó anteriormente. Así, en un paso S12, los paquetes de datos pueden reenviarse de acuerdo con el orden de su prioridad.

En un paso S13 se pueden recibir paquetes de datos de un primer tipo de tráfico y en un paso S14 se pueden recibir paquetes de datos de un segundo tipo de tráfico, por ejemplo, en respectivas ventanas de transmisión.

15 En un paso, S15 pueden recibirse paquetes de datos de un dispositivo de red no sincronizado, tal como un dispositivo de red terminal y dichos paquetes de datos pueden reenviarse a un dispositivo de red o estación de red que esté sincronizada con el puente de red que recibe uno o más paquetes de datos no sincronizados.

20 En un paso S17, el uno o más paquetes de datos pueden recibirse a través de una línea de transmisión que tiene una primera capacidad de tasa de datos y reenviarse a través de una línea de transmisión que tiene una segunda capacidad de tasa de datos que es mayor que la de la primera línea de transmisión.

En un paso S19, el intervalo de tiempo umbral puede adaptarse, por ejemplo, antes de configurar la transmisión de paquetes de datos de uno o más paquetes de datos dentro de la red. Por ejemplo, dicha adaptación puede basarse en un volumen de paquete de datos, por ejemplo, El número de bits que transporta un paquete de datos.

25 La figura 26 muestra una estructura de ejemplo de un puente de red. Un puente puede tener uno o más, es decir, múltiples puertos, para recibir y/o transmitir (reenviar) paquetes de datos desde/hacia una o más estaciones de red diferentes. La topología física de un puente se muestra en la figura 8-1 de IEEE Std 802.1Q-2014 (aprobada el 3 de noviembre de 2014).

30 Por ejemplo, se conocen tipos de tráfico tales como mejor esfuerzo, fondo, excelente esfuerzo, aplicaciones críticas, voz, vídeo, control de red, control entre redes, por ejemplo, tabla 1-1 y tabla 1-2 de IEEE Std 802.1Q-2014 (aprobada el 3 de noviembre de 2014).

Debe entenderse que un paquete de datos puede ser cualquier unidad de transmisión de datos, por ejemplo, un paquete de datos puede ser una trama en una red de área local (LAN) IEEE 802 que transmite una unidad de datos de protocolo (MPDU) de control de acceso a medios (MAC).

35 Por consiguiente, un puente puede estar operativo para retransmitir y/o filtrar paquetes de datos, tales como tramas. Además, un puente puede tener una funcionalidad adicional como mantener las reglas requeridas para realizar el filtrado y la retransmisión.

40 Para llevar a cabo los pasos del método como se describe en lo anterior en relación con las figuras 1 a 25, el puente B puede comprender uno o más módulos. Por ejemplo, el puente B puede comprender un módulo M1 para recibir uno o más paquetes de datos. Además en el puente puede comprender un módulo M2 para reenviar uno o más paquetes de datos. El puente puede comprender además un módulo M3 para almacenar el uno o más paquetes de datos recibidos. El puente B puede comprender además un módulo M4 para gestionar la cola principal del paquete de datos y la cola auxiliar del paquete de datos. El puente B también puede comprender un módulo M5 para adaptar el intervalo de tiempo umbral. El puente puede comprender además un módulo para realizar cualquiera de los pasos del método mencionados anteriormente, en particular para realizar los pasos del método mostrados en las figuras 17 a 25. Dichos módulos pueden almacenarse en una memoria del puente B y pueden ejecutarse mediante un procesador de dicho puente B.

45 En particular, un sistema de automatización industrial típicamente comprende una red de comunicación industrial que a su vez comprende una pluralidad de dispositivos de automatización unidos entre sí y sirve como parte de una automatización de producción o proceso para el control o regulación de planta, maquinaria o equipo. Debido a las condiciones de tiempo crítico en los medios automatizados de los sistemas de automatización industrial, se utilizan sistemas técnicos en redes de comunicación industrial para la comunicación entre dispositivos de automatización, principalmente protocolos de comunicación en tiempo real tales como Profinet, Profibus o Ethernet en tiempo real. Por lo tanto, dicho uno o más puentes B, como se describe en lo anterior, pueden formar una red de comunicación industrial y pueden ser operativos para ser empleados en una aplicación industrial, en particular un sistema de automatización.

**REIVINDICACIONES**

1. Método de sincronización de la transmisión de paquetes (P1, P2, P3) de datos en una red (N), comprendiendo el método y/o iniciando los pasos de:
  - 5 Recibir (S1), desde un dispositivo (T1, T2, T3) terminal de la red (N), uno o más paquetes (P1, P2, P3) de datos después de un intervalo de tiempo umbral (tt) de una ventana (RT, BE) de transmisión periódica, en donde el intervalo de tiempo umbral (tt) está dispuesto al comienzo de dicha ventana (RT, BE) de transmisión periódica, y
  - Reenviar (S2) el uno o más paquetes (P1, P2, P3) de datos en una ventana (RT, BE) de transmisión posterior, dentro del intervalo de tiempo umbral (tt) de la ventana (RT, BE) de transmisión posterior.
- 10 2. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el uno o más paquetes de datos se reenvían dentro del intervalo de tiempo umbral (tt) de una ventana (RT, BE) de transmisión posterior directamente después de la ventana (RT, BE) de transmisión en la cual se recibieron uno o más paquetes (P1, P2, P3) de datos.
3. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además el paso de:
  - 15 reenviar dichos uno o más paquetes de datos en el intervalo de tiempo umbral (tt) de una ventana de transmisión posterior, en donde la ventana de transmisión posterior es una ventana de transmisión del mismo tipo de tráfico que la ventana de transmisión en la que se recibieron uno o más paquetes de datos
4. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende los pasos de:
  - Almacenar (S3) el uno o más paquetes (P1, P2, P3) de datos, recibidos después del intervalo de tiempo umbral (tt) de la ventana (RT, BE) de transmisión, en una cola auxiliar (Q2) de paquetes de datos, y
  - 20 Reenviar (S4) el uno o más paquetes (P1, P2, P3) de datos desde la cola auxiliar (Q2) de paquetes de datos en una ventana (RT, BE) de transmisión posterior, dentro del intervalo de tiempo umbral (tt) de la ventana (RT, BE) de transmisión posterior.
5. Método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende los pasos de:
  - Recibir (S5), por ejemplo, desde un dispositivo (T1, T2, T3) terminal de la red (N), al menos un paquete (P1, P2, P3) de datos adicional fuera de la ventana (RT, BE) de transmisión periódica, y
  - 25 Almacenar (S6) el paquete (P1, P2, P3) de datos adicional recibido fuera de la ventana de transmisión periódica en una cola auxiliar (Q2) de paquetes de datos, y
  - Reenviar (S7) el paquete (P1, P2, P3) de datos adicional desde la cola auxiliar (Q2) en una ventana (RT, BE) de transmisión posterior dentro del intervalo de tiempo umbral (tt) de la ventana de transmisión posterior.
6. Método de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende los pasos de:
  - 30 Recibir (S8), desde un dispositivo (B, B1, B2, B3) no terminal de la red (N), al menos un paquete (P1, P2, P3) de datos adicional dentro de la ventana (RT, BE) de transmisión periódica y
  - Almacenar (S9) el paquete (P1, P2, P3) de datos adicional recibido dentro de la ventana (RT, BE) de transmisión periódica en una cola principal (Q1) de paquetes de datos, y
  - 35 Reenviar (S10) el paquete (P1, P2, P3) de datos adicional desde la cola principal (Q1) del paquete de datos en la ventana (RT, BE) de transmisión periódica tal como se recibió.
7. Método de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende:
  - Gestionar (S11), la cola principal (Q1) del paquete de datos y la cola auxiliar (Q2) del paquete de datos, para reenviar el paquete (P1, P2, P3) de datos y el paquete (P1, P2, P3) de datos adicional.
8. Método de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende además:
  - 40 Reenviar (S12) paquetes de datos desde la cola principal (Q1) de paquetes de datos o la cola auxiliar (Q2) de paquetes de datos dentro del intervalo de tiempo umbral (tt) de una ventana (RT, BE) de transmisión posterior.
9. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el paso de recepción comprende:
  - 45 Recibir (S13) un paquete (P1, P2, P3) de datos de un primer tipo de tráfico, en donde una primera ventana (RT, BE) de transmisión está dedicada al primer tipo de tráfico y el primer tipo de tráfico posee un requisito en tiempo real.

10. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el paso de recepción comprende además:
- 5 Recibir (S14) un paquete de datos de un segundo tipo de tráfico, en donde una segunda ventana (RT, BE) de transmisión está dedicada al segundo tipo de tráfico y el segundo tipo de tráfico posee un requisito de mejor esfuerzo, en donde la segunda ventana (RT, BE) de transmisión es adyacente a la primera ventana (RT, BE) de transmisión y la primera y la segunda ventana de transmisión se repiten periódicamente.
11. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el paso de recepción comprende además:
- 10 Recibir (S15) el uno o más paquetes de datos de un dispositivo (T1, T2, T3) terminal de una red (N), el dispositivo terminal no está sincronizado con respecto a la transmisión de datos de uno o más dispositivos no terminales de la red, y
- Reenviar (S16) el paquete de datos a un dispositivo (B1, B1, B2, B3) no terminal de la red (N), el dispositivo (B1, B1, B2, B3) no terminal está sincronizado con respecto a transmisión de datos de otros dispositivos (B1, B1, B2, B3) no terminales de la red (N).
- 15 12. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende:
- Recibir (S17) el uno o más paquetes (P1, P2, P3) de datos a través de una primera línea (C1) de transmisión, entre un dispositivo de red terminal y un primer puente de red, con una primera capacidad de tasa de datos, y
- Reenviar (S18) el uno o más paquetes (P1, P2, P3) de datos a través de una segunda línea (C2) de transmisión, por ejemplo, entre el primer puente (B1) y un segundo puente (B2), con una segunda capacidad de tasa de datos,
- 20 en donde la primera capacidad de tasa de datos es menor que la segunda capacidad de tasa de datos.
13. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende:
- Adaptar (S19) el intervalo de tiempo umbral (tt) con base en el volumen de paquete de datos esperado para reenviar, al configurar un puente (B, B1, B1, B2, B3) para la transmisión de un flujo de datos desde una fuente de flujo a un receptor de flujo.
- 25 14. Un puente (B, B1, B1, B2, B3) de red, que comprende medios configurados para realizar los pasos del método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
15. Una red (N) de comunicación industrial que comprende un puente (B, B1, B1, B2, B3) de red de acuerdo con la reivindicación anterior.
- 30 16. Red (N) de comunicación industrial de acuerdo con la reivindicación anterior, en donde la red (N) comprende un primer y un segundo puente (B1, B2), en donde el primer puente (B1) está configurado con un primer intervalo de tiempo umbral (tt) y el segundo puente está configurado con un segundo intervalo de tiempo umbral (tt), en donde el primer y el segundo intervalo de tiempo umbral (tt) tiene diferentes longitudes.

FIG 1

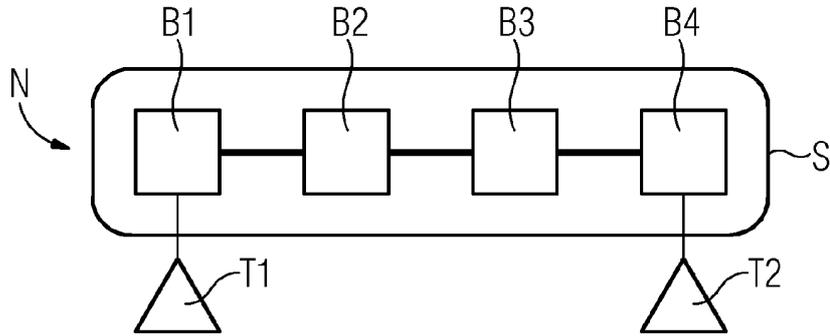


FIG 2

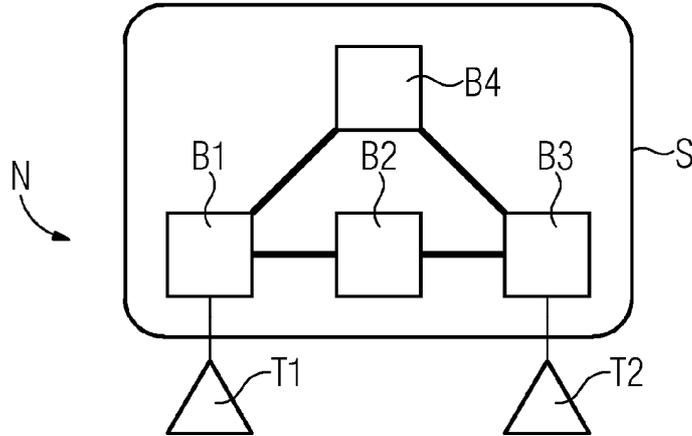


FIG 3

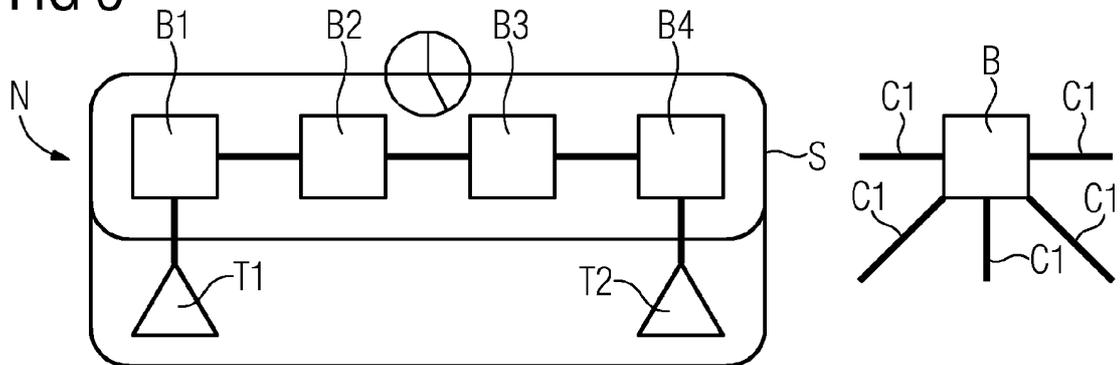


FIG 4

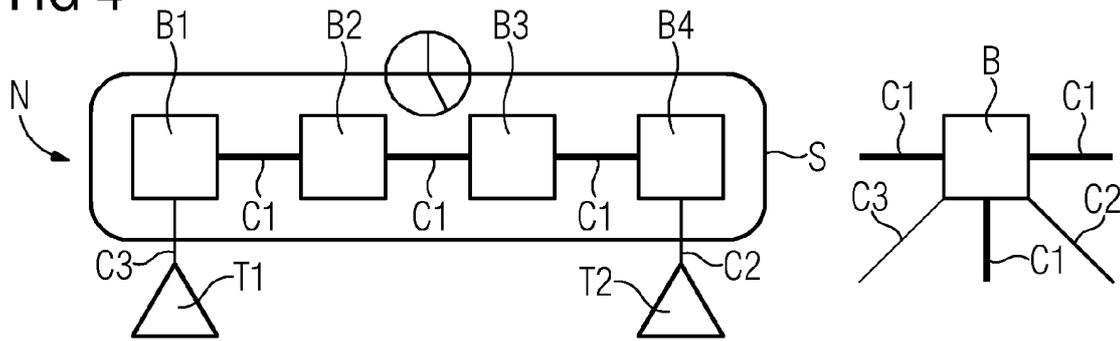


FIG 5

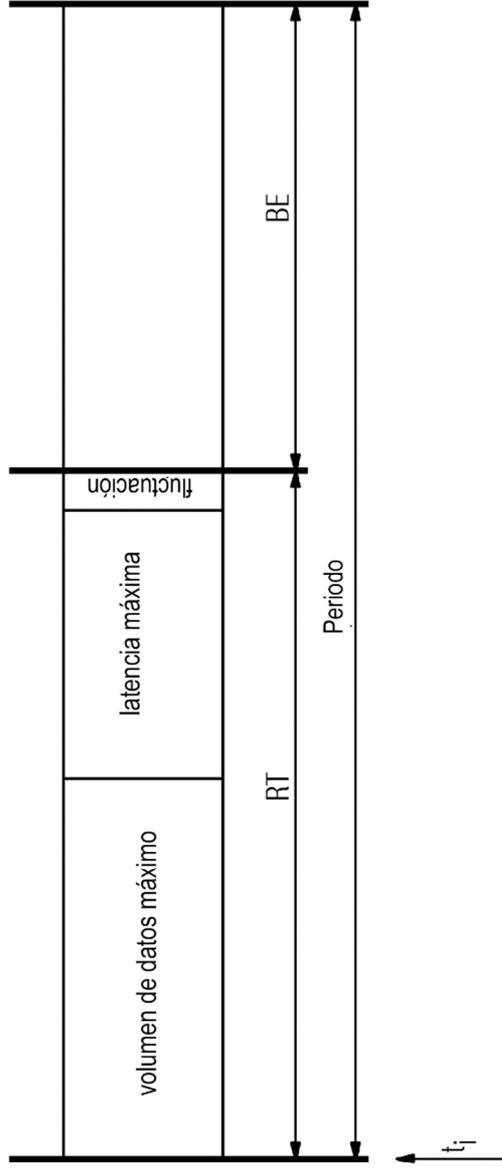


FIG 6

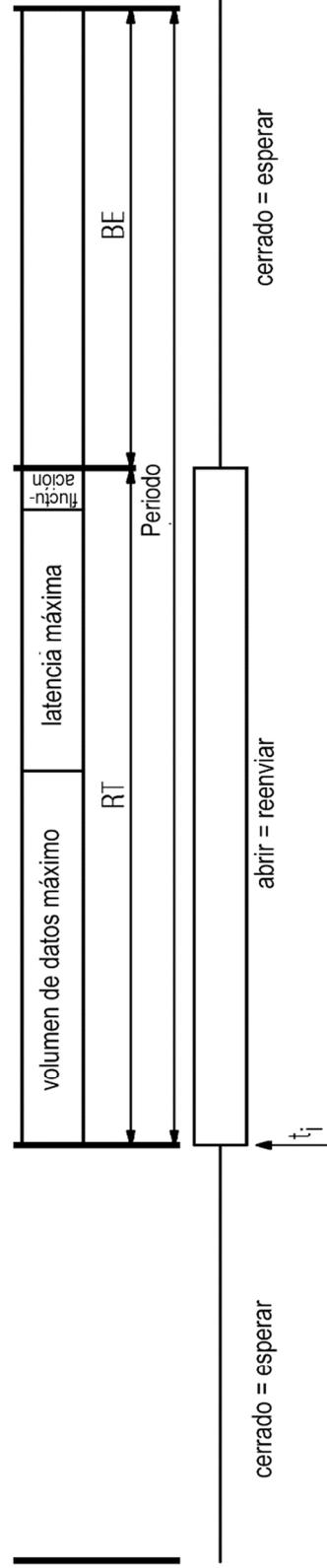


FIG 7

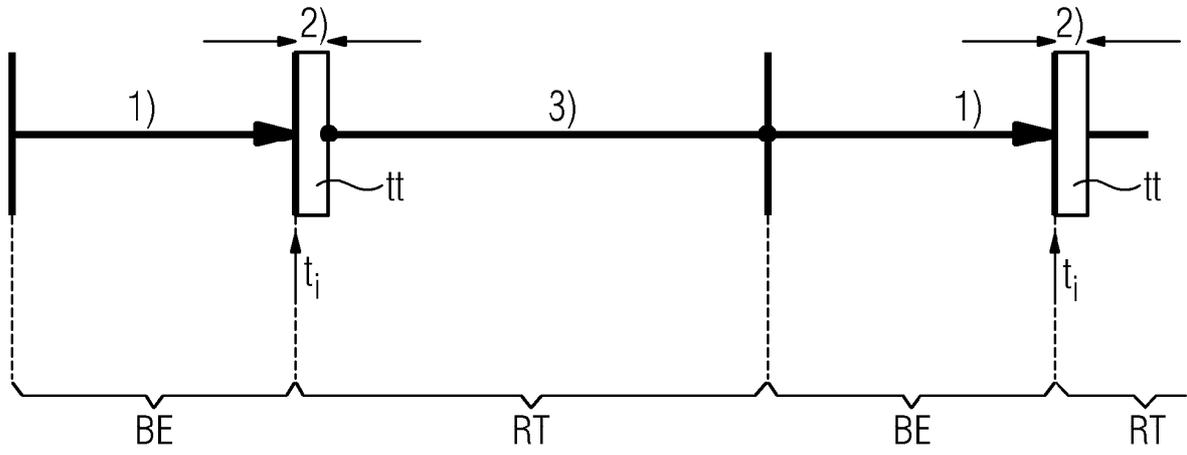


FIG 8

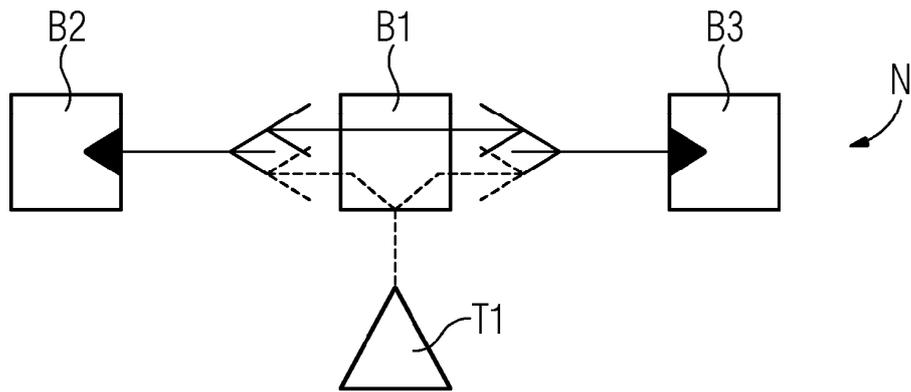


FIG 9

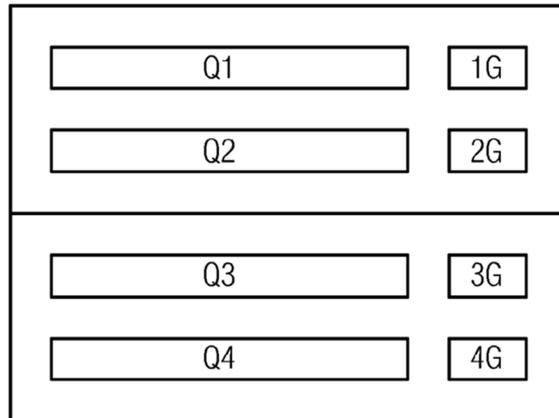


FIG 10

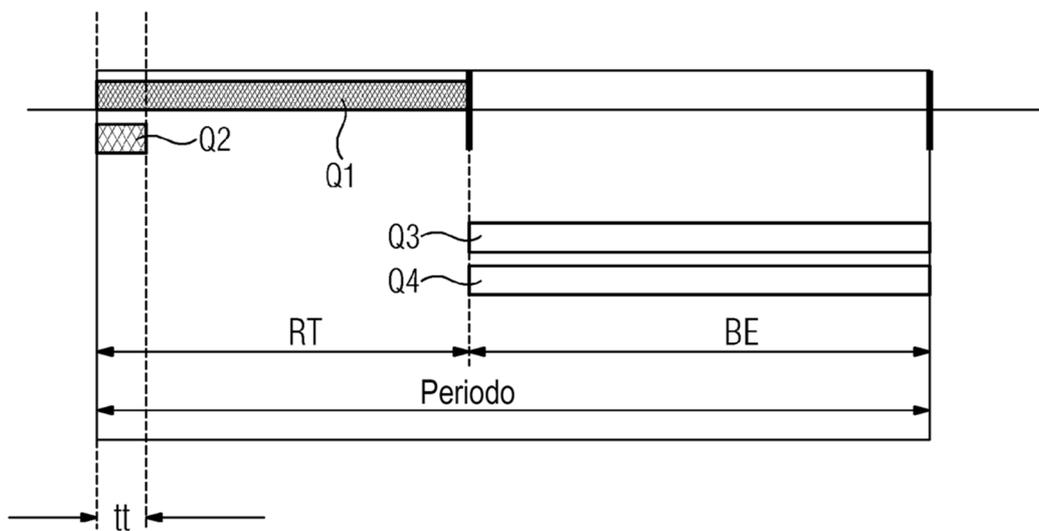


FIG 11

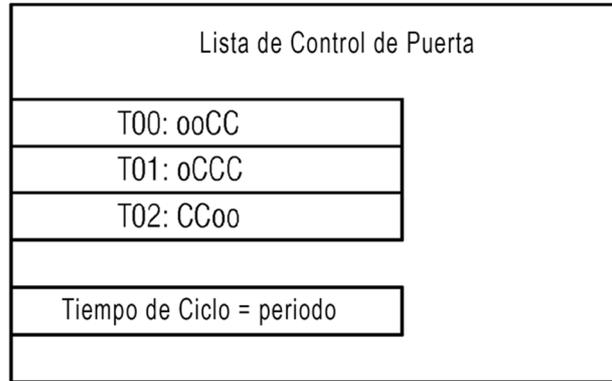


FIG 12a

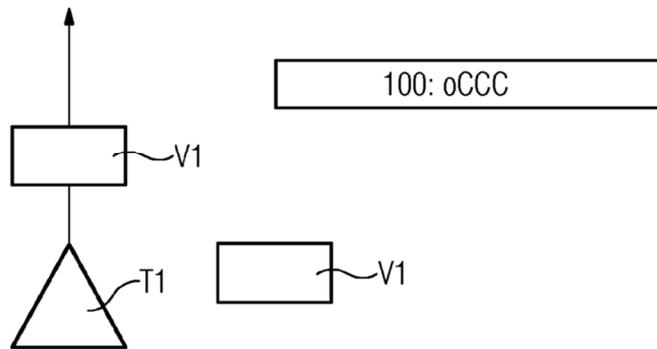


FIG 12b

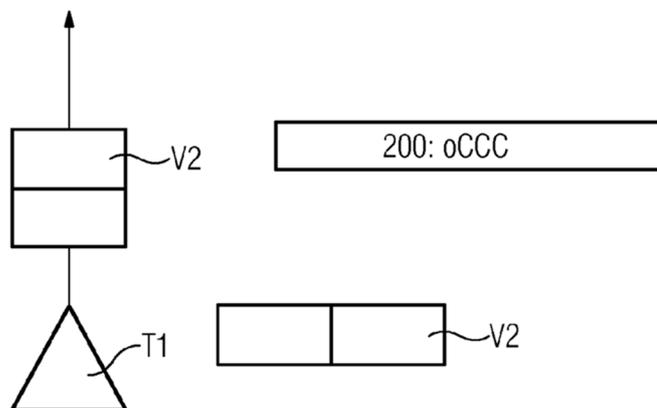


FIG 13a

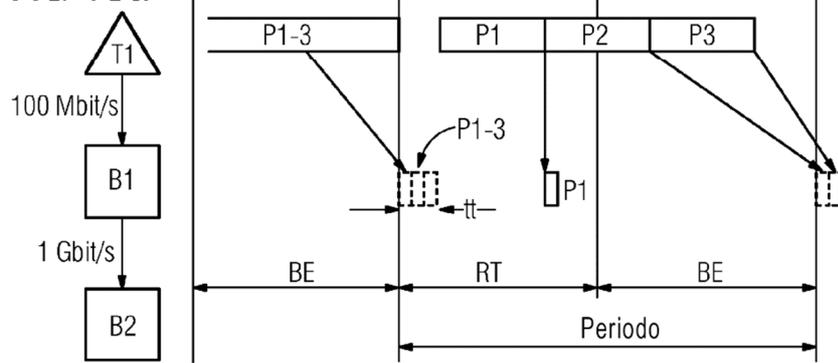


FIG 13b

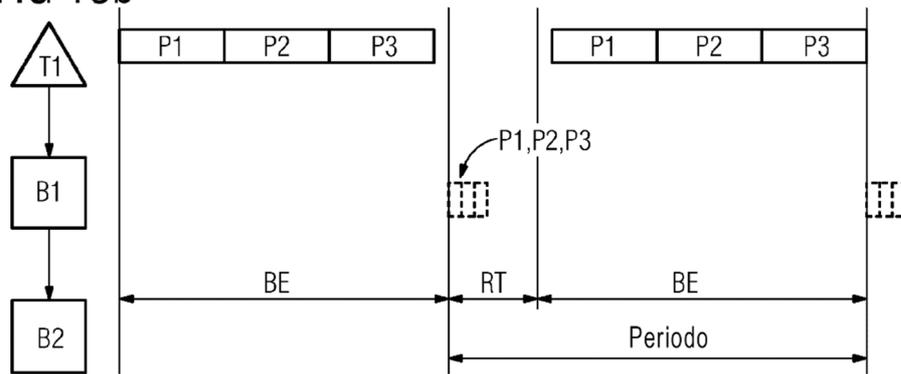


FIG 13c

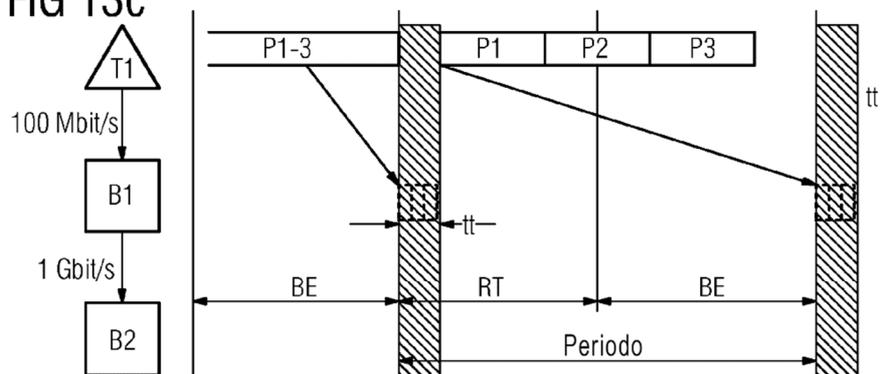
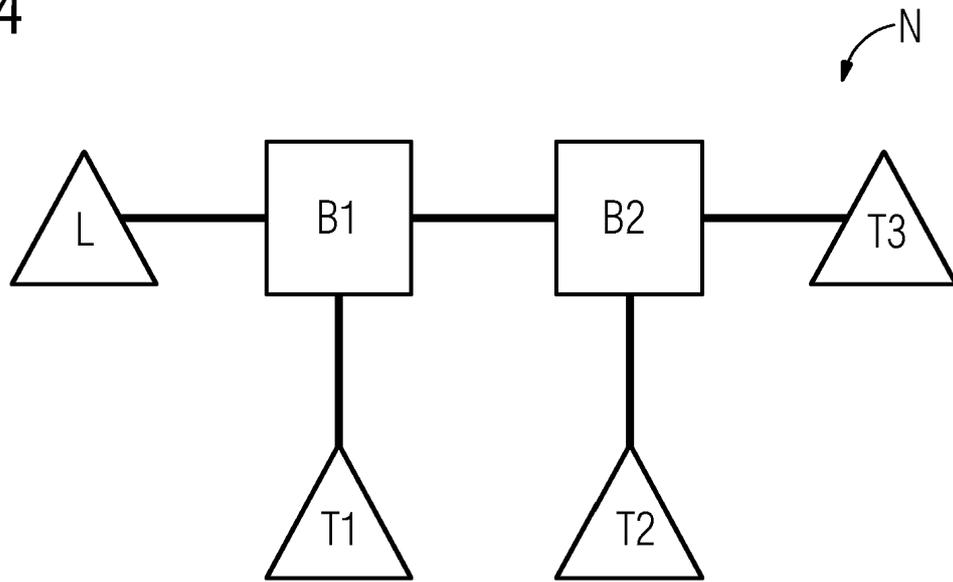


FIG 14



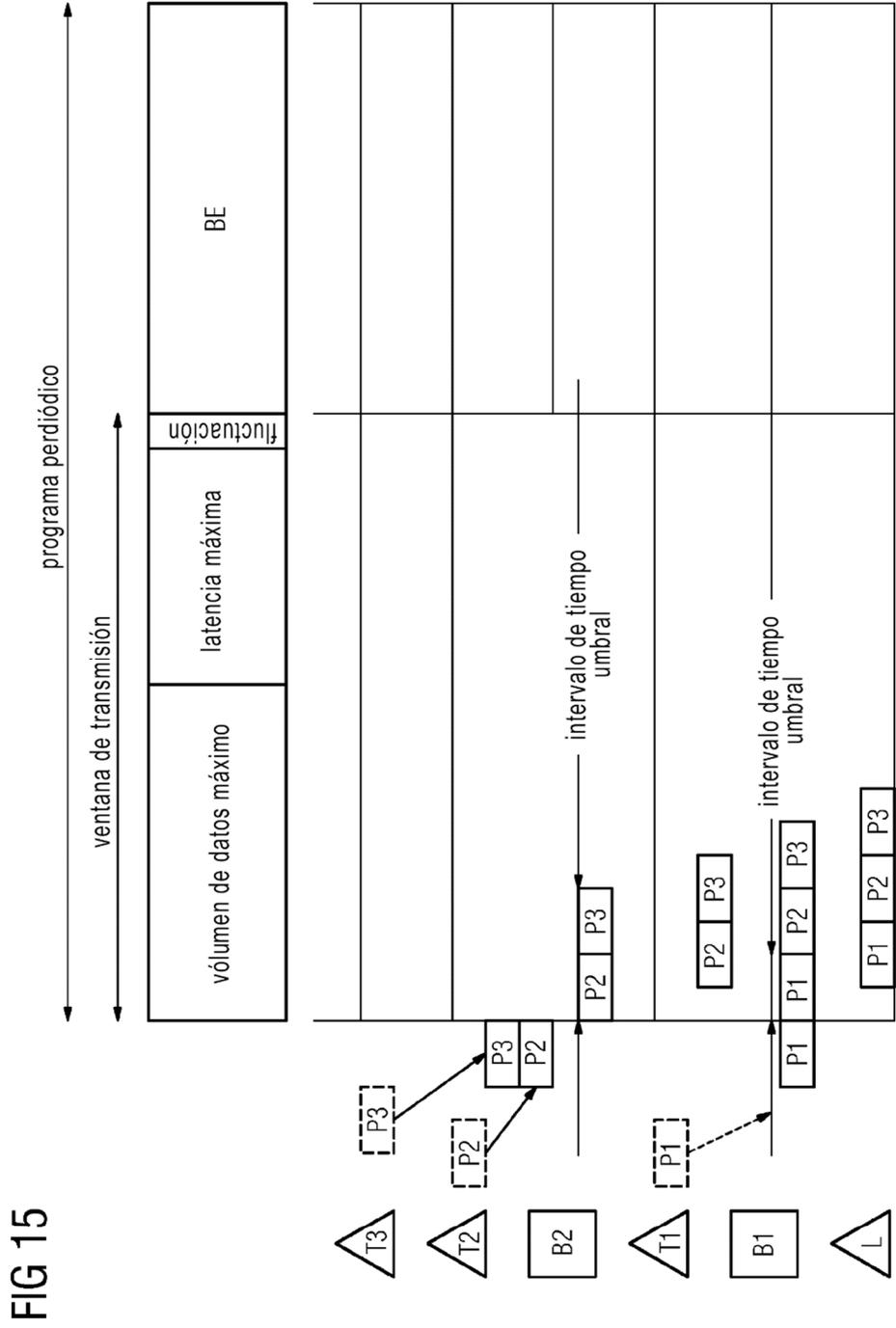


FIG 15

FIG 16

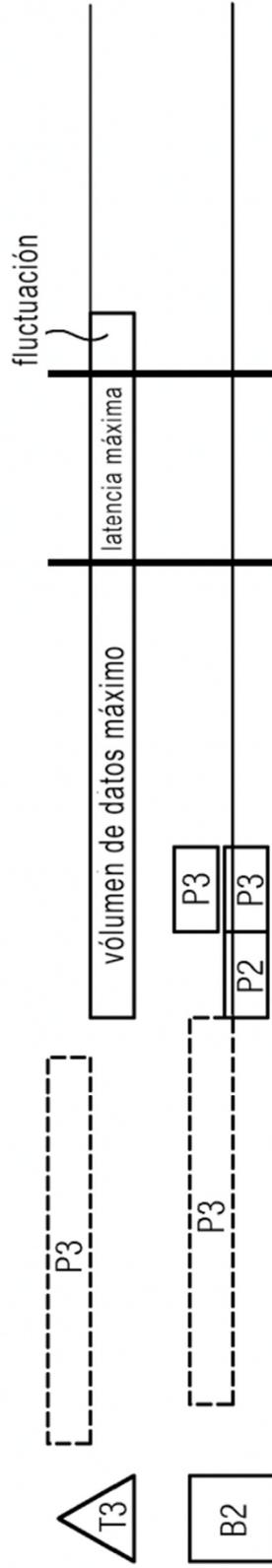


FIG 17

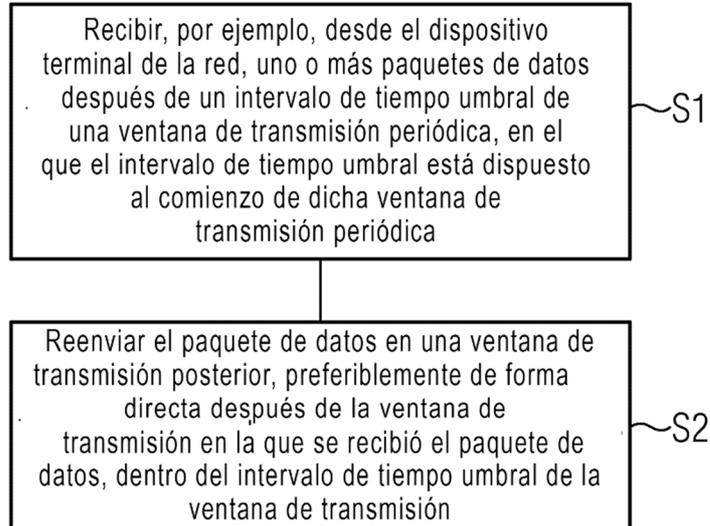


FIG 18

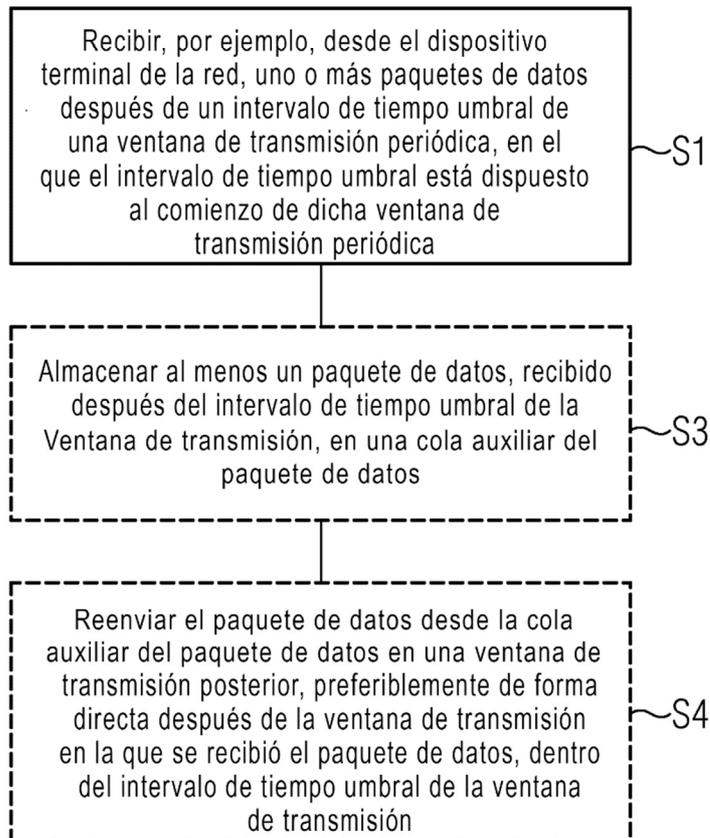


FIG 19

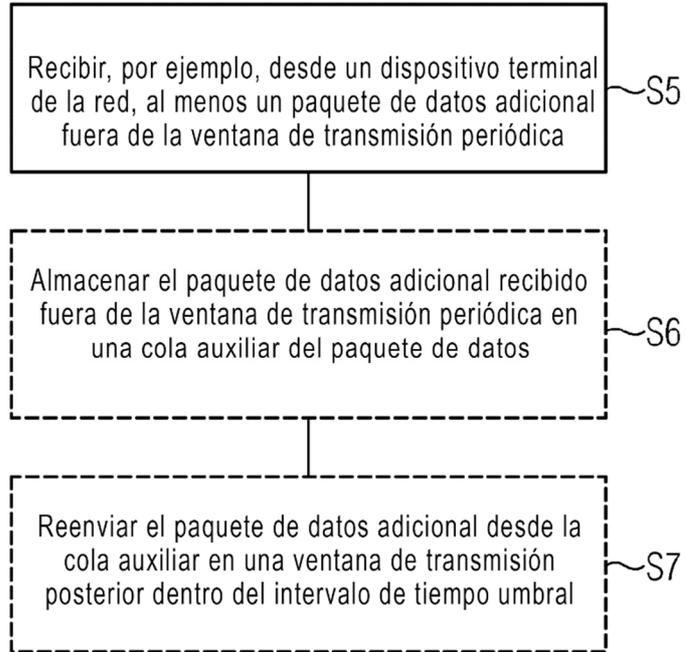


FIG 20

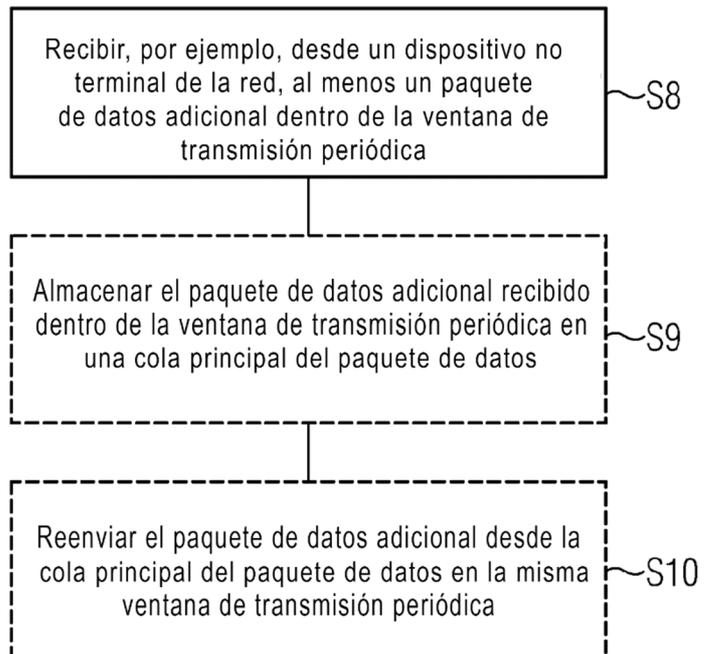


FIG 21

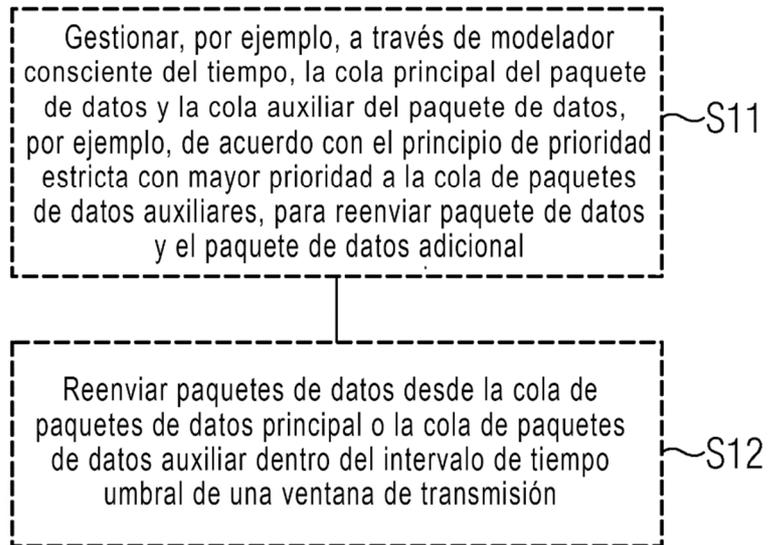


FIG 22

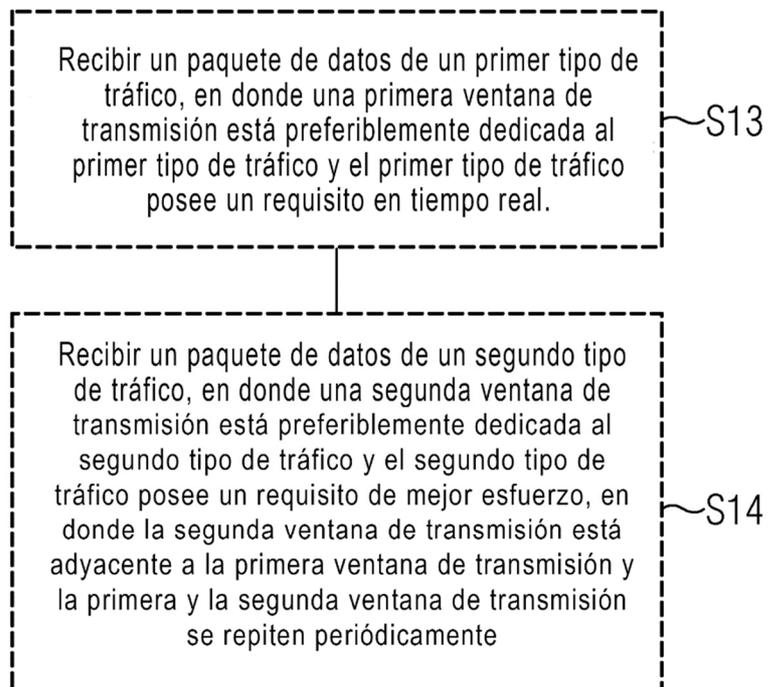


FIG 23

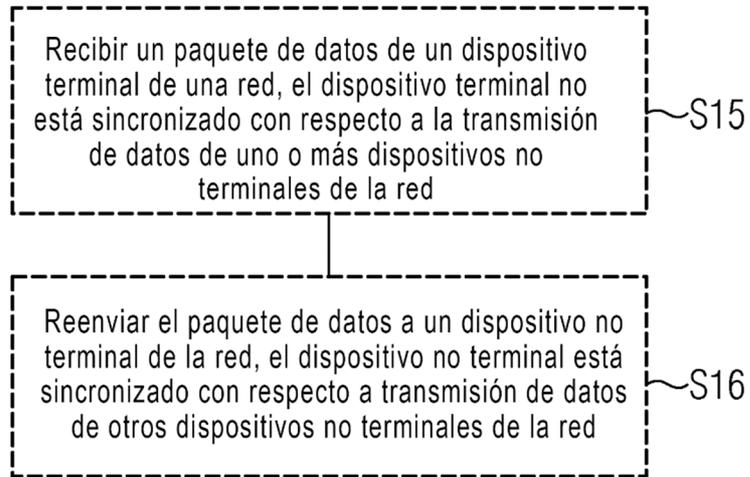


FIG 24

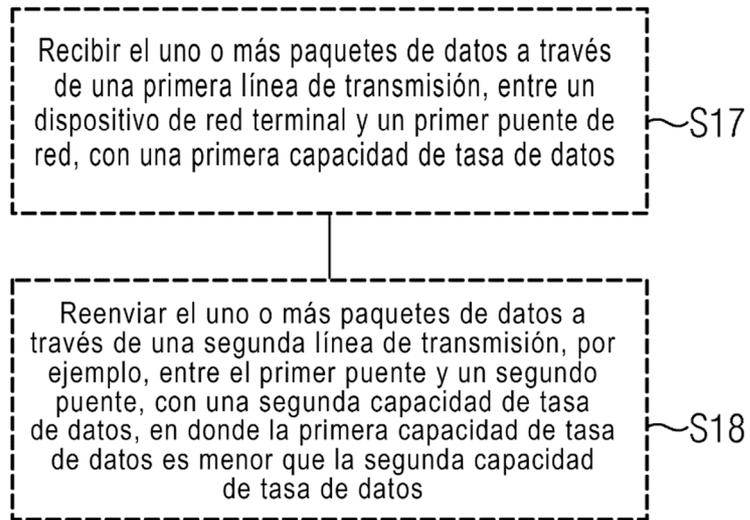


FIG 25

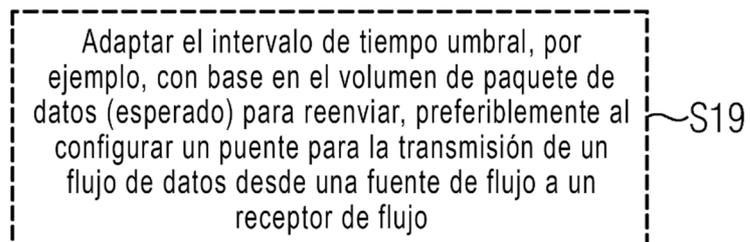


FIG 26

