

MÉTODO Y APARATO DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES ÓPTICAS

La presente solicitud reivindica prioridad sobre la solicitud de patente china No. 202111340909.8, presentada ante la Administración Nacional de Propiedad Intelectual de China el 12 de noviembre de 2021 y titulada «MÉTODO Y APARATO DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES ÓPTICAS», que se incorpora al presente documento por referencia en su totalidad.

CAMPO DE LA INVENCION

La presente solicitud se refiere al campo de las tecnologías de comunicación óptica y, en particular, a un método y un aparato de transmisión de señales ópticas.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 Como tecnología clave de una red de transporte de próxima generación, una red de transporte óptico (red de transporte óptico, OTN) se caracteriza por su gran ancho de banda, gran capacidad, alta fiabilidad, baja latencia, etc. En la actualidad, la tecnología de red de transporte óptico se está ampliando a una red de acceso. Para permitir que la tecnología OTN tenga una capacidad de transmisión tan baja como varios megabits por segundo, se puede proporcionar un contenedor de transmisión con una tasa tan baja como 2,6 M utilizando una unidad de servicio óptico (unidad de servicio óptico o unidad de servicio óptico sub1G, OSU). En concreto, una trama OSU que transporta datos de servicio puede asignarse a una unidad de datos óptica (optical data unit, ODU) k/flex para su transmisión. Sin embargo, queda por debatir cómo dividir el ODUk/flex para reducir la complejidad del procesamiento al tiempo que se maximiza la utilización del ancho de banda.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Las modalidades de esta aplicación proporcionan un método de transmisión de señales ópticas y un aparato, para reducir la complejidad del procesamiento al tiempo que se maximiza la utilización del ancho de banda.

25 De acuerdo con un primer aspecto, una modalidad de esta solicitud proporciona un método de transmisión de señal óptica. El método incluye: mapear una trama OSU a una trama de multiplexación OPUk de unidad de carga útil óptica, donde una velocidad binaria de la trama de multiplexación OPUk es superior a 1,25 Gbps, la trama de multiplexación OPUk incluye M1*N tramas OPUk, un área de carga útil de la trama de multiplexación OPUk incluye

P bloques de carga útil, y P es N veces de P_0 ; P_0 es una cantidad de bloques de carga útil incluidos en una trama de multiplexación OPU0, y la trama de multiplexación OPU0 incluye M1 tramas OPU0; P_0 es 1/M2 de una cantidad de bloques de carga útil incluidos en una trama de multiplexación OPU0, y la trama de multiplexación OPU0 consta de M1*M2 tramas OPU0, donde N es un número entero mayor que 1, M1 es un número entero mayor o igual que 1, y M2 es un número entero mayor que 1; mapear las M1*N tramas OPUk a M1*N tramas ODUk una a una; y enviar las M1*N tramas ODUk.

En esta modalidad de la presente solicitud, la trama de multiplexación OPUk con una velocidad binaria superior a 1,25 Gbps se construye utilizando una estructura de la trama de multiplexación OPU0, de modo que la estructura de la trama de multiplexación OPU0 es reutilizada por la estructura de la trama de multiplexación OPUk, y la estructura de la trama de multiplexación OPUk se alinea con la estructura de la trama de multiplexación OPU0. La trama de multiplexación OPUk incluye un múltiplo entero de tramas OPUk. Un límite de la trama de multiplexación OPUk permanece alineado con un límite de la trama OPUk. Además, al mapear la trama OSU, un dispositivo OTN puede mapear la trama OSU a la trama de multiplexación OPUk basándose en la estructura reutilizada de la trama de multiplexación OPU0. La posición del bloque de carga útil puede obtenerse rápidamente en cada periodo de transporte, reduciendo así la complejidad del procesamiento.

En un diseño posible, la cantidad P de los bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPUk satisface la fórmula siguiente:

$$P = \text{piso} \left[\frac{R_{\text{OPU_PLD}} * (1 - x \text{ ppm})}{R_{\text{ref}} * P_0} \right] * P_0.$$

P_0 representa la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0, piso representa el redondeo hacia abajo, $R_{\text{OPU_PLD}}$ representa la tasa de bits de un área de carga útil OPUk, x representa un desplazamiento de frecuencia, ppm representa partes por millón, y R_{ref} representa una tasa base de un bloque de carga útil. En el diseño anterior, la tasa de bits $R_{\text{OPU0_PLD}}$ de un área de carga útil OPU0 se utiliza como denominador, y la implementación es sencilla.

En un diseño posible, la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPUk satisface la fórmula siguiente:

$$P = \text{piso} \left[\frac{R_{\text{OPU_PLD}} * (1 - x \text{ ppm})}{R_{\text{ref}} * P_0 * (1 + y \text{ ppm})} \right] * P_0.$$

P_0 representa la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0, piso representa el redondeo hacia abajo, R_{OPU_PLD} representa la tasa de bits de un área de carga útil OPUk, x e y representan cada uno un desplazamiento de frecuencia, ppm representa partes por millón, y R_{ref} representa una tasa de base de un bloque de carga útil. En el diseño anterior, se considera que el desplazamiento de frecuencia y ppm se utiliza en un denominador, de modo que se mejora aún más la precisión del cálculo y el valor P calculado es más exacto. x es un desplazamiento de frecuencia de una velocidad binaria de la trama OPUk, e y es un desplazamiento de frecuencia de la velocidad de la línea de base.

10 En un posible diseño R_{ref} es de 2,6 Mbit/s.

En un diseño posible, la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPUk satisface la fórmula siguiente:

$$P = \text{piso} \left[\frac{R_{OPU_PLD} * (1 - x \text{ ppm})}{R_{OPU0_PLD}} \right] * P_0.$$

15 P_0 representa la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0, piso representa el redondeo hacia abajo, R_{OPU_PLD} representa una tasa de bits de un área de carga útil OPUk, R_{OPU0_PLD} representa una tasa de bits de un área de carga útil OPU0, y x representa un desplazamiento de frecuencia. En el diseño anterior, $R_{ref} * P_0$ se utiliza como denominador, por lo que la eficiencia de utilización del ancho de banda puede mejorarse aún más.

20 En un diseño posible, la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPUk satisface la fórmula siguiente:

$$P = \text{piso} \left[\frac{R_{OPU_PLD} * (1 - x \text{ ppm})}{R_{OPU0_PLD} * (1 + y \text{ ppm})} \right] * P_0.$$

25 P_0 representa la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0, piso representa el redondeo hacia abajo, R_{OPU_PLD} representa una tasa de bits de un área de carga útil OPUk, R_{OPU0_PLD} representa una tasa de bits de un área de carga útil OPU0, y x e y representan cada uno un desplazamiento de frecuencia. En el diseño anterior, se considera que el desplazamiento de frecuencia y ppm se utiliza en un denominador, de modo que se mejora aún más la precisión del cálculo y el valor P calculado es más exacto.

En un diseño posible, la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU_k satisface la fórmula siguiente:

$$P = \text{piso} \left[\frac{R_{\text{OPU_PLD}} * (1 - x \text{ ppm})}{(1/M2) * R_{\text{OPU0_PLD}}} \right] * P_0.$$

- 5** P_0 representa 1/M2 de la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU₀, piso representa el redondeo hacia abajo, $R_{\text{OPU_PLD}}$ representa una tasa de bits de un área de carga útil OPU_k, $R_{\text{OPU0_PLD}}$ representa una tasa de bits de un área de carga útil OPU₀, y x representa un desplazamiento de frecuencia. En el diseño anterior, la tasa de bits $R_{\text{OPU0_PLD}}$ de la zona de carga útil de la trama OPU₀ y M2 se utilizan directamente como denominador, y la implementación es sencilla.

- 10** En un diseño posible, la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU_k satisface la fórmula siguiente:

$$P = \text{piso} \left[\frac{R_{\text{OPU_PLD}} * (1 - x \text{ ppm})}{(1/M2) * R_{\text{OPU0_PLD}} * (1 + y \text{ ppm})} \right] * P_0.$$

- 15** P_0 representa 1/M2 de la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU₀, piso representa el redondeo hacia abajo, $R_{\text{OPU_PLD}}$ representa una tasa de bits de un área de carga útil OPU_k, $R_{\text{OPU0_PLD}}$ representa una tasa de bits de un área de carga útil OPU₀, y x e y representan cada uno un desplazamiento de frecuencia. En el diseño anterior, se considera que el desplazamiento de frecuencia y ppm se utiliza en un denominador, de modo que se mejora aún más la precisión del cálculo y el valor P calculado es más exacto.

- 20** En un diseño posible, un área de sobrecarga de cada una de las tramas ODU_k M1*N incluye una indicación multitrama. Cada una de las indicaciones de multitrama M1*N indica indirectamente (o indica implícitamente) una posición de bit de un bloque de carga útil incluido en un área de carga útil de cada trama OPU_k de las tramas OPU_k M1*N; o un área de sobrecarga de cada una de las tramas OPU_k M1*N incluye una indicación de multitrama.
- 25** En el diseño anterior, además de indicar una posición de la trama OPU_k, la indicación multitrama indica indirectamente la posición de bits del bloque de carga útil incluido en el área de carga útil de cada trama OPU_k en las tramas OPU_k M1*N. De este modo, se pueden reducir otros gastos generales de bits.

En un diseño posible, una zona de gastos generales de cada una de las tramas OPU_k

M1*N incluye una primera indicación multitrama y una segunda indicación multitrama. Las tramas OPUk M1*N incluyen N grupos OPUk. Cada grupo OPUk incluye M1 tramas OPUk consecutivas. Cada una de las indicaciones de la primera multitrama M1 incluida en el grupo OPUk indica indirectamente una posición de bit de un bloque de carga útil incluido en cada trama OPUk del grupo OPUk. Una segunda indicación multitrama incluida en cada trama OPUk del grupo OPUk indica una posición del grupo OPUk en los N grupos OPUk. Alternativamente, un área de sobrecarga de cada una de las tramas ODUk M1*N incluye una primera indicación multitrama y una segunda indicación multitrama. En el diseño anterior, además de indicar una posición de la trama OPUk, una indicación multitrama de dos niveles indica indirectamente la posición en bits del bloque de carga útil incluido en el área de carga útil de cada trama OPUk en las tramas OPUk M1*N. De este modo, se pueden reducir otros gastos generales de bits.

En un diseño posible, la OPUk es una OPU2, una OPU2e, una OPU3, una OPU4, una OPU25, una OPU25u, una OPU50, una OPU50u, una OPUCn o una OPUflex.

En un diseño posible, P_0 es la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0, y $P_0=476$.

En un diseño posible, P_0 es $1/M2$ de la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0, y $P_0=238$.

De acuerdo con un segundo aspecto, una realización de la presente solicitud proporciona un aparato de transmisión de señales ópticas. El aparato incluye un procesador y una memoria. La memoria está configurada para almacenar código de programa. El procesador está configurado para leer y ejecutar el código de programa almacenado en la memoria, para poner en práctica el método de acuerdo con uno cualquiera del primer aspecto o los diseños del primer aspecto.

De acuerdo con un tercer aspecto, una modalidad de la presente solicitud proporciona un aparato de transmisión de señales ópticas. El aparato incluye un procesador y un transceptor óptico. El procesador está conectado al transceptor óptico a través de un conducto, y está configurado para realizar el método de acuerdo con cualquiera de los aspectos del primer aspecto o los diseños del primer aspecto. El procesador puede enviar una trama OTN utilizando el transceptor óptico.

De acuerdo con un cuarto aspecto, una modalidad de esta solicitud proporciona

además un medio de almacenamiento informático. El medio de almacenamiento almacena un programa informático. Cuando el programa de software es leído y ejecutado por uno o más procesadores, puede implementarse el método previsto en cualquier diseño del primer aspecto.

- 5** De acuerdo con un quinto aspecto, una modalidad de esta solicitud proporciona un producto de programa informático que incluye instrucciones. Cuando el producto de programa de computadora se ejecuta en una computadora, la computadora está habilitada para realizar el método proporcionado en cualquier diseño del primer aspecto.

De acuerdo con un sexto aspecto, una modalidad de esta solicitud proporciona un chip.

- 10** El rebaba incluye una interfaz de comunicación y un procesador. El procesador está conectado a la interfaz de comunicación a través de un conducto, y está configurado para realizar el método previsto en cualquier diseño del primer aspecto.

En un diseño posible, la rebaba está conectada a una memoria, y está configurada para leer y ejecutar un programa de software almacenado en la memoria, para implementar el método proporcionado en cualquier diseño del primer aspecto.

- 15**

En un posible diseño, el rebaba puede estar conectado además a un transceptor óptico. El rebaba recibe y envía tramas OTN utilizando el transceptor óptico.

De acuerdo con un séptimo aspecto, una modalidad de la presente solicitud proporciona una trama de multiplexación OPUk. La velocidad binaria de la trama de multiplexación OPUk es superior a 1,25 Gbps. La trama de multiplexación OPUk consta de M1*N tramas OPUk. Un área de carga útil de la trama de multiplexación OPUk incluye P bloques de carga útil, y P es N veces de P₀. P₀ es una cantidad de bloques de carga útil incluidos en una trama de multiplexación OPU0. La trama de multiplexación OPU0 consta de M1 tramas OPU0. Alternativamente, P₀ es 1/M2 de una cantidad de bloques de carga útil incluidos en una trama de multiplexación OPU0. La trama de multiplexación OPU0 consta de M1*M2 tramas OPU0. N es un número entero mayor que 1, M1 es un número entero mayor o igual que 1 y M2 es un número entero mayor que 1.

20

25

Debe entenderse que las soluciones técnicas del segundo aspecto al séptimo aspecto de esta solicitud son iguales o similares a las soluciones técnicas del primer aspecto de esta solicitud. Los efectos beneficiosos conseguidos en cada aspecto y las correspondientes implementaciones viables son similares. No se describen detalles nuevamente en la presente.

30

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para describir con mayor claridad las soluciones técnicas de las modalidades de esta solicitud, a continuación se describen brevemente los dibujos adjuntos utilizados para describir las modalidades.

5 La FIGURA 1 es un diagrama de una arquitectura de red de acuerdo con esta solicitud;

La FIGURA 2 es un diagrama de una estructura de hardware de un dispositivo OTN de acuerdo con esta solicitud;

La FIGURA 3 es un diagrama de la estructura de una trama OPUk;

La FIGURA 4 es un diagrama de la estructura de una trama de multiplexación OPUk;

10 La FIGURA 5 es un diagrama de una relación estructural entre una trama de multiplexación OPU0 y una trama de multiplexación OPUk de acuerdo con una modalidad de esta aplicación;

La FIGURA 6 es un diagrama de una estructura de una trama de multiplexación OPU0 de acuerdo con una modalidad de esta solicitud;

15 La FIGURA 7 es un diagrama de una estructura de una trama de multiplexación OPUk de acuerdo con una modalidad de esta solicitud;

La FIGURA 8 es un diagrama de una estructura de otra trama de multiplexación OPUk de acuerdo con una modalidad de esta solicitud;

20 La FIGURA 9 es un diagrama esquemático de una estructura de incluso otro módulo de procesamiento de receptores de acuerdo con una modalidad de esta solicitud.

La FIGURA 10 es un diagrama de flujo esquemático de un método de transmisión de señales ópticas de acuerdo con una modalidad de esta solicitud;

La FIGURA 11 es un diagrama de la estructura de un aparato de transmisión de señales ópticas de acuerdo con una modalidad de la presente solicitud; y

25 La FIGURA 12 es un diagrama de una estructura de otro aparato de transmisión de señales ópticas de acuerdo con una modalidad de esta solicitud.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

A continuación se describen las soluciones técnicas en las modalidades de esta solicitud con referencia a los dibujos adjuntos en las modalidades de esta solicitud.

Una arquitectura de red y un escenario de servicio descritos en las modalidades de esta solicitud pretenden describir las soluciones técnicas de las modalidades de esta solicitud con mayor claridad, y no constituyen ninguna limitación de las soluciones técnicas proporcionadas en las modalidades de esta solicitud. Una persona con conocimientos ordinarios de la técnica puede saber que las soluciones técnicas proporcionadas en las modalidades de esta solicitud son igualmente aplicables a un problema técnico similar a medida que evoluciona una arquitectura de red y surge un nuevo escenario de servicio.

Las soluciones técnicas proporcionadas en las modalidades de esta solicitud son aplicables a una red óptica, por ejemplo, una OTN. Una OTN se forma generalmente conectando una pluralidad de dispositivos OTN a través de fibras ópticas, y puede ser de diferentes tipos topológicos, como de tipo conducto, de tipo anillo y de tipo en forma de malla, en función de los requisitos específicos.

La FIGURA 1 es un diagrama de una arquitectura de red de acuerdo con esta solicitud. La OTN mostrada en la FIGURA 1 incluye dos redes OTN (una red OTN 1 y una red OTN 2). Cada red OTN incluye una cantidad específica de dispositivos OTN (representados por N en la FIGURA 1). Una conexión entre dispositivos de una red OTN es un enlace intradominio, y una conexión entre dispositivos de redes OTN es un enlace interdominio. Dependiendo de las necesidades reales, un dispositivo OTN puede tener una o varias funciones. En general, los dispositivos OTN se clasifican en un dispositivo de capa óptica, un dispositivo de capa eléctrica y un dispositivo híbrido fotoeléctrico. El dispositivo de capa óptica es un dispositivo capaz de procesar una señal de capa óptica, por ejemplo, un amplificador óptico (amplificador óptico, OA). El dispositivo de capa eléctrica es un dispositivo capaz de procesar una señal de capa eléctrica, por ejemplo, un dispositivo capaz de procesar una señal ODU. El dispositivo híbrido fotoeléctrico es un dispositivo capaz de procesar una señal de capa óptica y una señal de capa eléctrica. Debe tenerse en cuenta que, dependiendo de los requisitos específicos de integración, pueden integrarse una pluralidad de funciones diferentes en un dispositivo OTN. Las soluciones técnicas proporcionadas en esta aplicación son aplicables a dispositivos OTN de diferentes formas e integraciones. Consulte la FIGURA 1. La red OTN puede estar conectada además a dispositivos cliente, como los dispositivos cliente conectados a N1 y N5 en la FIGURA 1. La cantidad de dispositivos cliente conectados a la red OTN no está limitada

específicamente en las modalidades de esta aplicación. El dispositivo OTN de la red OTN está configurado para el transporte de datos de servicio del dispositivo cliente. Por ejemplo, el dispositivo OTN puede recibir los datos de servicio del dispositivo cliente, luego mapear los datos de servicio a una trama OSU, y además mapear la trama OSU a una trama OTN, y

5 enviar la trama OTN a otro dispositivo OTN. Por ejemplo, los datos de servicio pueden ser datos de un servicio de velocidad binaria constante (constant bit rate, CBR), datos de un servicio de tipo paquete (packet, PKT) o datos de un servicio de módulo de transporte síncrono (synchronous transport module-N, STM-N). Por ejemplo, el dispositivo cliente puede ser un enrutador, un interruptor o un dispositivo de jerarquía digital síncrona (synchronous digital

10 hierarchy, SDH). Lo anterior no está específicamente limitado en esta solicitud.

La FIGURA 2 es un diagrama de una estructura de hardware de un dispositivo OTN de acuerdo con esta solicitud. En concreto, el dispositivo OTN incluye una fuente de alimentación, un ventilador y una placa auxiliar, y puede incluir además una placa tributaria, una placa de conducto, una placa de conexión cruzada y una placa de control y comunicación

15 del sistema. El tablero de conductos puede incluir un tablero de procesamiento de capas ópticas. Debe tenerse en cuenta que los tipos y cantidades de placas que se incluyen específicamente en cada dispositivo pueden variar en función de los requisitos específicos. Por ejemplo, un dispositivo de red que sirva como nodo central puede no tener tarjeta tributaria. Un dispositivo de red que sirva como nodo de borde puede tener una pluralidad de

20 placas tributarias. La fuente de alimentación está configurada para suministrar energía al dispositivo OTN, y puede incluir una fuente de alimentación activa y una fuente de alimentación de reserva. El ventilador está configurado para disipar el calor del dispositivo. La placa auxiliar está configurada para proporcionar una función auxiliar, por ejemplo, proporcionar una alarma externa o acceder a un reloj externo. La placa tributaria, la placa de

25 conexión transversal y la placa de conducción están configuradas principalmente para procesar una señal de capa eléctrica de una OTN (en lo sucesivo, trama OTN). La tarjeta tributaria está configurada para recibir y enviar diversos servicios de cliente, por ejemplo, un servicio de jerarquía digital síncrona (synchronous digital hierarchy, SDH), un servicio de paquetes, un servicio Ethernet y un servicio fronthaul. Además, la tarjeta tributaria puede estar

30 dividida en un módulo óptico en el lado del cliente y un procesador de señales. El módulo óptico del lado del cliente puede ser un transceptor óptico y está configurado para recibir y/o enviar señales del cliente. El procesador de la señal está configurado para mapear la señal del cliente a la trama OTN y para desmapear la señal del cliente de la trama OTN. La tarjeta de conexión cruzada está configurada para implementar el intercambio de tramas OTN y el

35 intercambio completo de uno o más tipos de tramas OTN. La tarjeta de línea implementa

principalmente el procesamiento de una trama OTN en un lado de la línea. En concreto, la placa de conducto puede dividirse en un módulo óptico en el lado del conducto y un procesador de señales. El módulo óptico del lado del conducto puede ser un transceptor óptico del lado del conducto y está configurado para recibir y/o enviar tramas OTN. El procesador de señales está configurado para multiplexar y demultiplexar, o mapear y desmultiplexar la trama OTN en el lado del conducto. La tarjeta de control y comunicación del sistema está configurada para implementar el control y la comunicación del sistema. Específicamente, se puede recoger información de diferentes tableros mediante el uso de un tablero trasero, o se envía una instrucción de control a un tablero correspondiente. A menos que se especifique lo contrario, puede haber uno o más componentes específicos (por ejemplo, la placa tributaria). Esto no se limita en esta solicitud. Debe tenerse en cuenta que los tipos de placas incluidos en el dispositivo y los diseños de funciones específicas y las cantidades de placas no están limitados en las modalidades de esta aplicación.

A continuación se describen brevemente algunos términos y tecnologías utilizados en las modalidades de esta solicitud.

(1) Trama OTN

En una capa eléctrica, una trama OTN procesada por un dispositivo OTN puede utilizar un formato de trama definido por el Sector de Normas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (Sector de Normas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT-T), por ejemplo, la norma G.709 y la norma G.709.1, para implementar el interfuncionamiento entre dispositivos. Las normas existentes han definido tramas OTN con una pluralidad de velocidades, por ejemplo, una trama OPUk, una trama ODUk y una trama OTUk, donde $k=0, 1, 2, 2e, 3, 4, 25, 25u, 50, 50u, Cn$ y flex. Por ejemplo, la tabla 1 describe las correspondientes velocidades binarias de la carga útil de la OPU (kbit/s) en los casos en que k se fija en valores diferentes. Además, cuando $k=Cn$, la tasa de bits de carga útil de la OPU es de aproximadamente $n*100$ Gbit/s; y cuando $k=flex$, la tasa de bits de carga útil de la OPU es de aproximadamente $n*1,25$ Gbit/s. Debe entenderse que una tasa de bits de carga útil ODUk es aproximadamente la misma que una tasa de bits de carga útil OPUk. Por ejemplo, una tasa de bits de carga útil ODU2 es aproximadamente la misma que una tasa de bits de carga útil OPU2.

Tabla 1

Tipo de OPU	Tasa de bits de carga útil OPU (kbit/s)
OPU0	1 238 954,310
OPU1	2 488 320,000
OPU2	9 995 276,962
OPU2e	10 356 012,658
OPU3	40 150 519,322
OPU4	104 355 975,330
OPU25	26 299 210,130
OPU25u	24 991 818,732
OPU50	52 598 420,261
OPU50u	49 983 637,464

- La FIGURA 3 es un diagrama de una estructura de trama de una trama OPUk, donde $k \neq Cn$. Una trama OTUk tiene 4 filas*4080 columnas. Un área de carga útil OPUk y un área de sobrecarga OPUk (es decir, un OPUk OH) forman una trama OPUk. La trama OPUk y un área de sobrecarga ODUk (es decir, un OH ODUk) forman una trama ODUk. La trama ODUk, un área de sobrecarga OTUk (es decir, una OTUk OH), una señal de alineación de trama (frame alignment signal, FAS) y un área de comprobación de corrección de errores hacia delante (forward error correction, FEC) forman una trama OTUk. En concreto, en la trama OTUk, las
- 5**

columnas 1 a 7 de la fila 1 son el FAS y una señal de alineación multitrama (multiframe alignment signal, MFAS), las columnas 8 a 14 de la fila 1 son el OH OTUK, las columnas 1 a 14 de las filas 2 a 4 son el OH ODUK, las columnas 15 y 16 de las filas 1 a 4 son el OH OPUK, las columnas 17 a 3824 de las filas 1 a 4 son el área de carga útil OPUK y las columnas 3825 a 4080 de las filas 1 a 4 son el área de comprobación FEC. El OPUK OH y la zona de carga útil del OPUK forman la estructura de la trama OPUK.

Para un caso en el que $k=Cn$, una trama OTUCn consta de n tramas de instancia OTUC, donde C representa una velocidad binaria que es de 100 Gbit/s. La trama de instancia OTUC no incluye el área de comprobación FEC. La trama OTUCn incluye una trama OPUCn (es decir, las columnas 15 a 3824 de la trama OTUCn). La trama OPUCn incluye n tramas de instancia OPUC (es decir, las columnas 15 a 3824 en una trama de instancia OTUC). Un área de carga útil de la trama OPUCn puede incluir áreas de carga útil de las n tramas de instancia OPUC que se intercalan en función de una cantidad específica de bytes. Cabe señalar que la trama de instancia OTUC es una unidad de trama básica para formar la trama OTUCn, y también puede denominarse trama básica OTUC u otro nombre. Esto no se limita en esta solicitud.

(2) Bloque de carga útil

El bloque de carga útil se encuentra en un área de carga útil de una trama OPUK y consta de un byte o de una pluralidad de bytes consecutivos, o de una pluralidad de bits consecutivos. Específicamente, un tamaño del bloque de carga útil puede ser un múltiplo entero del byte, o puede ser un múltiplo entero de 8 bytes, por ejemplo, 16 bytes, 32 bytes, 64 bytes, 128 bytes, 192 bytes o 256 bytes. Opcionalmente, los tamaños de los diferentes bloques de carga útil son iguales. Se utiliza como ejemplo para la descripción en los siguientes ejemplos específicos. El bloque de carga útil también puede denominarse intervalo de tiempo (intervalo de tiempo o intervalo tributario), bloque de intervalo de tiempo (bloque de intervalo de tiempo o bloque de intervalo tributario), segmento de tiempo (intervalo de tiempo o intervalo tributario), intervalo de tiempo lógico (intervalo de tiempo lógico o intervalo tributario lógico) u otro nombre. Esto no se limita en esta solicitud.

Dos bytes consecutivos mencionados en las modalidades de esta solicitud pueden ser dos bytes adyacentes en una misma fila de un área de carga útil de una trama OPUK; o pueden ser el último byte de una fila de un área de carga útil de una trama OPUK y el 1^{er} byte de una fila siguiente de la fila; o pueden ser el último byte de un área de carga útil de una trama OPUK y el 1^{er} byte de un área de carga útil de una trama OPUK siguiente de la trama OPUK. "Byte"

puede sustituirse por "bit". En otras palabras, el bloque de carga útil puede estar situado en una misma fila del área de carga útil de una trama OPUk, o puede estar situado en filas diferentes, o puede cruzar áreas de carga útil de tramas OPUk.

(3) Trama de multiplexación (trama de multiplexación)

- 5** Un periodo de transporte puede incluir P bloques de carga útil consecutivos. Los bloques de carga útil consecutivos P pueden estar situados en áreas de carga útil de una pluralidad de tramas OPUk. En algunas modalidades, la pluralidad de tramas OPUk puede denominarse trama de multiplexación OPUk o trama de transporte OPUk, o puede denominarse de otro modo, por ejemplo, trama de multiplexación por intervalos de tiempo
- 10** (trama de multiplexación por intervalos de tiempo o trama de multiplexación por intervalos tributarios), trama de periodo de transporte (trama de periodo de transporte) o trama P (trama P). Esto no se limita específicamente en las modalidades de esta solicitud. En algunas otras modalidades, cada uno de los bloques de carga útil consecutivos P puede denominarse trama de multiplexación OPUk o trama de transporte OPUk, o puede recibir otro nombre. En algunas
- 15** modalidades de esta aplicación, el periodo de transporte también puede denominarse periodo de rodamiento, periodo de envío, periodo de mapeo o similar. En algunas modalidades, cada periodo de transporte incluye la misma cantidad de bloques de carga útil. Para facilitar la descripción, en las modalidades de esta aplicación, un número (o un índice) de un bloque de carga útil en cada trama de multiplexación OPUk es de 1 a P. En los dibujos adjuntos, por
- 20** ejemplo, se utilizan de #1 a #P para la descripción. Esto se describe uniformemente en la presente, y los detalles no se describen a continuación.

- (4) En las modalidades de esta aplicación, puede utilizarse una trama OSU para transportar datos de servicio, de modo que un extremo transmisor procese y envíe los datos de servicio. Por ejemplo, la trama OSU puede incluir un área de sobrecarga y un área de carga
- 25** útil. La zona superior puede utilizarse para llevar un identificador relacionado con el servicio. La zona de carga útil de la trama OSU puede utilizarse para transportar los datos de servicio. Por ejemplo, el área de carga útil puede proporcionar espacio de almacenamiento de un tamaño como 8 bytes, 16 bytes, 32 bytes, 64 bytes, 128 bytes, 196 bytes, 240 bytes, 256 bytes o 512 bytes para almacenar los datos de servicio. En algunas modalidades, un tamaño de un
- 30** OSU puede ser igual a un múltiplo entero de un tamaño de un bloque de carga útil.

(5) Extremo transmisor y extremo receptor

En las modalidades de esta aplicación, el extremo transmisor es un dispositivo que

envía datos de servicio en una OTN. El extremo receptor es un dispositivo que recibe los datos de servicio en la OTN. Tanto el extremo transmisor como el extremo receptor pueden ser dispositivos OTN descritos anteriormente.

- (6) "Una pluralidad de" en las modalidades de esta solicitud se refiere a dos o más. El
- 5 término "al menos un (tipo)" en las modalidades de esta solicitud incluye uno (tipo) o más (tipos). "Una pluralidad de (tipos)" se refiere a dos (tipos) o más de dos (tipos). Por ejemplo, al menos uno de A, B y C incluye: Sólo existe A, sólo existe B, existen tanto A como B, existen tanto A como C, existen tanto B como C y existen todas A, B y C. En las descripciones de esta aplicación, a menos que se especifique lo contrario, "/" significa "o", por ejemplo, "A/B"
- 10 significa A o B. El término "y/o" describe una relación de asociación para describir objetos asociados y representa que pueden existir tres relaciones. Por ejemplo, A y/o B pueden representar los siguientes tres casos: Sólo existe A, existen tanto A como B, y sólo existe B. Además, debe entenderse que en las descripciones de esta solicitud, términos como "primero" y "segundo" se utilizan meramente para distinguir y describir, pero no debe entenderse que
- 15 indican o implican una importancia relativa, o no debe entenderse que indican o implican una secuencia. El símbolo matemático "*" en las modalidades de esta aplicación representa un signo de multiplicación. "piso" en esta solicitud representa el redondeo hacia abajo, y el redondeo hacia abajo también puede representarse mediante un símbolo de datos "[]".

- Para maximizar la utilización del ancho de banda, una manera posible es determinar
- 20 una cantidad de bloques de carga útil incluidos en una trama de multiplexación OPUk basándose en una tasa de carga útil OPU y una tasa de base del bloque de carga útil. Por ejemplo, una cantidad P de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPUk puede determinarse de acuerdo con la siguiente fórmula (1):

$$P = \text{piso} \left[\frac{R_{\text{OPU_PLD}} * (1 - T_{\text{OPU}})}{R_{\text{ref}} * (1 + 1000 \text{ ppm})} \right] \quad \text{Fórmula (1)}$$

- 25 $R_{\text{OPU_PLD}}$ representa una tasa de bits de carga útil OPUk. T_{OPU} representa un desplazamiento de frecuencia de una velocidad binaria de una trama OPUk. R_{ref} representa la tasa de base del bloque de carga útil. ppm representa partes por millón. Cuando se calcula un valor P, se reserva un desplazamiento de frecuencia positivo de 1000 ppm para la tasa de base del bloque de carga útil. De este modo, la tasa del bloque de carga útil en un conducto
- 30 es mayor que la tasa de base del bloque de carga útil, lo que garantiza que se reserva suficiente ancho de banda redundante en el conducto para satisfacer el porte de servicio. Un valor de T_{OPU} es +/-20 ppm.

Con referencia a la fórmula anterior (1), en los casos en que k se fije en valores diferentes, el valor P calculado puede mostrarse en la Tabla 2.

Tabla 2

Tipo de ODU	Tasa de carga útil OPU (kbit/s)	Desplazamiento de frecuencia ODU (ppm)	Valor P
ODU0	1 238 954,310	+/-20	476
ODU1	2 488 320,000	+/-20	956
ODU2	9 995 276,962	+/-20	3840
ODU2e	10 356 012,658	+/-100	3978
ODU3	40 150 519,322	+/-20	15426
ODU4	104 355 975,330	+/-20	40096
ODU25	26 299 210,130	+/-20	10104
ODU25u	24 991 818,732	+/-20	9602
ODU50	52 598 420,261	+/-20	20209
ODU50u	49 983 637,464	+/-20	19204

La FIGURA 4 es un diagrama de la estructura de una trama de multiplexación OPUk.

- 5 Como se muestra en la FIGURA 4, no existe ninguna regla entre los valores P de diferentes

tramas de multiplexación OPUk. Por ejemplo, la posición de un bloque de carga útil nº 1 en la trama de multiplexación OPUk mostrada en el recuadro negro de la FIGURA 4 es diferente de la posición de un bloque de carga útil nº 1 en otra trama de multiplexación OPUk adyacente. Como resultado, la estructura de la trama de multiplexación OPUk está desordenada, y las disposiciones de los bloques de carga útil de las tramas de multiplexación no pueden reutilizarse. En consecuencia, la complejidad del procesamiento aumenta adicionalmente.

Una modalidad de esta aplicación proporciona una estructura de otra trama de multiplexación OPUk con $k \neq 0$. $k \neq 0$ significa que la velocidad binaria de un área de carga útil de un OPUk es superior a 1,25 Gbps. En esta aplicación, se construye una estructura de trama de multiplexación OPUk con una velocidad binaria superior a 1,25 Gbps sobre la base de una trama de multiplexación OPU0, para soportar una trama OSU. Una regla estructural de la trama de multiplexación OPUk es permitir que la estructura de la trama de multiplexación OPUk se alinee con una estructura de la trama de multiplexación OPU0, y reutilizar la estructura de la trama de multiplexación OPU0, para reducir la complejidad del procesamiento.

La trama de multiplexación OPUk puede construirse con referencia a una estructura completa de la trama de multiplexación OPU0. Se utiliza un ejemplo en el que la trama de multiplexación OPUk consta de $M1 \cdot N$ tramas OPUk. Un área de carga útil de la trama de multiplexación OPUk incluye P bloques de carga útil, y P es N veces de P_0 . P_0 es un múltiplo entero de ((Mínimo común múltiplo de un tamaño de un área de carga útil de una trama OPUk y un tamaño de un bloque de carga útil)/Tamaño del bloque de carga útil). Por ejemplo, el tamaño del bloque de carga útil es un múltiplo entero de un byte, o un múltiplo entero de 8 bytes, por ejemplo, 16 bytes, 32 bytes, 64 bytes, 128 bytes, 192 bytes o 256 bytes. Por ejemplo, el tamaño del área de carga útil de la trama OPUk es de 15232 bytes. Por ejemplo, si el tamaño del bloque de carga útil es de 192 bytes, el mínimo común múltiplo de 15232 y 192 es 45696. De acuerdo con la fórmula anterior un valor de P_0 puede ser un múltiplo de 238 por ejemplo, 238 o 476.

En una primera forma posible, la trama de multiplexación OPUk puede construirse con referencia a la estructura completa de la trama de multiplexación OPU0. Se utiliza un ejemplo en el que la trama de multiplexación OPUk consta de $M1 \cdot N$ tramas OPUk. El área de carga útil de la trama de multiplexación OPUk incluye P bloques de carga útil, y P es N veces de P_0 . Para facilitar la distinción de P en la fórmula anterior (1), P se denomina P_1 en la presente. P_0 es una cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0. Para facilitar la diferenciación, P_0 se denomina P_{0-1} cuando se describe la primera manera posible.

La trama de multiplexación OPU0 incluye tramas OPU0 M1, o la trama de multiplexación OPU0 incluye áreas de carga útil de tramas OPU0 M1. N es un número entero mayor que 1, y M1 es un número entero mayor o igual que 1.

- De una segunda manera posible, la trama de multiplexación OPUk puede construirse con referencia a una estructura parcial de la trama de multiplexación OPU0. Por ejemplo, la trama de multiplexación OPU0 puede dividirse en una pluralidad de partes con una misma estructura. Por lo tanto, la trama de multiplexación OPUk puede construirse con referencia a las estructuras parciales. Se sigue utilizando un ejemplo en el que la trama de multiplexación OPUk consta de $M1 \cdot N$ tramas OPUk. El área de carga útil de la trama de multiplexación OPUk incluye P_1 bloques de carga útil, y P_1 es N veces de P_0 . P_0 es $1/M2$ de una cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0. Para facilitar la distinción de P_0 de la primera manera posible, en la presente se hace referencia a P_0 como P_{0-2} . La trama de multiplexación OPU0 incluye $M1 \cdot M2$ tramas OPU0. N es un número entero mayor que 1, M1 es un número entero mayor o igual que 1 y M2 es un número entero mayor que 1. En algunas modalidades, la trama de multiplexación OPU0 puede dividirse en M2 partes, las estructuras de las M2 partes son las mismas y las cantidades de bloques de carga útil incluidas en las M2 partes son las mismas.

A continuación se describe la primera manera posible con referencia a los dibujos adjuntos.

- La FIGURA 5 es un diagrama de una relación estructural entre una trama de multiplexación OPU0 y una trama de multiplexación OPUk de acuerdo con una modalidad de esta aplicación. Como se muestra en la FIGURA 5, la trama de multiplexación OPU0 consta de M1 tramas OPU0, que son las tramas OPU0 #1 a #M1. La cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0 es P_{0-1} . La trama de multiplexación OPUk consta de $M1 \cdot N$ tramas OPUk, que son las tramas OPUk #1 a # $M1 \cdot N$. Si el área de carga útil de la trama de multiplexación OPUk incluye P_1 bloques de carga útil, $P_1 = N \cdot P_{0-1}$. Los bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPUk son del #1 al # $N \cdot P_{0-1}$.

En algunas modalidades, la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPUk puede determinarse de cualquiera de las siguientes maneras.

- Manera 1: La cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPUk satisface la siguiente fórmula (2).

$$P_1 = \text{piso} \left[\frac{R_{OPU_PLD} * (1-x \text{ ppm})}{R_{OPU0_PLD}} \right] * P_{0-1} \quad \text{Fórmula (2)}$$

P_{0-1} representa la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0, piso representa el redondeo hacia abajo, R_{OPU_PLD} representa una tasa de bits de un área de carga útil OPUk, R_{OPU0_PLD} representa una tasa de bits de un área de carga útil OPU0, y x representa un desplazamiento de frecuencia. Por ejemplo, un valor de x puede ser 0, 20 o 100. En la Manera 1, la tasa de bits R_{OPU0_PLD} de la zona de carga útil de la OPU0 se utiliza como denominador, y el cálculo es sencillo.

Por ejemplo, $N = \text{piso} \left[\frac{R_{OPU_PLD} * (1-x \text{ ppm})}{R_{OPU0_PLD}} \right]$ se determina basándose en la Manera 1.

Manera 2: La cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPUk satisface la siguiente fórmula (3).

$$P_1 = \text{piso} \left[\frac{R_{OPU_PLD} * (1-x \text{ ppm})}{R_{OPU0_PLD} * (1+y \text{ ppm})} \right] * P_{0-1} \quad \text{Fórmula (3)}$$

P_{0-1} representa la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0, piso representa el redondeo hacia abajo, R_{OPU_PLD} representa una tasa de bits de un área de carga útil OPUk, R_{OPU0_PLD} representa una tasa de bits de un área de carga útil OPU0, y x e y representan cada uno un desplazamiento de frecuencia. Por ejemplo, un valor de x puede ser 0, 20 o 100. En algunas modalidades, y es un valor especificado, que representa un desplazamiento de frecuencia de una tasa de referencia. En la Manera 2, el desplazamiento de frecuencia y ppm se utiliza como denominador, para mejorar la precisión del cálculo, de modo que un valor calculado P_1 sea más exacto.

Por ejemplo, $N = \text{piso} \left[\frac{R_{OPU_PLD} * (1-x \text{ ppm})}{R_{OPU0_PLD} * (1+y \text{ ppm})} \right]$ se determina basándose en la Manera 2.

Manera 3: La cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPUk satisface la siguiente fórmula (4).

$$P_1 = \text{piso} \left[\frac{R_{OPU_PLD} * (1-x \text{ ppm})}{R_{ref} * P_{0-1}} \right] * P_{0-1} \quad \text{Fórmula (4)}$$

P_{0-1} representa la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0, piso representa el redondeo hacia abajo, R_{OPU_PLD} representa una tasa de bits de un área de carga útil OPUk, x representa un desplazamiento de frecuencia, y R_{ref}

representa una tasa de base de un bloque de carga útil. Por ejemplo, R_{ref} es de 2.6 Mbit/s (megabits por segundo). En la Manera 3 $R_{ref} * P_{0-1}$ se utiliza como denominador. En comparación con la Manera 1, en la Manera 3 se puede mejorar aún más la eficiencia de utilización del ancho de banda.

- 5 Por ejemplo, $N = \text{piso} \left[\frac{R_{OPU_PLD} * (1 - x \text{ ppm})}{R_{ref} * P_{0-1}} \right]$ se determina basándose en la Manera 3.

Manera 4: La cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPUk satisface la siguiente fórmula (5).

$$P_1 = \text{piso} \left[\frac{R_{OPU_PLD} * (1 - x \text{ ppm})}{R_{ref} * P_{0-1} * (1 + y \text{ ppm})} \right] * P_{0-1} \quad \text{Fórmula (5)}$$

- 10 P_{0-1} representa la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0, piso representa el redondeo hacia abajo, R_{OPU_PLD} representa una tasa de bits de un área de carga útil OPUk, x e y representan cada uno un desplazamiento de frecuencia, y R_{ref} representa una tasa de base de un bloque de carga útil. Por ejemplo, R_{ref} es de 2,6 Mbit/s (megabits por segundo). En la Manera 4, se considera utilizar un desplazamiento de frecuencia y ppm en un denominador, para mejorar la precisión del cálculo,
- 15 de modo que un P_1 sea más exacto.

Por ejemplo, $N = \text{piso} \left[\frac{R_{OPU_PLD} * (1 - x \text{ ppm})}{R_{ref} * P_{0-1} * (1 + y \text{ ppm})} \right]$ se determina basándose en la Manera 4.

- En las modalidades de esta aplicación, para completar las indicaciones de las tramas OPUk $M1*N$ incluidas en la trama de multiplexación OPUk, pueden definirse sobrecargas de indicación multitrama. En algunas modalidades, la sobrecarga de indicación multitrama puede
- 20 estar ubicada en un área de sobrecarga ODUk. Cuando la trama OPUk se mapea a una trama ODUk, se añade una indicación multitrama a un área de sobrecarga de la trama ODUk. Las tramas OPUk $M1*N$ se mapean a tramas ODUk $M1*N$ una a una, y la indicación multitrama se añade a un área de sobrecarga de cada trama ODUk en las tramas ODUk $M1*N$. La indicación multitrama no sólo indica una posición de la trama OPUk en la trama de
- 25 multiplexación OPUk, sino que también indica indirectamente (o implícitamente) una posición de bits de un bloque de carga útil incluido en un área de carga útil de cada trama OPUk en las tramas OPUk $M1*N$. Las tramas ODUk pueden contarse secuencialmente de 0 a $M1*N-1$, o de 1 a $M1*N$ basándose en la indicación de multitrama en el área de sobrecarga de cada trama ODUk.

La sobrecarga de indicación multitrama puede situarse alternativamente en un área de sobrecarga OTUk, o puede construirse utilizando un MFAS original en una trama OTN.

En algunas otras modalidades, la sobrecarga de indicación multitrama puede estar situada alternativamente en una zona de sobrecarga OPUk, es decir, situada en una columna 15 o 16 de una trama OTUk. Un área de sobrecarga de cada trama OPUk en las tramas OPUk M1*N incluye una indicación multitrama. La indicación multitrama no sólo indica una posición de la trama OPUk en la trama de multiplexación OPUk, sino que también indica indirectamente (o implícitamente) una posición de bits de un bloque de carga útil incluido en un área de carga útil de cada trama OPUk en las tramas OPUk M1*N. Las tramas OPUk pueden contarse secuencialmente de 0 a M1*N-1, o de 1 a M1*N en función de la indicación de multitrama en el área de encabezamiento de cada trama OPUk.

La sobrecarga de indicación multitrama puede situarse alternativamente en un área de sobrecarga OTUk, o puede construirse utilizando un MFAS original en una trama OTN.

En algunas otras modalidades, una indicación multitrama de dos niveles puede indicar una posición de bit de un bloque de carga útil incluido en un área de carga útil de cada trama OPUk. Para facilitar la descripción, las indicaciones multitrama de dos niveles se denominan primera indicación multitrama y segunda indicación multitrama. Una zona de gastos generales de cada una de las tramas M1*N OPUk incluye la primera indicación multitrama y la segunda indicación multitrama. Cada M1 tramas OPUk consecutivas en las M1*N tramas OPUk forma un grupo OPUk. El grupo OPUk puede denominarse multitrama OPUk, o recibir otro nombre, por ejemplo, "multitrama M1". Lo anterior no está específicamente limitado en esta solicitud. Las tramas OPUk M1*N incluyen N grupos OPUk. Las indicaciones de primera multitrama M1 incluidas en cada grupo OPUk no sólo indican tramas OPUk M1, sino que también indican indirectamente una posición de bit de un bloque de carga útil incluido en cada trama OPUk del grupo OPUk. La segunda indicación multitrama incluida en cada trama OPUk del grupo OPUk indica una posición del grupo OPUk en los N grupos OPUk. La segunda indicación multitrama se utiliza para realizar un recuento acumulativo en el grupo OPUk, por ejemplo, iniciar una indicación desde 0 y contar secuencialmente hasta N-1.

Por ejemplo, las indicaciones multitrama de dos niveles pueden estar situadas en un área de sobrecarga de una trama OPUk, o pueden estar situadas en un área de sobrecarga de una trama ODUk, o pueden estar situadas en un área de sobrecarga OTUk, o pueden construirse utilizando un MFAS original en una trama OTN. Alternativamente, un nivel de la indicación de multitrama de dos niveles puede estar situado en el área superior de la trama

OPUk, y el otro nivel de la indicación de multitrama de dos niveles puede estar situado en el área superior de la trama ODUk. Por ejemplo, la primera indicación de multitrama está situada en el área superior de la trama OPUk, y la segunda indicación de multitrama está situada en el área superior de la trama ODUk.

- 5 Por ejemplo, el tamaño del bloque de carga útil es de 192 bytes. La trama de multiplexación OPU0 incluye seis tramas OPU0. La cantidad P_{0-1} de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0 es de 476. La FIGURA 6 es un diagrama de una estructura de una trama de multiplexación OPU0 de acuerdo con una modalidad de esta solicitud. Consulte la FIGURA 6. El área de carga útil de la trama de multiplexación OPU0
- 10 consta de bloques de carga útil de 476×192 bytes. En este caso, puede entenderse que $M1=6$.

- La FIGURA 7 es un diagrama de una estructura de una trama de multiplexación OPUk de acuerdo con una modalidad de esta solicitud. La trama de multiplexación OPUk incluye 6N tramas OPUk. Por ejemplo, cada seis tramas OPUk consecutivas pueden entenderse como un grupo OPUk, y la trama de multiplexación OPUk incluye N grupos OPUk. El grupo OPUk
- 15 también puede entenderse como una multitrama que incluye seis tramas OPUk, y también puede denominarse multitrama OPUk o multitrama OPUk de seis tramas. El área de carga útil de cada multitrama OPUk se divide en bloques de carga útil de 476×192 bytes. Consulte la FIGURA 7. Los bloques de carga útil se marcan secuencialmente como un bloque de carga útil #1, un bloque de carga útil #2, ..., y un bloque de carga útil #P1 empezando por el primer
- 20 bloque de carga útil en la primera trama OPUk, donde un tamaño de cada bloque de carga útil es de 192 bytes.

- Por ejemplo, la tabla 3 muestra un valor de P_1 cuando k se ajusta a diferentes valores en la trama de multiplexación OPUk. En la tabla 3, se utiliza un ejemplo en el que el tamaño de un bloque de carga útil es de 192 bytes. En la tabla 3, se utiliza un ejemplo en el que el
- 25 valor de x es de 20 ppm. El valor de P_1 en la Tabla 3 se determina en base a una tasa de bits ODU. La relación entre una tasa de bits de carga útil ODU y una tasa de bits de carga útil OPU es: Tasa de bits de carga útil ODU=Tasa de bits de carga útil ODU*239/238.

Tabla 3

	Tasa de bits de carga útil ODU (bit/s)	Desviación de frecuencia (ppm)	Cantidad de tramas	Cantidad de bloques de carga útil de 192 bytes en una trama de multiplexación (P1)	Periodo de un bloque de carga útil de 192 bytes (ns)	Tasa de bits de un bloque de carga útil de 192 bytes (bit/s)
ODU0	1.244.160.000,000	20	6	476	1234,568	2.602.845,188
ODU1	2.498.775.126,050	20	12	952	614,701	2.613.781,513
ODU2	10.037.273.924,051	20	48	3.808	153,030	2.624.810,127
ODU25u	25.096.826.373,626	20	120	9.520	61,203	2.625.191,043
ODU25	26.409.711.013,216	20	126	9.996	58,160	2.630.973,402
ODU3	40.319.218.983,051	20	192	15.232	38,096	2.635.932,203
ODU50u	50.193.652.747,253	20	240	19.040	30,601	2.625.191,043
ODU50	52.819.422.026,432	20	252	19.992	29,080	2.630.973,402
ODU48	104.794.445.814,978	20	504	39.984	14,657	2.609.943,361
...	...	20	...	...	...	...

	Tasa de bits de carga útil ODU (bit/s)	Desviación de frecuencia (ppm)	Cantidad de tramas	Cantidad de bloques de carga útil de 192 bytes en una trama de multiplexación (P1)	Periodo de un bloque de carga útil de 192 bytes (ns)	Tasa de bits de un bloque de carga útil de 192 bytes (bit/s)
ODUflex (OSU, n) 0	1.244.160.000,0000	20	6	476	1234,568	2.602.845,188
ODUflex (OSU, n) 0	2.488.320.000,0000	20	12	952	617,284	2.602.845,188
ODUflex (OSU, n) 0	3.732.480.000,0000	20	18	1.428	411,523	2.602.845,188
ODUflex (OSU, n) 0	4.976.640.000,0000	20	24	1.904	308,642	2.602.845,188
ODUflex (OSU, n) 0	6.220.800.000,0000	20	30	2.380	246,914	2.602.845,188
ODUflex (OSU, n) 0	7.464.960.000,0000	20	36	2.856	205,761	2.602.845,188
ODUflex (OSU, n) 0	8.709.120.000,0000	20	42	3.332	176,367	2.602.845,188

	Tasa de bits de carga útil ODU (bit/s)	Desviación de frecuencia (ppm)	Cantidad de tramas	Cantidad de bloques de carga útil de 192 bytes en una trama de multiplexación (P_1)	Periodo de un bloque de carga útil de 192 bytes (ns)	Tasa de bits de un bloque de carga útil de 192 bytes (bit/s)
ODUflex (OSU, n) 0	9.953.280.000,0000	20	48	3.808	154,321	2.602.845,188
ODUflex (OSU, n) 00	11.197.440.000,000	20	54	4.284	137,174	2.602.845,188

A continuación se describe la segunda manera posible con referencia a los dibujos adjuntos.

La FIGURA 8 es un diagrama de una estructura de otra trama de multiplexación OPU_k de acuerdo con una modalidad de esta solicitud. Como se muestra en la FIGURA 8, la trama de multiplexación OPU₀ consta de $M_1 \times M_2$ tramas OPU₀, que son las tramas OPU₀ #1 a # $M_1 \times M_2$. $1/M_2$ de la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU₀ está representada por P_{0-2} . La cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU₀ puede ser $M_2 \times P_{0-2}$. La trama de multiplexación OPU_k consta de $M_1 \times N$ tramas OPU_k, que son las tramas OPU_k #1 a # $M_1 \times N$. Si el área de carga útil de la trama de multiplexación OPU_k incluye bloques de carga útil P_1 , $P_1 = N \times P_{0-2}$.

En algunas modalidades, la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU_k puede determinarse de cualquiera de las siguientes maneras.

En un primer momento, la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU_k satisface la siguiente fórmula (6):

$$P_1 = \text{piso} \left[\frac{R_{\text{OPU_PLD}} * (1-x \text{ ppm})}{(1/M2) * R_{\text{OPU0_PLD}}} \right] * P_{0-2} \quad \text{Fórmula (6)}$$

P_{0-2} representa 1/M2 de la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0, piso representa el redondeo hacia abajo, $R_{\text{OPU_PLD}}$ representa una tasa de bits de un área de carga útil OPUk, $R_{\text{OPU0_PLD}}$ representa una tasa de bits de un área de carga útil OPU0, y x representa un desplazamiento de frecuencia. Por ejemplo, un valor de x puede ser 0, 20 o 100.

Por ejemplo, $N = \text{piso} \left[\frac{R_{\text{OPU_PLD}} * (1-x \text{ ppm})}{R_{\text{OPU0_PLD}}} \right]$ se determina basándose en la primera manera.

En un segundo modo, la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPUk satisface la siguiente fórmula (7):

$$P_1 = \text{piso} \left[\frac{R_{\text{OPU_PLD}} * (1-x \text{ ppm})}{(1/M2) * R_{\text{OPU0_PLD}} * (1+y \text{ ppm})} \right] * P_{0-2} \quad \text{Fórmula (7)}$$

P_{0-2} representa 1/M2 de la cantidad de bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0, piso representa el redondeo hacia abajo, $R_{\text{OPU_PLD}}$ representa una tasa de bits de un área de carga útil OPUk, $R_{\text{OPU0_PLD}}$ representa una tasa de bits de un área de carga útil OPU0, y x e y representan cada uno un desplazamiento de frecuencia. Por ejemplo, un valor de x puede ser 0, 20 o 100. En algunas modalidades, y es un valor especificado, y puede representar un desplazamiento de frecuencia de una tasa de referencia.

En algunas modalidades $R_{\text{OPU_PLD}}$ en la fórmula (2) a la fórmula (7) pueden sustituirse por $R_{\text{ODU_PLD}}$ y $R_{\text{OPU0_PLD}}$ se sustituye por $R_{\text{ODU0_PLD}}$ para obtener un P_1 valor transformando la fórmula (2) a la fórmula (7). $R_{\text{ODU_PLD}}$ representa una tasa de bits de carga útil ODUk, y $R_{\text{ODU0_PLD}}$ representa una tasa de bits de carga útil ODU0. En algunas otras modalidades, la fórmula anterior (2) a la fórmula (7) puede transformarse alternativamente basándose en la relación descrita anteriormente entre la tasa de bits de carga útil de la ODU y la tasa de bits de carga útil de la OPU. Los detalles no se describen en esta solicitud.

En la segunda manera posible, una manera de configuración de la sobrecarga de indicación multitrama es similar a la de la primera manera posible. No se describen detalles nuevamente en la presente.

Por ejemplo, el tamaño del bloque de carga útil es de 192 bytes. La trama de multiplexación OPU0 incluye seis tramas OPU0. La cantidad de bloques de carga útil incluidos

en la trama de multiplexación OPU0 es de 476. Como se muestra en la FIGURA 6, cada tres tramas de las seis tramas OPU0 incluidas en la trama de multiplexación OPU0 incluyen 238 bloques de carga útil. La trama de multiplexación OPUk puede construirse a partir de los 238 bloques de carga útil incluidos en la trama de multiplexación OPU0. En este ejemplo,

5 $P_{0-2}=238$, $M2=2$, y $M1=3$.

La FIGURA 9 es un diagrama de una estructura de otra trama de multiplexación OPUk de acuerdo con una modalidad de esta solicitud. La trama de multiplexación OPUk incluye 3N tramas OPUk. Por ejemplo, cada tres tramas OPUk consecutivas pueden entenderse como un grupo OPUk, y la trama de multiplexación OPUk incluye N grupos OPUk. El grupo OPUk
10 también puede entenderse como una multitrama que incluye tres tramas OPUk, y también puede denominarse multitrama OPUk o multitrama OPUk de tres tramas. El área de carga útil de cada multitrama OPUk se divide en bloques de carga útil de 238×192 bytes. Por lo tanto, la trama de multiplexación OPUk incluye $N \times 238$ bloques de carga útil en total. Consulte la FIGURA 9. Los bloques de carga útil se marcan secuencialmente como un bloque de carga
15 útil #1, un bloque de carga útil #2, ..., y un bloque de carga útil #P1 empezando por el primer bloque de carga útil en la primera trama OPUk, donde un tamaño de cada bloque de carga útil es de 192 bytes.

Cuando k en la trama de multiplexación OPUk determinada de la segunda manera posible se fija en valores diferentes, el valor de P_1 es el mismo que el valor de P_1 determinado
20 de la primera manera posible. Por ejemplo, el tamaño del bloque de carga útil es de 192 bytes. Cuando k en la trama de multiplexación OPUk se ajusta a valores diferentes, el valor de P_1 puede ser el mostrado en la Tabla 3.

Basándose en esto, las modalidades de esta solicitud proporcionan un método de transmisión de señales ópticas y un aparato. Una trama de multiplexación OPUk con una
25 velocidad binaria superior a 1,25 Gbps se construye utilizando una estructura de una trama de multiplexación OPU0, de modo que la estructura de la trama de multiplexación OPU0 es reutilizada por la estructura de la trama de multiplexación OPUk, y la estructura de la trama de multiplexación OPUk puede alinearse con la estructura de la trama de multiplexación OPU0. Además, la trama de multiplexación OPUk incluye un múltiplo entero de tramas OPUk,
30 lo que reduce la complejidad del procesamiento. El método y el aparato se basan en un mismo concepto inventivo. Dado que el método y el aparato tienen principios similares para resolver un problema, puede hacerse referencia mutua a las implementaciones del aparato y del método. No se describen las partes repetidas.

La FIGURA 10 es un diagrama de flujo esquemático de un método de transmisión de señales ópticas de acuerdo con una modalidad de esta solicitud. El método de transmisión de señales ópticas puede ser ejecutado por un dispositivo OTN, por ejemplo, puede ser implementado por la placa tributaria y/o la placa de conducto en el dispositivo OTN mostrado en la FIGURA 2. Alternativamente, el método puede ser ejecutado por un módulo de procesamiento dispuesto en el dispositivo OTN, o puede ser ejecutado por un chip de procesamiento.

1001: El dispositivo OTN mapea una trama OSU a una trama de multiplexación OPUk, donde una velocidad binaria de la trama de multiplexación OPUk es superior a 1,25 Gbps. La trama de multiplexación OPUk consta de $M1 \cdot N$ tramas OPUk, un área de carga útil de la trama de multiplexación OPUk incluye P bloques de carga útil, y P es N veces de P_0 . El valor de P_0 es el mismo que el descrito anteriormente. No se describen detalles nuevamente en la presente.

1002: El dispositivo OTN mapea una a una las tramas $M1 \cdot N$ OPUk a tramas $M1 \cdot N$ ODUk.

1003: El dispositivo OTN envía las tramas ODUk $M1 \cdot N$.

En esta modalidad de la presente solicitud, la trama de multiplexación OPUk con la velocidad binaria superior a 1,25 Gbps se construye utilizando una estructura de una trama de multiplexación OPU0, de modo que la estructura de la trama de multiplexación OPU0 es reutilizada por una estructura de la trama de multiplexación OPUk, y la estructura de la trama de multiplexación OPUk está alineada con la estructura de la trama de multiplexación OPU0. La trama de multiplexación OPUk incluye un múltiplo entero de tramas OPUk. Un límite de la trama de multiplexación OPUk está alineado con un límite de la trama OPUk. Además, el dispositivo OTN puede asignar la trama OSU a la trama de multiplexación OPUk basándose en la estructura reutilizada de la trama de multiplexación OPU0. La posición del bloque de carga útil puede obtenerse más rápidamente en cada periodo de transporte, reduciendo así la complejidad del procesamiento.

Una modalidad de esta solicitud proporciona además un aparato de transmisión de señales ópticas. El método, el aparato y el sistema se basan en un mismo concepto inventivo. Dado que el método, el aparato y el sistema tienen principios similares para resolver problemas, puede hacerse referencia mutua a las modalidades del aparato y del método. No se describen los detalles de las piezas repetidas. El aparato puede utilizarse en un dispositivo

OTN. El aparato puede ser específicamente un procesador, un chip, un sistema de chips o un módulo en el procesador del dispositivo OTN. El aparato puede ser implementado por la placa tributaria y/o la placa de conducto de la FIGURA 2. La FIGURA 11 es un diagrama de la estructura de un posible aparato de transmisión de señales ópticas de acuerdo con una modalidad de la presente solicitud. Como se muestra en la FIGURA 11, el aparato incluye una unidad de procesamiento 1101 y una unidad de envío 1102. La unidad de procesamiento 1101 está configurada para realizar el paso 1001 y el paso 1002. La unidad de envío 1102 está configurada para realizar el paso 1003.

Opcionalmente, las dos unidades anteriores pueden ejecutar además otro paso opcional relacionado ejecutado por el dispositivo OTN mencionado en cualquiera de las modalidades anteriores. No se describen detalles nuevamente en la presente.

En las modalidades de esta solicitud, la división en unidades es un ejemplo, y es meramente una división de función lógica. Durante la implementación real, se puede utilizar otra forma de división. Además, las unidades funcionales en las modalidades de la presente solicitud pueden integrarse en un procesador, o cada una de las unidades puede existir físicamente sola, o dos o más unidades se integran en una unidad. La unidad integrada se puede implementar en una forma de hardware, o se puede implementar en una forma de una unidad funcional de software.

La FIGURA 12 es un diagrama de una estructura de otro posible aparato de transmisión de señales ópticas de acuerdo con una modalidad de esta solicitud. Como se muestra en la FIGURA 12, el aparato 1200 incluye una interfaz de comunicación 1210 y un procesador 1220. El aparato 1200 puede utilizarse en un dispositivo OTN. El aparato 1200 puede incluir además una memoria 1230.

Tanto la unidad de procesamiento 1201 como la unidad de envío 1202 mostradas en la FIGURA 12 pueden ser implementadas por el procesador 1220. Por ejemplo, el procesador 1220 puede ser un procesador de señales en la tarjeta conductora y/o un procesador de señales en la tarjeta tributaria mostrada en la FIGURA 2. El procesador 1220 envía una trama OTN (por ejemplo, la trama OTUK o la trama ODUK mencionadas en las modalidades anteriores) a través de la interfaz de comunicación 1210, para poner en práctica el método realizado por el dispositivo OTN de la FIGURA 10. En un proceso de implementación, los pasos del procedimiento de procesamiento pueden completarse, mediante el uso de un circuito lógico integrado de hardware en el procesador 1220 o instrucciones en forma de software, el método realizado por el dispositivo OTN de la FIGURA 10.

La interfaz de comunicación 1210 puede ser un circuito, un bus, un transceptor o cualquier otro aparato para intercambiar información. Por ejemplo, el otro aparato puede ser un dispositivo conectado al aparato 1200. Por ejemplo, el otro aparato puede ser un dispositivo cliente u otro dispositivo OTN.

5 El procesador 1220 puede ser un procesador de propósito general, un procesador de señales digitales, un circuito integrado de aplicación específica, una matriz de puertas programables en campo u otro dispositivo lógico programable, una puerta discreta o un dispositivo lógico de transistores, o un componente de hardware discreto. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador, cualquier procesador convencional o

10 similares. Los pasos del método divulgado con referencia a las modalidades de esta solicitud pueden ser ejecutados directamente por un procesador de hardware, o pueden ser realizados utilizando una combinación de unidades de hardware y software en el procesador. El código de programa ejecutado por el procesador 1220 para implementar el método anterior puede almacenarse en la memoria 1230. La memoria 1230 se acopla al procesador 1220. El

15 acoplamiento en las modalidades de esta aplicación puede ser un acoplamiento indirecto o una conexión de comunicación entre aparatos, unidades o módulos. El acoplamiento puede implementarse de forma electrónica, mecánica o de otro tipo, y se utiliza para el intercambio de información entre los aparatos, las unidades o los módulos. El procesador 1220 puede operar en colaboración con la memoria 1230. La memoria 1230 puede ser una memoria no

20 volátil, como una unidad de disco duro (hard disk drive, HDD) o una unidad de estado sólido (solid-state drive, SSD); o puede ser una memoria volátil (volatile memory), como una memoria de acceso aleatorio (random-access memory, RAM). La memoria 1230 es cualquier otro medio que pueda utilizarse para transportar o almacenar código de programa en forma de instrucción o estructura de datos y al que pueda acceder un ordenador, pero sin limitarse a ello.

25 Un medio de conexión específico entre la interfaz de comunicación 1210, el procesador 1220 y la memoria 1230 no está limitado en las modalidades de esta solicitud. En las modalidades de esta aplicación, en la FIGURA 12, la memoria 1230, el procesador 1220 y la interfaz de comunicación 1210 están conectados a través de un bus. El bus se representa mediante un conducto en negrita en la FIGURA 12. La forma de conexión entre otros

30 componentes es meramente un ejemplo para su descripción, y no se limita a ello. El bus puede clasificarse como un bus de dirección, un bus de datos, un bus de control y similares. Para facilitar la representación, sólo se utiliza una línea gruesa para representar el bus en la FIGURA 12, pero esto no significa que haya sólo un bus o sólo un tipo de bus.

Basándose en las modalidades anteriores, una modalidad de esta aplicación proporciona además un medio de almacenamiento informático. El medio de almacenamiento almacena un programa informático. Cuando el programa informático es leído y ejecutado por uno o varios procesadores, puede implementarse el método previsto en una o varias de las modalidades anteriores. El medio de almacenamiento informático puede incluir cualquier medio que pueda almacenar código de programa, como una memoria flash USB, un disco duro extraíble, una memoria de sólo lectura o una memoria de acceso aleatorio.

Basándose en las modalidades anteriores, una modalidad de esta solicitud proporciona además una rebaba. La rebaba incluye un procesador, configurado para implementar las funciones implicadas en una o varias de las modalidades anteriores, por ejemplo, obtener o procesar la trama OPUK o la trama ODUK implicadas en el método anterior. Opcionalmente, la rebaba incluye además una memoria. La memoria está configurada para almacenar instrucciones de programa y datos necesarios para ser ejecutados por el procesador. El chip puede incluir un chip, o incluir un chip y otro dispositivo discreto.

Un experto en la materia debe entender que las modalidades de esta aplicación pueden proporcionarse como un método, un sistema o un producto de programa informático. Por lo tanto, esta aplicación puede utilizar una forma de modalidad de hardware completa, una forma de modalidad de software completa o una forma de modalidad con una combinación de aspectos de software y hardware. Además, esta aplicación puede utilizar una forma de producto de programa informático que se implementa en uno o más medios de almacenamiento utilizables por ordenador (incluidos, entre otros, una memoria de disco, un CD-ROM, una memoria óptica y similares) que incluyen código de programa utilizable por ordenador.

Esta solicitud se describe con referencia a los diagramas de flujo y/o diagramas de bloques del método, el dispositivo (sistema) y el producto de programa informático de acuerdo con las modalidades de esta solicitud. Debe entenderse que las instrucciones del programa informático pueden utilizarse para implementar cada proceso y/o cada bloque en los diagramas de flujo y/o los diagramas de bloques y una combinación de un proceso y/o un bloque en los diagramas de flujo y/o los diagramas de bloques. Estas instrucciones de programa de ordenador pueden proporcionarse a una computadora de propósito general, a una computadora dedicada, a un procesador integrado o a un procesador de otro dispositivo programable de procesamiento de datos para generar una máquina, de modo que las instrucciones ejecutadas por la computadora o el procesador del otro dispositivo programable

de procesamiento de datos generen un aparato para implementar una función específica en uno o más procesos en los diagramas de flujo y/o en uno o más bloques en los diagramas de bloques.

5 Estas instrucciones del programa informático también pueden almacenarse en una memoria legible por ordenador que puede ordenar al ordenador o al otro dispositivo programable de procesamiento de datos que funcione de una manera específica, de modo que las instrucciones almacenadas en la memoria legible por ordenador generen un artefacto que incluya un aparato de instrucciones. El aparato de instrucciones implementa una función específica en uno o más procesos de los diagramas de flujo y/o en uno o más bloques de los
10 diagramas de bloques.

Estas instrucciones de programa informático también pueden cargarse en un ordenador o en otro dispositivo programable de procesamiento de datos, de modo que se realicen una serie de operaciones y pasos en el ordenador o en el otro dispositivo programable, generando así un procesamiento implementado por ordenador. Por lo tanto, las
15 instrucciones ejecutadas en el ordenador o en otro dispositivo programable proporcionan pasos para implementar una función específica en uno o más procesos de los diagramas de flujo y/o en uno o más bloques de los diagramas de bloques.

Aparentemente, un experto en la materia puede realizar diversas modificaciones y variaciones en las modalidades de esta solicitud sin apartarse del ámbito de aplicación de las
20 mismas. De este modo, la presente solicitud pretende abarcar estas modificaciones y variaciones de las modalidades de la presente solicitud siempre que entren dentro del ámbito de protección definido por las reivindicaciones siguientes y sus tecnologías equivalentes.