

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 833**

51 Int. Cl.:

H04B 10/27 (2013.01)
H04L 7/04 (2006.01)
H04J 3/00 (2006.01)
H04J 3/06 (2006.01)
H04Q 11/00 (2006.01)
H04L 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2010 E 10837015 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.08.2015 EP 2499770**

54 Título: **Patrón de sincronización de tramas del flujo descendente, protegido mediante control de errores de cabecera en una red óptica pasiva de diez Gigabits**

30 Prioridad:

16.12.2009 US 287024 P
17.09.2010 US 884566

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.12.2015

73 Titular/es:

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building, Bantian,
Longgang District
Shenzhen, Guangdong 518129, CN

72 Inventor/es:

LUO, YUANQIU y
EFFENBERGER, J.FRANK

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 552 833 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

Patrón de sincronización de tramas del flujo descendente, protegido mediante control de errores de cabecera en una red óptica pasiva de diez Gigabits

Campo de la invención

- 5 La presente invención está relacionada con las tecnologías de las comunicaciones, y en particular con un Patrón de Sincronización de Tramas del Flujo Descendente en una Red Óptica Pasiva de Diez Gigabits Protegido Mediante Control de Errores de Cabecera.

Antecedentes de la invención

- 10 Una red óptica pasiva (PON) es un sistema para proporcionar acceso a la red sobre "la última milla" (bucle de abonado). La PON es una red punto a multipunto constituida por un terminal de línea óptica (OLT) en la central de comunicaciones, una red óptica de distribución (ODN), y una pluralidad de unidades de red óptica (ONU) en las instalaciones del cliente. En algunos sistemas PON, como por ejemplo los sistemas PON Gigabit (GPON), los datos del flujo descendente se transmiten a aproximadamente 2,5 Gigabits por segundo (Gbps) mientras que los datos del flujo ascendente se transmiten a aproximadamente 1,25 Gbps. No obstante, se espera que la capacidad de ancho de banda de los sistemas PON aumente a medida que crezca la demanda de servicios. Para satisfacer la creciente demanda de servicios, algunos sistemas PON emergentes, como por ejemplo los sistemas de Acceso de Próxima Generación (NGA), están siendo reconfigurados para transportar las tramas de datos con una mayor fiabilidad y eficiencia utilizando anchos de banda mayores, por ejemplo, a aproximadamente diez Gbps.

- 20 El documento US 2009/263130 está relacionado con un dispositivo que comprende un entramador de datos configurado para entramar un flujo de datos en una pluralidad de tramas, cada una de las cuales comprende una pluralidad de campos dimensionados para alinear las tramas con un límite de palabra mayor que o igual a aproximadamente cuatro bytes de longitud, y un transmisor óptico acoplado al entramador de datos y configurado para transmitir las tramas. También se incluye un dispositivo que comprende al menos un componente configurado para implementar un método que comprende encapsular un flujo de datos con al menos una carga útil del Método de Encapsulado (GEM) de Red Óptica Pasiva Gigabit (GPON) alineada con un límite de palabra de al menos cuatro bytes de longitud, encapsular la carga útil GEM con una trama de Convergencia de Transmisión GPON (GTC) alineada con el límite de palabra, y transmitir la trama GTC.

Resumen de la invención

- 30 En un modo de realización, la divulgación incluye un dispositivo que comprende un OLT configurado para acoplarse a una pluralidad de ONU y transmitirles a las ONU una pluralidad de tramas del flujo descendente, en donde cada una de las tramas del flujo descendente comprende una pluralidad de bloques de código de corrección de errores hacia adelante (FEC) y una pluralidad de bytes adicionales que comprenden información de sincronización que está protegida mediante un código de Control de Error de Cabecera (HEC), en donde cada una de las tramas del flujo descendente comprende un número entero de bloques de código FEC, y en donde los bytes adicionales tienen una longitud de 24 bytes, en donde se utiliza un código HEC de 13 bits para detectar hasta tres errores de bit y corregir hasta dos errores de bit en un campo correspondiente de ocho bytes; en donde los bloques de código FEC están codificados mediante una codificación FEC Reed Solomon, RS, (248,x), en donde x es igual a 216 ó 232.

- 40 En aún otro modo de realización, la divulgación incluye un método que comprende implementar en una ONU una máquina de estados de sincronización que comprende un Estado Hunt (Búsqueda), un Estado Pre-Sync (Presincronizado) y un estado Sync (Sincronizado) para una pluralidad de tramas del flujo descendente, en donde cada una de las tramas del flujo descendente comprende una pluralidad de bloques de código de corrección de errores hacia adelante, FEC, y un bloque de sincronización física, PSBd, que comprende un patrón de sincronización Física, PSync, una estructura de supertrama, y una estructura de PON-ID, en donde los bloques de código FEC están codificados utilizando una codificación FEC Reed Solomon, RS, (248,x), en donde x es igual a 216 ó 232; en donde la trama del flujo descendente es una trama Contenedor de transmisión de red óptica pasiva Gigabit, GTC, o una trama contenedor de transmisión de red óptica pasiva de 10 Gigabits, XGTC, el PCBd tiene una longitud de 24 bytes; en donde la estructura de supertrama comprende un contador de supertramas y un primer HEC que protege la estructura de la supertrama, y en donde la estructura del PON-ID comprende un PON-ID y un segundo HEC que protege la estructura del PON-ID; en donde el contador de supertramas tiene una longitud de 51 bits y el HEC tiene una longitud de 13 bits, y en donde el PON-ID tiene una longitud de 51 bits y el segundo HEC tiene una longitud de 13 bits.

Estas y otras características se comprenderán más claramente a partir de la siguiente descripción detallada tomada en conjunción con los dibujos y reivindicaciones que la acompañan.

Breve descripción de los dibujos

Para una comprensión más completa de esta divulgación, a continuación se hace referencia a la breve descripción siguiente, tomada en conexión con los dibujos y descripción detallada que la acompañan, en los que números de referencia similares representan componentes similares.

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un modo de realización de una PON.

5 La FIG. 2 es un diagrama esquemático de un modo de realización de una trama.

La FIG. 3 es un diagrama esquemático de un modo de realización de una sección de una trama.

La FIG. 4 es un diagrama esquemático de otro modo de realización de una sección de una trama.

La FIG. 5 es un diagrama esquemático de un modo de realización de una máquina de estados de sincronización.

La FIG. 6 es un diagrama de flujo de un modo de realización de un método de entramado de PON.

10 La FIG. 7 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un dispositivo configurado para implementar un método de entramado de PON.

La FIG. 8 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un sistema informático de propósito general.

Descripción detallada de los modos de realización

15 Se debe entender desde el principio que aunque a continuación se proporciona una implementación ilustrativa de uno o más modos de realización, los sistemas y/o los métodos que se divulgan se pueden implementar mediante cuantas técnicas se desee, tanto si son conocidas como si existen actualmente. La divulgación no debe limitarse en ningún caso a las implementaciones ilustrativas, dibujos y técnicas que se ilustran más abajo, incluyendo los ejemplos de diseños y las implementaciones que se ilustran y se describen en la presente solicitud, sino que se puede modificar dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

20 En los sistemas PON, los errores en una pluralidad de tramas se pueden corregir utilizando un esquema FEC. De acuerdo con el esquema FEC, las tramas transmitidas pueden comprender una pluralidad de bloques de código FEC, que pueden comprender una pluralidad de bloques de datos y bloques de paridad. Entonces, cada conjunto de bloques que se corresponde con un bloque de código FEC se puede alinear o "bloquear" utilizando una "máquina de estados", por ejemplo, en una memoria intermedia, un entramador, o una posición de memoria en una ONU u OLT.

25 El bloque de código FEC se puede bloquear después de haber detectado uno a uno sus bloques de datos y sus bloques de paridad y verificar que la secuencia de los bloques coincide con la secuencia de bloques esperada de un bloque de código FEC. En caso contrario, cuando se detecta que un bloque está fuera de secuencia, el proceso se puede reiniciar en el segundo bloque de la secuencia de bloques con el fin de detectar y bloquear la secuencia de bloques correcta.

30 En la presente solicitud se divulgan un sistema y un método para soportar la sincronización de la transmisión y la detección/corrección de errores en los sistemas PON, como por ejemplo las PON de 10 Gigabits (XGPON). El sistema y el método utilizan un mecanismo de entramado que soporta el esquema FEC y proporciona la sincronización de la transmisión en la PON. Las tramas pueden ser transmitidas dentro de una pluralidad de ventanas de transmisión, por ejemplo en intervalos de tiempo de unos 125 microsegundos, en donde cada ventana

35 de transmisión puede comprender un múltiplo entero de bloques de código FEC para la detección/corrección de errores. La ventana de transmisión también puede comprender bytes adicionales o extra que pueden ser utilizados para la sincronización de la transmisión. Los bytes extra pueden comprender sincronización de trama y/o sincronización de tiempo y pueden no estar codificados con FEC (por ejemplo, no estar protegidos mediante FEC), y por tanto no pueden ser interpretados por el esquema FEC. Sin embargo, los bytes extra también pueden

40 comprender codificación HEC, que puede proporcionar detección/corrección de errores para la información de sincronización en las tramas.

La FIG. 1 ilustra un modo de realización de una PON 100. La PON 100 comprende un OLT 110, una pluralidad de ONU 120, y una ODN 130, que se puede acoplar al OLT 110 y a las ONU 120. La PON 100 puede ser una red de comunicaciones que no requiere ningún componente activo para distribuir los datos entre el OLT 110 y las ONU 120.

45 En su lugar, la PON 100 puede utilizar los componentes ópticos pasivos de la ODN 130 para distribuir los datos entre el OLT 110 y las ONU 120. Las PON 100 pueden ser sistemas de NGA, por ejemplo GPON de diez Gigabits (o XGPON), que pueden tener un ancho de banda para el flujo descendente de aproximadamente diez Gbps y un ancho de banda para el flujo ascendente de al menos aproximadamente 2,5 Gbps. Otros ejemplos de PON 100 apropiados incluyen las PON en modo de transferencia asíncrono (APON) y las PON de banda ancha (BPON) definidas por el estándar G.983 del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T), las GPON definidas por el estándar G.984 de la UIT-T, las PON Ethernet (EPON) definidas por el estándar 802.3ah del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), las EPON de 10 Gigabits tal como se describen en el estándar 802.3av del IEEE, y las PON Multiplexadas por División de Longitud de Onda (WDM) (WPON).

En un modo de realización, el OLT 110 puede ser cualquier dispositivo que esté configurado para comunicarse con las ONU 120 y otra red (que no se muestra). Concretamente, el OLT 110 puede actuar como un intermediario entre la otra red y las ONU 120. Por ejemplo, el OLT 110 puede reenviarles los datos recibidos de la red a las ONU 120, y reenviarle a la otra red los datos recibidos de las ONU 120. Aunque la configuración concreta del OLT 110 puede variar en función del tipo de la PON 100, en un modo de realización, el OLT 110 puede comprender un transmisor y un receptor. Cuando la otra red está utilizando un protocolo de red, como por ejemplo Ethernet o Red Óptica Síncrona (SONET)/ Jerarquía Digital Síncrona (SDH), diferente del protocolo de PON que se utiliza en las PON 100, el OLT 110 puede comprender un convertidor que convierte el protocolo de la red en el protocolo de PON. El convertidor del OLT 110 también puede convertir el protocolo de PON en el protocolo de la red. El OLT 110 puede estar situado típicamente en una ubicación central, como por ejemplo una central de comunicaciones, pero también puede estar situado en otros lugares.

En un modo de realización, las ONU 120 pueden ser cualesquiera dispositivos que estén configurados para comunicarse con el OLT 110 y un cliente o usuario (que no se muestra). Concretamente, las ONU 120 pueden actuar como intermediarias entre el OLT 110 y el cliente. Por ejemplo, las ONU 120 puede reenviarle los datos recibidos del OLT 110 al cliente, y reenviarle los datos recibidos del cliente al OLT 110. Aunque la configuración concreta de las ONU 120 puede variar en función del tipo de la PON 100, en un modo de realización, las ONU 120 pueden comprender un transmisor óptico configurado para enviarle señales ópticas al OLT 110 y un receptor óptico configurado para recibir señales ópticas del OLT 110. Adicionalmente, las ONU 120 pueden comprender un convertidor que convierte la señal óptica en señales eléctricas para el cliente, como por ejemplo señales del protocolo Ethernet, y un segundo transmisor y/o receptor que puede enviar y/o recibir las señales eléctricas a/de un dispositivo cliente. En algunos modos de realización, las ONU 120 y los terminales de red óptica (ONT) son similares, y por lo tanto, en la presente solicitud, los términos se utilizan indistintamente. Las ONU pueden estar situadas típicamente en ubicaciones distribuidas, como por ejemplo en las instalaciones de los clientes, pero también pueden estar situadas en otros lugares.

En un modo de realización, la ODN 130 puede ser un sistema de distribución de datos, el cual puede comprender cables, acopladores, divisores, distribuidores y/u otros equipos de fibra óptica. En un modo de realización, los cables, acopladores, divisores, distribuidores, y/u otros equipos de fibra óptica pueden ser componentes ópticos pasivos. Concretamente, los cables, acopladores, divisores, distribuidores, y/u otros equipos de fibra óptica pueden ser componentes que no requieren alimentación eléctrica para distribuir las señales de datos entre el OLT 110 y las ONU 120. Alternativamente, la ODN 130 puede comprender uno o una pluralidad de equipos de procesamiento, como por ejemplo amplificadores ópticos. La ODN 130 puede extenderse típicamente desde el OLT 110 hasta las ONU 120 en una configuración ramificada tal como se muestra en la FIG. 1, aunque, alternativamente, puede estar configurada con cualquier otra configuración punto a multipunto.

En un modo de realización, el OLT 110, las ONU 120, o ambos pueden estar configurados para implementar un esquema FEC para controlar o reducir los errores de transmisión. Como parte del esquema FEC, antes de ser transmitidos los datos se pueden combinar con un código de corrección de errores, que puede comprender datos redundantes. Por ejemplo, los datos y el código de corrección de errores se pueden encapsular o entramar en un bloque de código FEC, el cual puede ser recibido y decodificado por otro componente de la PON. En algunos modos de realización, el bloque de código FEC puede comprender el código de corrección de errores y puede ser transmitido con los datos sin modificar los bits de datos. Cuando se recibe el código de corrección de errores se pueden detectar y corregir al menos algunos de los errores en los datos transmitidos, como por ejemplo errores de bit, sin necesidad de transmitir datos adicionales. La transmisión del código de corrección de errores además de los datos puede consumir al menos una parte del ancho de banda del canal y, por consiguiente, puede reducir el ancho de banda disponible para los datos. Sin embargo, para la detección de errores se puede utilizar el esquema FEC en lugar de un canal de retorno dedicado con el fin de reducir la complejidad del esquema de detección de errores, el coste, o ambas cosas.

El esquema FEC puede comprender un modelo de máquina de estados que puede ser utilizado para bloquear un bloque de código FEC, por ejemplo, determinar si una pluralidad de bloques recibidos que representan el bloque de código FEC están alineados apropiadamente o en una secuencia correcta. Para obtener correctamente los datos y el código de corrección de errores puede ser necesario bloquear el bloque de código FEC o verificar la alineación de los bloques FEC. Por ejemplo, el OLT 110, las ONU 120, o ambos pueden comprender un procesador de FEC, que puede ser hardware, como por ejemplo un circuito, o un software que implementa el modelo de la máquina de estados. El procesador de FEC puede estar acoplado a los receptores y/o desentramadores correspondientes en el OLT 110 o en las ONU 120, y puede realizar conversión analógico-digital, modulación y demodulación, codificación y decodificación de línea, o combinaciones de las mismas. El bloque de código FEC que comprende los bloques recibidos también puede ser bloqueado en una posición de memoria o en una memoria intermedia acoplada al procesador de FEC y al receptor.

Normalmente, en los sistemas PON los datos del flujo descendente se pueden transmitir en una pluralidad de tramas Contenedor de Transmisión GPON (GTC), por ejemplo, en una capa de GTC, dentro de una pluralidad de ventanas de tiempo fijas correspondientes, por ejemplo, de aproximadamente 125 microsegundos. Una trama GTC puede

comprender un Bloque Físico de Control del Flujo Descendente (PCBd) y una carga útil GTC (por ejemplo, datos de usuario) que pueden no incluir información de tiempos o la hora del día (ToD). Sin embargo, para establecer la sincronización de las transmisiones PON, puede ser necesario que las tramas transmitidas incluyan la información de ToD o cualquier otra información de sincronización. En un modo de realización, el OLT 110 puede estar configurado para transmitirle información de ToD y/o cualquier otra información de sincronización a las ONU 120, por ejemplo en una trama del flujo descendente en una ventana de transmisión correspondiente. La trama del flujo descendente también puede soportar el esquema FEC para la detección y corrección de errores. En consecuencia, la ventana de transmisión puede comprender bloques de código FEC, que pueden comprender datos y un código de corrección de errores, e información de tiempos o de ToD. En particular, la ventana de transmisión puede comprender un múltiplo entero de bloques de código FEC y una pluralidad de bytes extra o adicionales que pueden no estar codificados con FEC, y por lo tanto pueden no ser interpretados o protegidos contra errores utilizando el esquema FEC. Los bytes adicionales o extra pueden ser utilizados para proporcionar información de tiempos (por ejemplo, de ToD) y/o sincronización para las transmisiones PON y también puede comprender codificación HEC que se puede utilizar para detectar y/o corregir cualesquiera errores en los datos de sincronización.

Por ejemplo, el OLT 110 puede transmitir los datos del flujo descendente en una pluralidad de tramas Contenedor de Transmisión XGPON (XGTC) dentro de una ventana de tiempo correspondiente de aproximadamente 125 microsegundos o cualquier ventana de tiempo de tamaño fijo. La trama XGTC (y la ventana de tiempo correspondiente) pueden comprender una carga útil que incluye los bloques de código FEC, por ejemplo aproximadamente 627 bloques de código FEC utilizando una codificación FEC Reed Solomon (RS) (248,x) (por ejemplo, x es igual a aproximadamente 216 o aproximadamente 232). Adicionalmente, la trama XGTC (y la ventana de tiempo correspondiente) pueden comprender bytes adicionales (por ejemplo, en el PCBd), por ejemplo, aproximadamente 24 bytes, que comprenden datos de sincronización y/o sincronización de tiempo, y codificación HEC, tal como se describe en detalle más abajo.

La FIG. 2 ilustra un modo de realización de una trama 200, que puede comprender datos de control y/o de usuario codificados con FEC e información de sincronización con codificación no FEC. Por ejemplo, la trama 200 puede corresponder a una trama GTC o XGTC, por ejemplo, descendente desde el OLT 110 a una ONU 120, y puede ser transmitida dentro de una ventana de tiempo fija. La trama 200 puede comprender una primera sección 210 y una segunda sección 211. La primera sección 210 puede corresponder a un PCBd o cabecera de GTC o XGTC y puede comprender información de tiempo o sincronización, como por ejemplo un patrón PSync, una ToD, otra información de sincronización de tiempo y/o trama o combinaciones de las anteriores. Concretamente, la información de tiempo o de sincronización puede no estar codificada con FEC y puede estar asociada a una codificación HEC en la primera sección 210, lo que se puede utilizar para detectar/corregir una pluralidad de errores de bit que pueden ocurrir en la primera sección 210. A continuación se describe con más detalle la primera sección 210. En un modo de realización, la trama 200 puede corresponder a una trama GTC o XGTC codificada mediante RS (248, x), y por tanto la primera sección 210 puede comprender unos 24 bytes. Aunque en la FIG. 2 la primera sección 210 precede a la segunda sección 211, en otros modos de realización, la primera sección 210 puede estar situada en otras posiciones de la trama 200, como por ejemplo a continuación de la segunda sección 211.

La segunda sección 211 puede corresponder a una carga útil GTC o XGTC y puede comprender una pluralidad de bloques de código que pueden estar codificados con FEC. Por ejemplo, la segunda sección 211 puede comprender un múltiplo entero de bloques de código FEC. La carga útil GTC o XGTC puede comprender una Longitud de Carga Útil del flujo descendente (Plend) 212, un mapa del Ancho de Banda del Flujo Ascendente (US BWmap) 214, al menos un campo 216 de Operaciones, Administración y Mantenimiento de la Capa Física (PLOAM) y una carga útil 218. El Plend 212 puede comprender una pluralidad de subcampos, incluyendo una longitud B (Blen) y una comprobación de redundancia cíclica (CRC). El Blen puede indicar la longitud del US BWmap 214, por ejemplo, en bytes. El CRC se puede utilizar para comprobar la presencia de errores en la trama 200 recibida, por ejemplo, en la ONU 120. Por ejemplo, cuando el CRC falla la trama 200 puede ser descartada. En algunos sistemas PON que soportan comunicaciones en modo de transferencia asíncrono (ATM), los subcampos también pueden incluir un subcampo de longitud A (Alen) que indica la longitud de una carga útil ATM, que puede comprender una sección de la trama 200. El US BWmap 214 puede comprender un conjunto de bloques o subcampos, cada uno de los cuales puede comprender una única asignación de ancho de banda a un Contenedor de Transmisión (TC) individual, lo que se puede utilizar para gestionar la asignación del ancho de banda del flujo ascendente en la capa de GTC. El TC puede ser una entidad de transporte en la capa de GTC que se puede configurar para transferir información de capa superior desde una entrada a una salida, por ejemplo, desde el OLT a las ONU. Cada bloque del BWmap 214 puede comprender una pluralidad de subcampos, como por ejemplo un identificador de Asignación (Alloc-ID), unos Flags (Indicadores), un Tiempo de Inicio (SStart), un Tiempo de Parada (SStop), un CRC, o combinaciones de los mismos.

Los campos PLOAM 216 pueden comprender un mensaje de PLOAM, que puede ser enviado desde el OLT a las ONU e incluye alarmas o alertas de superación de umbral relacionadas con Operaciones, Administración y Mantenimiento (OAM) desencadenadas por eventos del sistema.

El campo PLOAM 216 puede comprender una pluralidad de subcampos, como por ejemplo un identificador de ONU (ONU-ID), un identificador de mensaje (Message-ID), unos datos del mensaje y un CRC. El ONU-ID puede

comprender una dirección, que puede estar asignada a una de las ONU y puede ser utilizada por dicha ONU para detectar el mensaje dirigido a ella. El Message-ID puede indicar el tipo del mensaje PLOAM y los datos del mensaje pueden comprender la carga útil del mensaje PLOAM. El CRC se puede utilizar para comprobar la presencia de errores en el mensaje PLOAM recibido. Por ejemplo, cuando falla el CRC se puede descartar el mensaje PLOAM.

5 La trama 200 puede comprender diferentes PLOAM 216 que corresponden a diferentes ONU, las cuales pueden estar identificadas mediante diferentes ONU-ID. La carga útil 218 puede comprender los datos de la transmisión (por ejemplo, datos de usuario). Por ejemplo, la carga útil 218 puede comprender una carga útil del Método de Encapsulado GPON (GEM).

10 La FIG. 3 ilustra un modo de realización de una sección 300 de trama que puede comprender información de sincronización con codificación no FEC, como por ejemplo en una trama GTC o XGTC del flujo descendente. Por ejemplo, la sección 300 de trama puede corresponder a la primera sección 210 de la trama 200. La sección 300 de trama puede comprender un campo PSync 311, un campo ToD 315 en segundos (ToD-Sec), y un campo ToD 321 en nanosegundos (ToD-Nanosec). En un modo de realización, la sección 300 de trama puede comprender aproximadamente 24 bytes, en donde el campo PSync 311, el campo ToD-Sec 315, y el campo ToD 321 en nanosegundos pueden comprender, cada uno de ellos, aproximadamente ocho bytes. Además, el campo PSync 311, el campo ToD-Sec 315, y el campo ToD-Nanosec 321 pueden comprender, cada uno de ellos, una codificación HEC que se puede utilizar para detectar/corregir errores en el campo correspondiente.

15 El campo PSync 311 puede comprender un patrón PSync 312 y un campo HEC 314. El patrón PSync 312 puede ser utilizado en una ONU, por ejemplo en un entramador de datos acoplado a un receptor, para detectar el comienzo de la sección 300 de trama (o la trama 200) del flujo descendente y establecer la sincronización en correspondencia. Por ejemplo, el patrón PSync 312 puede corresponder a un patrón fijo que puede no estar entremezclado. El campo HEC 314 puede proporcionar detección y corrección de errores para el campo PSync 311. Por ejemplo, el HEC 314 puede comprender una pluralidad de bits que corresponden a un código de Bose y Ray-Chaudhuri (BCH) con un polinomio generador y un único bit de paridad. En un modo de realización, el patrón PSync 312 puede comprender aproximadamente 51 bits, y el campo HEC 314 puede comprender aproximadamente 13 bits.

20 El campo ToD-Sec 315 puede comprender un campo Segundos 316, un campo Reservado (Rev) 318, y un segundo campo HEC 320. El campo Segundos 316 puede comprender una parte entera del ToD asociado a la trama en unidades de segundos, y el campo Reservado 318 puede estar reservado o puede no ser utilizado. El segundo HEC 320 puede estar configurado de forma sustancialmente similar al HEC 314 y puede proporcionar detección y corrección de errores para el campo ToD-Sec 315. En un modo de realización, el campo Segundos 316 puede comprender aproximadamente 48 bits, el campo Reservado 318 puede comprender aproximadamente tres bits, y el segundo campo HEC 320 puede comprender aproximadamente 13 bits.

25 El campo ToD-Nanosec 321 puede comprender un campo Nanosegundos 322, un segundo campo Reservado (Rev) 324, y un tercer campo HEC 326. El campo Nanosegundos 322 puede comprender una parte fraccionaria de la ToD asociada a la trama en unidades de nanosegundos, y el segundo campo Reservado 324 puede estar reservado o puede no ser utilizado. El tercer HEC 326 puede estar configurado de forma sustancialmente similar al HEC 314 y puede proporcionar detección y corrección de errores para el campo ToD-Nanosec 321. En un modo de realización, el campo Nanosegundos 322 puede comprender aproximadamente 32 bits, el segundo campo Reservado 324 puede comprender aproximadamente 19 bits, y el tercer campo HEC 326 puede comprender aproximadamente 13 bits.

30 La FIG. 4 ilustra otro modo de realización de una sección 400 de trama que puede comprender información de sincronización con codificación no FEC. Por ejemplo, la sección 400 de trama puede corresponder a un PSBd en una trama GTC o XGTC del flujo descendente. El PSBd 410 puede comprender un patrón PSync 412, una estructura de supertrama 414, y una estructura de PON-ID 420. En un modo de realización, la sección de la trama 200 o PSBd puede comprender aproximadamente 24 bytes, en donde el patrón PSync 412, la estructura de supertrama 414, y la estructura del PON-ID 420 pueden comprender aproximadamente ocho bytes cada uno. Además, la estructura de supertrama 414 y la estructura del PON-ID 420 pueden comprender, cada una, una codificación HEC que se puede utilizar para detectar/corregir errores en el campo correspondiente.

35 El patrón PSync 412 se puede utilizar para detectar el comienzo del PSBd en la trama y puede comprender aproximadamente 64 bits. El patrón PSync 412 puede ser utilizado por la ONU para alinear la trama con el límite de trama del flujo descendente. El patrón PSync 412 puede comprender un patrón fijo, como por ejemplo 0xC5E5 1840 FD59 BB49. La estructura de supertrama 414 puede comprender un contador 416 de supertramas y un código HEC 418. El contador 416 de supertramas puede corresponder a los aproximadamente 51 bits más significativos de la estructura de supertrama 414 y puede especificar una secuencia de tramas del flujo descendente transmitidas. Para cada una de las tramas del flujo descendente (XGTC o GTC), el contador 416 de supertramas puede comprender un valor mayor que la trama del flujo descendente transmitida previamente. Cuando el contador 316 de supertramas alcanza un valor máximo, se le puede asignar el valor aproximadamente cero a un contador 316 de supertramas posterior en una trama posterior del flujo descendente. El código HEC 418 puede corresponder a los aproximadamente 13 bits menos significativos de la estructura de supertrama 414 y puede estar configurado de

forma sustancialmente similar a los campos HEC descritos más arriba. El código HEC 418 puede ser una combinación de un código BCH que opera sobre aproximadamente los 63 bits iniciales de la cabecera de la trama, y un único bit de paridad.

5 La estructura del PON-ID 420 puede comprender un PON-ID 422 y un segundo código HEC 424. El PON-ID 422 puede corresponder a aproximadamente 51 bits de la estructura del PON-ID 420 y el código HEC puede corresponder a los restantes aproximadamente 13 bits. El PON-ID 422 puede ser asignado por el terminal OLT y utilizado por la ONU para detectar eventos de conmutación de protección o para la generación de una clave de seguridad. El segundo código HEC 424 puede estar configurado de forma sustancialmente similar a los campos HEC descritos más arriba. Concretamente, el código HEC 418 se puede utilizar para detectar/corregir errores en el contador 416 de supertramas y el segundo código HEC 424 se puede utilizar para detectar/corregir errores en el PON-ID 422.

15 Dado que la información de sincronización se puede encapsular en una pluralidad de bytes extra en las tramas del flujo descendente que pueden no estar codificados con FEC, a la información de sincronización incluida en los bytes extra se le puede añadir el código HEC, tal como se ha descrito en la sección 300 de trama o en la sección 400 de trama, con el fin de proporcionar una capacidad de detección/corrección de errores suficiente o aceptable para la información de sincronización en la ONU. Este esquema de codificación HEC puede proporcionar una detección/corrección de errores eficiente en una pluralidad de casos. Por ejemplo, cuando la ONU se encuentra en un contexto de fast-sleeping (reposo rápido), la ONU puede volver a bloquear cada cierto tiempo (por ejemplo, cada aproximadamente 10 microsegundos) al OLT. Así pues, pueden aparecer múltiples errores en los bytes extra no codificados con FEC (por ejemplo, aproximadamente 24 bytes) en caso de falso bloqueo. Sin embargo, puede haber una probabilidad alta de que los errores se eviten o se detecten utilizando la codificación HEC en los bytes extra.

20 Por ejemplo, en el caso de una tasa de errores de bit (BER) de aproximadamente $1e-03$ en la transmisión en el flujo descendente PON, se puede utilizar un código HEC que comprenda aproximadamente 13 bits dentro de un campo correspondiente de aproximadamente ocho bytes en la trama del flujo descendente, como los campos HEC que se han descrito más arriba, para detectar hasta aproximadamente tres errores de bit y corregir hasta aproximadamente dos errores de bit en el campo de ocho bytes correspondiente. En este caso, la probabilidad de que se produzcan aproximadamente tres errores de bit en un campo de aproximadamente ocho bytes correspondiente después de haber utilizado el esquema HEC puede ser considerablemente pequeña, por ejemplo, igual a aproximadamente un 0,0039 por ciento. Los tres errores de bit se pueden detectar, pero no pueden ser corregidos mediante el esquema HEC. Por otro lado, la probabilidad de que se produzcan aproximadamente cuatro o más errores de bit en el campo aproximadamente ocho bytes correspondiente después de haber utilizado el esquema HEC puede ser igual a aproximadamente un 0,0001 por ciento. Sin embargo, la probabilidad de que se produzcan aproximadamente dos o menos errores de bit utilizando el esquema HEC puede ser considerablemente alta, por ejemplo, igual a aproximadamente un 99,996 por ciento. Los dos errores de bit se pueden detectar y corregir utilizando el esquema HEC.

25 Durante el proceso de bloqueo de la trama, la trama puede ser validada de manera eficiente mediante al menos aproximadamente dos patrones PSync corregibles en la trama recibida. Por ejemplo, la ONU puede bloquear con éxito la trama del flujo descendente si se han recibido y detectado correctamente al menos aproximadamente dos patrones Psync, como por ejemplo el patrón PSync 312, por ejemplo, en dos campos posteriores de aproximadamente ocho bytes. La probabilidad de detectar correctamente dos patrones PSync consecutivos utilizando dos códigos HEC correspondientes, como por ejemplo en el campo HEC 314, puede ser considerablemente alta, por ejemplo, igual a aproximadamente un 99,996 por ciento elevado a la segunda potencia, o aproximadamente de un 99,992 por ciento (por ejemplo, $99,996\%^2 = 99,992$ por ciento). Así pues, utilizando aproximadamente 24 bytes extra que comprenden codificación HEC, tal como se describe en las FIG. 2, 3, y 4, puede permitir que la ONU bloquee la trama del flujo descendente con éxito con un nivel de certeza considerablemente alto (por ejemplo, aproximadamente un 99,992 por ciento).

30 Adicionalmente, la posibilidad de establecer un falso bloqueo en la ONU puede requerir que se detecten dos campos PSync posteriores que comprendan el mismo patrón fijo (por ejemplo, que comprendan los mismos errores de bit). Una situación semejante puede ocurrir con mayor probabilidad cuando pueda haber aproximadamente cuatro errores de bit en ambos patrones PSync. La probabilidad de recibir los mismos aproximadamente cuatro bits en dos bloques de aproximadamente 64 bits correspondientes (o los aproximadamente 24 bytes extra en la trama) se puede calcular mediante un coeficiente binomial que es de uno entre $64 \cdot 63 \cdot 62 \cdot 61 / (1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4)$, o aproximadamente un 1/635.376 por ciento. Así pues, la probabilidad de obtener dos patrones PSync falsos puede ser igual a aproximadamente un 0,0001 por ciento elevado a la segunda potencia o aproximadamente de un $1E-12$ por ciento.

35 Por lo tanto, la posibilidad de establecer un bloqueo falso puede ser aproximadamente igual al producto $(1/635376) \times (1E-12)$ o aproximadamente un $5E-19$ por ciento, lo que puede ser despreciable. En un contexto de rebloqueo de reposo relativamente rápido, por ejemplo aproximadamente cada diez microsegundos, esta situación puede corresponder a la ocurrencia de un falso bloqueo cada aproximadamente $1,7e16$ segundos, lo cual puede ser aceptable.

La FIG. 5 ilustra un modo de realización de una máquina de estados 500 de sincronización, que puede ser utilizada, por ejemplo, por la ONU para sincronizar una trama transmitida en el flujo descendente, como por ejemplo la trama 200. La máquina de estados 500 de sincronización puede utilizar un patrón PSync en la trama del flujo descendente que puede no estar codificada con FEC, como por ejemplo el patrón PSync 312 o el patrón Psync 412. El patrón PSync puede estar situado en una sección de la trama del flujo descendente, como por ejemplo el PSBd, la sección 300 de la trama, o la primera sección 210. En algunos modos de realización, el patrón PSync puede estar protegido mediante un código HEC, como por ejemplo el campo HEC 314.

La máquina de estados 500 de sincronización puede ser implementada por la ONU, por ejemplo, mediante software, hardware, o ambos. La máquina de estados 500 de sincronización puede comenzar en un Estado Hunt 510, en el que se puede realizar una búsqueda del patrón PSync en todas las alineaciones posibles (por ejemplo, alineaciones de bit y/o byte). Si no se encuentra un patrón PSync correcto, la máquina de estados 500 de sincronización puede pasar a continuación a un Estado Pre-Sync 520, en el que se puede realizar una búsqueda de un segundo patrón PSync que sigue al último patrón PSync detectado en un intervalo de tiempo fijo (por ejemplo, en aproximadamente 125 microsegundos). Si en el Estado Pre-Sync 520 no se consigue encontrar un segundo patrón PSync, la máquina de estados 500 de sincronización puede regresar a continuación del Estado Pre-Sync 520 al Estado Hunt 510. Si en el estado Pre-Sync 520 se logra encontrar un segundo patrón PSync, la máquina de estados 500 de sincronización puede pasar a continuación a un Estado Sync 530. Si se alcanza el Estado Sync 530, la máquina de estados 500 de sincronización puede confirmar una sincronización satisfactoria de la trama del flujo descendente, y a continuación puede comenzar el procesamiento de la trama. En un modo de realización, si la ONU detecta M campos o patrones PSync consecutivos incorrectos (M es un entero), la máquina de estados 500 de sincronización puede notificar a continuación una sincronización incorrecta de la trama del flujo descendente y volver al Estado Hunt 510. Por ejemplo, M puede ser igual a aproximadamente cinco.

La FIG. 6 ilustra un modo de realización de un método 600 de entramado que puede ser utilizado, por ejemplo, por el OLT para entramar una trama del flujo descendente, como por ejemplo una trama XGTC o GTC, antes de enviarle la trama del flujo descendente a la(s) ONU. La trama del flujo descendente puede comprender datos de control y/o de usuario que pueden estar codificados con FEC, y datos de sincronización y/o de tiempo que pueden no estar codificados con FEC. No obstante, al menos algunos de los datos de sincronización y/o tiempo pueden estar protegidos en la trama del flujo descendente utilizando el código HEC. En el bloque 610, los datos de control, los datos de usuario, o ambos (datos de control/usuario) se pueden encapsular en un múltiplo entero de bloques de código de FEC en la trama del flujo descendente. Por ejemplo, los datos de control/usuario se pueden convertir en una pluralidad de bloques de código FEC que se pueden encontrar en la sección de carga útil de la XGTC o GTC. Por ejemplo, los datos de control/usuario pueden comprender la Plend, una pluralidad de campos o mensajes PLOAM, la carga útil de usuario, o combinaciones de los mismos.

En el bloque 620, los datos de sincronización/tiempo y el código HEC correspondiente se pueden encapsular en una pluralidad de bytes restantes sin codificación FEC en la trama del flujo descendente. Por ejemplo, los datos de sincronización se pueden encontrar en la sección PCBd o PSBd de la XGTC o GTC. Los datos de sincronización/tiempo pueden comprender una pluralidad de elementos de sincronización, como por ejemplo un patrón PSync, una ToD, un PON ID, o combinaciones de los mismos. Los datos de sincronización/tiempo también pueden comprender un código o un campo HEC correspondiente para al menos algunos de los elementos de sincronización/tiempo, como por ejemplo la ToD, el PON ID, y/o el patrón PSync. En el bloque 630, los bloques de código FEC que comprenden los datos de control/usuario y los bytes restantes que comprenden los datos de sincronización/tiempo y el código HEC correspondiente se pueden transmitir, por ejemplo, a la(s) ONU, en la trama del flujo descendente. A continuación, el método 600 puede finalizar.

La FIG. 7 ilustra un modo de realización de un dispositivo 700 que se puede configurar para implementar el método 600 de entramado de la PON. El dispositivo puede comprender una unidad 710 de procesamiento y una unidad 720 de transmisión que se pueden configurar para implementar el método 600. Por ejemplo, la unidad 710 de procesamiento y la unidad 720 de transmisión pueden corresponder a un hardware, un firmware (microcódigo) y/o un software instalado para hacer funcionar el hardware. La unidad 710 de procesamiento se puede configurar para organizar los datos de control, los datos de usuario, o ambos en una pluralidad de bloques de código FEC en una trama del flujo descendente, y organizar la información de sincronización en una pluralidad de bytes adicionales con codificación no FEC en la trama del flujo descendente, tal como se ha descrito en los pasos 610 y 620 más arriba. La información de sincronización puede comprender el campo PSync 311, el campo ToD-Sec 315, y el campo ToD-Nanosec 321. Alternativamente, la información de sincronización puede comprender el patrón PSync 412, la estructura de supertrama 414, y la estructura de PON-ID 420. La unidad 710 de procesamiento puede reenviarle a continuación los bloques de código FEC y los bytes adicionales con codificación no FEC a la unidad 720 de transmisión. La unidad 720 de transmisión se puede configurar para transmitir los bloques de código FEC y los bytes adicionales con codificación no FEC en la trama del flujo descendente dentro de una ventana de tiempo fija, por ejemplo, a aproximadamente 125 microsegundos. En otros modos de realización, la unidad 710 de procesamiento y la unidad 720 de transmisión pueden estar combinadas en un único componente o pueden comprender una pluralidad de subcomponentes que pueden implementar el método 600.

5 Los componentes de red descritos más arriba se pueden implementar en cualquier componente de red de propósito general, como por ejemplo un ordenador o un componente de red con suficiente potencia de procesamiento, recursos de memoria, y capacidad de rendimiento de red para gestionar la carga de trabajo necesaria que recaiga sobre el mismo. La FIG. 8 ilustra un componente 800 de red de propósito general típico apropiado para implementar uno o más modos de realización de los componentes divulgados en la presente solicitud. El componente 800 de red incluye un procesador 802 (que se puede designar como unidad central de procesamiento o CPU) que está en comunicación con dispositivos de memoria, incluyendo almacenamiento secundario 804, memoria de sólo lectura (ROM) 806, memoria de acceso aleatorio (RAM) 808, dispositivos 810 de entrada/salida (E/S), y dispositivos 812 de conectividad de red. El procesador 802 se puede implementar como uno o más chips de CPU, o puede formar parte de uno o más circuitos integrados para aplicaciones específicas (ASIC).

10 El almacenamiento secundario 804 está típicamente constituido por una o más unidades de disco o unidades de cinta, y se utiliza para el almacenamiento no volátil de datos y como un dispositivo de almacenamiento de datos que no se pueden mantener en memoria si la RAM 808 no es suficientemente grande para contener todos los datos de trabajo. El almacenamiento secundario 804 se puede utilizar para almacenar programas que se cargan en la RAM 15 808 cuando dichos programas se seleccionan para su ejecución. La ROM 806 se utiliza para almacenar instrucciones y en ocasiones datos que son leídos durante la ejecución del programa. La ROM 806 es un dispositivo de memoria no volátil que tiene habitualmente una capacidad de memoria pequeña en relación con la mayor capacidad de memoria del almacenamiento secundario 804. La memoria RAM 808 se utiliza para almacenar datos volátiles y ocasionalmente para almacenar instrucciones. El acceso a ambas, la ROM 806 y la RAM 808, es típicamente más rápido que al almacenamiento secundario 804.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo que comprende:

un terminal de línea óptica, OLT (110), configurado para acoplarse a una pluralidad de unidades de red óptica, ONU (120), y transmitir una pluralidad de tramas del flujo descendente a las ONU (120),

5 en donde cada una de las tramas del flujo descendente comprende una pluralidad de bloques de código de corrección de errores hacia adelante, FEC, y una pluralidad de bytes adicionales que comprenden información de sincronización que está protegida mediante un código de Control de Errores de Cabecera, HEC, y caracterizada por que la pluralidad de bytes adicionales tiene un tamaño de 24 bytes, en donde se utiliza un código HEC de 13 bits para detectar hasta tres errores de bit y para corregir hasta dos errores de bit en un campo de ocho bytes correspondiente; en donde los bloques de código FEC están codificados utilizando una codificación FEC Reed Solomon, RS, (248,x), en donde x es igual a 216 ó 232.

2. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde la información de sincronización comprende una secuencia (412) de ocho bytes de sincronización física, una estructura (414) de supertrama de ocho bytes, y una estructura (420) de ocho bytes del Identificador de Red Óptica Pasiva, PON-ID.

15 3. El dispositivo de la reivindicación 2, en donde el código HEC comprende un primer código HEC (418) de 13 bits y un segundo código HEC (424) de 13 bits, en donde la estructura (414) de supertrama comprende un contador (416) de supertramas de 51 bits y el primer código HEC (418), en donde la estructura (420) del PON-ID comprende un PON-ID (422) de 51 bits y el segundo código HEC (424), en donde el primer código HEC (418) protege el contador (416) de supertramas, y en donde el segundo código HEC (424) protege el PON-ID (422).

20 4. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde la información de sincronización comprende un campo de sincronización física, PSync, un campo de hora del día en segundos, ToD-Sec, y un campo de hora del día en nanosegundos, ToD-Nanosec, y en donde el campo PSync, el campo ToD-Sec, y el campo ToD-Nanosec tienen, cada uno de ellos, una longitud de ocho bytes y están protegidos mediante un código HEC.

25 5. El dispositivo de la reivindicación 4, en donde el campo Psync comprende una secuencia PSync de 51 bits que está protegida por un primer código HEC de 13 bits, en donde el campo ToD-Sec comprende un campo Segundos de 48 bits, y un campo reservado de tres bits, que está protegido por un segundo código HEC de 13 bits, y en donde el campo ToD-Nanosec comprende un campo Nanosegundos de 32 bits, y un campo reservado de 19 bits, que está protegido por un tercer campo HEC de 13 bits.

30 6. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde cada uno de las tramas del flujo descendente se transmite dentro de una ventana de tiempo fija, y en donde el número de bloques de código FEC es igual a 627 bloques de código FEC.

7. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde el código HEC es un código Bose y Ray-Chaudhuri, BCH, con un polinomio generador y un único bit de paridad.

8. El dispositivo de la reivindicación 1,

35 en donde la trama del flujo descendente es una trama contenedor de transmisión de red óptica pasiva de 10 Gigabits, XGTC, que comprende un Bloque de Sincronización Física del flujo descendente, PSBd, y una carga útil de la XGTC,

en donde el PSBd comprende 24 bytes con codificación no FEC,

en donde el PSBd comprende la información de sincronización, y

40 en donde la carga útil de la XGTC comprende los bloques de código FEC.

9. Un método que comprende:

implementar en una unidad de red óptica, ONU (120), una máquina de estados de sincronización que comprende un Estado Hunt (Búsqueda), un Estado Pre-Sync (Presincronizado) y un Estado Sync (Sincronizado) para una pluralidad de tramas del flujo descendente,

45 en donde cada una de las tramas del flujo descendente comprende una pluralidad de bloques de código de corrección de errores hacia adelante, FEC, y un bloque de sincronización física, PSBd, que comprende un patrón de Sincronización Física, PSync, una estructura de supertrama, y una estructura de identificador de red óptica pasiva, PON-ID, en donde los bloques de código FEC están codificados utilizando una codificación FEC Reed Solomon, RS, (248,x), en donde x es igual a 216 ó 232; en donde la trama del flujo descendente es una trama Contenedor de

transmisión de red óptica pasiva Gigabit, GTC, o una trama contenedor de transmisión de red óptica pasiva de 10 Gigabits, XGTC, siendo el tamaño del PCBd 24 bytes;

en donde la estructura de supertrama comprende un contador de supertramas y un primer Control de Errores de Cabecera, HEC, que protege la estructura de la supertrama, y

5 en donde la estructura del PON-ID comprende un PON-ID y un segundo HEC que protege la estructura del PON-ID; en donde el contador de supertramas tiene un tamaño de 51 bits y el HEC tiene un tamaño de 13 bits, y en donde el PON-ID tiene un tamaño de 51 bits y el segundo HEC tiene un tamaño de 13 bits.

10. El método de la reivindicación 9, en el que el FEC no protege el PSBd.

10 11. El método de la reivindicación 9, en el que la máquina de estados de sincronización comienza en el Estado Hunt, y busca el patrón PSync en todas las alineaciones posibles.

12. El método de la reivindicación 11, en el que una vez que se ha localizado un patrón PSync correcto, la ONU (120) pasa al Estado Pre-Sync y busca otro patrón PSync que sigue al último patrón PSync en 125 microsegundos.

13. El método de la reivindicación 12, en el que, si se verifica con éxito el patrón PSync, la ONU (120) pasa al Estado Sync, y en el que si se encuentra un patrón PSync incorrecto, la ONU (120) vuelve al Estado Hunt.

15

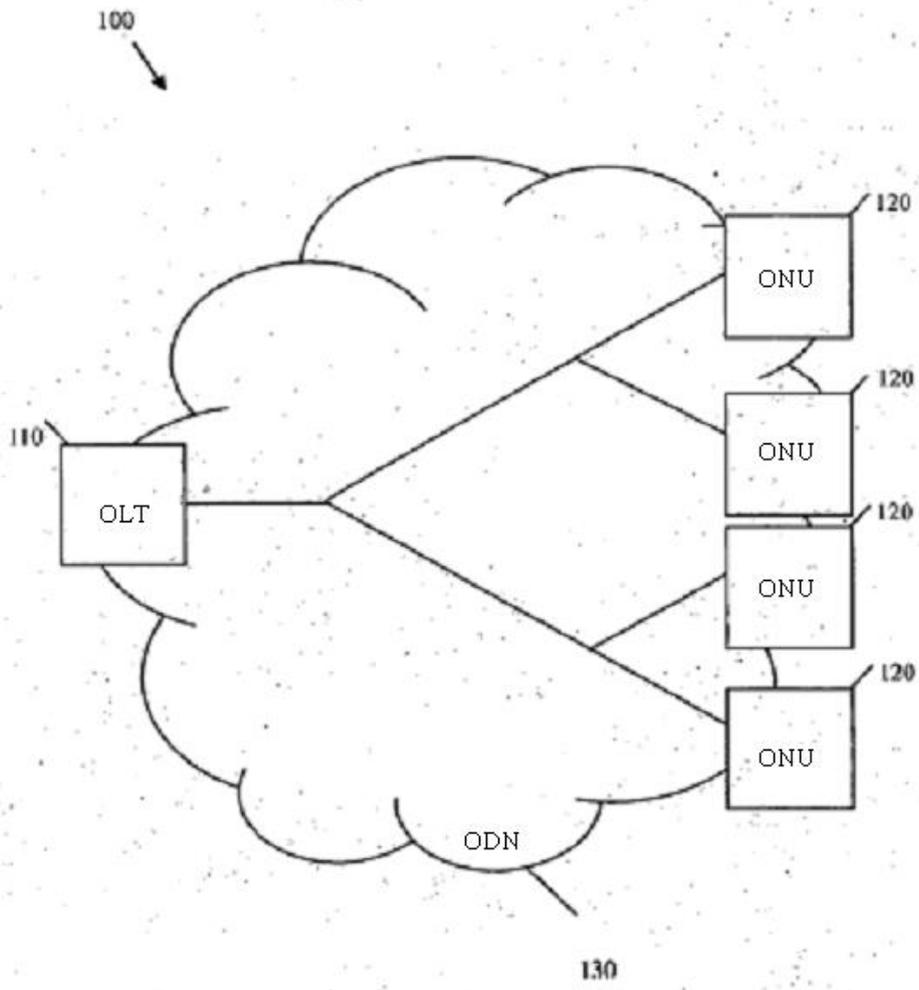


FIG. 1

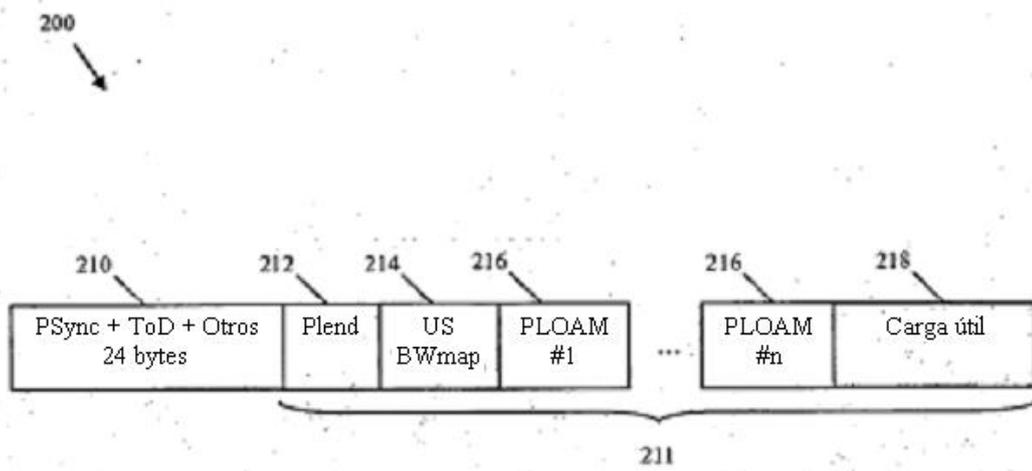


FIG 2

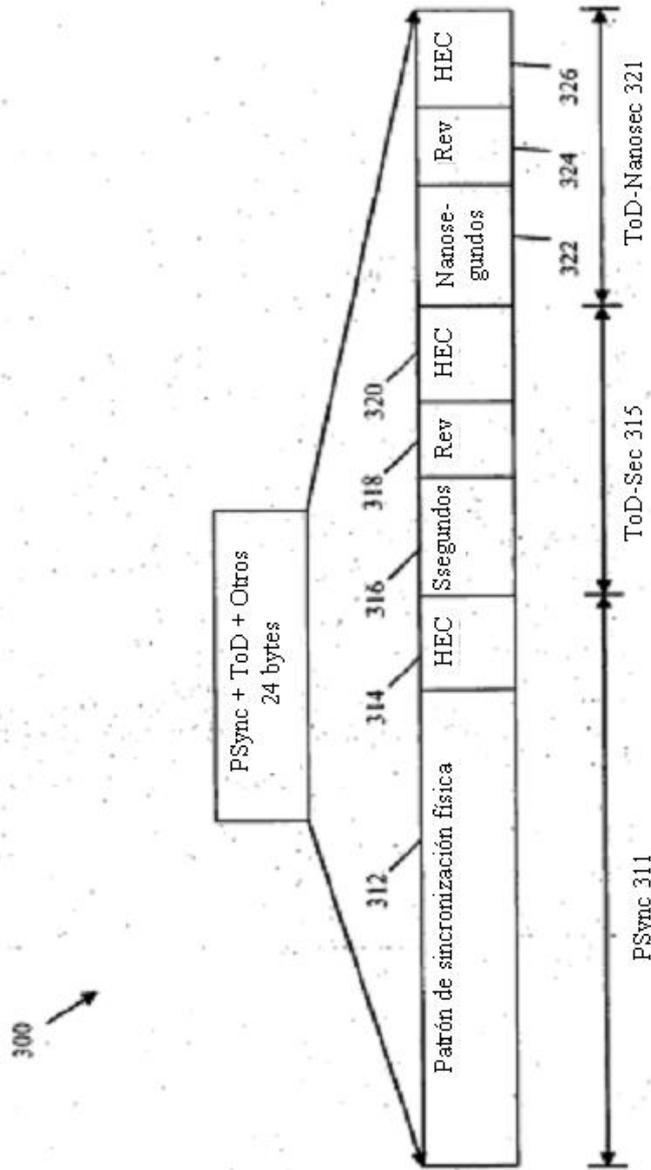


FIG. 3

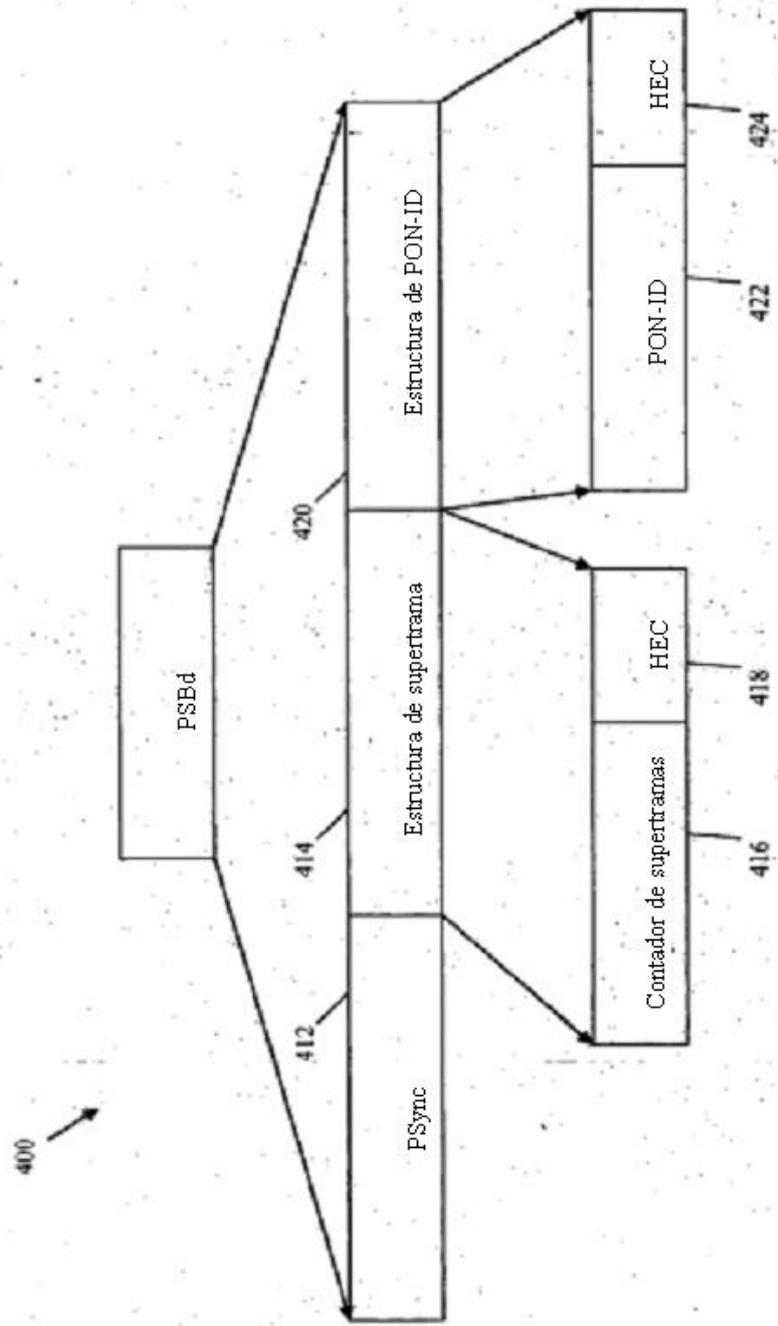


FIG. 4

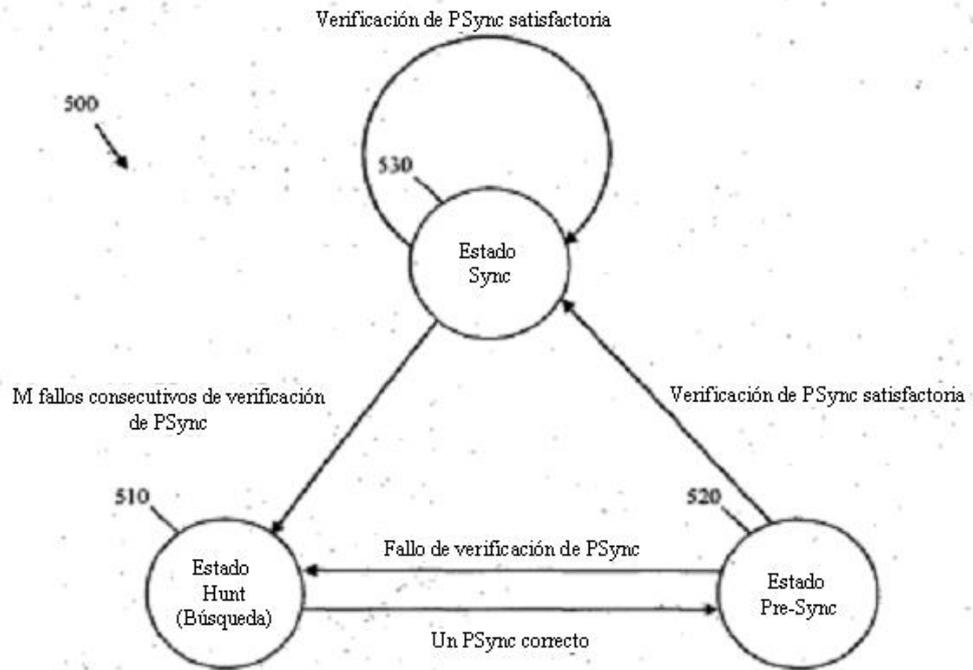


FIG 5

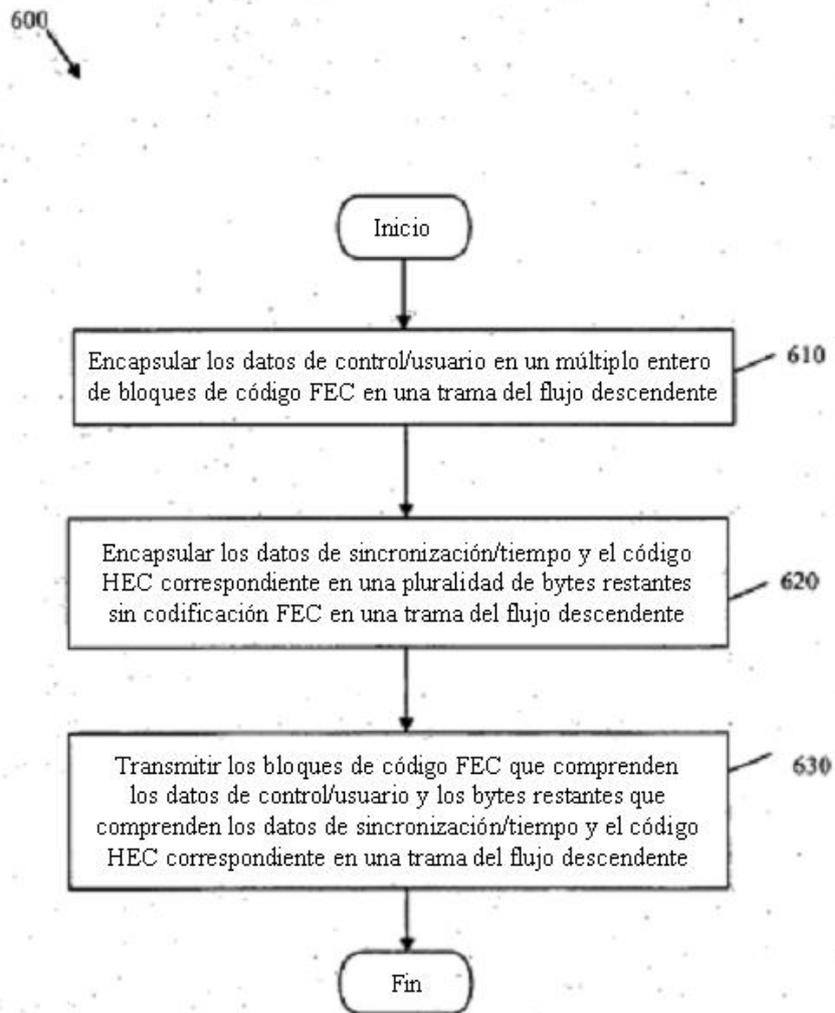


FIG. 6

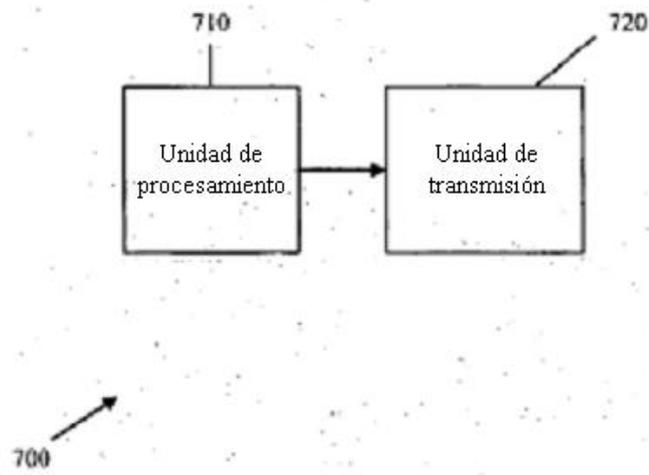


FIG 7

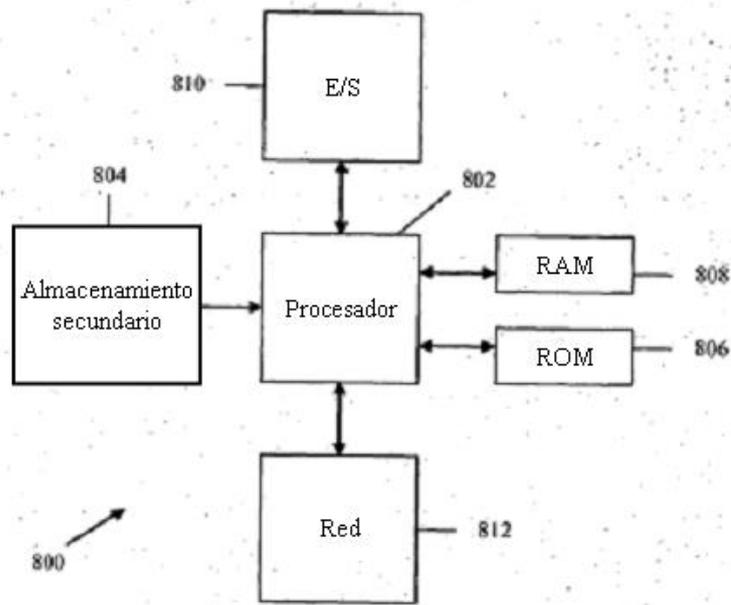


FIG. 8