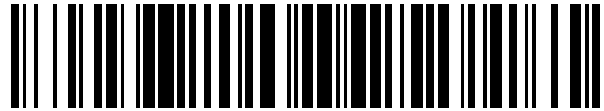


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 562 604**

51 Int. Cl.:

**H04J 3/16** (2006.01)

**H04J 3/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2000 E 08166016 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.11.2015 EP 2009824**

54 Título: **Método para comunicar datos en sistemas de comunicación**

30 Prioridad:

**14.01.2000 GB 0000791**

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

**07.03.2016**

73 Titular/es:

**ERICSSON AB (100.0%)  
Torshamnsgatan 23  
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**LIVERMORE, PETER JAMES;  
ARNOLD, PHILIP ANDREW;  
GOATLY, BERNARD JOHN y  
ABBAS, GHANI**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 562 604 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Método para comunicar datos en sistemas de comunicación

5 La presente invención se refiere a un método para comunicar datos en sistemas de comunicación, en particular, pero no exclusivamente, en sistemas de comunicación ópticos. La invención se refiere también a un sistema de comunicación que opera de acuerdo con el método.

10 En los sistemas de comunicación ópticos convencionales que comprenden matrices o conjuntos geoméricamente ordenados de nodos interconectados, la información se transporta de un primer nodo a un segundo nodo modulando la radiación óptica generada en el primer nodo y guiando la radiación óptica, por ejemplo, a lo largo de guías de ondas de fibra óptica, hasta el segundo nodo, donde la radiación es detectada y desmodulada para obtener la información contenida en ella. La modulación puede ser de forma bien digital o bien analógica.

20 Cuando se emplea modulación digital, es la práctica convencional modular una fuente de radiación tal como un láser entre dos estados correspondientes a dos niveles de salida de radiación de láser diferentes entre sí. Y a la inversa, cuando se emplea modulación analógica, por ejemplo, con el fin de transportar información de habla analógica multiplexada por división en el tiempo, el láser es modulado de una manera continua a lo largo de un cierto intervalo de intensidades de radiación óptica.

25 Cuando se evalúa la calidad de la comunicación óptica en los sistemas convencionales que emplean modulación analógica, es relativamente inmediato medir el rendimiento referente a la relación entre señal y ruido en el segundo nodo. Sin embargo, si la señal modulante analógica es modulada con datos digitales, resulta extremadamente difícil determinar un rendimiento correspondiente relativo a la tasa o proporción de errores de bit en el segundo nodo; la proporción de errores de bit no está correlacionada de una manera simple con el rendimiento de la relación entre señal y ruido. Además, es también problemático incluir información de control de cabecera digital cuando se emplea modulación analógica.

35 En los sistemas de comunicación convencionales que emplean modulación digital, es posible añadir información digital adicional a los datos de carga de información útil del cliente emisor o remitente, a fin de determinar la proporción de errores de bit y con propósitos de control. Tales sistemas convencionales son susceptibles de hacerse funcionar para recibir datos de carga de información útil del cliente remitente en el primer nodo, y disponerlos en bloques de datos de longitud fija a los que se añaden datos de control de cabecera con el fin de proporcionar datos agregados para su transmisión. Ejemplos de tales sistemas convencionales se describirán en lo que sigue con referencia a solicitudes de patente publicadas y a patentes concedidas.

45 En la Solicitud de Patente europea publicada con el N° EP 0663776, se describe un método para comunicar datos digitales codificados en bloques con datos de sincronización y de control asociados. En el método, se comunican datos digitales codificados en bloques con datos de cabecera asociados, contenidos en una corriente de datos que tiene una sucesión de bloques codificados. Cada bloque contiene N símbolos, de los que M símbolos comprenden información que se ha de transmitir, y los restantes N-M de los símbolos comprenden datos de corrección de errores. La relación de M/N comprende una primera velocidad de transmisión de información. Los bloques codificados de la corriente de datos son divididos en una sucesión de tramas, de tal modo que cada trama comprende F de los bloques codificados. Se añade un símbolo de cabecera de trama para cada una de las tramas con el fin de proporcionar datos necesarios para una función de recepción, tal como la sincronización. La adición de los símbolos de cabecera de trama rebaja de manera efectiva la primera velocidad de transmisión de información hasta una segunda velocidad de transmisión de información M'/N', tal como se proporciona por la Ecuación 1 (Ec. 1):

60 
$$\frac{M}{N} = \frac{(M'+b)}{(N'+b)}$$
 Ec. 1

donde

b = un entero escogido para proporcionar la segunda velocidad de transmisión de

información a un valor deseado.

N es menor que  $2^n + 1$ , donde n es el número de bits de cada uno de los símbolos. El número de bloques codificados F de cada trama se determina por la Ecuación 2 (Ec. 2):

$$F = \frac{M'P}{(N-M)b} \quad \text{Ec. 2}$$

donde

P = un entero del valor más pequeño que convertirá F en un entero, de manera que P es igual al número de símbolos de cabecera añadidos por cada trama.

Una pluralidad formada por X de las tramas se constituye en una multi-trama o trama múltiple que contiene FX bloques codificados y PX símbolos de cabecera de trama. X se escoge para proporcionar suficientes símbolos de cabecera de trama de n-bits como para implementar la función de recepción deseada.

En otra Solicitud de Patente europea publicada con el N° EP 0540007, se describe un método y un aparato para transmitir una señal portadora de información, por medio de:

- (a) generar una pluralidad de señales de bloque sobre la base de la señal portadora de información;
- (b) generar una pluralidad de señales de bloque de paridad sobre la base de las múltiples señales de bloque de datos;
- (c) generar una señal de trama que contiene las múltiples señales de bloque de datos y las señales de bloque de paridad; y
- (d) difundir o emitir la señal de trama.

En el método, cada una de las señales de bloque de datos incluye una primera señal de sincronización de bloque que indica el comienzo de la señal de bloque de datos, una señal de datos que contiene la señal de información y una primera señal de paridad obtenida por la codificación de la señal de datos. Cada una de las señales de bloque de paridad incluye una segunda señal de sincronización de bloque que indica el comienzo de la señal de bloque de paridad, una segunda señal de paridad y una tercera señal de paridad. Las señales de bit situadas en las mismas posiciones de bit de las respectivas segundas señales de paridad, se obtienen codificando las señales de bit situadas en las mismas posiciones de las respectivas señales de datos. Las señales de bit situadas en las mismas posiciones de bit de las respectivas terceras señales de paridad, se obtienen codificando las señales de bit situadas en las mismas posiciones de bit de las respectivas primeras señales de paridad; alternativamente, la tercera señal de paridad de cada señal de bloque de paridad se obtiene por la codificación de la segunda señal de paridad de cada señal de bloque de paridad.

En la Solicitud Internacional N° PCT/FI 99/00477 se describen métodos de transmisión de datos en un sistema de telecomunicación. Los métodos conciernen al empleo de "numeración de carga de información útil" en lugar de la numeración de trama convencional, o además de ésta. Los datos del sistema se dividen en bloques de datos de longitud fija o en unidades de carga de información útil. El tamaño de un bloque es, preferiblemente, igual o más pequeño que el campo de información más corto contenido en las tramas de los protocolos de carga de información útil. Cada trama de protocolo porta una o más unidades de carga de información útil. En una situación óptima, la longitud del campo de información en una trama de protocolo es igual a n veces la longitud de la unidad de carga de información útil, donde n es un número entero. De forma alternativa o adicional, la trama de protocolo porta números de carga de información útil tanto para indicar las unidades de carga de información útil transportadas en la trama de protocolo, como para confirmar los bloques recibidos.

En la Patente de los Estados Unidos concedida con el N° US 5.490.142, se describe una interfaz de extensión óptica de grupo de VT y un método de formato de extensión óptica de grupo de VT. En el método, un formato de extensión de grupo de VT define una trama de transporte para la transferencia de 135 bytes, de tal modo que cada byte comprende 8 bits, de manera que el formato proporciona una velocidad de transmisión de línea de 8.640 Mbit/s. Cada trama comprende una porción de cabecera para el transporte y una porción de carga de información útil. La porción de transporte comprende 27 bytes y define diversas operaciones y funciones de administración y de mantenimiento. Además, la porción de carga de información útil comprende 108 bytes que se corresponden directamente con un grupo de VT

de una trama de STS-N. La velocidad de transmisión de línea de formato de extensión óptica de grupo de VT se determina como un número entero múltiplo de  $m$  de un reloj de elemento de red de STS-N, donde  $m$  es 6 si  $N$  es 1 y  $m$  es 8 si  $N$  es 3. Se proporciona una interfaz de extensión óptica entre un bus de VTG y una extensión óptica, de tal manera que la interfaz es sensible a la provisión de una carga de información útil de grupo de VT multiplexado, aportada por el bus de VTG con el fin de proporcionar una trama de transporte de extensión óptica de grupo de VT correspondiente en la extensión óptica, de tal modo que la interfaz es sensible, adicionalmente, a la provisión de una trama de transporte de extensión óptica de grupo de VT en la extensión óptica, al objeto de proporcionar al bus de VTG una carga de información útil de grupo de VT multiplexado y su cabecera de recorrido o camino asociada.

El documento EP 0693833 muestra un método de transporte de unidad tributaria virtual / tributaria, que incluye la multiplexación con cabecera de transporte y anchura de banda de formación de trama para el transporte en formatos de transporte seleccionados, tales como el VT-1.5 ó el VT-2.

Es una práctica convencional en los sistemas de comunicación ópticos actuales en los que los datos de cliente remitente no se dividen o fragmentan precisamente en los bloques, llenar parcialmente los bloques con datos de cliente remitente y añadir a continuación un código de justificación adicional tras los datos del cliente remitente con el fin de garantizar que los bloques están completamente llenos. Esta práctica se conoce como encuadre o justificación y contribuye a garantizar, por ejemplo, espectros de radiación satisfactorios dentro de los sistemas convencionales.

La cantidad de justificación que se emplea es función de los datos de carga de información útil, que pueden variar de un cliente a otro. Cuando los datos agregados se reciben en el segundo nodo, la información de cabecera se aísla e interpreta, y, a continuación, los bloques de datos son procesados o tratados suprimir la justificación con el propósito de ofrecer como resultado los datos de carga de información útil. No es posible, por tanto, llevar a cabo una medición de la tasa o proporción de errores de bit para los datos agregados en el segundo nodo, sin descodificar completamente los datos agregados con el fin de aislar los datos de carga de información útil; semejante descodificación completa es un procedimiento complejo.

En sistemas de comunicación grandes y complejos que incluyen muchos miles de nodos y emplean la modulación digital anteriormente mencionada, es a menudo deseable tener la posibilidad de supervisar los datos agregados, introducidos por modulación sobre la radiación óptica, en subnodos o nodos subordinados intermedios entre los primer y segundo nodos, a fin de determinar la aparición de errores en ellos. Semejante supervisión resulta especialmente útil cuando los primer y segundo nodos están separados espacialmente por varios cientos de kilómetros y la radiación óptica es transportada entre ellos a través de un cierto número de fibras y de repetidores y regeneradores ópticos asociados. La determinación de la proporción de errores en los nodos subordinados permite medir el rendimiento respecto a partes específicas de los sistemas, por ejemplo, la calidad de los repetidores contenidos en ellos o el medio de transmisión empleado. Dicha medición permite aislar los repetidores y fibras defectuosos y, en caso necesario, eludirlos por derivación o reemplazarlos. Los sistemas adolecen de un problema consistente en que la proporción de errores en los nodos subordinados no puede determinarse fácilmente sin descodificar completamente los datos agregados con el fin de determinar la tasa o proporción de errores de bit; este problema surge habida cuenta de la justificación que se está empleando.

Es una práctica convencional para los operadores de sistemas de comunicación arrendar o alquilar los canales de comunicación a los clientes sobre la base contractual de que la proporción de errores de bit no supere un límite especificado en el contrato. En el caso de sistemas de comunicación que emplean modulación analógica, es difícil determinar la garantía del rendimiento respecto a la proporción de errores de bit basándose en la medición de la relación entre señal y ruido. De la misma manera, en el caso de sistemas de comunicación que emplean modulación digital con justificación, la tasa o proporción de errores de bit puede medirse pero ello requiere la desmodulación completa de los datos agregados con el fin de determinar la proporción de errores de bit.

Los presentes inventores han constatado que es posible emplear un método alternativo de codificación de datos en un sistema de comunicación que se enfrenta a los problemas anteriormente mencionados.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método de

comunicación de datos en sistemas de comunicación, de tal modo que cada sistema incluye al menos un canal que comprende medios de transmisión, medios de recepción, y medios de transporte de datos destinados a transportar datos desde los medios de transmisión hasta los medios de recepción, de tal modo que el método está caracterizado por que incluye las etapas de:

- (a) combinar datos de carga de información útil y datos de cabecera en los medios de transmisión para formar en ellos datos agregados para su transmisión a los medios receptores, de tal modo que los datos agregados son divididos o fragmentados en tramas múltiples que comprenden una pluralidad de tramas en las que el número de bits de datos de cabecera se encuentra en una relación fija con respecto al número bits de datos de carga de información útil, en donde los datos de carga de información útil son recibidos en los medios de transmisión procedentes de un cliente emisor o remitente a través de una fibra óptica;
- (b) transmitir los datos agregados desde los medios de transmisión a los medios de recepción a través de los medios de transporte;
- (c) recibir los datos agregados en los medios de recepción, decodificar los datos agregados con el fin de aislar en ellos los datos de cabecera con respecto a los datos de carga de información útil, e interpretar los datos de cabecera para controlar y gestionar los datos de carga de información útil dentro del sistema,

en donde los medios de transmisión son susceptibles de hacerse funcionar para adaptarse a la velocidad de los datos de carga de información útil para generar los datos agregados a una velocidad que es mayor que la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil en ellos, en sustancialmente una fracción  $(R_p + R_o)/(R_p)$ , donde  $R_p$  es la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil en los medios de transmisión y  $R_o$  es la velocidad a la que los datos de cabecera se añaden en los medios de transmisión para generar los datos agregados; en donde la relación del número de bits de datos de cabecera con respecto al número de bits de datos de carga de información útil está fija para diferentes velocidades de recepción de los datos de carga de información útil.

El método proporciona al menos una de las ventajas consistentes en que:

- (a) la magnitud de la fluctuación de la secuencia temporal en los datos agregados que se propagan a través del sistema, es susceptible de ser reducida, con lo que se reduce la aparición de errores dentro del sistema; y
- (b) es posible mejorar el rendimiento de la comprobación de errores del sistema; por ejemplo, la proporción de errores de bit es más fácilmente determinable a partir de los datos agregados si se tiene en cuenta la relación fija.

Una estructura similar a una trama múltiple en datos agregados que comprenden datos de cabecera y datos de carga de información útil, se define como una disposición de los datos de cabecera tal, que la disposición se produce de forma sustancialmente repetitiva en los datos y es susceptible de hacerse funcionar para fragmentar los datos de carga de información útil contenidos en los datos agregados.

Ventajosamente, dependiendo de la aplicación del sistema susceptible de hacerse funcionar de acuerdo con el método, la relación fija de bits de carga de información útil con respecto a los bits de cabecera está comprendida en un intervalo desde 2:1 hasta 100:1. Una relación superior a 100:1 puede tener como resultado problemas de sincronización en los medios de recepción, y, por tanto, el intervalo anteriormente mencionado es un compromiso práctico. De preferencia, la relación fija de bits de carga de información útil con respecto a bits de cabecera es 31:1.

La justificación de los datos de carga de información útil contenidos en los datos agregados puede dar lugar a la necesidad de métodos complejos para decodificar los datos agregados. Los inventores han apreciado en el método de la invención que resulta ventajoso no aplicar una justificación adicional a los datos de carga de información útil recibidos cuando se generan los datos agregados.

Convenientemente, el sistema susceptible de hacerse funcionar de acuerdo con el método incluye una pluralidad de canales, de manera que cada canal es capaz de adaptarse a la velocidad de transmisión de datos de sus datos de carga de información útil asociados, de manera que los canales son, con ello, capaces de funcionar de forma mutuamente asincrónica. Dicho funcionamiento asincrónico es importante para eludir la necesidad de llevar a cabo la justificación en el sistema, por lo que se proporcionan beneficios de

descodificación simplificada de datos agregados en los medios de recepción. Con el fin de conseguir semejante funcionamiento asincrónico en la práctica, es deseable que cada canal incluya medios de bucle bloqueado en fase para la sincronización del canal con sus datos de carga de información útil asociados.

5 Con el fin de hacer que los datos de cabecera incluidos en los datos agregados sean menos vulnerables a la interferencia sobrevenida o a ráfagas, los datos de encabezamiento y los datos de carga de información útil son, de preferencia, intercalados en los datos agregados.

10 De manera ventajosa, las estructuras similares a una trama empleada dentro de los datos agregados comprenden una pluralidad de tramas organizadas en tramas múltiples, las tramas y las tramas múltiples son identificables en los medios de recepción al interpretar la posición de los datos de cabecera dentro de los datos agregados. Los datos de cabecera proporcionan, con ello, la función beneficiosa de sincronización de los datos de cabecera en los medios de recepción. Sin embargo, la estructura de bloques de datos presente dentro de los datos de carga de información útil puede ser, como consecuencia, asincrónica con respecto a las tramas y a las tramas múltiples, si bien esto no afecta al funcionamiento del sistema.

20 Los presentes inventores han encontrado en la práctica que cada trama múltiple comprende, convenientemente, un intervalo de entre 2 y 100 tramas. Este intervalo se escoge como compromiso entre disponer de la posibilidad de incluir un cierto número de funciones especializadas dentro de los datos de cabecera, pero sin tener tantas tramas diferentes en cada trama múltiple que la sincronización de tramas múltiples en los medios de recepción  
25 llegue a ser problemática. En la práctica, es preferible que cada trama múltiple comprenda ocho tramas.

Las funciones especializadas anteriormente mencionadas incorporan, ventajosamente, una función de sincronización. De este modo, es conveniente que los datos de cabecera asociados con cada trama múltiple comprendan un código de sincronización (FAW) destinado a ayudar a los medios de recepción a sincronizar las tramas múltiples. Por ejemplo, el código de sincronización puede comprender cuatro bytes de sincronización, FAW1 a FAW4, en los datos de cabecera. Además, los cuatro bytes de sincronización FAW1 a FAW4 pueden tener, por ejemplo, valores binarios de 1111 0110<sub>b</sub>, 1111 0110<sub>b</sub>, 0010 1000<sub>b</sub> y 0010 1000<sub>b</sub> asignados a ellos, respectivamente.

A la hora de garantizar que las tramas múltiples de los datos agregados no se pierden cuando se comunican a través de los medios de transporte, es deseable que los datos de cabecera asociados con cada trama múltiple comprendan un código de identidad (MIC) para uso a la hora de identificar la trama múltiple. Las tramas múltiples perdidas se identifican, preferiblemente, en los medios receptores, al determinar si el código de identidad se ha incrementado o no de una manera consistente para las tramas múltiples sucesivas. Un incremento inconsistente es indicativo de tramas múltiples perdidas que se reciben en los medios de recepción. Convenientemente, el código de identidad se incrementa de una manera modular, por ejemplo, en módulo 255; esto permite utilizar un único bit en los datos de cabecera con el fin de representar el código. En la práctica, se ha encontrado particularmente beneficioso incrementar el código de identidad en etapas de una pluralidad de conteos o cuentas, por ejemplo, en etapas de 3 cuentas, para las sucesivas tramas múltiples. En la práctica, se ha encontrado también que la inclusión del código MIC contribuye a la sincronización de los medios de recepción con los datos agregados.

Garantizar la correcta estabilidad en el nivel o magnitud de corriente continua (c.c. (d.c. – “direct current”)) desde los fotodetectores utilizados para detectar los datos agregados, puede ser problemático en el caso de que se emplee un acoplamiento o conexión de corriente alterna (c.a. (a.c. – “alternate current”)) para eliminar los descentramientos o desviaciones de c.c. de tales fotodetectores. Para acometer este problema, los datos de cabecera asociados con cada trama múltiple comprenden, ventajosamente, un código de equilibrado (BAL – “balancing code”) destinado a garantizar que los bits de cabecera asociados con la trama múltiple incluyen números sustancialmente iguales de 0’s y de 1’s.

60 Por otra parte, a la hora de garantizar que las conexiones de canales se realizan correctamente en el sistema, es deseable que los datos de cabecera incluyan información de identidad referente a al menos unos de entre los medios de transmisión y los medios de recepción. Así pues, de forma conveniente, los datos de cabecera asociados con cada trama múltiple comprenden un código de identificación de traza de rastro (TTI – “trail trace identification”) para uso por parte de los medios receptores con el fin de confirmar si están o

no conectados a sus medios de transmisión correctos correspondientes.

En los sistemas de comunicación que incluyen una pluralidad de canales, puede producirse en la práctica, ocasionalmente, el fallo de uno o más de los canales. Es, por tanto, deseable que los datos de cabecera deban ser capaces de invocar o apelar a la sustitución de un canal en el caso de fallo del canal. Así pues, preferiblemente, los datos de cabecera asociados con cada trama múltiple comprenden un código de conmutación de protección automática (APS – “automatic protection switching”) con el fin de dar instrucciones al sistema para que utilice canales alternativos para el transporte de los datos de carga de información útil en el caso de fallo de un canal dentro del sistema.

Cuando se produce una interferencia en los medios de transporte, los daños en los datos agregados se verán a menudo limitados a tramas individuales. Es preferible, por consiguiente, que los datos de cabecera asociados con cada trama múltiple comprendan un código de paridad intercalada de bit (BIP – “bit interleaved parity”) para cada trama de la trama múltiple, de tal modo que el código de paridad intercalada es utilizable por los medios de recepción para detectar la aparición de la corrupción de los datos de carga de información útil asociados con la trama. Como consecuencia del número de bits de cabecera que se encuentran en una relación fija con respecto al número de bits de carga de información útil, el código de BIP proporciona una indicación directa de la proporción de errores de bit en los datos agregados; dicha indicación directa permite utilizar supervisores relativamente simples para medir la proporción de errores de bit a lo largo de los medios de transporte, por ejemplo, para propósitos de localización de faltas. Así pues, a diferencia de los sistemas de la técnica anterior, el método de la invención proporciona una densidad fija de código de indicación de proporción de errores con respecto a los datos de carga de información útil de cliente, con independencia de la velocidad de transmisión de los datos de carga de información útil del cliente.

Con el fin de ayudar a los medios de recepción a sincronizarse correctamente con los datos agregados y aplicar el tratamiento apropiado, por ejemplo, la regeneración, es deseable que los datos de cabecera incluyan una indicación de la velocidad de transmisión de datos agregados a la que se espera que funcione el canal. Así pues, de forma ventajosa, los datos de cabecera asociados con cada trama múltiple comprenden un código indicador del tipo de carga de información útil (PTI – “payload type indicator”), indicativo de la velocidad de transmisión de datos de carga de información útil suministrados a los medios de transmisión.

El método de la invención es aplicable a sistemas de comunicación que funcionan a velocidades de transmisión de bits en serie que se aproximan a 10 Gbits/s, e incluso mayores. Actualmente, es relativamente difícil y caro proporcionar dispositivos de conmutación lógicos capaces de funcionar a velocidades de transmisión de bits tan elevadas. En consecuencia, es altamente deseable convertir datos en serie con una velocidad de transmisión de bits alta en datos en paralelo, con el fin de facilitar las tareas de tratamiento que se llevan a cabo en los medios de transmisión y también en los medios de recepción. Así pues, ventajosamente, los medios de transmisión son susceptibles de hacerse funcionar para recibir los datos de carga de información útil en forma de datos en serie y convertirlos en datos en paralelo para su combinación con los datos de cabecera, al objeto de generar los datos agregados en forma de datos en serie para su transmisión a través de los medios de transporte.

En un sistema de comunicación práctico, es preferible que los medios de transporte comprendan una o más guías de ondas de fibra óptica para el transporte de los datos agregados, de tal modo que los datos agregados se introducen por modulación sobre radiación óptica, por ejemplo, radiación generada por una fuente de láser realimentada y distribuida (DFB – “distributed feedback”), que es guiada desde los medios de transmisión hasta los medios de recepción a lo largo de las una o más guías de ondas de fibra. A fin de utilizar en su máxima extensión la anchura de banda de la fibra, es deseable que se multiplexe ópticamente una pluralidad de canales del sistema a lo largo de un una única guía de ondas de fibra óptica de los medios de transporte.

Alternativamente, por ejemplo, en el caso de que la portabilidad del sistema sea una consideración importante, los medios de transporte comprenden, ventajosamente, un enlace por radio o un cable eléctrico coaxial para el transporte de los datos agregados.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de comunicación que incluye al menos un canal que comprende medios de transmisión, medios de recepción y medios de transporte de datos para transportar datos desde los medios de

transmisión a los medios de recepción, el sistema que comprende:

- 5 (a) una unidad adaptadora para combinar datos de carga de información útil y datos de cabecera en los medios de transmisión para formar datos agregados en ellos para la transmisión a los medios de recepción, los datos agregados estando divididos o fragmentados en tramas múltiples que comprenden una pluralidad de tramas en las que el número de bits de datos de cabecera está en una relación fija con respecto al número de bits de datos de carga de información útil; en donde los medios de transmisión están adaptados para recibir los datos de carga de información útil procedentes de un cliente emisor o remitente a través de una fibra óptica.
- 10 (b) los medios de transmisión dispuestos para transmitir los datos agregados a los medios de recepción a través de los medios de transporte;
- 15 (c) recibir los medios para recibir los datos agregados y descodificar los datos agregados para aislar en ellos los datos de cabecera con respecto a los datos de carga de información útil, e interpretar los datos de cabecera para controlar y gestionar los datos de carga de información útil dentro del sistema;
- 20 (d) en donde la unidad adaptadora está dispuesta para adaptarse a la velocidad de los datos de carga de información útil para generar los datos agregados a una velocidad que es más alta que la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil en ellos mediante sustancialmente una fracción  $(R_p + R_o)/R_p$ , donde  $R_p$  es la velocidad de transmisión y  $R_o$  es la velocidad a la que los datos de cabecera se añaden en los medios de transmisión con el fin de generar los datos agregados, en donde la unidad adaptadora es susceptible de funcionar para mantener fija la relación del número de bits de datos de cabecera con respecto al número de bits de carga de información útil para diferentes velocidades de recepción de los datos de carga de información útil.

30 A la hora de implementar en la práctica el sistema, se ha encontrado ventajoso que los medios de transmisión incorporen una unidad adaptadora para combinar los datos de carga de información útil con los datos de cabecera con el fin de generar los datos agregados, y que los medios de recepción incorporen una unidad adaptadora correspondiente para separar los datos de carga de información útil de los datos de cabecera. Cada unidad adaptadora incluye, provechosamente, uno o más circuitos de reloj de bucle bloqueado en fase para sincronizar las unidades con la entrada de datos aplicada a ellas.

35 Los sistemas de comunicación tienen que dar servicio habitualmente a las demandas de varios clientes. Así pues, de forma conveniente, el sistema incluye una pluralidad de canales susceptibles de hacerse funcionar para adaptarse a la velocidad de transmisión a la que reciben los datos de carga de información útil, de manera que los canales son, por ello, capaces de funcionar asincrónicamente unos con otros. Dicho funcionamiento asincrónico permite que el sistema se acomode a los datos de carga de información útil que están siendo suministrados desde diferentes clientes a velocidades de transmisión de bits de carga de información útil diferentes entre sí, sin necesidad de emplear justificación en los datos agregados.

45 En un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un transmisor para comunicar datos en un sistema de comunicación que incluye al menos un canal que comprende el transmisor, un receptor y medios de transporte de datos para transportar datos desde el transmisor al receptor, el transmisor que comprende:

- 50 (a) una unidad adaptadora para combinar datos de carga de información útil y datos de cabecera para formar datos agregados en ellos para la transmisión al receptor, los datos agregados estando divididos o fragmentados en tramas múltiples que comprenden una pluralidad de tramas en las que el número de bits de datos de cabecera está en una relación fija con respecto al número de bits de datos de carga de información útil; en donde el transmisor está adaptado para recibir los datos de carga de información útil procedentes de un cliente emisor o remitente a través de una fibra óptica.
- 55 (b) el transmisor dispuesto para transmitir los datos agregados al receptor a través de los medios de transporte;
- 60 (c) los datos de cabecera utilizados para controlar y gestionar los datos de carga de información útil dentro del sistema;
- 65 (d) en donde la unidad adaptadora está dispuesta para adaptarse a la velocidad de los datos de carga de información útil para generar los datos agregados a una velocidad que es más alta que la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil en ellos mediante sustancialmente una fracción  $(R_p + R_o)/R_p$ , donde  $R_p$  es la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil en los medios de



transmisión y  $R_o$  es la velocidad a la que los datos de cabecera se añaden en los medios de transmisión con el fin de generar los datos agregados, en donde la unidad adaptadora es susceptible de funcionar para mantener fijo el número de bits de datos de cabecera con respecto al número de bits de carga de información útil para diferentes velocidades de recepción de los datos de carga de información útil.

En un cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un receptor para la comunicación de datos en un sistema de comunicación que incluye al menos un canal que comprende un transmisor, el receptor y medios para transportar datos desde el transmisor al receptor, el receptor que comprende:

- (a) medios para recibir datos agregados, los datos agregados que comprenden datos de carga de información útil y datos de cabecera, y que están divididos o fragmentados en tramas múltiples que comprenden tramas en las que el número de bits de datos de cabecera está en una relación fija con respecto al número de bits de datos de carga de información útil;
- (b) una unidad adaptadora de recepción dispuesta para adaptarse a la velocidad de los datos agregados y descodificar los datos agregados para aislar los datos de cabecera a partir de los datos de carga de información útil en ellos;
- (c) el receptor dispuesto para interpretar los datos de cabecera para controlar y gestionar los datos de carga de información útil dentro del sistema;
- (d) en donde los datos agregados son recibidos a una velocidad que es más alta que la velocidad de los datos de carga de información útil mediante sustancialmente una fracción  $(R_p + R_o)/(R_p)$ , donde  $R_p$  es la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil y  $R_o$  es la velocidad a la que los datos de cabecera están aislados de los datos de carga de información útil, en donde la relación del número de bits de datos de cabecera con respecto al número de bits de carga de información útil está fijada para diferentes velocidades de recepción de los datos de carga de información útil, en donde el receptor está adaptado para dar salida a los datos de carga de información útil a través de una fibra óptica hasta un cliente receptor.

Se describirán a continuación realizaciones de la invención, a modo de ejemplo únicamente, con referencia a los diagramas siguientes, en los cuales:

- la Figura 1 es una ilustración esquemática de un canal de comunicación de un sistema de comunicación de acuerdo con la invención;
- la Figura 2 es una ilustración esquemática de un sistema de comunicación de acuerdo con la invención, que incorpora una pluralidad de canales de comunicación según se muestra en la Figura 1;
- la Figura 3 es un diagrama de una unidad adaptadora incluida dentro del canal de comunicación que se ilustra en la Figura 1;
- la Figura 4 es un diagrama de una unidad adaptadora alternativa que se incluye dentro del canal de comunicación ilustrado en la Figura 1;
- la Figura 5 es una representación de una estructura de trama de datos utilizada en el canal y en el sistema ilustrados, respectivamente, en las Figuras 1 y 2, de tal modo que la estructura de trama incluye datos de carga de información útil del cliente, intercalados con datos de cabecera en una proporción fija de 31:1; y
- la Figura 6 es una representación de bytes de cabecera de una estructura de trama múltiple que se utiliza en el canal y en el sistema ilustrados, respectivamente, en las Figuras 1 y 2, de tal manera que la estructura de trama múltiple incluye ocho estructuras de trama de un tipo ilustrado en la Figura 5.

Haciendo referencia a la Figura 1, se muestra en ella un canal de comunicación de un sistema de comunicación de acuerdo con la invención; el canal se indica generalmente por la referencia numérica 10. El canal 10 comprende una unidad transmisora 20, un enlace de fibra óptica 30 y una unidad receptora 40, que se muestran encerrados, respectivamente, por líneas discontinuas 25, 35 y 45.

En una vista general amplia, el canal 10 funciona al recibir la unidad transmisora 20 datos de carga de información útil en su entrada, procedentes de un cliente emisor o remitente (no mostrado). La unidad transmisora 20 prosigue codificando los datos de carga de información útil al disponerlos en tramas y tramas múltiples a las que se añaden datos de cabecera con el fin de proporcionar los datos agregados correspondientes. Los datos agregados son transportados como radiación óptica modulada desde la unidad transmisora 20, a través del enlace de fibra 30, hasta la unidad receptora 40. La unidad receptora 40 recibe la radiación modulada y deduce de ella los datos agregados. Por otra parte, la unidad receptora 40

descodifica los datos agregados para separar y extraer los datos de cabecera de los datos de carga de información útil, y suministra a continuación como salida los datos de carga de información útil a un cliente receptor (no mostrado). Por otra parte, los datos de cabecera presentes en los datos agregados son interpretados por la unidad receptora 40 y le permiten a ésta aplicar funciones de gestión y de control. Estas funciones se describirán con mayor detalle más adelante e incluyen traza de camino, conmutación de protección automática (APS), paridad intercalada de bit (BIP), indicación de calidad en sentidos directo e inverso (FQI –“forward quality indication”– y BQI –“backward quality indication”), e indicación de defectos en sentidos directo e inverso (FDI –“forward defect indication”– y BDI –“backward defect indication”).

Se describirán a continuación con mayor detalle las partes componentes del canal 10.

La unidad transmisora 20 incluye un primer convertidor de óptico en eléctrico 100, una unidad 105 generadora de cabecera, una unidad adaptadora 110 y un segundo convertidor, de eléctrico en óptico, 120. El primer convertidor 100 está conectado por su entrada óptica con el cliente remitente a través de una fibra óptica 130. Una salida eléctrica del convertidor 100 está conectada a una primera entrada eléctrica del adaptador 110. Por otra parte, los datos de cabecera generados en la unidad de cabecera 105 son transportados a través de una conexión eléctrica que conecta la unidad de cabecera 105 a una segunda entrada eléctrica de la unidad adaptadora 110. Una salida eléctrica de la unidad adaptadora 110 está conectada a una entrada eléctrica del segundo convertidor 120. Por otra parte, el enlace de fibra 30 está conectado por su primer extremo a una salida óptica del segundo convertidor 120. La unidad 105 generadora de cabecera está también conectada a unidades generadoras de cabecera de otros canales, y también a sistemas de gestión local y regional (no mostrados en la Figura 1).

La unidad receptora 40 comprende un tercer convertidor, de óptico en eléctrico, 200, una unidad adaptadora 210, un cuarto convertidor, de eléctrico en óptico, 215 y una unidad 220 generadora de cabecera. El tercer convertidor 200 está conectado por su entrada óptica a un segundo extremo del enlace de fibra 30. Una salida eléctrica del convertidor 200 está conectada a una entrada eléctrica del adaptador 210. El adaptador 210 incluye unas primera y segunda salidas eléctricas; la primera salida está conectada a una entrada eléctrica del cuarto convertidor 215, y la segunda salida está conectada a una entrada de la unidad 220 interpretadora de cabecera. La unidad interpretadora 220 está también conectada a las unidades interpretadoras de los otros canales, a un sistema de gestión local y también al sistema de gestión regional anteriormente mencionado (no mostrado en la Figura 1). Una salida óptica desde la unidad convertidora 215 está conectada, a través de una fibra óptica, al cliente receptor (que no se muestra).

En funcionamiento, el primer convertidor 100 recibe datos de carga de información útil del cliente remitente a través de la fibra 130. La unidad transmisora 20 está diseñada para dar acomodo a datos de carga de información útil desde el cliente remitente a velocidades de transmisión de datos de bit de hasta 10 Gbits/segundo, e incluso mayores. El convertidor 100 convierte los datos de carga de información útil en una señal eléctrica correspondiente que se propaga desde la salida eléctrica del convertidor 100 a la primera entrada eléctrica de la unidad adaptadora 110. La unidad 105 de cabecera recibe instrucciones de gestión desde los sistemas de gestión local y regional y genera datos de cabecera correspondientes que se propagan hasta la segunda entrada eléctrica de la unidad adaptadora 110. La unidad adaptadora 110 intercala entonces los datos de cabecera con los datos de carga de información útil, de tal manera que 3 bits de carga de información útil son acompañados por 1 bit de datos de cabecera, en una relación fija de 3:1. La unidad adaptadora 110 ensambla en tramas los datos intercalados, de tal modo que cada trama comprende 2.048 bits de los cuales 1.984 bits y 64 bits corresponden, respectivamente, a datos de carga de información útil y a datos de cabecera. Por otra parte, la unidad adaptadora 110 ensambla adicionalmente tramas en grupos de ocho tramas, con lo que se generan las correspondientes tramas múltiples. Más adelante se describirán en detalle las estructuras de las tramas y de las tramas múltiples. Las tramas múltiples se suministran como salida en la salida eléctrica de la unidad adaptadora 110, en forma de datos agregados que se propagan hacia la entrada eléctrica del segundo convertidor 120. El convertidor 120 convierte los datos agregados en la radiación óptica modulada digitalmente, que es suministrada como salida por la salida óptica al interior del enlace de fibra 30, a lo largo del cual se propaga la radiación hasta la unidad receptora 40; el convertidor 40 incluye un láser infrarrojo modulado, susceptible de hacerse funcionar para suministrar como salida radiación a una longitud de onda del orden de 1.550 nm.

El tercer convertidor 200 recibe la radiación modulada y la convierte en una señal eléctrica

correspondiente que la unidad adaptadora 220 recibe por su entrada eléctrica; esta conversión se lleva a cabo por medio de amplificadores ópticos, regeneradores y fotodetectores asociados, dentro del convertidor 200. La unidad adaptadora 210 procesa o trata la señal eléctrica correspondiente a los datos agregados, despojándola de los datos de cabecera y haciendo pasar éstos a la unidad interpretadora 220. La unidad adaptadora 210 descodifica, adicionalmente, las tramas y las tramas múltiples con el fin de extraer los datos de carga de información útil, que se suministran como salida desde la unidad adaptadora 210 a la entrada eléctrica del cuarto convertidor 215. El convertidor 215 convierte los datos de carga de información útil y los introduce por modulación sobre radiación óptica, que es suministrada como salida por la salida óptica del convertidor 215 y se propaga hacia el cliente receptor.

La forma de los datos agregados en el canal 10 se distingue de los sistemas de comunicación convencionales en que el número de bits de los datos de cabecera y de los datos de carga de información útil en los datos agregados, se encuentran siempre en una relación fija. Por otra parte, no se emplea la justificación, con la consecuencia de que los bloques de que los bloques de datos proporcionados por el cliente remitente son asincrónicos con las tramas y con las tramas múltiples del canal 10. Como consecuencia del hecho de que la unidad adaptadora 210 quita los datos de cabecera y descodifica las tramas y las tramas múltiples, la transmisión desde el cliente remitente al cliente receptor es transparente en el sentido de que el cliente receptor no estará advertido de que se están utilizando las tramas y las tramas múltiples para transportar los datos de carga de información útil a través del canal 10.

Habida cuenta de que no se está utilizando justificación en el canal 10 y de que el número de bits de los de datos de carga de información útil con respecto al de los datos de cabecera se encuentra en una relación fija, es mucho más fácil determinar la tasa o proporción de errores de bit en el canal 10, no sólo en la unidad receptora 40, sino también en los sub-nodos o nodos subordinados (no mostrados) situados a lo largo del enlace de fibra 30. Semejante facilidad en la determinación de la proporción de errores de bit permite, en un sistema de comunicación que incorpora una pluralidad de canales similares al canal 10, que los canales defectuosos sean más fácilmente identificados y que, en caso necesario, se seleccionen en su sustitución canales de protección correspondientes.

Es posible construir un sistema de comunicación de acuerdo con la invención, que comprenda una pluralidad de canales similares al canal 10, en los que la radiación óptica modulada sea multiplexada ópticamente a lo largo de un único enlace de fibra óptica. Semejante sistema se ilustra en la Figura 2 e indica generalmente con la referencia numérica 300.

El sistema 300 comprende N unidades transmisoras, por ejemplo, las unidades transmisoras 20a, 20b correspondientes, respectivamente, a los canales 1 y 2. Cada unidad transmisora 20 está conectada por su entrada óptica a un cliente emisor o remitente correspondiente, por ejemplo, los canales 1 y 2 están conectados, respectivamente, a los clientes remitentes 1 y 2. Las unidades transmisoras 20 se encuentran interconectadas por sus unidades 105 generadoras de cabecera asociadas, de tal manera que, por ejemplo, los datos de carga de información útil del cliente remitente 1 pueden ser dirigidos a través del canal N en el caso de que el canal 1 quede defectuoso, como en la conmutación de protección. Las salidas ópticas procedentes de las unidades transmisoras 20 están conectadas a un multiplexador óptico 310 que combina las salidas para proporcionar una salida óptica compuesta. La salida compuesta está conectada al primer extremo de la fibra 150 del enlace de fibra 30. Los segundos convertidores 120 de las unidades transmisoras 20 del sistema 300 están configurados para suministrar como salida su radiación óptica a longitudes de onda diferentes entre sí. Por ejemplo, los convertidores 120 de los canales 1, 2 y N pueden estar configurados para suministrar como salida radiación óptica a longitudes de onda nominales de 1.550, 1.560 y 1.600 nm, respectivamente, si bien pueden utilizarse alternativamente, en caso necesario, otras longitudes de onda.

La fibra 150 está conectada por su segundo extremo a un desmultiplexador óptico 320 que comprende una pluralidad de filtros de ópticos de red o rejilla de Bragg, por ejemplo, un filtro 330, para aislar las componentes de radiación proporcionadas desde el multiplexador 310 correspondientes a cada unidad transmisora 20. El desmultiplexador 320 está conectado por sus salidas ópticas a unidades receptoras asociadas 40, que están, a su vez, conectadas a los clientes receptores asociados. Las unidades receptoras 40 se encuentran interconectadas por sus respectivas unidades interpretadoras 220, de manera que pueden implementarse funciones tales como la conmutación a un canal protegido, por ejemplo, el canal N, en el caso de otro canal desarrolle una falta o fallo.

En funcionamiento, los datos de carga de información útil recibidos desde los clientes remitentes son codificados en las unidades transmisoras 20 con el fin de generar en ellas datos agregados correspondientes. Los datos agregados de cada unidad transmisora 20 se introducen por modulación sobre radiación portadora óptica cuya longitud de onda nominal es específica de cada unidad transmisora 20. La radiación óptica suministrada como salida desde las unidades transmisoras 20 se combina ópticamente en el multiplexador 310 para generar la radiación compuesta que se propaga a través del enlace de fibra 30.

El desmultiplexador 320 recibe por su entrada óptica la radiación compuesta y elimina por filtrado la radiación agregada correspondiente a cada unidad transmisora 20. La radiación agregada se propaga hasta su unidad receptora 40 respectiva, que descodifica a continuación los datos agregados con el fin de proporcionar los datos de carga de información útil a su cliente receptor asociado.

Cuando se requiere un elevado número de canales, por ejemplo, varios cientos de canales, el sistema 300 puede ser duplicado al objeto de proporcionar un sistema aumentado o ampliado que comprenda varios multiplexadores, desmultiplexadores y enlaces de fibra óptica. Cada unidad transmisora y cada unidad receptora de tal sistema ampliado puede ser conectada, respectivamente, a otras unidades transmisoras y a otras unidades receptoras para proporcionar funciones tales como la conmutación de protección en el caso de que un enlace de fibra, un desmultiplexador o un multiplexador queden defectuosos.

Cada canal del sistema 300 se adapta a la velocidad de transmisión a la que son suministrados los datos de carga de información útil desde su respectivo cliente remitente. Así, los canales del sistema 300 son capaces de funcionar de forma asincrónica unos con respecto a otros. Semejante adaptación dentro de los canales a las velocidades de transmisión a las que se suministran los datos de carga de información útil por parte de los clientes remitentes, se lleva a cabo dentro de las unidades adaptadoras 210 de cada canal.

Si bien el sistema 300 que se muestra en la Figura 3 es susceptible de hacerse funcionar para proporcionar enlaces de comunicación desde los clientes remitentes hasta el cliente receptor, se apreciará que la comunicación bidireccional o en ambos sentidos entre los clientes remitentes y los clientes receptores se proporciona al incluir canales correspondientes inversamente dirigidos (no mostrados) desde los clientes receptores a los clientes remitentes, de tal modo que los canales inversamente dirigidos son de un diseño similar a los canales que se ilustran en las Figuras 1 y 2.

Con el fin de describir adicionalmente el funcionamiento asincrónico de los canales, se describirá con más detalle la unidad adaptadora 110 con referencia a la Figura 3. La capacidad de los canales del sistema 300 para funcionar asincrónicamente unos con respecto a otros evita la necesidad de justificación en los datos agregados, por lo que se hace posible conseguir una relación fija de los bits de carga de información útil con respecto a los bits de cabecera, lo cual simplifica en gran medida las funciones de encabezamiento tales como la determinación de la tasa o proporción de errores de bit (BER –“bit error rate”), y reduce también las fluctuaciones en los datos agregados que se propagan por el canal 10 y por el sistema 300.

La unidad adaptadora 110, que se muestra incluso dentro de una línea discontinua 490, comprende un desmultiplexador de 1 a 31 500, un multiplexador de 32 a 1 510, un primer bucle 530 bloqueado en fase (PLL1 –“phase locked loop”) y un codificador 540 de datos. EL codificador 540 está implementado como un dispositivo de lógica programable de campo (FPLD –“field programmable logic device”), por ejemplo, como el fabricado por la Xilinx Inc.

La salida eléctrica del primer convertidor 100 está conectada a una entrada de datos en serie del desmultiplexador 500 y a una entrada de referencia al PLL1 520. Una primera salida del PLL1 520 está conectada a una entrada de señal de reloj CLK del desmultiplexador 500. Por otra parte, una segunda salida del PLL1 520 está conectada a una entrada de referencia del PLL2 530. El desmultiplexador 500 comprende unas salidas en paralelo  $D_0$  a  $D_{30}$  que están conectadas a unas entradas de datos correspondientes del codificador 540 de datos. LA unidad 105 de cabecera comprende una salida de datos de cabecera conectada a una entrada  $K_0$  de datos de cabecera del codificador 540. El codificador 540 comprende adicionalmente unas salidas de datos en paralelo  $E_0$  a  $E_{31}$ , conectadas a unas entradas en paralelo correspondientes del multiplexador 510. Una salida del PLL2 530 está conectada a una entrada de señal de reloj CLK del multiplexador 510. El multiplexador 510 incluye una salida multiplexada conectada a la entrada eléctrica del segundo convertidor 120.

En una vista general extensa, el adaptador 110 funciona recibiendo datos de carga de información útil en serie desde el primer convertidor 100 a una velocidad de transmisión de bits de hasta 10 Gbits/s, o incluso mayor. El PLL1 520 se sincroniza a sí mismo con los datos de carga de información útil y genera una señal de reloj sincronizada correspondiente que bate o pulsa continuamente incluso cuando los datos de carga de información útil permanecen en un estado lógico concreto durante varios ciclos de reloj. El PLL1 520 marca el tiempo de reloj tanto del desmultiplexador 500 como del PLL2 530. Los datos de carga de información útil se convierten de una corriente de bits en serie en palabras en paralelo de 31 bits de ancho en el multiplexador 500. Los datos de carga de información útil son transferidos en palabras de 31 bits desde el desmultiplexador 500 al codificador 540. El codificador 540 añade un bit de datos de cabecera recibido desde la unidad 105 generadora de cabecera, a cada 31 bits de datos de carga de información útil en una relación fija, con el fin de proporcionar palabras de salida en las salidas  $E_0$  a  $E_{31}$ . Las palabras de salida se hacen pasar al multiplexador 510, el cual convierte las palabras de salida en una corriente de datos en serie correspondiente, a saber, los datos agregados, que se hacen pasar al segundo convertidor 120, donde se introducen por modulación sobre radiación óptica para su transmisión a lo largo de la fibra 150. La inclusión del desmultiplexador 500 proporciona el beneficio de que el codificador 540 recibe datos en forma de palabras y no necesita ser capaz de marcar el tiempo de reloj en la velocidad de transmisión de los datos de carga de información útil, que puede aproximarse a 10 Gbits/s; el codificador 540 pulsa o marca el tiempo de reloj a cadencias del orden de 300 MHz cuando la velocidad de transmisión de bits de los datos de carga de información útil se aproxima a 10 Gbits/s. Sin embargo, el desmultiplexador 500 está diseñado para ser capaz de manejar velocidades de transmisión de datos de bits en serie de hasta 10 Gbits/s, o incluso mayores.

La inclusión de los datos de cabecera en los datos agregados significa que la velocidad de transmisión de datos de bits en los datos agregados es 32/31 veces mayor que el tráfico de carga de información útil presentado desde el cliente remitente a la unidad adaptadora 110. El propósito del PLL2 530 es proporcionar una señal de reloj a una cadencia de  $F_2$ , que esté bloqueada en frecuencia con la señal de reloj a una cadencia  $F_1$ , proporcionada desde el PLL1 520. La señal de reloj procedente del PLL2 530 marca el tiempo de reloj del multiplexador 510 a una cadencia que es 32/31 veces mayor que la cadencia de reloj del desmultiplexador 500 marcada por el PLL1 520. Dicha transformación de velocidad de transmisión de bits evita la acumulación de datos de carga de información útil en la unidad adaptadora 540, cosa que ocurriría si el desmultiplexador 500 y el multiplexador 510 fuesen marcados por señales de reloj con cadencias idénticas.

En la unidad adaptadora 210 se lleva a cabo una operación inversa a la que tiene lugar en la unidad adaptadora 110. En la operación inversa, los datos agregados se cargan primeramente en un desmultiplexador de 1 a 32, susceptible de hacerse funcionar para convertir datos en serie en datos en palabras de 32 bits, a continuación de lo cual se extrae el bit de cabecera de los datos en palabras de 32 bits con el fin de obtener una palabra de 31 bits, la cual se hace pasar a un multiplexador de 31 a 1 bits al objeto de convertir la palabra de 31 bits en datos de carga de información útil correspondientes en serie. La unidad adaptadora 210 también incorpora dos PLLs como se muestra en la Figura 3, a excepción de que el segundo PLL conectado al multiplexador es susceptible de hacerse funcionar para proporcionar una conversión de frecuencia de un factor de 31/32. Por otra parte, el codificador 540 de datos incluido dentro de la unidad adaptadora 110 se ha sustituido por un descodificador en la unidad adaptadora 210, que es susceptible de hacerse funcionar para suministrar como salida datos de cabecera a su unidad interpretadora asociada 220.

En la práctica, procurar desmultiplexadores de 1 a 31 y multiplexadores de 32 a 1 para las unidades transmisoras 20a, 20b, y, de la misma manera, desmultiplexadores de 1 a 32 y multiplexadores de 31 a 1 para las unidades receptoras 40a, 40b, no es fácil cuando se demanda un rendimiento en la velocidad de transmisión de bits de datos en serie de 10 Gbits/s. Los multiplexadores y desmultiplexadores estándar en propiedad capaces de funcionar a esta velocidad de transmisión de bits, son a menudo dispositivos de 16 a 1 y de 1 a 16. Cuando tales partes en propiedad se emplean en la unidad adaptadora 110, la unidad 110 se puede implementar como se ilustra en la Figura 4.

En la Figura 4, se emplea un desmultiplexador de 1 a 16 540 en lugar del desmultiplexador de la Figura 3. Por otra parte, se utiliza un multiplexador de 16 a 1 en lugar del multiplexador 510 de la Figura 3. Además, se emplea un codificador 560 de datos de FPLD que incluye una memoria de almacenamiento intermedio 570, en lugar del codificador 540 de la Figura 3.

En funcionamiento, los datos de carga de información útil en forma de una corriente de bits

en serie pasan del convertidor 100 al interior del desmultiplexador 540, el cual convierte la corriente en serie en palabras en paralelo correspondientes de 16 bits. Las palabras son cargadas por el codificador 560 en su memoria de almacenamiento intermedio 570 con el fin de proporcionar en su interior datos de carga de información útil. El codificador 560 añade entonces un bit de cabecera apropiado a cada grupo concurrente de 31 bits de datos de carga de información útil, dentro de la memoria 570, con el fin de generar datos agregados en su interior, y procede entonces a suministrar como salida los datos agregados en palabras de 16 bits de longitud al multiplexador 550. El multiplexador 550 convierte las palabras de 16 bits en una corriente de bits en serie de datos agregados que se suministra como salida, a continuación, desde la unidad codificadora 110 al segundo convertidor 120, para su introducción por modulación sobre radiación óptica a fin de que sea transmitida a lo largo de la fibra 150.

La conversión de velocidad de transmisión de bits que se produce en las unidades adaptadoras 110, 120 evita la necesidad de justificar los datos agregados, con lo que se simplifican los datos agregados y se hace posible llevar a cabo la valoración por los nodos subordinados de la tasa o proporción de errores de bit.

Los datos agregados, tal y como se ha descrito brevemente en lo anterior, son datos en serie y se puntúan formando tramas y tramas múltiples en virtud de los valores de bit de los datos de cabecera añadidos en una proporción fija a los datos de carga de información útil en la unidad adaptadora 110. Ocho tramas en secuencia, en los datos agregados, forman una trama múltiple. La estructura de una trama se ilustra en la Figura 5 y se indica por la referencia numérica 600. Cada trama 600 comienza con un bit de cabecera A1, que es seguido por 31 bits de datos de carga de información útil del cliente emisor o remitente (31 bits P/L (de carga de información útil –“payload”)), que vienen seguidos, a su vez, por un bit de cabecera A2, y así sucesivamente. Por ejemplo, un bit de cabecera A8 de los datos agregados viene seguido por 31 bits de carga de información útil que, a su vez, son seguidos por un bit de cabecera B1, y así sucesivamente. La trama 600 termina con un bit de cabecera H8, seguido por 31 bits de carga de información útil. Como se ilustra en la Figura 5, cada bit de datos de cabecera de la trama 600 está acompañado por 31 bits de datos de carga de información útil, en una relación fija de 1:31.

Los datos agregados correspondientes a la trama 600 pueden considerarse conceptualmente según la idea de que la trama 600 se está leyendo fila por fila, tal y como se representa por una flecha 610 que indica la dirección según las filas y una flecha 620 que indica la dirección según las columnas. La trama 600 se lee, por tanto, desde su esquina superior izquierda (INICIO) hasta su esquina inferior derecha (FIN), fila a fila, para proporcionar los datos agregados.

En la trama 600, los bits de cabecera A1 a A8 forman un byte A, los bits de cabecera B1 a B8 forman un byte B, y así sucesivamente. Por tanto, los bits de cabecera para cada trama pueden ser representados como se ilustra en la Tabla 1, como ocho bytes; los datos de carga de información útil procedentes del cliente remitente no se han mostrado en la tabla.

Tabla 1

Byte de cabecera A
Byte de cabecera B
Byte de cabecera C
Byte de cabecera D
Byte de cabecera E
Byte de cabecera F
Byte de cabecera G
Byte de cabecera H

Se suministran como salida, en secuencia, ocho tramas similares a la trama 600 en los datos agregados, con el fin de formar una trama múltiple. Los bytes de cabecera de las ocho tramas que comprenden la trama múltiple pueden ser representados por símbolos, de manera que el byte A<sub>x</sub> corresponde al byte de cabecera A de la trama x, donde el subíndice x está comprendido en el intervalo de 1 a 8. Así pues, un byte A<sub>1</sub> corresponde a un byte de cabecera A de la primera trama de la trama múltiple, y un byte H<sub>8</sub> corresponde a un byte de cabecera H de la octava trama de la trama múltiple.

Por conveniencia, los bytes de cabecera de la trama múltiple pueden disponerse en forma

tabular, como en la Tabla 2.

Tabla 2

Trama 1	Trama 2	Trama 3	Trama 4	Trama 5	Trama 6	Trama 7	Trama 8
Byte A <sub>1</sub>	Byte A <sub>2</sub>	Byte A <sub>3</sub>	Byte A <sub>4</sub>	Byte A <sub>5</sub>	Byte A <sub>6</sub>	Byte A <sub>7</sub>	Byte A <sub>8</sub>
Byte B <sub>1</sub>	Byte B <sub>2</sub>	Byte B <sub>3</sub>	Byte B <sub>4</sub>	Byte B <sub>5</sub>	Byte B <sub>6</sub>	Byte B <sub>7</sub>	Byte B <sub>8</sub>
Byte C <sub>1</sub>	Byte C <sub>2</sub>	Byte C <sub>3</sub>	Byte C <sub>4</sub>	Byte C <sub>5</sub>	Byte C <sub>6</sub>	Byte C <sub>7</sub>	Byte C <sub>8</sub>
Byte D <sub>1</sub>	Byte D <sub>2</sub>	Byte D <sub>3</sub>	Byte D <sub>4</sub>	Byte D <sub>5</sub>	Byte D <sub>6</sub>	Byte D <sub>7</sub>	Byte D <sub>8</sub>
Byte E <sub>1</sub>	Byte E <sub>2</sub>	Byte E <sub>3</sub>	Byte E <sub>4</sub>	Byte E <sub>5</sub>	Byte E <sub>6</sub>	Byte E <sub>7</sub>	Byte E <sub>8</sub>
Byte F <sub>1</sub>	Byte F <sub>2</sub>	Byte F <sub>3</sub>	Byte F <sub>4</sub>	Byte F <sub>5</sub>	Byte F <sub>6</sub>	Byte F <sub>7</sub>	Byte F <sub>8</sub>
Byte G <sub>1</sub>	Byte G <sub>2</sub>	Byte G <sub>3</sub>	Byte G <sub>4</sub>	Byte G <sub>5</sub>	Byte G <sub>6</sub>	Byte G <sub>7</sub>	Byte G <sub>8</sub>
Byte H <sub>1</sub>	Byte H <sub>2</sub>	Byte H <sub>3</sub>	Byte H <sub>4</sub>	Byte H <sub>5</sub>	Byte H <sub>6</sub>	Byte H <sub>7</sub>	Byte H <sub>8</sub>

En los datos agregados, los bytes de cabecera aparecen en una secuencia, aunque puntuados por datos de carga de información útil, de tal manera que el byte A<sub>1</sub> es seguido por el byte B<sub>1</sub>, y así sucesivamente hasta el byte H<sub>1</sub>, que es seguido por el byte A<sub>2</sub>, continuando así hasta el byte H<sub>8</sub>, situado al final de la trama múltiple.

Las unidades 105, 220 utilizan los bytes de cabecera para llevar a cabo un cierto número de funciones de encabezamiento que se describirán a continuación con referencia a la Figura 6; este diagrama muestra una representación de los bytes de cabecera de una estructura de trama múltiple que se utiliza en el canal 10 y en el sistema 300. Los bytes de cabecera llevan a cabo diferentes funciones, por ejemplo, según se indica por las abreviaturas del diagrama, a saber:

- FAW: "palabra de alineación de trama" (*"frame alignment word"*);
- MIC: "código de identidad de trama múltiple" (*"multiframe identity code"*);
- BAL: "byte de equilibrado" (*"balancing byte"*);
- SPA: "byte de reserva" (*"spare byte"*);
- TTI: "identificador de traza de rastro" (*"trail trace identifier"*);
- APS: "canal de protección automática" (*"automatic protection channel"*);
- FDI: "indicación de defecto en sentido directo" (*"forward defect indication"*);
- BDI: "indicación de defecto en sentido inverso" (*"backward defect indication"*);
- FQI: "indicador de calidad en sentido directo" (*"forward quality indicator"*);
- BQI: "indicador de calidad en sentido inverso" (*"backward quality indicator"*);
- PTI: "indicador de tipo de carga de información útil" (*"payload type indicator"*); y
- BIP: "paridad intercalada de bit" (*"bit interleaved parity"*).

En el sistema 10, la unidad generadora 10 generadora de cabecera genera los bytes de cabecera que se muestran en la Figura 6. Ciertos valores de algunos de los bytes de cabecera se determinan localmente en la unidad de cabecera 105, en tanto que otros son generados en respuesta a órdenes recibidas desde los sistemas de gestión local y regional anteriormente mencionados, por ejemplo, los valores de TTI. En otras palabras, los bits de cabecera son generados sobre la base de información proporcionada ya sea internamente, dentro de la unidad transmisora 20, ya sea desde los sistemas de gestión anteriormente mencionados. Estos bytes son comunicados, en los datos agregados, a la unidad adaptadora 210, la cual aísla los bits de cabecera y los hace pasar a la unidad interpretadora 220 para su interpretación.

La unidad interpretadora 220 utiliza los bytes de cabecera FAW1, FAW2, FAW3, FAW4 para identificar dónde comienzan las tramas múltiples en los datos agregados, a saber, para la sincronización con tramas múltiples. En el canal 10 y en el sistema 300, estos bytes FAW1, FAW2, FAW3, FAW4 tienen valores fijados de 1111 0110<sub>b</sub>, 1111 0110<sub>b</sub>, 0010 1000<sub>b</sub>, 0010 1000<sub>b</sub>, respectivamente, donde el subíndice b indica un número binario. Pueden utilizarse valores alternativos para estos bytes FAW1 a FAW4 siempre y cuando los valores proporcionen al canal 10 y al sistema 300 la capacidad de sincronización con tramas múltiples.

El código MIC de identidad de trama múltiple (*"multiframe identity code"*) es un valor de byte que es incrementado por la unidad 105 generadora de cabecera para cada trama múltiple subsiguiente. Por ejemplo, una primera trama múltiple tiene un valor de MIC de 0000 0001<sub>b</sub>, una segunda trama múltiple que sigue a la primera trama múltiple tiene un valor de MIC de 0000 0010<sub>b</sub>, y así sucesivamente; cuando el código de identidad alcanza un valor de 1111 1111<sub>b</sub> para la 255ª trama múltiple, el MIC se restablece de nuevo en un valor de 0000 0000<sub>b</sub>.

para la 256ª trama múltiple, y así sucesivamente de una manera en módulo 255. Es también posible para el código MIC el incremento en otros módulos, por ejemplo, en módulo 8, en lugar de utilizar el módulo 255.

5 La unidad interpretadora 220 es susceptible de hacerse funcionar para supervisar el código de identidad y garantizar que se produce un incremento correcto; cualesquiera errores a la hora de incrementar el MIC son identificables por la unidad interpretadora 220 como indicativo de tramas múltiples que faltan. Por otra parte, la inclusión del código MIC en los datos agregados ayuda a la unidad receptora 40 a sincronizarse con los datos agregados; en particular, se mejora con ello la alineación de tramas en la unidad receptora 40.

10 Como opción, el valor del MIC puede ser incrementado en una conteo o cuenta mayor que 1 para cada trama múltiple subsiguiente; por ejemplo, el incremento puede ser en saltos de tres cuentas, de tal manera que una secuencia típica de cómputo del MIC puede ser 1111 1110<sub>b</sub> (decimal 254) para una primera trama múltiple, 0000 0001<sub>b</sub> (decimal 1) para una segunda trama múltiple, 0000 0100<sub>b</sub> (decimal 4) para una tercera trama múltiple, y así sucesivamente.

15 La unidad interpretadora 220 utiliza los bytes de cabecera de equilibrado BAL con propósitos de restablecimiento de la corriente continua. El valor de los bits de equilibrado se establece por parte de la unidad 105 generadora de cabecera de una forma tal, que para cada una de las tramas 2 a 8 de la trama múltiple representadas en la Figura 6, el número de 0's y de 1's de sus bytes de cabecera asociados es el mismo. Dicho equilibrado resulta ventajoso cuando se emplean en el canal 10 y en el sistema 300 fotodetectores que tienen sus salidas eléctricas de corriente alterna conectadas de forma que se eliminen las desviaciones de corriente continua, para convertir la radiación modulada con los datos agregados en señales eléctricas para la unidad adaptadora 210 y su unidad interpretadora 220 asociada.

20 La trama múltiple de la Figura 6 incluye también unos bytes de reserva SPA que no están asignados en un principio pero que pueden ser asignados por usuarios del sistema con el fin de llevar a cabo funciones adicionales tras poner a cargo el sistema 300, en el caso de que tales funciones se hayan encontrado necesarias para ayudar al funcionamiento del sistema. Las unidades generadora e interpretadora, 105 y 220, están controladas por software o programación y son, por tanto, susceptibles de ser actualizadas o renovadas en su comportamiento por medio de la modificación del software.

25 Los bytes de cabecera de identificador de traza de rastro, TTI, comprenden una cadena de 16 bytes que se incluye desde el byte de cabecera B<sub>2</sub> de la trama 2 hasta el byte de cabecera B<sub>5</sub> de la trama 5, según se ilustra en la Figura 6. Los bytes 2 a 16 de la cadena son caracteres ASCII definibles por el usuario, y el byte 1 de la cadena incluye un valor de suma de comprobación de CRC-7, generado por la unidad de cabecera 105 de acuerdo con el Anexo B de la especificación de comunicación de ITU G.707. La cadena es utilizada por el sistema 300 para garantizar que un cliente receptor está conectado a su correspondiente cliente remitente correcto.

30 Los bytes de cabecera APS1 a APS4 de canal de protección automática, a saber, los bytes de cabecera A<sub>6</sub> a D<sub>6</sub> de la trama 6, son utilizados por el sistema 300 cuando se ha de eludir por derivación un canal defectuoso en él, y se asigna en su sustitución otro canal del sistema 300 para transportar sus datos de carga de información útil. La unidad interpretadora 220 interpreta estos bytes de cabecera para determinar si se ha de eludir por derivación o no su canal asociado, así como la identidad de un canal alternativo del sistema 300, asignado en sustitución. Las unidades de cabecera e interpretadora, 105 y 220, son susceptibles de hacerse funcionar en combinación con los sistemas de gestión local y regional anteriormente mencionados, con el fin de determinar interconexiones dentro del sistema 300 cuando se produce una sustitución, para encaminar los datos de carga de información útil desde un cliente emisor o remitente afectado a su cliente receptor asociado.

35 El byte de cabecera de indicación de defecto en sentido directo, FDI, a saber, el byte de cabecera A<sub>7</sub> de la trama 7, se emplea en el canal 10 y en el sistema 300 para indicar aguas abajo, o sea, en el extremo del cliente receptor del enlace de fibra 30, que se ha detectado aguas arriba un estado defectuoso, esto es, en dirección al cliente remitente correspondiente. De la misma manera, se emplea el byte de indicación de defecto en sentido inverso, BDI, es decir, el byte de cabecera B<sub>7</sub> de la trama 7, cuando se detecta un defecto en el camino de recepción, a saber, o sea, en el extremo del cliente receptor del enlace de fibra 30. Los bytes de cabecera FDI y BDI permiten, con ello, identificar fácil y rápidamente la posición de un defecto en el sistema 300.



El byte de cabecera de indicación de calidad en sentido directo, FQI, esto es, el byte de cabecera C<sub>7</sub> de la trama 7, se utiliza para transportar una cuenta de errores de bit para una trama múltiple precedente. De esta forma, el FQI se utiliza para indicar aguas abajo un error que se produce aguas arriba. De la misma manera, el byte de indicación de calidad en sentido inverso, BQI, es decir, el byte de cabecera D<sub>7</sub> de la trama 7, se emplea para transportar una cuenta de errores de bit para los datos de carga de información útil de la trama múltiple precedente.

El byte de cabecera indicador del tipo de carga de información útil, PTI, esto es, el byte de cabecera A<sub>8</sub> de la trama 8, se utiliza para indicar la composición de los datos de carga de información útil o el estado de mantenimiento de un camino de comunicación que transporta la trama múltiple y sus datos de carga de información útil asociados. Por ejemplo, las interpretaciones para el byte de cabecera PTI son de conformidad con la Tabla 3.

Tabla 3

Valor binario del byte PTI	Interpretación aplicada por la unidad interpretadora 220
0000	No equipado, o sea, existe un camino de comunicación completo desde el cliente remitente hasta el cliente receptor, pero el cliente no tiene conectado el equipo al camino
0001	Indica un modo transmisor-respondedor lineal, es decir, que se está transportando una señal que no requiere regeneración digital y, por tanto, deben desconectarse cualesquiera regeneradores a lo largo del camino
0010	Indica que la velocidad de transmisión de datos de carga de información útil es 155,52 Mb/s (modo STM-1), y requiere reemisión / regeneración de la unidad adaptadora a esta velocidad de transmisión
0011	Indica que la velocidad de transmisión de datos de carga de información útil es 622,08 Mb/s (modo STM-4), y requiere reemisión / regeneración de la unidad adaptadora a esta velocidad de transmisión
0100	Indica que la velocidad de transmisión de datos de carga de información útil es 1,0625 Gb/s (canal de fibra), y requiere reemisión / regeneración de la unidad adaptadora a esta velocidad de transmisión
0101	Indica que la velocidad de transmisión de datos de carga de información útil es 1,25 Gb/s (como en Gigabit Ethernet), y requiere reemisión / regeneración de la unidad adaptadora a esta velocidad de transmisión
0110	Indica que la velocidad de transmisión de datos de carga de información útil es 2,48832 Gb/s (STM-16), y requiere reemisión / regeneración de la unidad adaptadora a esta velocidad de transmisión
0111	Indica que la velocidad de transmisión de datos de carga de información útil es 9,95328 Gb/s (STM-64), y requiere reemisión / regeneración de la unidad adaptadora a esta velocidad de transmisión
1000 a 1110	No se utiliza
1111	Indica un fallo en la señal del cliente remitente (por ejemplo, una interrupción de la señal)

Finalmente, los bytes de cabecera de paridad intercalados BIP, esto es, los bytes de cabecera E<sub>1</sub> a E<sub>8</sub>, incluyen un valor de comprobación de paridad BIP-8; una definición detallada se proporciona en la norma de ITU G. 707. Cada trama tiene su valor de paridad BIP asociado, el cual proporciona una comprobación de paridad para los datos de carga de información útil de la trama. En la trama múltiple que se muestra en la Figura 6, los presentes inventores han constatado que es preferible tener un byte BIP asociado con cada trama, en lugar de agrupar los bytes BIP, por ejemplo, en el extremo de la trama múltiple. Dicha asignación de byte BIP a cada trama reduce la necesidad de una memoria de alta velocidad en la unidad receptora 40 del canal 10. Así, distribuyendo los bytes de cabecera BIP en las tramas, es preferible concatenar los bytes BIP conjuntamente en la trama múltiple. El código de BIP proporciona una indicación directa de la velocidad de transmisión de errores de bit en los datos de carga de información útil, debido a que la relación del número de bits

de carga de información útil con respecto al número de bits de cabecera se mantiene constante en el sistema 300, en una relación fija.

5 Se apreciará que pueden realizarse modificaciones en el canal 10 y en el sistema 300, así como en el método de funcionamiento, sin apartarse del ámbito de la invención.

10 Por ejemplo, si bien los datos de cabecera y los datos de carga de información útil son intercalados en la unidad adaptadora 110 en una proporción fija de 1:31 bits, son posibles otras relaciones. Las unidades adaptadoras 110, 210 pueden ser modificadas de tal manera que la relación se encuentre en el intervalo entre 1:2 bits y 1:100 bits, dependiendo del grado de control de encabezamiento requerido. Un punto importante es que la relación debe ser fija y no dinámicamente variable, como en los sistemas de comunicación de la técnica anterior en los que se emplea justificación.

15 Por otra parte, en el canal 10 y en el sistema 300, el número de tramas que comprende una trama múltiple puede ser alterado desde las ocho tramas que comprende una trama múltiple según se ha mencionado anteriormente. Por ejemplo, el número de tramas que forman una trama múltiple puede variarse en un intervalo de 2 a 100, si bien el hecho de incluir más de 20 50 tramas en una trama múltiple hace la sincronización más difícil en la unidad receptora 40.

25 Por otra parte, en la Figura 6, las posiciones de los bytes de cabecera que llevan a cabo funciones específicas puede ser alterada siempre y cuando sigan realizando sus funciones asociadas; por ejemplo, las posiciones de los bytes de cabecera MIC y PTI pueden ser intercambiadas en una versión modificada de la trama múltiple. Adicionalmente, los bytes de cabecera BIP de cada trama pueden disponerse de manera que estén incluidos en el último 25 byte de cabecera de cada trama, por ejemplo, en el byte de cabecera  $H_1$  de la trama 1.

30 Como se ha mencionado anteriormente, el enlace de fibra 30 puede comprender una o más fibras ópticas. En versiones alternativas del canal 10 y del sistema 300, el enlace de fibra 30 puede haberse sustituido por un enlace por radio, por ejemplo, un enlace por microondas vía satélite. En el caso de que se emplee un funcionamiento a velocidades de transmisión de 30 datos bajas, el enlace de fibra 30 puede ser reemplazado por una o más conexiones por hilos de cable coaxial; tales enlaces coaxiales tienen una capacidad de transporte de datos inferior en comparación con las conexiones de fibra óptica.

35

## REIVINDICACIONES

1. Un método para comunicar datos en sistemas de comunicación (300), cada sistema incluyendo al menos un canal (10) que comprende medios de transmisión (20), medios de recepción (40) y medios de transporte (30) de datos, destinados a transportar datos desde los medios de transmisión (20) hasta los medios de recepción (40), el método **caracterizado por**:
- (a) combinar datos de carga de información útil y datos de cabecera en los medios de transmisión (20) con el fin de formar datos agregados (600) en ellos, para su transmisión a los medios de recepción (40), estando los datos agregados (600) divididos o fragmentados en multi-tramas o tramas múltiples que comprenden una pluralidad de tramas en las que el número de bits de datos de cabecera se encuentra en una relación fija con respecto al número bits de datos de carga de información útil; en donde los datos de carga de información útil son recibidos en los medios de transmisión (20) desde un cliente emisor o remitente a través de una fibra óptica (130);
- (b) transmitir los datos agregados (600) desde los medios de transmisión (20) a los medios de recepción (40) a través de los medios de transporte (30);
- (c) recibir los datos agregados (600) en los medios de recepción (40), descodificar los datos agregados con el fin de aislar en ellos los datos de cabecera con respecto a los datos de carga de información útil, e interpretar los datos de cabecera para controlar y gestionar los datos de carga de información útil dentro del sistema (300),
- en el que los medios de transmisión (20) se hacen funcionar para generar los datos agregados (600) a una velocidad que es mayor que la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil en ellos, mediante sustancialmente una fracción  $(R_p + R_o)/(R_p)$ , donde  $R_p$  es la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil en los medios de transmisión (20) y  $R_o$  es la velocidad a la que los datos de cabecera se añaden en los medios de transmisión (20) con el fin de generar los datos agregados (600); en donde la relación del número de bits de datos de cabecera con respecto al número de bits de datos de carga de información útil está fija para diferentes velocidades de recepción de los datos de carga de información útil.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sistema es susceptible de hacerse funcionar para no aplicar una justificación adicional a los datos de carga de información útil cuando se generan los datos agregados (600).
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 ó con la reivindicación 2, en el que el número de bytes de cabecera indicativos de la ocurrencia de tasa o proporción de errores dentro de los datos agregados, con respecto al número de bytes de carga de información útil, se encuentra en una proporción fija, por lo que se proporciona una densidad fija de bytes de proporción de errores con respecto a los bytes de carga de información útil.
4. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el sistema (300) incluye una pluralidad de canales (20a, 20b, 40a, 40b), de manera que cada canal (20a, 20b, 40a, 40b) es capaz de adaptarse a la velocidad de transmisión de datos de sus datos de carga de información útil asociados, siendo por ello los canales (20a, 10b, 40a, 40b) capaces de funcionar de forma asíncrona unos con respecto a otros.
5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las tramas y las tramas múltiples son identificables en los medios de recepción (40) mediante la interpretación de la posición de los datos de cabecera dentro de los datos agregados.
6. Un sistema de comunicación (300) que incluye al menos un canal (10) que comprende medios de transmisión (20), medios de recepción (40) y medios de transporte (30) de datos para transportar datos desde los medios de transmisión (20) a los medios de recepción (40), el sistema **caracterizado por**:
- (a) una unidad adaptadora (110) para combinar datos de carga de información útil y datos de cabecera en los medios de transmisión (20) para formar datos agregados (600) en ellos para la transmisión a los medios de recepción (40), estando los datos agregados (600) divididos o fragmentados en tramas múltiples que comprenden una pluralidad de tramas en las que el número de bits de datos de cabecera está en una relación fija con respecto al número de bits de datos de carga de información útil; en donde los medios de transmisión (20) están adaptados para recibir los datos de carga de información útil procedentes de un cliente emisor o remitente a través de una fibra óptica (130).

(b) los medios de transmisión dispuestos para transmitir los datos agregados (600) a los medios de recepción (40) a través de los medios de transporte (30);  
 (c) los medios de recepción para recibir los datos agregados (600) y decodificar los datos agregados para aislar en ellos los datos de cabecera con respecto a los datos de carga de información útil, e interpretar los datos de cabecera para controlar y gestionar los datos de carga de información útil dentro del sistema (300);  
 (d) en donde la unidad adaptadora (110) está dispuesta para generar los datos agregados (600) a una velocidad que es más alta que la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil en ellos mediante sustancialmente una fracción  $(R_p + R_o)/R_p$ , donde  $R_p$  es la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil en los medios de transmisión (20) y  $R_o$  es la velocidad a la que los datos de cabecera se añaden en los medios de transmisión (20) con el fin de generar los datos agregados (600); en donde la unidad adaptadora es susceptible de funcionar para mantener fija la relación del número de bits de datos de cabecera con respecto al número de bits de carga de información útil para diferentes velocidades de recepción de los datos de carga de información útil.

7. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el sistema es susceptible de hacerse funcionar para no aplicar una justificación adicional a los datos de carga de información útil cuando se generan los datos agregados (600).

8. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 6 ó con la reivindicación 7, en el que el número de bytes de cabecera indicativos de la ocurrencia de tasa o proporción de errores dentro de los datos agregados, con respecto al número de bytes de carga de información útil, se encuentra en una proporción fija, por lo que se proporciona una densidad fija de bytes de proporción de errores con respecto a los bytes de carga de información útil.

9. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que los medios de transmisión (20) incorporan una unidad adaptadora (110) para combinar los datos de carga de información útil con los datos de cabecera para generar los datos agregados (600), y los modos de recepción (40) incorporan una unidad adaptadora (210) correspondiente para decodificar los datos agregados para separar los datos de carga de información útil con respecto a los datos de cabecera.

10. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 9, en el que cada unidad adaptadora (110, 210) incorpora un multiplexador eléctrico (510) y un demultiplexador eléctrico (500) para convertir datos de entrada en serie a ello en datos en paralelo ( $D_0$  a  $D_{30}$ ) para procesar dentro de la unidad adaptadora (110, 210) y revertir en datos en serie de nuevo después de que el procesamiento se realice en la unidad adaptadora (110, 210).

11. Un sistema (300) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, que incluye una pluralidad de canales (20a, 20b, 40a, 40b) susceptible de funcionar para adaptarse a la velocidad en la que ellos reciben datos de carga de información útil, los canales (20a, 20b, 40a, 40b) por tanto capaces de funcionar mutuamente de manera asíncrona.

12. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11, en el que las tramas y las tramas múltiples son identificables en los medios de recepción (40) mediante la interpretación de la posición de los datos de cabecera dentro de los datos agregados.

13. Un transmisor para comunicar datos en un sistema de comunicación (300), que incluye al menos un canal (10) que comprende el transmisor (20), un receptor (40) y medios de transporte (30) de datos para transportar datos desde el transmisor (20) al receptor (40), el transmisor (20) **caracterizado por:**

(a) una unidad adaptadora (110) medios para combinar datos de carga de información útil y datos (20) de cabecera para formar datos agregados (600) en ellos para la transmisión al receptor (40), estando los datos agregados (600) divididos o fragmentados en tramas múltiples que comprenden una pluralidad de tramas en las que el número de bits de datos de cabecera está en una relación fija con respecto al número de bits de datos de carga de información útil; en donde el transmisor (20) está adaptado para recibir los datos de carga de información útil procedentes de un cliente emisor o remitente a través de una fibra óptica (130).  
 (b) el transmisor (20) dispuesto para transmitir los datos agregados (600) al receptor (40) a través de los medios de transporte (30);  
 (c) los datos de cabecera utilizados para controlar y gestionar los datos de carga de

información útil dentro del sistema (300);

en el que la unidad adaptadora está dispuesta para generar los datos agregados (600) a una velocidad que es más alta que la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil en ellos mediante sustancialmente una fracción  $(R_p + R_o)/R_p$ , donde  $R_p$  es la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil y  $R_o$  es la velocidad a la que los datos de cabecera se añaden con el fin de generar los datos agregados (600); en donde la unidad adaptadora es susceptible de funcionar para mantener fija la relación del número de bits de datos de cabecera con respecto al número de bits de carga de información útil para diferentes velocidades de recepción de los datos de carga de información útil.

14. Un transmisor de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el transmisor es susceptible de hacerse funcionar para no aplicar una justificación adicional a los datos de carga de información útil cuando se generan los datos agregados (600).

15. Un transmisor de acuerdo con la reivindicación 13 ó con la reivindicación 14, en el que el número de bytes de cabecera indicativos de la ocurrencia de tasa o proporción de errores dentro de los datos agregados, con respecto al número de bytes de carga de información útil, se encuentra en una proporción fija, por lo que se proporciona una densidad fija de bytes de proporción de errores con respecto a los bytes de carga de información útil.

16. Un transmisor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, en el que los medios de transmisión (20) incorporan una unidad adaptadora (110) para combinar los datos de carga de información útil con los datos de cabecera para generar los datos agregados (600).

17. Un transmisor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, en el que las tramas y las tramas múltiples son identificables en los medios de recepción (40) mediante la interpretación de la posición de los datos de cabecera dentro de los datos agregados.

18. Un método para transmitir datos en sistemas de comunicación (300), cada sistema incluyendo al menos un canal (10) que comprende medios de transmisión (20), medios de recepción (40) y medios de transporte (30) de datos, destinados a transportar datos desde los medios de transmisión (20) hasta los medios de recepción (40), el método **caracterizado por:**

(a) combinar datos de carga de información útil y datos de cabecera (20) con el fin de formar datos agregados (600) en ellos, para su transmisión al receptor (40), estando los datos agregados (600) divididos o fragmentados en multi-tramas o tramas múltiples que comprenden una pluralidad de tramas en las que el número de bits de datos de cabecera se encuentra en una relación fija con respecto al número bits de datos de carga de información útil; en donde los datos de carga de información útil son recibidos en los medios de transmisión (20) desde un cliente emisor o remitente a través de una fibra óptica (130);

(b) transmitir los datos agregados (600) al receptor (40) a través de los medios de transporte (30);

(c) en el que los datos de cabecera son utilizados para controlar y gestionar los datos de carga de información útil dentro del sistema (300);

generar los datos agregados (600) a una velocidad que es más alta que la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil en ellos mediante sustancialmente una fracción  $(R_p + R_o)/R_p$ , donde  $R_p$  es la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil y  $R_o$  es la velocidad a la que los datos de cabecera se añaden con el fin de generar los datos agregados (600); en donde la relación del número de bits de datos de cabecera con respecto al número de bits de datos de carga de información útil está fija para diferentes velocidades de recepción de los datos de carga de información útil.

19. Un receptor para comunicar datos en un sistema de comunicación (300), que incluye al menos un canal (10) que comprende un transmisor (20), el receptor (40) y medios de transporte (30) de datos para transportar datos desde el transmisor (20) al receptor (40), el receptor **caracterizado por:**

(a) medios para recibir datos agregados (600), los datos agregados comprendiendo datos de carga de información útil y datos de cabecera y estando divididos o fragmentados en tramas múltiples que comprenden una pluralidad de tramas en las que el número de bits de datos de cabecera está en una relación fija con respecto al número

de bits de datos de carga de información útil;

(b) una unidad adaptadora (210) de recepción dispuesta para adaptarse a la velocidad de los datos agregados y descodificar los datos agregados para aislar en ellos los datos de cabecera con respecto a los datos de carga de información útil;

5 (c) el receptor dispuesto para interpretar los datos de cabecera para controlar y gestionar los datos de carga de información útil dentro del sistema (300);

en el que los datos agregados son recibidos a una velocidad que es más alta que la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil mediante sustancialmente una fracción  $(R_p + R_o)/R_p$ , donde  $R_p$  es la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil y  $R_o$  es la velocidad a la que los datos de cabecera son aislados con respecto a los datos de carga de información útil, en donde la relación del número de bits de datos de cabecera con respecto al número de bits de carga de información útil es fija para diferentes velocidades de recepción de los datos de carga de información útil;

15 en el que el receptor (40) está adaptado para dar salida a los datos de carga de información útil a través de una fibra óptica hasta un cliente receptor.

20. Un receptor de acuerdo con la reivindicación 19, en el que los datos de carga de información útil no comprenden la justificación dentro de los datos agregados (600).

21. Un receptor de acuerdo con la reivindicación 19 ó con la reivindicación 20, en el que el número de bytes de cabecera indicativos de la ocurrencia de tasa o proporción de errores dentro de los datos agregados, con respecto al número de bytes de carga de información útil, se encuentra en una proporción fija, por lo que se proporciona una densidad fija de bytes de tasa o proporción de errores con respecto a los bytes de carga de información útil.

22. Un receptor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 19 a 21, en el que los medios de recepción (40) incorporan una unidad adaptadora (210) correspondiente para descodificar los datos agregados para separar los datos de carga de información útil con respecto a los datos de cabecera.

23. Un receptor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 22, en el que las tramas y las tramas múltiples son identificables en los medios de recepción (40) al interpretar la posición de los datos de cabecera dentro de los datos agregados.

24. Un método para recibir datos en sistemas de comunicación (300), cada sistema incluye al menos un canal (10) que comprende medios de transmisión (20), medios de recepción (40) y medios de transporte (30) de datos para transportar datos desde los medios de transmisión (20) a los medios de recepción (40), el método **caracterizado por**:

(a) recibir datos agregados (600), los datos agregados comprendiendo datos de carga de información útil y datos de cabecera y estando divididos o fragmentados en tramas múltiples que comprenden una pluralidad de tramas en las que el número de bits de datos de cabecera está en una relación fija con respecto al número de bits de datos de carga de información útil;

(b) adaptarse a la velocidad de los datos agregados y descodificar los datos agregados para aislar en ellos los datos de cabecera con respecto a los datos de carga de información útil;

50 (c) interpretar los datos de cabecera para controlar y gestionar los datos de carga de información útil dentro del sistema (300);

en el que los datos agregados son recibidos a una velocidad que es más alta que la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil mediante sustancialmente una fracción  $(R_p + R_o)/R_p$ , donde  $R_p$  es la velocidad de recepción de los datos de carga de información útil y  $R_o$  es la velocidad a la que los datos de cabecera son aislados con respecto a los datos de carga de información útil, en donde la relación del número de bits de datos de cabecera con respecto al número de bits de carga de información útil es fija para diferentes velocidades de recepción de los datos de carga de información útil;

60 en el que los datos de carga de información útil son dados salida por los medios de recepción (40) a través de una fibra óptica hasta un cliente receptor.

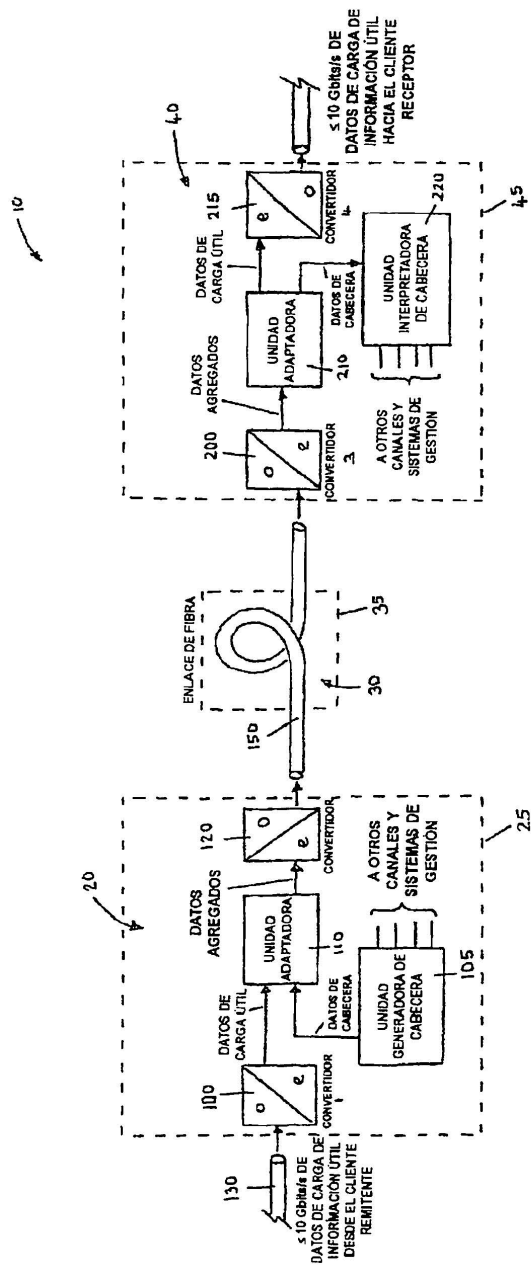


Fig. 1

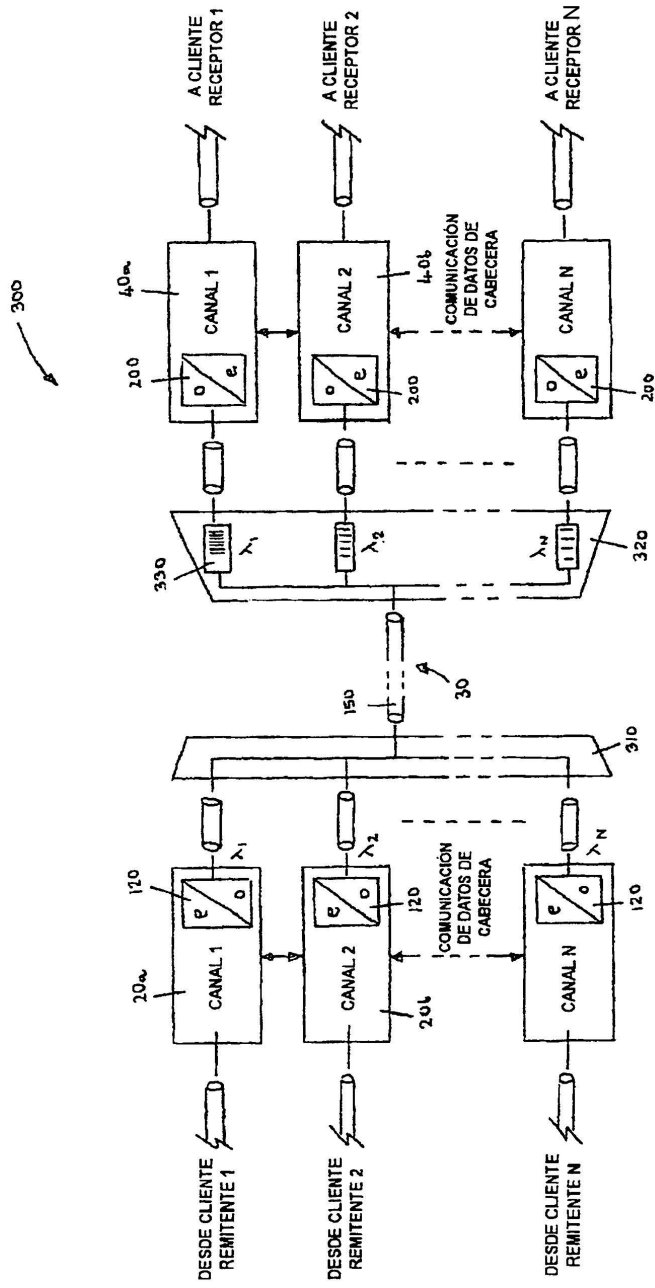


Fig. 2



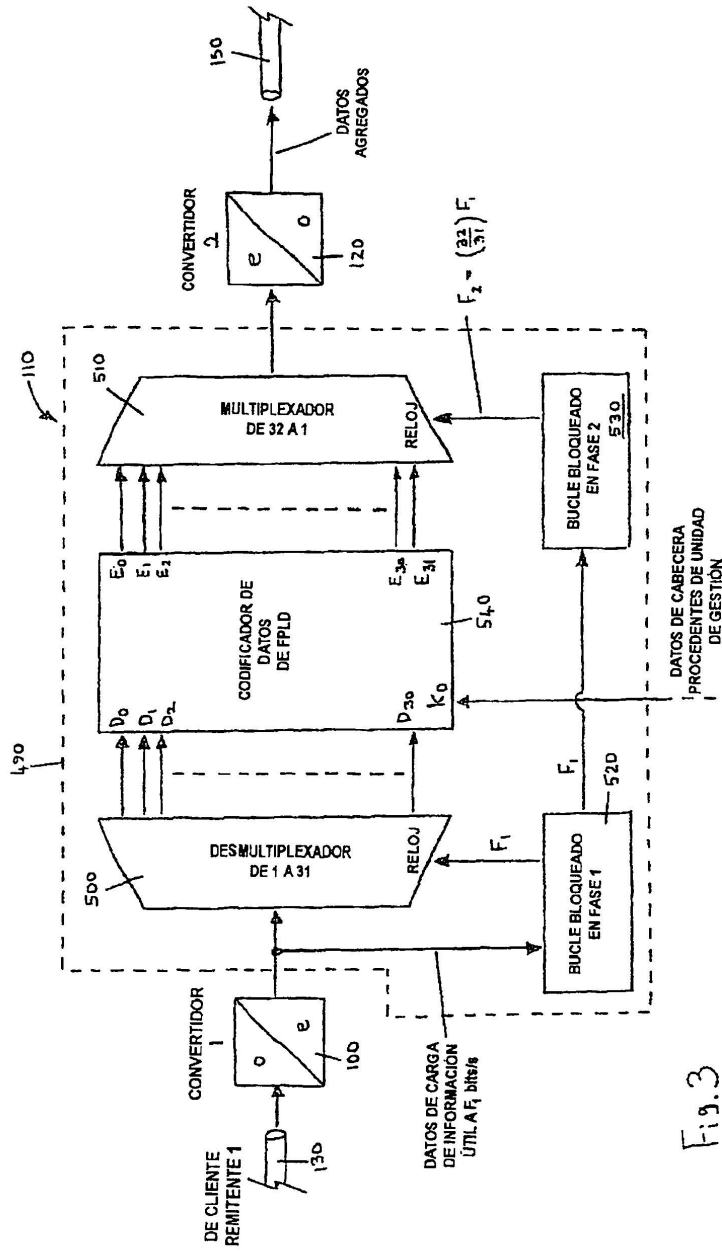


Fig. 3

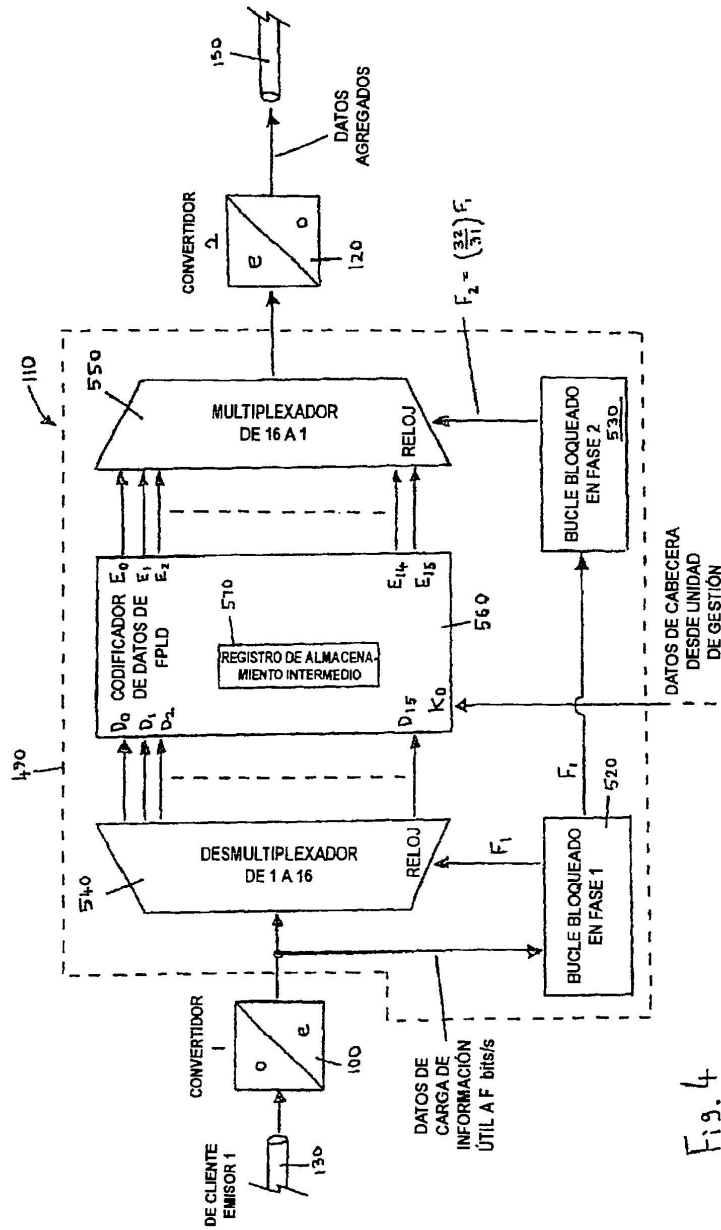


Fig. 4



ESTRUCTURA DE TRAMA MÚLTIPLE

	Trama 1	Trama 2	Trama 3	Trama 4	Trama 5	Trama 6	Trama 7	Trama 8
Byte 1	Byte A <sub>1</sub> = FAW1	Byte A <sub>2</sub> = TTI	Byte A <sub>3</sub> = TTI	Byte A <sub>4</sub> = TTI	Byte A <sub>5</sub> = TTI	Byte A <sub>6</sub> = APS1	Byte A <sub>7</sub> = FDI	Byte A <sub>8</sub> = PTI
Byte 2	Byte B <sub>1</sub> = FAW2	Byte B <sub>2</sub> = TTI	Byte B <sub>3</sub> = TTI	Byte B <sub>4</sub> = TTI	Byte B <sub>5</sub> = TTI	Byte B <sub>6</sub> = APS2	Byte B <sub>7</sub> = BDI	Byte B <sub>8</sub> = BSPA
Byte 3	Byte C <sub>1</sub> = FAW3	Byte C <sub>2</sub> = TTI	Byte C <sub>3</sub> = TTI	Byte C <sub>4</sub> = TTI	Byte C <sub>5</sub> = TTI	Byte C <sub>6</sub> = APS3	Byte C <sub>7</sub> = FOI	Byte C <sub>8</sub> = SPA
Byte 4	Byte D <sub>1</sub> = FAW4	Byte D <sub>2</sub> = TTI	Byte D <sub>3</sub> = TTI	Byte D <sub>4</sub> = TTI	Byte D <sub>5</sub> = TTI	Byte D <sub>6</sub> = APS4	Byte D <sub>7</sub> = BOI	Byte D <sub>8</sub> = SPA
Byte 5	Byte E <sub>1</sub> = BIP	Byte E <sub>2</sub> = BIP	Byte E <sub>3</sub> = BIP	Byte E <sub>4</sub> = BIP	Byte E <sub>5</sub> = BIP	Byte E <sub>6</sub> = BIP	Byte E <sub>7</sub> = BIP	Byte E <sub>8</sub> = BIP
Byte 6	Byte F <sub>1</sub> = MIC	Byte F <sub>2</sub> = BAL	Byte F <sub>3</sub> = BAL	Byte F <sub>4</sub> = BAL	Byte F <sub>5</sub> = BAL	Byte F <sub>6</sub> = BAL	Byte F <sub>7</sub> = BAL	Byte F <sub>8</sub> = BAL
Byte 7	Byte G <sub>1</sub> = SPA	Byte G <sub>2</sub> = BAL	Byte G <sub>3</sub> = BAL	Byte G <sub>4</sub> = BAL	Byte G <sub>5</sub> = BAL	Byte G <sub>6</sub> = BAL	Byte G <sub>7</sub> = BAL	Byte G <sub>8</sub> = BAL
Byte 8	Byte H <sub>1</sub> = SPA	Byte H <sub>2</sub> = BAL	Byte H <sub>3</sub> = BAL	Byte H <sub>4</sub> = BAL	Byte H <sub>5</sub> = BAL	Byte H <sub>6</sub> = BAL	Byte H <sub>7</sub> = BAL	Byte H <sub>8</sub> = BAL

Fig. 6