

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2000.12.07	(73) Titular(es): ERICSSON AB TORSHAMNSGATEN 23 164 83 STOCKHOLMSE
(30) Prioridade(s): 2000.01.14 GB 0000791	
(43) Data de publicação do pedido: 2009.10.14	(72) Inventor(es): PHILIP ANDREW ARNOLD GB BERNARD JOHN GOATLY GB GHANI ABBAS GB PETER JAMES LIVERMORE GB
(45) Data e BPI da concessão: 2014.10.22 001/2015	(74) Mandatário: LUÍS MANUEL DE ALMADA DA SILVA CARVALHO RUA VÍCTOR CORDON, 14 1249-103 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **MÉTODO PARA COMUNICAR DADOS EM SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES**

(57) Resumo:

ESTA INVENÇÃO RELACIONA-SE COM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÕES (300) INCLUINDO UM OU MAIS CANAIS DE COMUNICAÇÃO (10), INCLUINDO CADA CANAL UMA UNIDADE DE TRANSMISSÃO (20) E UMA UNIDADE DE RECEPÇÃO (40). CADA UNIDADE DE TRANSMISSÃO (20) ESTÁ LIGADA ATRAVÉS DE UMA LIGAÇÃO DE FIBRA ÓPTICA (30) À SUA UNIDADE DE RECEPÇÃO ASSOCIADA (40). EM OPERAÇÃO, CADA UNIDADE DE RECEPÇÃO (20) RECEBE DADOS DE CARGA ÚTIL PROVENIENTE DO SEU CLIENTE EXPEDIDOR ASSOCIADO E ADICIONA DADOS DE INFORMAÇÃO COMPLEMENTAR AOS DADOS DE CARGA ÚTIL PARA GERAR O CORRESPONDENTE AGREGADO DE DADOS (600). O AGREGADO DE DADOS DE CADA UNIDADE DE TRANSMISSÃO (20) É ENCAMINHADO ATRAVÉS DA LIGAÇÃO POR FIBRA (30) PARA A SUA UNIDADE DE RECEPÇÃO ASSOCIADA (40) QUE RECEBE O AGREGADO DE DADOS, DESCODIFICA-O PARA SEPARAR OS DADOS DE CARGA ÚTIL DOS DADOS DE INFORMAÇÃO COMPLEMENTAR E ENTÃO FAZ SAIR OS DADOS DE CARGA ÚTIL PARA O SEU CLIENTE RECEPTOR ASSOCIADO. A UNIDADE DE RECEPÇÃO (40) INTERPRETA OS DADOS DE INFORMAÇÃO COMPLEMENTAR E UTILIZA-OS PARA CONTROLAR E GERIR OS DADOS DE CARGA ÚTIL NO SISTEMA (300). O UM OU MAIS CANAIS DO SISTEMA (300) SÃO CAPAZES DE SE ADAPTAREM À TAXA DE DÉBITO BINÁRIO DOS SEUS DADOS DE CARGA ÚTIL ASSOCIADOS; ASSIM, OS CANAIS SÃO CAPAZES DE OPERAREM MUTUALMENTE ASSINCRONAMENTE CONTORNANDO DESSE MODO UMA NECESSIDADE DE ALINHAMENTO NO AGREGADO DE DADOS. ALÉM DISSO, CADA UNIDADE DE TRANSMISSÃO (20) É OPERÁVEL PARA ADICIONAR OS DADOS DE INFORMAÇÃO COMPLEMENTAR AOS DADOS DE CARGA ÚTIL QUANDO GERA O AGREGADO DE DADOS, DE FORMA QUE O NÚMERO DE BITS DE CARGA ÚTIL EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE BITS DE INFORMAÇÃO COMPLEMENTAR ESTÁ NUMA RAZÃO FIXA DE 31:1. UMA TAL RAZÃO FIXADA TORNA O AGREGADO DE DADOS SIMPLES DE DESCODIFICAR E A TAXA DE BITS DE ERRO MAIS FÁCIL DE DETERMINAR A PARTIR DAÍ.

RESUMO**"MÉTODO PARA COMUNICAR DADOS EM SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES"**

Esta invenção relaciona-se com um sistema de comunicações (300) incluindo um ou mais canais de comunicação (10), incluindo cada canal uma unidade de transmissão (20) e uma unidade de recepção (40). Cada unidade de transmissão (20) está ligada através de uma ligação de fibra óptica (30) à sua unidade de recepção associada (40). Em operação, cada unidade de recepção (20) recebe dados de carga útil proveniente do seu cliente expedidor associado e adiciona dados de informação complementar aos dados de carga útil para gerar o correspondente agregado de dados (600). O agregado de dados de cada unidade de transmissão (20) é encaminhado através da ligação por fibra (30) para a sua unidade de recepção associada (40) que recebe o agregado de dados, descodifica-o para separar os dados de carga útil dos dados de informação complementar e então faz sair os dados de carga útil para o seu cliente receptor associado. A unidade de recepção (40) interpreta os dados de informação complementar e utiliza-os para controlar e gerir os dados de carga útil no sistema (300). O um ou mais canais do sistema (300) são capazes de se adaptarem à taxa de débito binário dos seus dados de carga útil associados; assim, os canais são capazes de operarem mutualmente assincronamente,

contornando desse modo uma necessidade de alinhamento no agregado de dados.

Além disso, cada unidade de transmissão (20) é operável para adicionar os dados de informação complementar aos dados de carga útil quando gera o agregado de dados, de forma que o número de bits de carga útil em relação ao número de bits de informação complementar está numa razão fixa de 31:1. Uma tal razão fixada torna o agregado de dados simples de decodificar e a taxa de bits de erro mais fácil de determinar a partir daí.

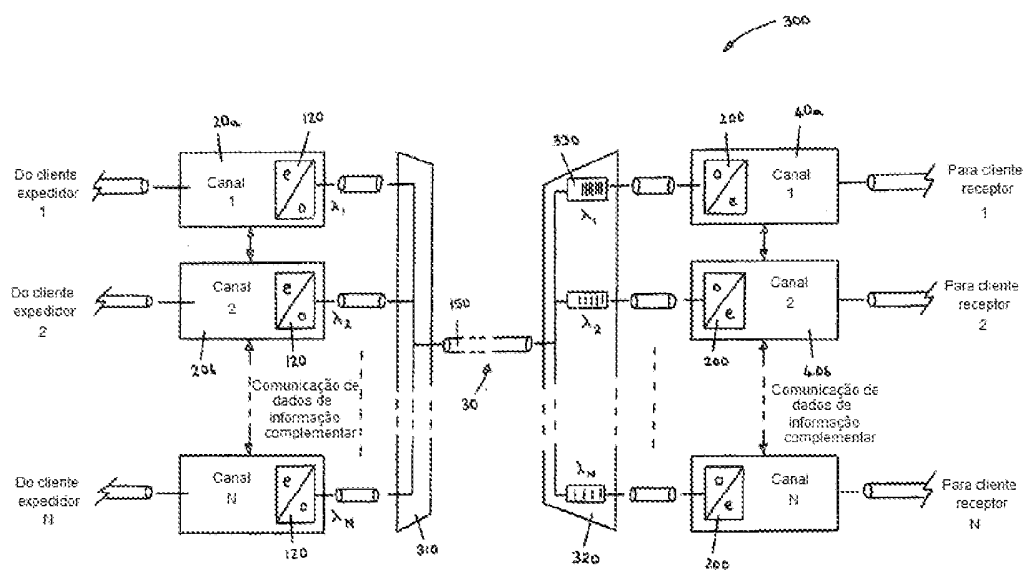


Figura 2

DESCRIÇÃO

"MÉTODO PARA COMUNICAR DADOS EM SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES"

A presente invenção relaciona-se com um método para comunicação de dados em sistemas de comunicações, em particular, mas não exclusivamente, em sistemas de comunicações ópticos. A invenção também se relaciona com um sistema de comunicações operando de acordo com o método.

Em sistemas de comunicações ópticos convencionais incluindo redes de nodos interconectados, a informação é encaminhada a partir de um primeiro nodo para um segundo nodo modulando radiação óptica gerada no primeiro nodo e guiando a radiação, por exemplo ao longo de guias de onda de fibra óptica, para o segundo nodo onde a radiação é detectada e desmodulada para proporcionar a informação nela contida. A modulação pode ser de forma que digital quer analógica.

Quando é empregue a modulação digital, é prática convencional modular uma fonte de radiação, tal como um laser, entre dois estados correspondentes a dois níveis de saída de radiação laser mutuamente diferentes. Contrariamente, quando é empregue modulação analógica, por exemplo para encaminhar informação de voz analógica multiplexada por divisão no tempo, o laser é modulado de

uma forma contínua sobre uma gama de intensidades de radiação óptica.

Quando se avalia a qualidade da comunicação óptica nos sistemas convencionais empregando modulação analógica, é relativamente fácil medir o desempenho da razão sinal-ruído no segundo nodo. No entanto, se o sinal modulador analógico é modulado com dados digitais, é extremamente difícil determinar um correspondente desempenho de taxa de bits de erro no segundo nodo; a taxa de bits de erro não está correlacionada de uma forma simples com o desempenho da razão sinal-ruído. Além disso, é também problemático incluir informação de controlo na informação complementar digital quando é empregue a modulação analógica.

Nos sistemas de comunicação convencionais empregando a modulação digital, pode ser adicionada informação digital adicional a dados de carga útil do cliente a serem enviados para a determinação da taxa de bits de erro e para propósitos de controlo. Tais sistemas convencionais são operáveis para receberem dados de carga útil do cliente a serem enviados no primeiro nodo e arranjam-nos em blocos de dados de comprimento fixado aos quais os dados de informação complementar de controlo são adicionados para proporcionar um agregado de dados para transmissão. Exemplos de tais sistemas convencionais serão agora descritos com referência a pedidos de patente publicados e a patentes concedidas.

Num Pedido de Patente Europeia Publicado N.º EP 0 663 776, está descrito um método de comunicação de dados digitais codificados em bloco com dados de sincronização e de controlo associados. No método, dados digitais codificados em bloco são comunicados com dados de informação complementar associados numa corrente de bits de dados tendo uma sucessão de blocos codificados. Cada bloco contém N símbolos em que M dos símbolos incluem informação a ser transmitida e os restantes N-M dos símbolos incluem dados de correcção de erros. A razão M/N inclui uma primeira taxa de informação. Os blocos codificados na corrente de bits de dados estão divididos numa sucessão de tramas, incluindo cada trama F dos blocos codificados. É adicionado um símbolo de informação complementar de trama por cada uma das tramas para proporcionar os dados necessários para uma função de recepção tal como a sincronização. A adição dos símbolos de informação complementar de trama baixa efectivamente a primeira taxa de informação para uma segunda taxa de informação M'/N' como proporcionado pela Equação 1 (Eq. 1):

$$\frac{M}{N} = \frac{(M'+b)}{(N'+b)} \quad \text{Eq.1}$$

em que

b = um inteiro escolhido para proporcionar a segunda taxa de informação com um valor desejado.

N é menor do que 2^{n+1} , onde n é o número de bits em cada um dos símbolos. O numero de blocos codificados F em cada trama é determinado a partir da Equação 2 (Eq. 2):

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

onde

P = um inteiro com o menor valor que torne F um inteiro, sendo P igual ao número de símbolos de informação complementar adicionados por trama.

Uma pluralidade de X das tramas são conformadas numa multi-trama contendo FX blocos codificados e PX símbolos de informação complementar de trama. X é escolhido para proporcionar suficientes símbolos de informação complementar de trama de n bits para implementar a desejada função de recepção.

Num outro Pedido de Patente Europeia Publicado N.º EP 0 540 007, está descrito um método e aparelho para a transmissão de um sinal contendo informação por:

- (a) gerar uma pluralidade de sinais de bloco com base no sinal contendo a informação;
- (b) gerar uma pluralidade de sinais de bloco de paridade com base na pluralidade de sinais de bloco de dados;

- (c) gerar um sinal de trama contendo a pluralidade de sinais de bloco de dados e os sinais de bloco de paridade;
e
- (d) enviar o sinal de trama.

No método, cada um dos sinais de blocos de dados inclui um primeiro bloco de sinal de sincronização indicando o início do sinal de bloco de dados, um sinal de dados contendo o sinal de informação e um primeiro sinal de paridade derivado pela codificação do sinal de dados. Cada um dos sinais de bloco de paridade inclui um segundo sinal de sincronização de bloco indicando o início do sinal de bloco de paridade, um segundo sinal de paridade e um terceiro sinal de paridade. Os sinais de bit localizados nas mesmas posições de bit nos respectivos segundos sinais de paridade são derivados codificando sinais de bit localizados nas mesmas posições nos respectivos sinais de dados. Os sinais de bit localizados nas mesmas posições nos respectivos terceiros sinais de paridade são derivados codificando os sinais de bit localizados nas mesmas posições de bit nos respectivos primeiros sinais de paridade; alternativamente, o terceiro sinal de paridade em cada sinal de bloco de paridade é derivado codificando o segundo sinal de paridade em cada sinal de bloco de paridade.

Num Pedido Internacional N.º PCT/FI99/00477, estão descritos métodos de transmissão de dados num sistema

de telecomunicações. Os métodos são relacionados com o emprego de "numeração de carga útil" em vez de ou adicionalmente à numeração de trama convencional. Os dados no sistema são divididos em blocos de dados de comprimento fixado ou unidades de carga útil. A dimensão de um bloco é, preferencialmente, igual a ou menor que o campo de informação mais pequeno em tramas dos protocolos utilizados. Cada trama de protocolo contém uma ou mais unidades de carga útil. Numa situação óptima, o comprimento do campo de informação numa trama de protocolo é igual a n vezes o comprimento da unidade de carga útil onde n é um inteiro. Alternativamente ou adicionalmente, a trama de protocolo transporta números de carga útil tanto para indicar as unidades de carga útil transportadas na trama de protocolo como para acuso de recepção dos blocos recebidos.

Numa Patente dos Estados Unidos concedida N.º US 5 490 142, está descrita uma interface de extensão óptica de grupo VT e um método de formato de extensão óptica de grupo VT. No método, um formato de extensão de grupo VT define uma trama de transporte para a transferência de 135 bytes, incluindo cada byte 8 bits, proporcionando o formato uma taxa de linha de 8 640 Mbit/s. Cada trama inclui uma porção de informação complementar de transporte e uma porção de carga útil. A porção de transporte inclui 27 bytes e define várias funções de operações, de administração e de manutenção. Além disso, a porção de carga útil inclui 108 bytes que correspondem directamente a um grupo VT de uma trama STS-N. A taxa de

linha de formato de extensão óptica de grupo VT é determinada como um inteiro múltiplo m de um relógio de elemento de rede STS-N onde m é 6 se N é 1 e m é 18 se N é 3. É proporcionada uma interface de extensão óptica entre um barramento VT e uma extensão óptica, respondendo a interface ao fornecimento de uma carga útil de grupo VT multiplexada no barramento VTG para proporcionar uma correspondente trama de transporte de extensão óptica de grupo VT na extensão óptica, respondendo a interface adicionalmente ao fornecimento de uma trama de transporte de extensão óptica de grupo VT na extensão óptica para proporcionar uma carga útil de grupo VT multiplexada e associada informação complementar de percurso para o barramento VTG.

É prática convencional em sistemas de comunicações ópticos contemporâneos onde os dados de clientes a transmitir não se dividem precisamente nos blocos, encher parcialmente os blocos com dados do cliente para transmissão e então adicionar código de alinhamento após os dados do cliente para transmissão para assegurar que os blocos são preenchidos completamente. Esta prática é conhecida como alinhamento e auxilia para assegurar, por exemplo, espectros de radiação satisfatórios nos sistemas convencionais.

A quantidade de alinhamento empregue é uma função dos dados de carga útil que podem variar de cliente para cliente. Quando os dados agregados são recebidos no segundo

nodo, a informação na informação complementar é isolada e interpretada, e então os blocos de dados são processados para se remover o alinhamento para proporcionar os dados de carga útil. Assim, não é possível realizar uma medição da taxa de erro de bits para os dados agregados no segundo nodo sem descodificar completamente os dados agregados para isolar os dados da carga útil; tal descodificação completa é um processo complexo.

Em sistemas de comunicações grandes e complexos incluindo muitos milhares de nodos e empregando a acima referida modulação digital, é frequentemente desejável ser capaz de monitorizar os dados agregados modulados na radiação óptica em sub-nodos intermediários entre o primeiro e o segundo nodos para nele determinar a ocorrência de erros. Tal monitorização é especialmente útil quando o primeiro e o segundo nodos estão separados espacialmente de várias centenas de quilómetros e a radiação óptica é transportada entre eles através de um número de fibras e de repetidores e regeneradores ópticos associados. A determinação da taxa de erros nos sub-nodos permite que seja medido o desempenho de partes específicas do sistema, por exemplo, a qualidade dos repetidores nele existentes ou do meio de transmissão empregue. Tal medição permite que repetidores e fibras defeituosos sejam isolados e, se necessário, contornados ou substituídos. Os sistemas sofrem um problema de que a taxa de erro nos sub-nodos não pode ser facilmente determinada sem descodificar completamente os dados agregados para determinar a taxa de

bits de erro; este problema surge por conta do alinhamento que seja empregue.

A Patente dos Estados Unidos US 5787074 descreve um sistema para a monitorização do desempenho numa rede de telecomunicações SONET na qual pode ser detectada a falha de pontos de monitorização.

É prática convencional para operadores de sistemas de comunicações alugar canais de comunicações a clientes numa base contratual de a taxa de bits de erro não exceder um limite especificado por contrato. No caso de sistemas de comunicação empregando a modulação analógica, a garantia do desempenho da taxa de bits de erro é difícil de determinar com base na medição da relação sinal-ruído. Da mesma forma, no caso de sistemas de comunicações empregando a modulação digital com alinhamento, a taxa de bits de erro pode ser medida mas requer a desmodulação completa dos dados agregados para determinar a taxa de bits de erro.

Os inventores compreenderam que é possível empregar um método alternativo de codificação de dados num sistema de comunicações que visa os problemas acima referidos.

De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, é proporcionado um transmissor óptico de acordo com a Reivindicação 1.

Um tal sistema de comunicações óptico proporciona pelo menos uma das vantagens que:

(a) a quantidade de flutuação no tempo nos dados agregados a propagarem-se através do sistema é capaz de ser reduzido, reduzindo assim a ocorrência de erros no sistema; e

(b) o desempenho da verificação de erros do sistema é capaz de ser melhorado, por exemplo a taxa de bits de erro é mais prontamente determinável a partir dos dados agregados tendo em conta da razão fixada.

De forma vantajosa, dependendo da aplicação do sistema, a razão fixada de bits de carga útil para bits de informação complementar está numa gama de 2:1 a 100:1. Uma razão maior do que 100:1 pode resultar em problemas de sincronização nos meios de recepção, portanto a gama acima referida é um compromisso prático. Preferencialmente, a razão fixada de bits de carga útil para bits de informação complementar é de 31:1.

O alinhamento de dados de carga útil dentro dos dados agregados pode resultar na necessidade de serem requeridos métodos complexos para decodificar os dados agregados. Os inventores compreenderam no método da invenção que é vantajoso não aplicar alinhamento adicional aos dados de carga útil recebidos quando se geram os dados agregados.

De forma conveniente, o sistema inclui uma pluralidade de canais, sendo cada canal capaz de se adaptar a uma taxa de dados dos seus dados de carga útil associados, sendo, portanto, os canais capazes de funcionar mutuamente assincronamente. Tal operação assíncrona é importante para contornar uma necessidade de realizar o alinhamento no sistema, proporcionando assim os benefícios de uma descodificação dos dados agregados simplificada nos meios de recepção. De maneira a alcançar tal operação assíncrona na prática, é desejável que cada canal inclua os meios de um anel de bloqueamento de fase para sincronizar o canal aos seus dados de carga útil associados.

De forma a tornar os dados de informação complementar incluídos nos dados agregados menos vulneráveis a interferência de rajada, os dados de informação complementar e os dados de carga útil são preferencialmente entrelaçados nos dados agregados.

De forma vantajosa, os dados agregados incluem uma pluralidade de tramas organizadas em multi-tramas, sendo as tramas e as multi-tramas identificáveis nos meios de recepção pela interpretação das posições dos dados de informação complementar dentro dos dados agregados. Os dados de informação complementar proporcionam dessa forma a função de benefício da sincronização dos dados de informação complementar nos meios de recepção. No entanto, a estrutura do bloco de dados presente nos dados de carga útil pode ser assíncrona para as tramas e multi-tramas como

uma consequência, embora isto não afecte a operação do sistema.

Os inventores descobriram na prática que cada multi-trama inclui de forma conveniente uma gama de 2 a 100 tramas. Esta gama é escolhida como um compromisso entre ser capaz de incluir um número de funções especializadas nos dados de informação complementar mas não ter muitas tramas em cada multi-trama de forma que a sincronização da multi-trama nos meios de recepção se torna problemática. Na prática, é preferível que cada multi-trama inclua oito tramas.

As funções especializadas mencionadas acima incorporam vantajosamente uma função de sincronização. Assim, é conveniente que os dados de informação complementar associados a cada multi-trama incluam um código de sincronização (FAW) para auxiliar os meios de recepção a sincronizarem-se com as multi-tramas. Por exemplo, o código de sincronização pode incluir quatro bytes de sincronização, FAW1 a FAW4, nos dados de informação complementar. Além disso, os quatro bytes de sincronização FAW1 a FAW4 podem ter, por exemplo, valores binários de 1111 0110_b, 111 0110_b, 0010 1000_b e 0010 1000_b a eles atribuídos, respectivamente.

Quando se assegura que não estão perdidas multi-tramas nos dados agregados quando comunicadas através dos meios de transporte, é desejável que os dados de

informação complementar associados a cada multi-trama incluem um código de identidade (MIC) para utilização na identificação da multi-trama. As multi-tramas perdidas são identificadas preferencialmente nos meios de recepção determinando se o código de identidade está, ou não, incrementado de uma maneira consistente para sucessivas multi-tramas. Uma incrementação inconsistente é indicativa de multi-tramas em falta na recepção pelos meios de recepção. De forma conveniente, o código de identidade é incrementado na maneira de módulo, por exemplo em módulo 255; isto permite que seja utilizado um único byte nos dados de informação complementar para representar o código. Na prática, descobriu-se ser particularmente benéfico incrementar o código de identidade em passos de uma pluralidade de contagens, por exemplo em passos de 3 contagens, para multi-tramas sucessivas. Na prática, descobriu-se que a inclusão do código MIC também auxilia na sincronização dos meios de recepção com os dados agregados.

Assegurar uma correcta estabilidade dos níveis de d.c. a partir de fotodetectores utilizados para detectar os dados agregados pode ser problemático onde seja empregue um acoplamento a.c. para remover os desvios de d.c. a partir de tais fotodetectores. De forma a enfrentar este problema, os dados de informação complementar associados a cada multi-trama incluem vantajosamente código de equilíbrio (BAL) para assegurar que os bytes da informação complementar associados à multi-trama incluem números de 0's e de 1's substancialmente iguais.

Além disso, assegurar que as ligações de canais são executadas correctamente no sistema, é desejável que os dados de informação complementar incluam informação de identidade a respeito de pelo menos um dos meios de transmissão e dos meios de recepção. Assim, de forma conveniente, os dados de informação complementar associados a cada multi-trama incluem código de identificação de percurso (TTI) para utilização pelos meios de recepção para confirmar se estão, ou não, ligados aos seus meios de transmissão correspondentes correctos.

Em sistemas de comunicações incluindo uma pluralidade de canais, pode ocorrer ocasionalmente, na prática, a falha de um ou mais dos canais. É, portanto, desejável que os dados de informação complementar possam ser capazes de invocar uma substituição de canal no evento da falha de canal. Assim, preferencialmente, os dados de informação complementar associados a cada multi-trama incluem código de comutação de protecção automática (APS) para instruir o sistema a utilizar canais alternativos para encaminhar os dados de carga útil no evento de falha de um canal no sistema.

Quando ocorra interferência nos meios de encaminhamento, os danos nos dados agregados serão frequentemente limitados a tramas individuais. É, portanto, preferível que os dados de informação complementar associados a cada multi-trama incluam um código de paridade de bits entrelaçados (BIP) para cada trama da multi-trama,

sendo o código de paridade de entrelaçamento utilizável pelos meios de recepção para detectar a ocorrência de corrupção dos dados de carga útil associados à trama. Como uma consequência do número de bits de informação complementar estar numa razão fixada em relação ao número de bits da carga útil, o código BIP proporciona uma indicação directa da taxa de bits de erro nos dados agregados; uma tal indicação directa permite que sejam utilizados monitores relativamente simples para medir a taxa de bits de erro ao longo dos meios de encaminhamento, por exemplo para propósitos de detecção de falhas. Assim, ao contrário dos sistemas anteriores na arte, o método da invenção proporciona um código indicativo de uma densidade fixada de taxa de erro em relação aos dados de carga útil do cliente independentemente da taxa de dados de carga útil do cliente.

De forma a auxiliar os meios de recepção a se sincronizarem correctamente aos dados agregados e aplicar o processamento apropriado, por exemplo regeneração, é desejável que os dados de informação complementar incluam uma indicação da taxa de dados agregados à qual é esperado que o canal opere. Assim, vantajosamente, os dados de informação complementar associados a cada multi-trama incluem um código indicador do tipo de carga útil (PTI) indicativo da taxa de dados de carga útil fornecido aos meios de transmissão.

A invenção é aplicável a sistemas de comunicações

operando a taxas de bits em série aproximando os 10 Gbits/s e maiores. É presentemente relativamente difícil e dispendioso proporcionar dispositivos de comutação lógica capazes de operar a tão elevadas taxas de bits. Portanto, é altamente desejável converter dados em série com elevada taxa de bits em dados em paralelo para facilitar as tarefas de processamento realizadas nos meios de transmissão e também nos meios de recepção. Assim, vantajosamente, os meios de transmissão são operáveis para receber os dados de carga útil como dados em série e converte-los em dados em paralelo para os combinar com os dados de informação complementar para gerar os dados agregados como dados em série para transmissão através dos meios de encaminhamento.

Em sistemas de comunicações práticos, é preferível que os meios de encaminhamento incluam uma ou mais guias de onda de fibra óptica para encaminhar os dados agregados, sendo os dados agregados modulados em radiação óptica, por exemplo radiação gerada por uma fonte de laser de retroacção distribuída (DFB), que é guiada a partir dos meios de transmissão para os meios de recepção ao longo de uma ou mais guias de ondas em fibra. De forma a utilizar em grande extensão a largura de banda da fibra, é desejável que uma multitude de canais do sistema sejam multiplexados opticamente ao longo de uma única guia de ondas de fibra óptica dos meios de encaminhamento.

Alternativamente, por exemplo quando a portabilidade do sistema seja uma consideração importante, os meios de encaminhamento incluem vantajosamente uma

ligação rádio ou um cabo coaxial eléctrico para encaminhar os dados agregados.

Quando se implementa o sistema na prática, verificou-se ser vantajoso para os meios de transmissão que incorporem uma unidade adaptadora para combinar os dados de carga útil com os dados de informação complementar para gerar os dados agregados, e para os meios de recepção incorporarem uma correspondente unidade adaptadora para separar os dados da carga útil dos dados de informação complementar. Cada unidade adaptadora inclui benéficamente um ou mais circuitos relógio de anel de bloqueamento de fase para sincronizar as unidades aos dados que nelas dão entrada.

Os sistemas de comunicações têm usualmente que servir os requisitos de vários clientes. Assim, convenientemente, o sistema inclui uma pluralidade de canais operáveis de forma a adaptarem-se à taxa à qual eles recebem dados de carga útil, sendo, portanto, os canais capazes de operar mutuamente assincronamente. Tal operação assíncrona permite ao sistema acomodar dados de carga útil que sejam fornecidos a partir de diferentes clientes a taxas de bits de carga útil mutuamente diferentes sem a necessidade de empregar alinhamento nos dados agregados.

Num segundo aspecto da presente invenção, é proporcionado um método para transmissão de dados de acordo com a Reivindicação 4.

Num terceiro aspecto da presente invenção, é proporcionado um receptor óptico de acordo com a Reivindicação 7.

Num quarto aspecto da presente invenção, é proporcionado um método para receber dados de acordo com a Reivindicação 10.

Serão agora descritas formas de realização da invenção, pela via apenas de exemplo, com referência aos diagramas seguintes nos quais:

A Figura 1 é uma ilustração esquemática de um canal de comunicação de um sistema de comunicação de acordo com a invenção;

A Figura 2 é uma ilustração esquemática de um sistema de comunicação de acordo com a invenção incorporando uma pluralidade de canais de comunicação como se mostra na Figura 1;

A Figura 3 é um diagrama de uma unidade adaptadora incluída no canal de comunicação ilustrado na Figura 1;

A Figura 4 é um diagrama de uma unidade adaptadora alternativa incluída no canal de comunicação ilustrado na Figura 1;

A Figura 5 é uma representação de uma estrutura de

trama de dados utilizada no canal e sistema ilustrados nas Figuras 1 e 2 respectivamente, incluindo a estrutura de trama dados de carga útil de cliente entrelaçados com dados de informação complementar numa razão fixada de 31:1; e

A Figura 6 é uma representação de bytes de informação complementar de uma estrutura em multi-trama utilizada no canal e sistema ilustrados nas Figuras 1 e 2 respectivamente, incluindo a estrutura em multi-trama oito estruturas de trama de um tipo ilustrado na Figura 5.

Em referência à Figura 1, está apresentado um canal de comunicação de um sistema de comunicação de acordo com a invenção; o canal está indicado geralmente por 10. O canal 10 inclui uma unidade de transmissão 20, uma ligação por fibra óptica 30 e uma unidade de recepção 40 apresentada como contida dentro das linhas interrompidas 25, 35, 45 respectivamente.

Numa visão alargada, o canal 10 opera pela unidade de transmissão 20 receber dados de carga útil na sua entrada provenientes de um cliente emissor (não apresentado). A unidade de transmissão 20 prossegue para a codificação dos dados de carga útil organizando-os em tramas e multi-tramas às quais são adicionados dados de informação complementar para proporcionar os correspondentes dados agregados. Os dados agregados são encaminhados na forma de radiação óptica modulada a partir da unidade de transmissão 20 através da ligação por fibra

30 para a unidade de recepção 40. A unidade de recepção 40 recebe a radiação modulada e deriva a partir dela os dados agregados. Além disso, a unidade de recepção 40 descodifica os dados agregados para separar os dados de informação complementar dos dados de carga útil, e então faz sair os dados de carga útil para o cliente receptor (não apresentado). Além disso, os dados de informação complementar presentes nos dados agregados são interpretados pela unidade de recepção 40 o que lhe permite aplicar funções de gestão e de controlo. Estas funções serão descritas com mais detalhe posteriormente e incluem identificação de percurso, comutação de protecção automática (APS), paridade de bits entrelaçados (BIP), indicação de qualidade no sentido directo e inverso (FQI e BQI), indicação de defeito no sentido directo e inverso (FDI e BDI).

Serão agora descritas com mais detalhe as partes componentes do canal 10.

A unidade de transmissão 20 inclui um primeiro conversor de óptico para eléctrico 100, uma unidade geradora de informação complementar 105, uma unidade adaptadora 110 e um segundo conversor de eléctrico para óptico 120. O primeiro conversor 100 está ligado na sua entrada óptica ao cliente expedidor através de uma fibra óptica 130. Uma saída eléctrica proveniente do conversor 100 está ligada a uma primeira entrada eléctrica do adaptador 110. Além disso, os dados de informação

complementar gerados na unidade de informação complementar 105 são encaminhados através de uma ligação eléctrica ligando a unidade de informação complementar 105 a uma segunda entrada eléctrica da unidade adaptadora 110. Uma saída eléctrica proveniente da unidade adaptadora 110 está ligada a uma entrada eléctrica do segundo conversor 120. Além disso, a ligação por fibra 30 está ligada na sua primeira extremidade a uma saída óptica do segundo conversor 120. A unidade geradora de informação complementar 105 está também ligada a unidades geradoras de informação complementar de outros canais, e também a sistemas de gestão locais e regionais (não apresentados na Figura 1).

A unidade de recepção 40 inclui um terceiro conversor de óptico para eléctrico 200, uma unidade adaptadora 210, um quarto conversor de eléctrico para óptico 215 e uma unidade geradora de informação complementar 220. O terceiro conversor 200 está ligado na sua entrada óptica a uma segunda extremidade da ligação por fibra 30. Uma saída eléctrica do conversor 200 está ligada a uma entrada eléctrica do adaptador 210. O adaptador 210 inclui uma primeira e segunda saídas eléctricas; a primeira saída está ligada a uma entrada eléctrica do quarto conversor 215 e a segunda saída está ligada a uma entrada da unidade geradora de informação complementar 220. A unidade de interpretação 220 está também ligada a unidades de interpretação de outros canais, a um sistema de gestão local e também ao sistema de gestão regional mencionado

acima (não apresentado na Figura 1). Uma saída óptica proveniente da unidade de conversão 215 está ligada através de uma fibra óptica ao cliente receptor (não apresentado).

Em operação, o primeiro conversor 100 recebe dados de carga útil provenientes do cliente expedidor através da fibra 130. A unidade de transmissão 20 está desenhada para acomodar dados de carga útil provenientes do cliente expedidor a taxas de bits de dados de até 10 Gbits/segundo e maiores. O conversor 100 converte os dados de carga útil num correspondente sinal eléctrico que se propaga a partir da saída eléctrica do conversor 100 para a primeira entrada eléctrica da unidade adaptadora 110. A unidade de informação complementar 105 recebe instruções de gestão provenientes dos sistemas de gestão locais e regionais e gera os correspondentes dados de informação complementar que se propagam para a segunda entrada eléctrica da unidade de adaptação 110. A unidade de adaptação 110 entrelaça então os dados de informação complementar com os dados de carga útil de forma que 31 bits de dados de carga útil são acompanhados por 1 bit de dados de informação complementar numa razão fixada de 31:1. A unidade adaptadora 110 junta os dados entrelaçados em tramas, incluindo cada trama 2048 bits dos quais 1984 bits e 64 bits correspondem a dados de carga útil e a dados de informação complementar respectivamente. Além disso, a unidade adaptadora 110 junta adicionalmente tramas em grupos de oito tramas, gerando dessa forma multi-tramas correspondentes. As estruturas das tramas e das

multi-tramas serão descritas com mais detalhe mais tarde. As multi-tramas saem pela saída eléctrica da unidade adaptadora 110 na forma de dados agregados que se propagam para a entrada eléctrica do segundo conversor 120. O conversor 120 converte os dados agregados na correspondente radiação óptica modulada digitalmente que é feita sair pela saída óptica para a ligação por fibra 30 ao longo da qual a radiação se propaga para a unidade receptora 40; o conversor 40 inclui um laser de infravermelhos modulado operável para emitir radiação a um comprimento de onda na ordem de 1550 nm.

O terceiro conversor 200 recebe a radiação modulada e converte-a num correspondente sinal eléctrico que a unidade adaptadora 210 recebe na sua entrada eléctrica; esta conversão é realizada por amplificadores ópticos, regeneradores e fotodetectores associados dentro do conversor 200. A unidade adaptadora 210 processa o sinal eléctrico correspondente aos dados agregados retirando-lhe os dados de informação complementar e passando-o para a unidade de interpretação 220. A unidade adaptadora 210 descodifica ainda as tramas e multi-tramas para extrair os dados de carga útil que são enviados a partir da unidade adaptadora 210 para a entrada eléctrica do quarto conversor 215. O conversor 215 converte os dados de carga útil e modula-os em radiação óptica que é enviada pela saída óptica do conversor 215 e se propaga para o cliente receptor.

A forma dos dados agregados no canal 10 distingue-se da dos sistemas de comunicação convencionais por o número do bits de dados de informação complementar e dos dados de carga útil nos dados agregados estar sempre numa razão fixada. Além disso, não é empregue o alinhamento com uma consequência de que os blocos de dados proporcionados pelo cliente expedidor serem assíncronos para as tramas e multi-tramas do canal 10. Como consequência da unidade adaptadora 210 retirar os dados de informação complementar e descodificar as tramas e multi-tramas, a transmissão proveniente do cliente expedidor para o cliente receptor é transparente no sentido de que o cliente receptor será desconhecedor de que sejam utilizadas tramas e multi-tramas para encaminhar os dados de carga útil através do canal 10.

Por conta de não ser utilizado o alinhamento no canal 10 e do número de bits de dados de carga útil para dados de informação complementar estar numa razão fixada, é muito mais fácil determinar a taxa de bits de erro no canal 10 não apenas na unidade de recepção 40 mas também em sub-nodos (não apresentados) ao longo da ligação por fibra 30. Tal facilidade na determinação da taxa de bits de erro permite que, num sistema de comunicação incorporando uma pluralidade de canais similares ao canal 10, canais defeituosos sejam mais facilmente identificados e, se necessário, sejam seleccionados canais de protecção correspondentes em substituição.

Um sistema de comunicação pode ser construído de acordo com a invenção que inclui uma pluralidade de canais similares ao canal 10 onde radiação óptica modulada é multiplexada opticamente ao longo de uma única ligação por fibra óptica. Um tal sistema está ilustrado na Figura 2 e indicado geralmente por 300.

O sistema 300 inclui N unidades de transmissão, por exemplo unidades de transmissão 20a, 20b correspondentes aos canais 1 e 2 respectivamente. Cada unidade de transmissão 20 está ligada na sua entrada óptica a um correspondente cliente expedidor, por exemplo os canais 1 e 2 estão ligados aos clientes expedidores 1 e 2 respectivamente. As unidades de transmissão 20 estão interligadas nas suas associadas unidades geradoras de informação complementar 105 de forma que, por exemplo, os dados de carga útil do cliente expedidor 1 podem ser direccionados através do canal N no evento do canal 1 se tornar defeituoso como em comutação de protecção. As saídas ópticas das unidades de transmissão 20 estão ligadas a um multiplexador óptico 310 que combina as saídas para proporcionar uma saída óptica composta. A saída composta está ligada à primeira extremidade da fibra 150 da ligação por fibra 30. Os segundos conversores 120 das unidades de transmissão 20 no sistema 300 estão configurados para enviarem a sua radiação óptica em comprimentos de onda mutuamente diferentes. Por exemplo, os conversores 120 dos canais 1, 2 e N podem ser configurados para emitirem radiação óptica a comprimentos de onda nominais de 1550,

1560 e 1600 nm respectivamente, embora outros comprimentos de onda possam ser utilizados alternativamente se necessário.

A fibra 150 está ligada na sua segunda extremidade a um desmultiplexador óptico 320 incluindo uma pluralidade de filtros ópticos de rede de Bragg, por exemplo um filtro 330, para isolar componentes de radiação provenientes do multiplexador 310 correspondentes a cada unidade de transmissão 20. O desmultiplexador 320 está ligado nas suas saídas ópticas a unidades de recepção 40 associadas que estão, por sua vez, ligadas a clientes receptores associados. As unidades de recepção 40 estão interligadas nas suas respectivas unidades de interpretação 220 de forma que funções tais como a comutação para um canal de protecção, por exemplo o canal N, possam ser implementadas no evento de um outro canal desenvolver uma falha.

Em operação, os dados de carga útil recebidos a partir dos clientes expedidores são codificados nas unidades de transmissão 20 para gerarem os seus correspondentes dados agregados. Os dados agregados de cada unidade de transmissão 20 são modulados numa radiação portadora óptica cujo comprimento de onda nominal é específico para cada unidade de transmissão 20. A radiação óptica de saída proveniente das unidades de transmissão 20 é opticamente combinada no multiplexador 310 para gerar a radiação composta que se propaga através da ligação por

fibra 30.

O desmultiplexador 320 recebe a radiação composta na sua entrada óptica e filtra a radiação agregada correspondente a cada unidade de transmissão 20. A radiação agregada propaga-se até à sua unidade de recepção 40 respectiva que então descodifica os dados agregados para proporcionar os dados de carga útil ao seu cliente receptor associado.

Quando são requeridos um grande número de canais, por exemplo várias centenas de canais, o sistema 300 pode ser duplicado para proporcionar um sistema alargado compreendendo vários multiplexadores, desmultiplexadores e ligações de fibras ópticas. Cada unidade de transmissão e unidade de recepção num tal sistema alargado pode estar ligada a outras unidades de transmissão e unidades de recepção respectivamente para proporcionar funções tais como a comutação de protecção no evento de uma ligação por fibra, um desmultiplexador ou um multiplexador se tornar defeituoso.

Cada canal no sistema 300 adapta-se a uma taxa à qual os dados de carga útil são fornecidos a partir do seu cliente expedidor respectivo. Assim, os canais no sistema 300 são capazes de funcionar mutuamente assincronamente. Tal adaptação dos canais às taxas às quais os dados de carga útil são fornecidos pelos clientes expedidores é realizada pelas unidades adaptadoras 110, 210 de cada

canal.

Embora o sistema 300 apresentado na Figura 2 seja operável para proporcionar ligações de comunicações a partir dos clientes expedidores para o cliente receptor, será entendido que seja proporcionada a comunicação bidireccional entre os clientes expedidores e os clientes receptores pela inclusão de canais dirigidos inversamente correspondentes (não apresentados) a partir dos clientes receptores para os clientes expedidores, sendo os canais dirigidos inversamente de desenho similar aos canais ilustrados nas Figuras 1 e 2.

De forma a descrever adicionalmente a operação assíncrona dos canais, a unidade adaptadora 110 será descrita com mais detalhe com referência à Figura 3. A capacidade dos canais do sistema 300 para funcionarem mutuamente assincronamente, contorna a necessidade de alinhamento nos dados agregados, permitindo dessa forma que seja alcançada uma razão fixada de bits de carga útil para bits de informação complementar o que simplifica grandemente as funções de informação complementar tais como a determinação da taxa de bits de erro (BER), e também reduz a instabilidade de fase nos dados agregados a propagarem-se no canal 10 e no sistema 300.

A unidade adaptadora 110, apresentada incluída dentro de uma linha interrompida 490, inclui um desmultiplexador de 1 para 31 500, um multiplexador de 32 para 1 510, um primeiro anel de bloqueamento de fase (PLL1)

520, um segundo anel de bloqueamento de fase (PLL2) 530 e um codificador de dados 540. O codificador 540 está implementado como um dispositivo lógico programável no campo (FPDL), por exemplo como o fabricado por Xilinx Inc.

A saída eléctrica do primeiro conversor 100 está ligada a uma entrada de dados série do desmultiplexador 500 e a uma entrada de referência do PLL1 520. Uma primeira saída do PLL1 520 está ligada a uma entrada de relógio CLK do desmultiplexador 500. Além disso, uma segunda saída do PLL1 520 está ligada a uma entrada de referência do PLL2 530. O desmultiplexador 500 inclui saídas paralelas D_0 a D_{30} que estão ligadas a correspondentes entradas de dados do codificador de dados 540. A unidade de informação complementar 105 inclui uma saída de dados de informação complementar ligada a uma entrada de dados de informação complementar K_0 do codificador 540. O codificador 540 inclui ainda saídas de dados em paralelo E_0 a E_{31} ligadas a correspondentes entradas em paralelo do multiplexador 510. Uma saída do PLL2 530 está ligada a uma entrada de relógio CLK do multiplexador 510. O multiplexador 510 inclui uma saída multiplexada ligada à entrada eléctrica do segundo conversor 120.

Numa visão alargada, a unidade adaptadora 110 funciona recebendo dados de carga útil em série provenientes do primeiro conversor 100 a uma taxa de até 10 Gbits/s ou mais. O PLL1 520 sincroniza-se ele mesmo com os dados de carga útil e gera um correspondente sinal de

relógio sincronizado que gera impulsos de relógio continuamente mesmo quando os dados de carga útil permanecem num estado lógico particular durante vários ciclos de relógio. O PLL1 520 gera impulsos de relógio tanto para o desmultiplexador 500 como para o PLL2 530. Os dados de carga útil são convertidos de uma corrente de bits em série para palavras em paralelo de 31 bits de largura no desmultiplexador 500. Os dados de carga útil são transferidos em palavras de 31 bits do desmultiplexador 500 para o codificador 540. O codificador 540 adiciona um bit de dados de informação complementar recebido da unidade geradora de informação complementar 105 a cada 31 bits de dados de carga útil numa razão fixada para proporcionar palavras de saída nas saídas E_0 a E_{31} . As palavras de saída são passadas para o multiplexador 510 que converte as palavras de saída numa correspondente corrente de bits em série, nomeadamente os dados agregados, que passam para o segundo conversor 120 onde são modulados em radiação óptica para transmissão ao longo da fibra 150. A inclusão do desmultiplexador 500 proporciona o benefício de o codificador 540 receber dados na forma de palavras e não necessita de ser capaz de gerar impulsos de relógio à taxa dos dados de carga útil o que se pode aproximar dos 10 Gbits/s; o codificador 540 gera impulsos de relógio a taxas na ordem de 300 MHz quando a taxa de bits dos dados de carga útil se aproxima dos 10 Gbits/s. No entanto, o desmultiplexador 500 está desenhado para ser capaz de tratar até 10 Gbits/s ou maiores taxas de bits de dados em série.

A inclusão dos dados de informação complementar nos dados agregados significa que a taxa de bits de dados nos dados agregados é 32/31 vezes maior do que o tráfego de carga útil apresentado pelo cliente expedidor para a unidade adaptadora 110. É o propósito do PLL2 530 proporcionar um sinal de relógio a uma taxa de F_2 que é a frequência fixada ao sinal de relógio a uma taxa F_1 proporcionada a partir do PLL1 520. O sinal de relógio proveniente do PLL2 530 envia impulsos de relógio para o multiplexador 510 a uma taxa 32/31 vezes maior do que aquela a que o desmultiplexador 500 é controlado pelo PLL1 520. Uma tal transformação da taxa de bits previne uma acumulação de dados de carga útil na unidade adaptadora 540 que ocorreria se o desmultiplexador 500 e o multiplexador 510 fossem controlados por taxas idênticas.

Na unidade adaptadora 210, é realizada uma operação inversa da que ocorre na unidade adaptadora 110. Na operação inversa, os dados agregados são primeiramente carregados para um desmultiplexador de 1 para 32 operável para converter dados série em dados em palavras com 32 bits, então o bit de informação complementar é extraído da palavra de 32 bits para fornecer uma palavra de 31 bits que é passada para um multiplexador de 31 para 1 bits para converter a palavra de 31 bits nos correspondentes dados de carga útil em série. A unidade adaptadora 210 também incorpora dois PLLs como se mostra na Figura 3 excepto que o segundo PLL ligado ao multiplexador é operável para proporcionar uma conversão de frequência de 31/32 vezes.

Além disso, o codificador de dados 540 incluído na unidade adaptadora 110 está substituído com um decodificador na unidade adaptadora 210 que é operável para fazer sair dados de informação complementar para a sua unidade de interpretação 220 associada.

Na prática, a obtenção de desmultiplexadores de 1 para 31 e de multiplexadores de 32 para 1 para as unidades de transmissão 20a, 20b, e da mesma forma desmultiplexadores de 1 para 32 e de multiplexadores de 31 para 1 para as unidades de recepção 40a, 40b não é fácil quando é pedido um desempenho de 10 Gbits/s de taxa de bits de dados em série. Os multiplexadores e desmultiplexadores padrão próprios capazes de operar a esta taxa de bits são frequentemente dispositivos de 16 para 1 e de 1 para 16. Quando são empregues tais partes próprias na unidade adaptadora 110, a unidade 110 é implementável como ilustrado na Figura 4.

Na Figura 4, é utilizado um desmultiplexador de 1 para 16 540 em vez do desmultiplexador 500 na Figura 3. Além disso, é utilizado um multiplexador de 16 para 1 550 em vez do multiplexador 510 na Figura 3. Além disso, é utilizado um codificador de dados FPLD 560 incluindo uma memória tampão 570 em vez do codificador 540 na Figura 3.

Em operação, os dados de carga útil na forma de uma corrente de bits em série passa do conversor 100 para o desmultiplexador 540 que converte a corrente de bits em

série em correspondentes palavras em paralelo de 16 bits. As palavras são carregadas pelo codificador 560 na sua memória tampão 570 para lhe proporcionar dados de carga útil. O codificador 560 adiciona então um bit de informação complementar apropriado a cada grupo corrente de 31 bits de dados de carga útil na memória 570 para neles gerar dados agregados e então prossegue fazendo sair os dados agregados em palavras de 16 bits de comprimento para o multiplexador 550. O multiplexador 550 converte as palavras de 16 bits numa corrente de bits em série dos dados agregados que é então feita sair da unidade de codificação 110 para o segundo conversor 120 para a sua modulação em radiação óptica para transmissão ao longo da fibra 150.

A conversão da taxa de bits que ocorre nas unidades adaptadoras 110, 120 contorna a necessidade de alinhamento dos dados agregados, simplificando assim os dados agregados e permitindo a determinação pelos sub-nodos da taxa de bits de erro a ser realizada.

Os dados agregados, como brevemente descrito acima, são dados em série e pontuado em tramas e multi-tramas em virtude dos valores de bits dos dados de informação complementar adicionados numa razão fixada para os dados de carga útil na unidade adaptadora 110. Oito palavras em sequência nos dados agregados formam uma muti-trama. A estrutura de uma trama está ilustrada na Figura 5 e indicada por 600. Cada trama 600 começa com um bit de informação complementar A1 que é seguido por 31 bits

de dados de carga útil do cliente expedidor (31 bits P/L) que, por sua vez, são seguidos por um bit de informação complementar A2 e assim sucessivamente. Por exemplo, um bit de informação complementar A8 nos dados agregados é seguido por 31 bits de dados agregados que, por sua vez, são seguidos por um bit de informação complementar B1 e assim sucessivamente. A trama 600 termina com um bit de informação complementar H8 seguido de 31 bits de dados de carga útil. Como ilustrado na Figura 5, cada bit de dados de informação complementar na trama 600 é acompanhado por 31 bits de dados de carga útil numa razão fixada de 1:31.

Os dados agregados correspondendo à trama 600 podem ser vistos conceptualmente como a trama 600 sendo lida linha a linha, como representado por uma seta 610 indicando a direcção da linha e uma seta 620 indicando a direcção da coluna. A trama 600 é assim lida a partir do seu topo superior esquerdo (START) para a sua extremidade em baixo do lado direito (END) linha a linha para proporcionar os dados agregados.

Na trama 600, os bits de informação complementar A1 a A8 formam um byte A, os bits de informação complementar B1 a B8 formam um byte B, e assim sucessivamente. Por isso, os bits de informação complementar para cada trama podem ser representados como ilustrado no Quadro 1 como oito bits; os dados de carga útil provenientes do cliente expedidor não estão apresentados no quadro.

Quadro 1

Byte de informação complementar A
Byte de informação complementar B
Byte de informação complementar C
Byte de informação complementar D
Byte de informação complementar E
Byte de informação complementar F
Byte de informação complementar G
Byte de informação complementar H

Oito tramas similares à trama 600 são feitas sair em sequência nos dados agregados para formarem uma multi-trama. Os bytes de informação complementar das oito tramas constituindo a multi-trama podem ser representados por símbolos onde o byte A_x corresponde ao byte de informação complementar A da trama x onde um índice x está na gama de 1 a 8. Assim, um byte A_1 corresponde a um byte de informação complementar A da primeira trama na multi-trama e um byte H_8 corresponde a um byte de informação complementar H da oitava trama na multi-trama.

Por conveniência, os bytes de informação complementar da multi-trama podem ser organizados na forma de tabela como no Quadro 2.

Quadro 2

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

Nos dados agregados, os bytes de informação complementar aparecem numa sequência, embora pontuados por dados de carga útil, de forma que o Byte A₁ é seguido pelo byte B₁ e assim sucessivamente até ao byte H₁ seguido pelo byte A₂ e assim sucessivamente até ao byte H₈ no final da multi-trama.

As unidades 105, 220 utilizam os bytes de informação complementar para realizar um número de funções de informação complementar que serão agora descritas com referência à Figura 6; este diagrama mostra uma representação de bytes de informação complementar de uma estrutura de multi-trama utilizada no canal 10 e no sistema 300. Os bytes de informação complementar realizam diferentes funções, por exemplo como indicado por abreviaturas no diagrama, nomeadamente:

FAW: "palavra de alinhamento de trama";
MIC: "código de identidade de multi-trama";
BAL: "byte de equilíbrio";
SPA: "byte livre";
TTI: "identificador de percurso";
APS: "canal de protecção automático";
FDI: "indicação de defeito para a frente";
BDI: "indicação de defeito para trás";
FQI: "indicador de qualidade em frente";
BQI: "indicador de qualidade para trás";
PTI: "indicador de tipo de carga útil"; e
BIP: "paridade de bit entrelaçado".

No sistema 10, a unidade geradora de informação complementar 105 gera os bytes de informação complementar apresentados na Figura 6. Os valores de alguns dos bytes de informação complementar são determinados localmente na unidade de informação complementar 105 enquanto que outros são gerados em resposta a comandos recebidos a partir dos anteriormente mencionados sistemas de gestão locais e regionais, por exemplo valores de TTI. Por outras palavras, os bytes de informação complementar são gerados com base em informação proporcionada quer internamente na unidade de transmissão 20 quer a partir dos anteriormente mencionados sistemas de gestão. Estes bytes são comunicados nos dados agregados para a unidade adaptadora 210 que isola os bytes de informação complementar e os passa para a unidade de interpretação 220 para interpretação.

A unidade de interpretação 220 utiliza os bytes de informação complementar FAW1, FAW2, FAW3, FAW4 para identificar onde as multi-tramas começam nos dados agregados, nomeadamente para a sincronização com multi-tramas. No canal 10 e no sistema 300, estes bytes FAW1, FAW2, FAW3, FAW4 têm valores fixados de 1111 0110_b, 1111 0110_b, 0010 1000_b, 0010 1000_b respectivamente onde um índice b indica um número binário. Podem ser utilizados valores alternativos para estes bytes FAW1 a FAW4 desde que estes valores proporcionem o canal 10 e o sistema 300 com a capacidade de sincronização com mutli-tramas.

O código de identificação de multi-trama MIC é uma valor de byte que é incrementado pela unidade geradora de informação complementar 105 para cada multi-trama subsequente. Por exemplo, uma primeira multi-trama tem um valor de MIC 0000 0001_b, uma segunda multi-trama a seguir à primeira multi-trama tem um valor de MIC 0000 0010_b e assim sucessivamente; quando o código de identidade atinge um valor 1111 1111_b para a 255^a multi-trama, o MIC reinicializa novamente para um valor de 0000 0000_b para a 256^a multi-trama e assim sucessivamente numa forma de módulo 255. A incrementação noutros módulos, por exemplo em módulo 8, é também possível para o código MIC em vez de se utilizar o módulo 255.

A unidade de interpretação 220 é operável para monitorizar o código de identidade e assegurar que ocorre a incrementação correcta; quaisquer erros na incrementação do

MIC são identificados pela unidade de interpretação 220 como indicativo de multi-tramas em falta. Além disso, a inclusão do código MIC nos dados agregados auxilia a unidade de recepção 40 a sincronizar-se com os dados agregados, nomeadamente o alinhamento de trama é melhorado assim na unidade de recepção 40.

Como uma opção, o valor MIC pode ser incrementado em mais do que 1 contagem para cada multi-trama subsequente, por exemplo a incrementação pode ser em passos de três contagens de forma que uma sequência típica de contagem do MIC poderá ser 1111 1110_b (decimal 254) para uma primeira multi-trama, 0000 0001_b (decimal 1) para uma segunda multi-trama, 0000 0100_b (decimal 4) para uma terceira multi-trama e assim sucessivamente.

A unidade de interpretação 220 utiliza os bytes de informação complementar de equilíbrio BAL para propósitos de restauro de d.c. O valor dos bytes de equilíbrio são definidos pela unidade geradora de informação complementar 105 de forma que para cada uma das tramas 2 a 8 da multi-trama representada na Figura 6, o número de 0's e de 1's nos seus bytes de informação complementar associados são iguais. Tal equilíbrio é vantajoso quando são empregues no canal 10 e no sistema 300 fotodetectores tendo as suas saídas eléctricas a.c. acopladas para remover o desvio de d.c. para converter a radiação modulada com os dados agregados em sinais eléctricos para a unidade adaptadora 210 e as suas unidades

de interpretação 220 associadas.

A multi-trama na Figura 6 também inclui bytes livre SPA que não são atribuídos inicialmente mas que podem ser atribuídos por utilizadores do sistema para realizar funções adicionais após o comissionamento do sistema 300 se tais funções se revelarem serem necessárias para auxiliares a operação do sistema. O gerador e as unidades de interpretação 105, 220 são controladas por software e são, portanto, susceptíveis de terem o seu desempenho actualizado por modificação do software.

Os bytes de informação complementar de identificador de percurso TTI incluem uma cadeia de 16 bytes que é incluída a partir do byte de informação complementar B_2 da trama 2 para o byte de informação complementar D_5 da trama 5 como ilustrado na Figura 6. Os bytes 2 a 16 da cadeia são caracteres ASCII definíveis pelo utilizador e o byte 1 da cadeia inclui um valor de soma de verificação CRC-7 gerado pela unidade de informação complementar 105 em concordância com uma especificação de comunicação ITU G. 707 Anexo B. A cadeia é utilizada pelo sistema 300 para assegurar que um cliente receptor está ligado ao seu cliente expeditor correspondente correcto.

Os bytes de informação complementar de canal de protecção automática APS1 a APS4, nomeadamente os bytes de informação complementar A_6 a D_6 da trama 6 são utilizados pelo sistema 300 quando um canal

deficiente dele tenha que ser contornado e um outro canal do sistema 300 seja atribuído em substituição para encaminhar os seus dados de carga útil. A unidade de interpretação 220 interpreta estes bytes de informação complementar para determinar se o seu canal associado é ou não para ser contornado e a identidade de um canal alternativo do sistema 300 seja atribuída em substituição. As unidades de informação complementar e de interpretação 105, 220 são operáveis em combinação com os sistemas de gestão locais e regionais mencionados anteriormente para determinar interligações dentro do sistema 300 quando ocorrem substituições para encaminhar dados de carga útil de um cliente expedido afectado para o seu cliente receptor associado.

O byte de informação complementar de indicação de defeito para a frente FDI, nomeadamente o byte de informação complementar A₇ da trama 7 é utilizado no canal 10 e sistema 300 para indicar a jusante, nomeadamente na extremidade da ligação por fibra 30 do cliente receptor, que foi detectada uma condição de deficiência a montante, nomeadamente na direcção do correspondente cliente expedidor. De forma similar, é utilizado o byte de indicação de defeito para trás BDI, nomeadamente o byte B₇ de informação complementar da trama 7, quando é detectado um defeito de percurso de recepção, nomeadamente na extremidade da ligação por fibra 30 do cliente receptor. Os bytes de informação complementar FDI e BDI permitem, dessa

forma, que a localização de um defeito no sistema 300 seja identificado facilmente e rapidamente.

O byte de informação complementar de indicação de qualidade para a frente FQI, nomeadamente o byte de informação complementar C_7 da trama 7, é utilizado para encaminhar uma contagem de bit de erro de uma multi-trama precedente. Assim, o FQI é utilizado para indicar a jusante um erro que ocorra a montante. De forma similar, é utilizado o byte de indicação de qualidade para trás BQI, nomeadamente o byte de informação complementar D_7 da trama 7, para encaminhar uma contagem de bit de erro dos dados de carga útil da multi-trama precedente.

O byte de informação complementar indicador do tipo de carga útil PTI, nomeadamente o byte de informação complementar A_8 da trama, é utilizado para indicar a composição dos dados de carga útil ou o estado de manutenção de um percurso de comunicação que encaminha a multi-trama e os seus dados de carga útil associados. Por exemplo, as interpretações para o byte de informação complementar PTI estão de acordo com o Quadro 3.

Quadro 3

Valor binário do byte PTI	Interpretação aplicada pela unidade de interpretação 220
0000	Não equipado, nomeadamente há um percurso de comunicação completo do cliente expedidor para o cliente receptor mas o cliente não ligou o seu equipamento ao percurso.
0001	Indica um modo de emissor-respondedor linear, nomeadamente que um sinal está a ser encaminhado que não requer a regeneração digital e assim quaisquer regeneradores ao longo do percurso deverão ser desligados.
0010	Indica que a taxa de dados de carga útil é de 155,52 Mbits/s (modo STM-1) e requer a retemporização/regeneração da unidade adaptadora a esta taxa.
0011	Indica que a taxa de dados de carga útil é de 622,08 Mbits/s (modo STM-4) e requer a retemporização/regeneração da unidade adaptadora a esta taxa.
0100	Indica que a taxa de dados de carga útil é de 1,0625 Gbits/s (canal de fibra) e requer a retemporização/regeneração da unidade adaptadora a esta taxa.
0101	Indica que a taxa de dados de carga útil é de 1,25 Gbits/s (como em Gigabit Ethernet) e requer a retemporização/regeneração da unidade adaptadora a esta taxa.
0110	Indica que a taxa de dados de carga útil é de 2,48832 Gbits/s (STM-16) e requer a retemporização/regeneração da unidade adaptadora a esta taxa.
0111	Indica que a taxa de dados de carga útil é de 9,95328 Gbits/s (STM-64) e requer a retemporização/regeneração da unidade adaptadora a esta taxa.
1000 a 1110	Não utilizados
1111	Indica falha no sinal do cliente expedidor (por exemplo interrupção do sinal)

Finalmente, os bytes de informação complementar de paridade de bit entrelaçado BIP, nomeadamente os bytes de informação complementar E_1 a E_8 , incluem um valor de verificação de paridade BIP-8; é disponibilizada uma definição detalhada no padrão ITU G.707. Cada trama tem o seu valor de paridade BIP associado que proporciona uma verificação de paridade para os dados de carga útil da trama. Na multi-trama apresentada ilustrada na Figura 6, os inventores compreenderam que é preferível ter um byte BIP associado a cada trama em vez aglomerar os bytes BIP, por exemplo no fim da multi-trama. Tal atribuição do byte BIP a cada trama reduz a necessidade de memória de alta velocidade na unidade de recepção 40 do canal 10. Assim, a distribuição dos bytes de informação complementar BIP pelas tramas é preferível a concatenar os bytes BIP conjuntamente na multi-trama. O código BIP proporciona uma indicação directa da taxa de erro de bit nos dados de carga útil porque a razão entre o número de bits de carga útil e o número de bits de informação complementar é mantida no sistema 300 numa razão fixada.

Será entendido que podem ser efectuadas modificações ao canal 10 e sistema 300 e no seu método de operação sem haver afastamento do objectivo da invenção.

Por exemplo, embora os dados de informação complementar e os dados de carga útil sejam entrelaçados na unidade adaptadora 110 numa razão fixada de 1:31 bits, são possíveis outras razões. As unidades adaptadoras 110, 210

podem ser modificadas de forma que a razão esteja numa gama de 1:2 bits a 1:100 bits dependendo do grau de controlo de informação complementar requerido. Um ponto importante é que a razão deverá ser fixada e não variável dinamicamente como nos sistemas de comunicação na arte precedente onde é empregue o alinhamento.

Além disso, no canal 10 e sistema 300, o número de tramas que constituem uma multi-trama pode ser alterado de oito tramas constituintes da multi-trama como mencionado anteriormente. Por exemplo, o número de tramas que formam uma multi-trama pode ser variado numa gama de 2 a 100, embora a inclusão de mais do que 50 tramas numa multi-trama torne a sincronização mais difícil na unidade de recepção 40.

Adicionalmente, na Figura 6, as posições dos bytes de informação complementar que realizam funções específicas podem ser modificadas desde que eles continuem a realizar as suas funções associadas, por exemplo, as posições dos bytes de informação complementar MIC a PTI podem ser permutadas numa versão modificada da multi-trama. Adicionalmente, os bytes de informação complementar BIP de cada trama podem ser arrançados para serem incluídos no último byte de informação complementar de cada trama, por exemplo no byte de informação complementar H_1 para a trama 1.

Como mencionado anteriormente, a ligação por

fibra 30 pode incluir uma ou mais fibras ópticas. Em versões alternativas do canal 10 e sistema 300, a ligação por fibra 30 pode ser substituída por uma ligação por rádio, por exemplo uma ligação de micro-ondas de satélite. Onde for empregue operação de taxa de dados mais baixa, a ligação por fibra 30 pode ser substituída por uma ou mais ligações por fio de cabo coaxial; tais ligações por cabo coaxial têm geralmente uma capacidade de transporte de dados mais baixa em comparação com as ligações por fibra óptica.

É também proporcionado um método de comunicação de dados em sistemas de comunicação (300), incluindo cada sistema pelo menos um canal (10) incluindo meios de transmissão (20), meios de recepção (40) e meios de encaminhamento de dados (30) para encaminhar dados desde os meios de transmissão (20) para os meios de recepção (40), sendo o método caracterizado por incluir os passos de:

(a) combinar dados de carga útil e de informação complementar nos meios de transmissão (20) para formar dados agregados (600) destes para transmissão para os meios de recepção (40), sendo os dados agregados (600) divididos em estruturas do tipo trama nas quais o número de bits de informação complementar está numa razão fixada em relação ao número de bits de carga útil;

(b) transmitir os dados agregados (600) dos meios de transmissão (20) para os meios de recepção (40) através dos

meios de encaminhamento (30);

(c) receber os dados agregados (600) nos meios de recepção (40), decodificar os dados agregados para neles isolar os dados de informação complementar dos dados de carga útil, e interpretar os dados de informação complementar para controlar e gerir os dados de carga útil no sistema (300),

caracterizado por os meios de transmissão (20) serem operáveis para gerar os dados agregados (600) a uma taxa que é maior do que a taxa de recepção dos dados de carga útil numa fracção substancialmente $(R_p + R_o)/(R_p)$, onde R_p é a taxa de recepção dos dados de carga útil nos meios de transmissão (20) e R_o é a taxa à qual os dados de informação complementar são adicionados nos meios de transmissão (20) para gerar os dados agregados (600).

A razão fixada de bits de carga útil para bits de informação complementar pode estar numa gama de 2:1 a 100:1, e preferencialmente de 31:1.

O sistema pode ser operável para não aplicar alinhamento adicional aos dados de carga útil quando gera os dados agregados (600).

O número de bytes de informação complementar indicativos de ocorrência de taxa de erros nos dados agregados para o número de bytes de carga útil pode estar numa razão fixada, proporcionando dessa forma uma densidade

fixada de bytes de razão de erro para bytes de carga útil.

O número de bytes de informação complementar indicativo da ocorrência de razão de erro para o número de correspondentes bytes de carga útil pode estar numa razão fixada de 1:248.

O sistema (300) pode incluir uma pluralidade de canais (20a, 20b, 40a, 40b), sendo cada canal (20a, 20b, 40a, 40b) capaz de se adaptar à taxa de dados dos seus dados de carga útil associados, sendo, portanto, os canais (20a, 20b, 40a, 40b) capazes de funcionar mutuamente assincronamente.

Os dados de informação complementar e os dados de carga útil podem ser entrelaçados nos dados agregados (600).

As estruturas do tipo trama podem incluir uma pluralidade de tramas (600) organizadas em multi-tramas (Figura 5), sendo as tramas e multi-tramas identificáveis nos meios de recepção (40) interpretando a posição dos dados de informação complementar dentro dos dados agregados.

Cada multi-trama pode incluir uma gama de 2 a 100 tramas, e preferencialmente 8 tramas.

Os dados de informação complementar associados a

cada multi-trama podem incluir um código de sincronização (FAW) para auxiliar os meios de recepção a sincronizarem-se com as multi-tramas.

O código de sincronização pode incluir quatro bytes de sincronização (FAW1 a 4) nos dados de informação complementar.

Os quatro bytes de sincronização (FAW1 a 4) podem ter valores binários de 1111 0110_b, 1111 0110_b, 0010 1000_b e 0010 1000_b neles atribuídos respectivamente.

Os dados de informação complementar associados a cada multi-trama podem incluir um código de identidade (MIC) para utilização na identificação da multi-trama.

O código de identidade (MIC) pode ser incrementado para sucessivas multi-tramas, preferencialmente o código de identidade (MIC) é incrementado numa forma de módulo, ou alternativamente o código de identidade (MIC) é incrementados em passos de uma pluralidade de contagens para multi-tramas sucessivas.

Os meios de recepção podem ser operáveis para determinar se estão a faltar ou não multi-tramas, verificando se o código de identidade (MIC) está incrementado consistentemente de multi-trama para multi-trama.

Os dados de informação complementar associados a cada multi-trama podem incluir código de equilíbrio (BAL) para assegurar que os bytes de informação complementar associados à multi-trama incluem números substancialmente iguais de 0's e de 1's.

Os dados de informação complementar associados a cada multi-trama podem incluir código de identificação de percurso (TTI) para utilização pelos meios de recepção para confirmar se estão ou não ligados aos seus correspondentes meios de transmissão correctos (20).

Os dados de informação complementar associados a cada multi-trama podem incluir código de comutação de protecção automática (APS) para instruir o sistema (300) a utilizar canais alternativos para encaminhar os dados de carga útil no evento de falha de canal no sistema (300).

Os dados de informação complementar associados a cada multi-trama podem incluir código de paridade de bit entrelaçado (BIP) para cada trama da multi-trama, sendo o código de paridade de bit entrelaçado utilizável pelos meios de recepção (40) para detectar a ocorrência de corrupção dos dados de carga útil associados à trama.

Os dados de informação complementar associados a cada multi-trama podem incluir um código indicador do tipo de carga útil (PTI) indicativo da taxa de dados de carga útil de entrada para os meios de transmissão (20).

Os meios de transmissão (20) podem ser operáveis para receberem os dados de carga útil como dados em série e convertê-los em dados em paralelo (D_0 a D_{30}) para os combinarem com os dados de informação complementar (K_0) para gerar os dados agregados (600) como dados em série para transmissão através dos meios de encaminhamento (30).

É também proporcionado um sistema de comunicações (300) operável de acordo com os métodos descritos acima.

Os meios de transmissão (20) podem incorporar uma unidade adaptadora (110) para combinar os dados de carga útil com os dados de informação complementar para gerar os dados agregados (600), e os meios de recepção (40) incorporam uma correspondente unidade adaptadora (210) para descodificar os dados agregados para separar os dados de carga útil dos dados de informação complementar.

O sistema pode incluir uma pluralidade de canais (20a, 20b, 40a, 40b) operáveis para se adaptarem à taxa à qual eles recebem dados de carga útil, sendo os canais (20a, 20b, 40a, 40b) dessa forma capazes de operar mutuamente assincronamente.

Cada unidade adaptadora (110, 210) pode incorporar um multiplexador eléctrico (510) e um demultiplexador eléctrico (500) para converter dados que neles entra em série em dados em paralelo (D_0 a D_{30}) para processamento na unidade adaptadora (110, 210) e de volta

em dados em série novamente após o processamento estar realizado na unidade adaptadora (110, 210).

Lisboa, 18 de Dezembro de 2014

REIVINDICAÇÕES

1. Transmissor óptico para utilização num sistema de comunicações óptico (300); sendo o transmissor óptico caracterizado por:

uma pluralidade de unidades de transmissão (20a, 20b) cada uma organizada para receber os respectivos dados de carga útil, e cada unidade de transmissão incluindo uma unidade adaptadora (110) organizada para se sincronizar com a taxa dos respectivos dados de carga útil recebidos pela respectiva unidade de transmissão e para combinar os respectivos dados de carga útil com os respectivos dados de informação complementar para formar os respectivos dados agregados para transmissão para um receptor óptico, sendo os dados agregados para cada unidade adaptadora divididos em tramas (600) tendo uma razão fixada de bits de dados de carga útil para bits de informação complementar de forma a evitar o alinhamento, sendo a pluralidade de unidades de transmissão capazes de operar mutuamente assincronamente;

em que os dados de informação complementar são para controlar e gerir os respectivos dados de carga útil no sistema; e

o transmissor óptico inclui adicionalmente um multiplexador (310),

as unidades de transmissão estão organizadas adicionalmente para transmitirem os respectivos dados agregados para um receptor óptico do sistema através do multiplexador (310) e de uma ligação por fibra óptica (150), sendo os respectivos dados agregados modulados em radiação óptica de comprimentos de onda respectivos (λ_1 , λ_2 , λ_n), sendo o multiplexador (310) organizado para combinar os comprimentos de onda.

2. Transmissor óptico como reivindicado na Reivindicação 1, em que os dados agregados são formados a uma taxa que é maior do que a taxa de recepção dos seus respectivos dados de carga útil numa fracção substancialmente de $(R_p + R_o)/(R_p)$, onde R_p é a taxa de recepção dos respectivos dados de carga útil no transmissor e R_o é a taxa à qual os respectivos dados de informação complementar são adicionados no transmissor para gerar os respectivos dados agregados.

3. Transmissor de acordo com qualquer uma Reivindicação precedente, em que as tramas incluem uma pluralidade de tramas organizadas em multi-tramas, sendo as tramas e multi-tramas identificáveis nos meios de recepção pela interpretação da posição dos respectivos dados de informação complementar nos dados agregados respectivos.

4. Método de transmissão de dados num sistema de comunicações óptico (300) tendo um transmissor óptico acoplado a um receptor óptico por uma ligação em fibra

óptica (150), sendo o método caracterizado por:

receber uma pluralidade de dados de carga útil nas respectivas unidades de transmissão (20a, 20b) tendo respectivas unidades adaptadoras (110), cada uma das unidades adaptadoras se sincronizando com a taxa dos respectivos dados de carga útil e combinando os respectivos dados de carga útil com respectivos dados de informação complementar para formar os respectivos dados agregados para transmissão para o receptor óptico, sendo os dados agregados divididos em tramas (600) tendo uma razão fixada de bits de carga útil para bits de informação complementar de forma a evitar o alinhamento em que os respectivos dados agregados são transmitidos mutuamente assincronamente;

em que os dados de informação complementar são para controlar e gerir os respectivos dados de carga útil no sistema;

transmitir os dados agregados do transmissor óptico para o receptor óptico através da ligação por fibra óptica, sendo os respectivos dados agregados modulados no transmissor óptico em radiação óptica com respectivos comprimentos de onda (λ_1 , λ_2 , λ_n), e em que os comprimentos de onda são multiplexados no transmissor óptico.

5. Método como reivindicado na Reivindicação 4, em que os dados agregados são formados a uma taxa que é maior do que a taxa de recepção dos seus respectivos dados

de carga útil numa fracção substancialmente $(R_p + R_o) / (R_p)$, onde R_p é a taxa de recepção dos respectivos dados de carga útil no transmissor e R_o é a taxa à qual os respectivos dados de informação complementar são adicionados no transmissor para gerar os respectivos dados agregados.

6. Método de acordo com qualquer uma das Reivindicações 4 ou 5, em que as tramas incluem uma pluralidade de tramas organizadas em multi-tramas, sendo as tramas e as multi-tramas identificáveis nos meios de recepção pela interpretação das posições dos respectivos dados de informação complementar nos respectivos dados agregados.

7. Receptor óptico para utilização num sistema de comunicações óptico (300) caracterizado por:

o receptor estar organizado para receber uma pluralidade de dados agregados nas respectivas unidades de recepção (40a, 40b) a partir de um transmissor óptico do sistema através de uma ligação por fibra óptica (150), sendo as unidades de recepção capazes de operar mutuamente assincronamente;

tendo o receptor um desmultiplexador (330) organizado para desmultiplexar os comprimentos de onda;

sendo os dados agregados modulados em radiação óptica com respectivos comprimentos de onda $(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_n)$;

incluindo as unidades de recepção respectivas unidades adaptadoras (210) organizadas para se sincronizarem com a taxa dos respectivos dados agregados e para extrair os respectivos dados de informação complementar dos respectivos dados de carga útil nos respectivos dados agregados, em que os dados de carga útil e os dados de informação complementar estão divididos em tramas (600) tendo uma razão fixada de bits de dados de carga útil para bits de dados de informação complementar para evitar o alinhamento, sendo as unidades de recepção capazes de operar mutuamente assincronamente;

tendo as unidades de recepção respectivas unidades de interpretação de informação complementar (220) organizadas para interpretar os respectivos dados de informação complementar para controlar e gerir os respectivos dados de carga útil no sistema.

8. Receptor óptico como reivindicado na Reivindicação 7, em que os dados agregados têm uma taxa que é maior do que a taxa dos respectivos dados de carga útil numa fracção substancialmente $(R_p + R_o)/R_p$, onde R_p é a taxa dos respectivos dados de carga útil e R_o é a taxa dos respectivos dados de informação complementar.

9. Receptor óptico de acordo com qualquer uma das Reivindicações 7 ou 8, em que as tramas incluem uma pluralidade de tramas organizadas em multi-tramas, sendo as tramas e multi-tramas identificáveis interpretando as

posições dos respectivos dados de informação complementar nos respectivos dados agregados.

10. Método de recepção de dados num sistema de comunicações óptico (300) tendo um transmissor óptico acoplado a um receptor óptico por uma ligação por fibra óptica (150), sendo o método caracterizado por:

receber uma pluralidade de dados agregados em respectivas unidades de recepção (40a, 40b) provenientes do transmissor óptico através da ligação por fibra óptica, sendo os respectivos dados agregados modulados em radiação óptica com respectivos comprimentos de onda, incluindo o método a desmultiplexação dos comprimentos de onda;

nas respectivas unidades adaptadoras (210) de cada unidade de recepção que se sincronizam com a taxa dos respectivos dados agregados, sendo os dados agregados divididos em tramas (600) tendo uma razão fixada de bits de dados de carga útil para bits de dados de informação complementar de forma a evitar o alinhamento, e extrair os respectivos dados de informação complementar dos respectivos dados de carga útil nos respectivos dados agregados recebidos, sendo os respectivos dados agregados recebidos mutuamente assincronamente;

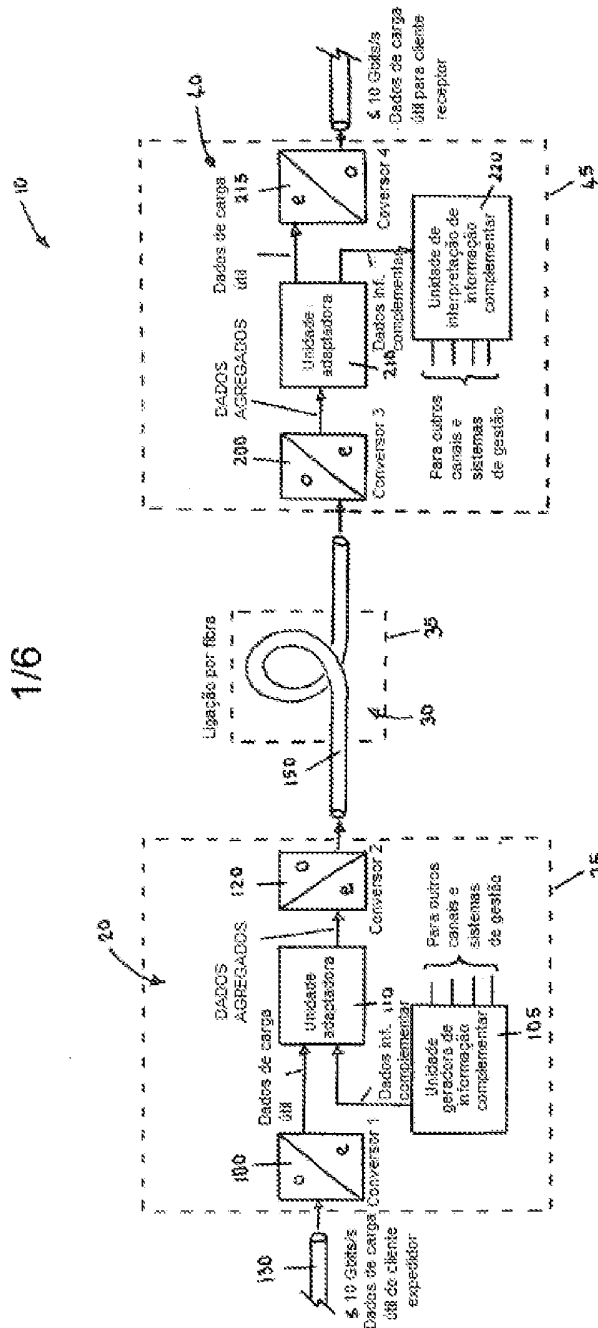
nas respectivas unidades de interpretação de informação complementar (220) de cada unidade de recepção interpretando os respectivos dados de informação

complementar para controlar e gerir os respectivos dados de carga útil no sistema.

11. Método como reivindicado na Reivindicação 10, em que os dados agregados têm uma taxa que é maior do que a taxa dos respectivos dados de carga útil numa fracção substancialmente $(R_p + R_o)/(R_p)$, onde R_p é a taxa dos respectivos dados de carga útil e R_o é a taxa dos respectivos dados de informação complementar.

12. Método de acordo com qualquer uma das Reivindicações 10 ou 11, em que as tramas incluem uma pluralidade de tramas organizadas em multi-tramas, sendo as tramas e multi-tramas identificáveis interpretando a posição dos respectivos dados de informação complementar nos respectivos dados agregados

Lisboa, 18 de Dezembro de 2014



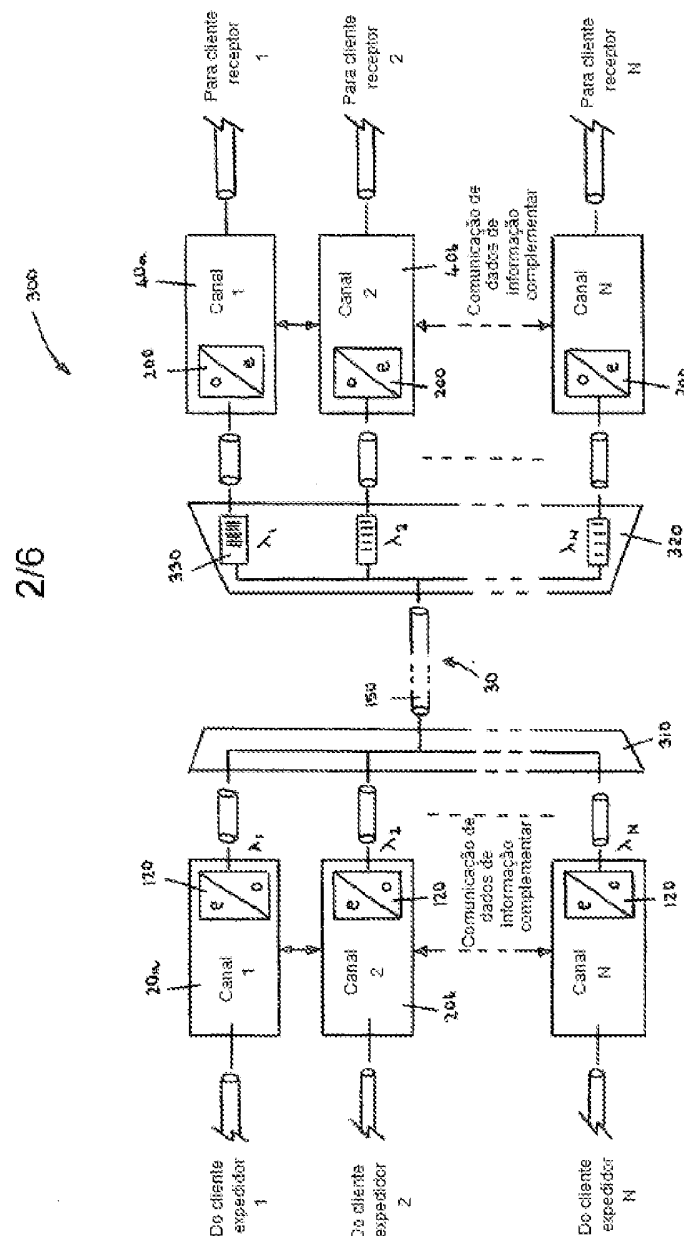


Figura 2

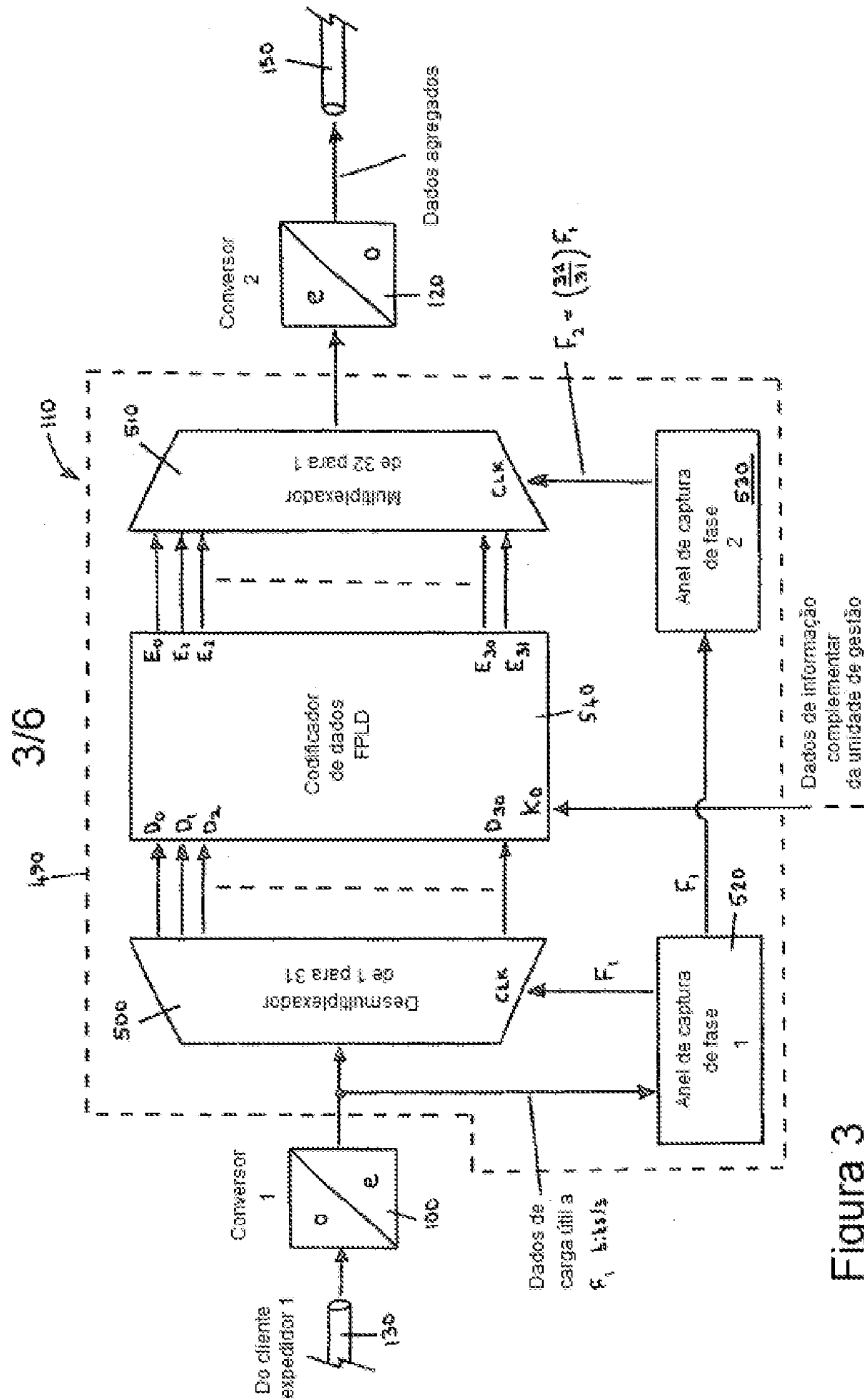


Figura 3

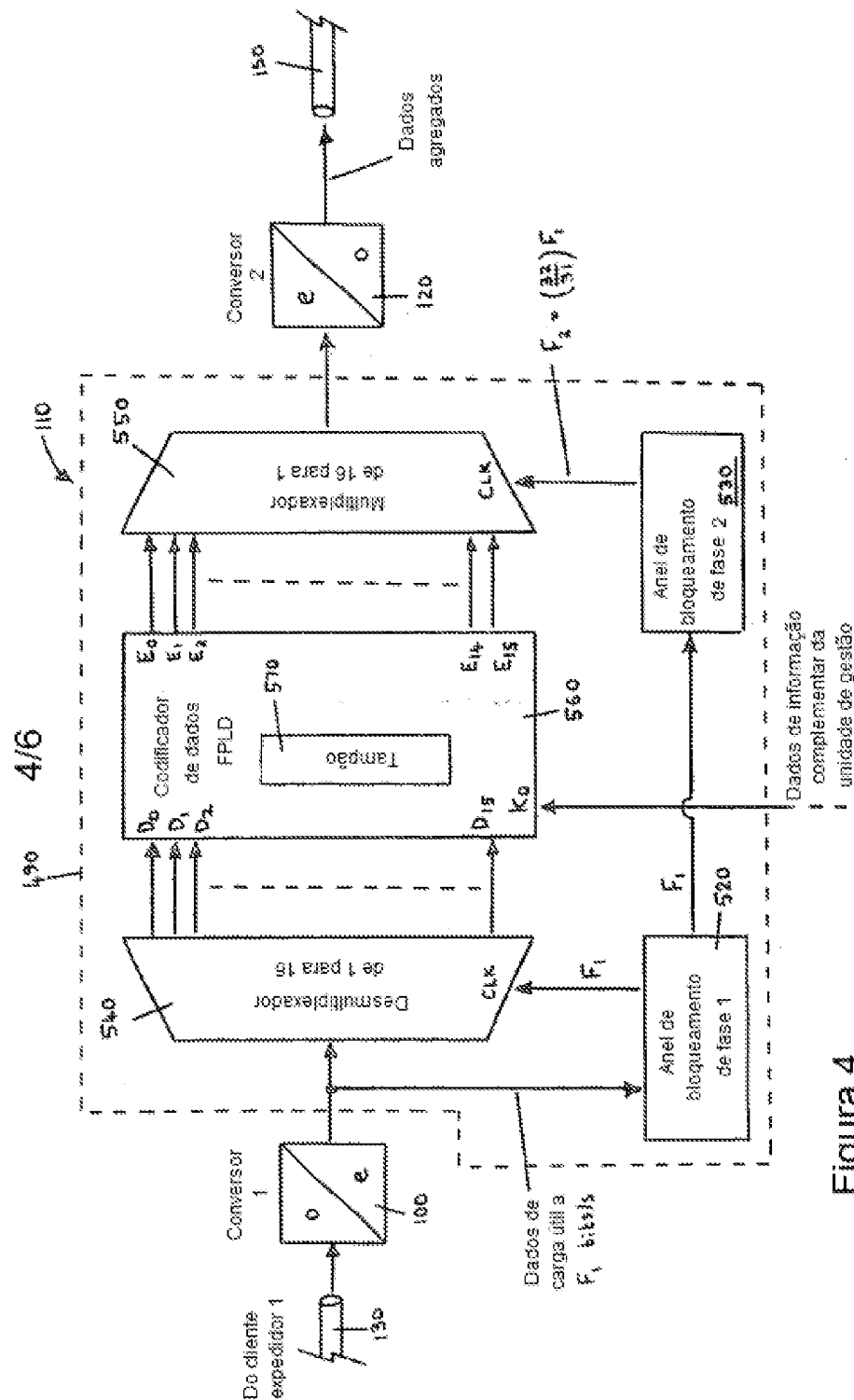


Figura 4

600

5/6

610

Início

620

O/H bit A1	31 bits P/L	O/H bit A2	31 bits P/L	O/H bit A3	31 bits P/L	O/H bit A4	31 bits P/L	O/H bit A5	31 bits P/L	O/H bit A6	31 bits P/L	O/H bit A7	31 bits P/L	O/H bit A8	31 bits P/L
O/H bit B1	31 bits P/L	O/H bit B2	31 bits P/L	O/H bit B3	31 bits P/L	O/H bit B4	31 bits P/L	O/H bit B5	31 bits P/L	O/H bit B6	31 bits P/L	O/H bit B7	31 bits P/L	O/H bit B8	31 bits P/L
O/H bit C1	31 bits P/L	O/H bit C2	31 bits P/L	O/H bit C3	31 bits P/L	O/H bit C4	31 bits P/L	O/H bit C5	31 bits P/L	O/H bit C6	31 bits P/L	O/H bit C7	31 bits P/L	O/H bit C8	31 bits P/L
O/H bit D1	31 bits P/L	O/H bit D2	31 bits P/L	O/H bit D3	31 bits P/L	O/H bit D4	31 bits P/L	O/H bit D5	31 bits P/L	O/H bit D6	31 bits P/L	O/H bit D7	31 bits P/L	O/H bit D8	31 bits P/L
O/H bit E1	31 bits P/L	O/H bit E2	31 bits P/L	O/H bit E3	31 bits P/L	O/H bit E4	31 bits P/L	O/H bit E5	31 bits P/L	O/H bit E6	31 bits P/L	O/H bit E7	31 bits P/L	O/H bit E8	31 bits P/L
O/H bit F1	31 bits P/L	O/H bit F2	31 bits P/L	O/H bit F3	31 bits P/L	O/H bit F4	31 bits P/L	O/H bit F5	31 bits P/L	O/H bit F6	31 bits P/L	O/H bit F7	31 bits P/L	O/H bit F8	31 bits P/L
O/H bit G1	31 bits P/L	O/H bit G2	31 bits P/L	O/H bit G3	31 bits P/L	O/H bit G4	31 bits P/L	O/H bit G5	31 bits P/L	O/H bit G6	31 bits P/L	O/H bit G7	31 bits P/L	O/H bit G8	31 bits P/L
O/H bit H1	31 bits P/L	O/H bit H2	31 bits P/L	O/H bit H3	31 bits P/L	O/H bit H4	31 bits P/L	O/H bit H5	31 bits P/L	O/H bit H6	31 bits P/L	O/H bit H7	31 bits P/L	O/H bit H8	31 bits P/L

Fim

31 bits P/L = 31 bits de dados de carga útil

O/H bit x = bit x dos dados de informação complementar

Figura 5

6/6

Estrutura de Multi-Trama

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

Figura 6

REFERÊNCIAS CITADAS NA DESCRIÇÃO

Esta lista de referências citadas pelo requerente é apenas para conveniência do leitor. A mesma não faz parte do documento da patente europeia. Ainda que tenha sido tomado o devido cuidado ao compilar as referências, podem não estar excluídos erros ou omissões e o IEP declina quaisquer responsabilidades a esse respeito.

Documentos de patentes citadas na Descrição

- EP 0663776 A
- EP 0540007 A
- FI 9900477 W
- US 5490142 A
- US 5787074 A