

(11) Número de Publicação: **PT 1573994 E**

(51) Classificação Internacional:  
**H04L 27/00** (2006.01)

**(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: <b>2003.12.19</b>	(73) Titular(es): <b>BANDWIDTH TECHNOLOGY CORP.</b> <b>167 MADISON AVENUE NEW YORK, NY 10016</b> <b>US</b>
(30) Prioridade(s): <b>2002.12.20 US 326318</b>	
(43) Data de publicação do pedido: <b>2005.09.14</b>	
(45) Data e BPI da concessão: <b>2007.06.06</b> <b>079/2007</b>	(72) Inventor(es): <b>ERIK BOASSON</b> NL <b>MAARTEN BOASSON</b> NL <b>MARTIN STRENG</b> NL
	(74) Mandatário: <b>ALBERTO HERMÍNIO MANIQUE CANELAS</b> <b>RUA VÍCTOR CORDON, 14 1249-103 LISBOA</b> PT

(54) Epígrafe: "**SISTEMA E MÉTODO DE COMUNICAÇÃO DE INFORMAÇÃO DIGITAL UTILIZANDO FUNÇÕES DE BASE LIMITADAS NO TEMPO E EM FREQUÊNCIA**"

(57) Resumo:

**RESUMO**

**"SISTEMA E MÉTODO DE COMUNICAÇÃO DE INFORMAÇÃO  
DIGITAL UTILIZANDO FUNÇÕES DE BASE LIMITADAS  
NO TEMPO E EM FREQUÊNCIA"**

A presente invenção diz respeito a sistemas e métodos para transportar eficazmente um ou mais canais de comunicações em banda larga através de um meio de transmissão. A comunicação é realizada através da transformação de um fluxo de bits digitais de entrada num fluxo de informação limitado no tempo e na frequência (*TFB*) que inclui uma pluralidade pacotes de *TFB*. Esta transformação é realizada através da utilização de uma pluralidade funções de base de *TFB*. O fluxo de informação de *TFB* é então transmitido através do meio de transmissão. Mais particularmente, os fluxos de bits digitais transportados num ou mais canais de entrada têm a forma de bits binários "ligado" e "desligado". Estes bits digitais são convertidos numa pluralidade de componentes de forma de onda de *TFB* que, juntos, compreendem um pacote de *TFB*. O processo de conversão faz o mapeamento de cada respectivo bit digital de entrada com um correspondente de um grupo de funções de *TFB*, de maneira que um primeiro grupo de *n* bits é mapeado para uma primeira função de *TFB*, um segundo é mapeado para uma segunda função de *TFB*, e assim sucessivamente, até que seja alcançada a *N*-ésima função de *TFB*, altura em que o processo volta à

primeira função de *TFB*. Em qualquer dos casos, o valor ou o estado de um grupo de bits é representado por um correspondente factor de ponderação para a correspondente função de *TFB*. Quando ponderada, cada respectiva função de *TFB* especifica a transmissão de um correspondente componente da forma de onda de *TFB*. Cada componente de forma de onda está substancialmente limitado a uma amplitude de valores, tanto no domínio da frequência como no domínio do tempo.

**DESCRIÇÃO**

**"SISTEMA E MÉTODO DE COMUNICAÇÃO DE INFORMAÇÃO  
DIGITAL UTILIZANDO FUNÇÕES DE BASE LIMITADAS  
NO TEMPO E EM FREQUÊNCIA"**

**ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

**Âmbito da Invenção**

Esta invenção diz respeito a técnicas de comunicações digitais e, mais especificamente, a sistemas e métodos para aumentar o débito de dados efectivo de um meio de transmissão através da utilização de funções de base limitadas no tempo e na frequência. Um tal sistema está descrito no documento US 2002/0080889.

**Descrição da Técnica Anterior**

O serviço telefónico tradicional, habitualmente conhecido por "POTS" que é a sigla de "simples velho serviço telefónico", liga os telefones localizados remotamente a uma central da companhia fornecedora de serviços telefónicos utilizando cabos de cobre entrelaçados. O serviço telefónico tradicional foi criado para permitir uma troca de informação de voz com outros utilizadores de telefone, utilizando a transmissão de sinais analógicos. Mais especifi-

camente, um equipamento de telefone do tipo POTS recebe um sinal acústico, que é um sinal analógico natural, e converte-o num equivalente eléctrico em termos de volume (amplitude do sinal) e de frequência para ser transmitido através de cabos de cobre entrelaçados.

À medida que a tecnologia evoluiu, surgiu em pouco tempo a necessidade de proporcionar uma comutação de dados digitais entre dois dispositivos computacionais localizados remotamente. Embora a rede telefónica (lacete local) esteja vocacionado para a transmissão de sinais analógicos, não digitais, foi todavia possível transmitir dados digitais de um local para outro através da codificação dos dados digitais como sendo um sinal analógico, enviando o sinal analógico através do cabo de cobre entrelaçado, e da descodificação do sinal analógico num local remoto para extrair os dados digitais originais. Estes passos de codificação e de descodificação são tipicamente realizados por modems de computadores.

Devido ao facto da transmissão tradicional de voz analógica utilizar apenas uma pequena parte da largura de banda disponível no cabo de cobre, a quantidade máxima de dados que pode ser transmitida com modems de computadores que estiverem a comunicar utilizando o chamado canal de voz, é de aproximadamente 56 kbps. A capacidade dos modems de computadores para comutar dados está limitada pelo facto das companhias telefónicas limitarem a aproximadamente 4 kHz a largura de banda da comunicação entre os utilizadores dos POTS.

Uma linha de assinante digital (*DSL*) é uma técnica de comunicações em que a limitação sobre as frequências é muito menos apertada. Tipicamente, são utilizadas as frequências na amplitude de aproximadamente 25 ... 1.100 kHz para a transmissão de dados entre os modems de *DSL*. Esta situação permite a utilização simultânea do cabo de cobre para a transmissão de dados e das comunicações de voz. A maior largura de banda disponível para as comunicações de dados resulta em débitos de dados muito maiores que aqueles anteriormente possíveis quando apenas estava disponível o canal de voz. É de notar que, contrariamente aos modems tradicionais, é necessária a existência de modems de *DSL* em ambas as extremidades do lacete local, isto é, um nas instalações do assinante e um na central da companhia telefónica.

Na actualidade, a *DSL* é utilizada para proporcionar ligações de comunicações de elevada largura de banda às casas e aos escritórios através de linhas telefónicas normais. Todavia, embora as larguras de banda teóricas da *DSL* sejam elevadas em relação à tecnologia convencional do modem de 56K, uma ou mais considerações práticas podem limitar significativamente a um valor muito menor a largura de banda efectivamente obtida. Por exemplo, se uma casa ou uma empresa estiver localizada bastante próxima de uma central da companhia telefónica, por exemplo, a uma distância inferior a 800 m, o cliente poderá ser capaz de receber dados com débitos até 6,1 megabits por segundo de um débito

teórico de 8,448 megabits por segundo, permitindo a transmissão continua de vídeo, áudio e mesmo efeitos em 3D. Em condições mais típicas nos Estados Unidos da América, as ligações da *DSL* proporcionarão um débito de 1,544 Mbps a 512 kbps no sentido do envio e de cerca de 128 kbps no sentido da recepção.

O alcance máximo da *DSL* sem um repetidor é de 5,5 quilómetros. À medida que a distância decresce em direcção à central da companhia telefónica, aumenta o débito de dados passível de ser obtido. Outro factor é o calibre do cabo de cobre. O cabo com um calibre 24, que é mais pesado, transporta o mesmo débito de dados ao longo de uma distância maior que o cabo com um calibre 26. Para além da distância de 5,5 quilómetros, o serviço da *DSL* é possível se a companhia telefónica tiver prolongado o lacete local da central via um ou mais cabos de fibra óptica, reduzindo assim efectivamente o comprimento do cabo de cobre na ligação.

Estão a ser utilizadas várias técnicas de modulação por parte de vários tipos de *DSL*, embora estas estejam a ser normalizadas pela *International Telecommunications Union (ITU)*. Diferentes fabricantes de modems de *DSL* estão a utilizar a Tecnologia de Múltiplas Tonalidades Discretas (*DMT*) ou modulação de fase e amplitude sem portadora (*CAP*).

Nos Estados Unidos, várias companhias telefónicas estão actualmente a oferecer serviços de *DSL*. Todavia,

infelizmente, muitos clientes não são capazes de tirar vantagem destes serviços devido a estarem muito distantes da central, e por ser proibitivo o custo de instalação de lacetes de assinante prolongados através de utilização de cabos de fibra óptica. Este problema é especialmente preponderante no anel exterior suburbano e nas zonas rurais onde as casas estão frequentemente dispersas por grandes extensões de terra e a central telefónica mais próxima está a muitos quilómetros de distância.

Outra desvantagem da *DSL* é a grande distância que existe frequentemente entre o prometido pelas companhias telefónicas e aquilo que é efectivamente conseguido. Muitos clientes pagaram um prémio elevado para fazer a "actualização" para a *DSL*, apenas para ficarem desapontados com os débitos de transferência de dados inferiores ao esperado e com o desempenho inconsistente.

Perante as considerações acima mencionadas, torna-se necessária uma técnica melhorada de transmissão de informação em largura de banda alta através das linhas telefónicas convencionais.

Os dados a serem comunicados estão representados por dígitos binários. Um meio de transmissão que liga um transmissor e um receptor do sistema é capaz de transportar sinais, que podem ser perturbados pelo ambiente, incluindo sinais entre outros pares de dispositivos de comunicação (diafonia). Podem ainda existir limitações (regulamentares)

sobre a potência do sinal introduzido no meio de transmissão. O transmissor gera um sinal, que é enviado na linha de transmissão como um sinal equivalente a uma sequência de entrada codificada. O receptor recebe o sinal e converte este sinal numa sequência de saída, que é uma cópia da sequência de entrada, se não ocorrer nenhum erro. Os dispositivos combinados de transmissão e de recepção permitem a calibração, proporcionando meios próprios para que os dispositivos, combinados, compensem certos tipos de distorções que ocorram no meio de transmissão. O sistema tem de assegurar também que o receptor possa gerar um relógio local, apropriado à recepção e à conversão do sinal transmitido na sequência de saída.

#### OBJECTIVOS E SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Face às deficiências acima mencionadas, um objectivo principal da invenção é o de proporcionar técnicas para aumentar o débito efectivo de dados digitais de uma ligação de comunicações que possa incluir qualquer meio de transmissão com cabos, uma ligação de transmissão sem cabos, uma ligação via satélite, e possivelmente uma rede de comunicações com fibra óptica.

Mais particularmente, um objectivo desta invenção é o de proporcionar sistemas e métodos em que seja potenciada a capacidade efectiva de uma ligação de comunicações.

Um outro objectivo da invenção é o de proporcionar

nar sistemas e métodos que sejam mais robustos do que os actuais sistemas e métodos face a interferências na ligação de comunicações.

Dito de uma forma resumida, estes e outros objectivos da invenção são alcançados sob a forma de sistemas e métodos através dos quais o débito de dados é potenciado através da transformação de um fluxo de bits de entrada num ou mais pacotes de funções limitadas no tempo e na frequência (*TFB*) que incluem, cada um, uma pluralidade de componentes de forma de onda de *TFB*. Esta transformação é realizada através do mapeamento de bits de entrada com um conjunto de funções de *TFB*, de maneira que às respectivas funções de *TFB* no conjunto de funções é atribuído um factor de ponderação característico, correspondendo a um valor ou estado dos bits correspondentes. Uma pluralidade de funções de *TFB* ponderadas é combinada para gerar os pacotes de *TFB*. Estes pacotes de *TFB* são então combinados num fluxo de informação de *TFB* que é transmitido através da ligação de comunicações.

As funções de limitadas no tempo e na frequência (*TFB*) são funções que exibem as seguintes propriedades:

- cada função  $f$  nesta classe é lisa;
- para cada função  $f$  nesta classe e para qualquer polinómio  $p(t)$ , dado qualquer  $\varepsilon > 0$ , existe um  $T$  tal que  $|t| > T$ ,  $|f(t) - p(t)| < \varepsilon$ , por outras palavras, cada função nesta classe tem uma extensão limitada no domínio do

tempo para além da qual a amplitude do produto da função e de qualquer polinómio é negligenciável ou pelo menos inferior a um valor limiar  $\varepsilon$  predeterminado; e

- para a transformada de Fourier  $F(\omega)$  da função  $f$ , e para cada polinómio  $p(\omega)$ , dado um  $\varepsilon > 0$ , existe um  $\Omega$  tal que, para  $|\omega| > \Omega$ ,  $|F(\omega)p(\omega)| < \varepsilon$ , por outras palavras, cada função nesta classe tem uma extensão limitada no domínio da frequência para além da qual a amplitude do produto da função e qualquer polinómio é negligenciável ou pelo menos inferior ao valor limiar  $\varepsilon$  predeterminado.

Esta propriedade singular, e até aqui inexplorada, de limitação no tempo e na frequência é especialmente útil em situações em que é desejado que seja proporcionada toda ou uma parte da ligação de comunicações utilizando um único meio ou canal de transmissão.

Ilustrativamente, dado um número de formas de onda de *TFB* optimizadas, a largura de uma banda de frequência que elas ocupam pode ser regulada através do escalonamento das suas variáveis de tempo. Desta maneira, pode ser utilizado um número variável de bandas de frequência tendo larguras arbitrárias. A optimização das formas de onda de *TFB* para a ocupação de bandas de frequência relativamente estreitas, através do escalonamento das suas variáveis de tempo, permite, consequentemente, uma utilização mais eficiente da largura de banda disponível e o efeito de uma fonte de interferência de radiofrequência fica limitado à

banda de frequência estreita da fonte de interferência, tendo um pequeno impacto na ligação de comunicações no seu todo.

Uma subclasse de funções de *TFB* particularmente adequada é a das funções de *TFB* ortogonais. De entre esta subclasse, as funções de Hermite-Gauss são uma forma de realização preferida. É de notar que um sistema que utilize as funções de Hermite-Gauss *per se* é conhecido através da patente US 3.384.715.

De acordo com uma outra forma de realização da invenção, os bits de entrada compreendem o fluxo de bits digitais (sequência de entrada) transportado num ou mais canais de entrada sob a forma de bits binários "ligado" e "desligado". Dada uma colecção de funções de *TFB* de preferência linearmente independentes, chamadas funções de base, os dados são codificados através do mapeamento de bits vindos de uma representação dos dados até pelo menos aproximações das funções de base. A sequência de entrada é codificada em blocos. Na descrição que se segue, estes blocos serão referenciados como blocos de *TFB*. Os blocos de *TFB* são construídos a partir de  $N$  funções de base diferentes, sendo  $N$  o número de funções utilizado na codificação (conforme aqui utilizado,  $N$  é um número inteiro e positivo). Ilustrativamente, este processo de mapeamento é implementado através do mapeamento de um primeiro bit de entrada com uma primeira função de *TFB*, um segundo bit de entrada com uma segunda função de *TFB*, e assim sucessivamente até ser

alcançada a  $N$ -ésima função de  $TFB$ , altura em que o processo volta à primeira função de  $TFB$ . É de notar que o mapeamento de um bit para uma função de  $TFB$  é apenas descriptivo, e que na prática podem ser mapeados múltiplos bits com uma única função de  $TFB$ . De um modo preferido, o fluxo de entrada de bits é colocado em memória temporária intermédia antes da codificação.

Numa outra forma de realização os bits são agrupados em grupos com um comprimento  $M$ , em que  $M$  depende do número de bits necessário à correcção de erros;  $N-M$  bits são adicionados para esta correcção de erros. Os primeiros  $M$  bits da sequência de entrada ainda não codificada e os  $N-M$  bits de correcção de erros são mapeados em  $N$  diferentes funções de base. É de notar que tanto  $M$  como  $N$  podem ser definidos dinamicamente, possivelmente para cada bloco. Esta codificação pode ser repetida indefinidamente. No caso de não existirem dados suficientes na sequência de entrada para encher o bloco, são de preferência gerados bits de enchimento.

Ilustrativamente, o mapeamento é conseguido através da multiplicação da  $i$ -ésima função do conjunto selecionado de funções de  $TFB$  por um primeiro factor de ponderação, por exemplo,  $-1$ , se um  $i$ -ésimo bit  $=0$  ou por um segundo factor de ponderação, diferente, por exemplo,  $+1$  se o  $i$ -ésimo bit  $=1$ , e subsequentemente, a adição de todas as  $N$  funções assim ponderadas para formar o bloco de  $TFB$ , de uma maneira tal que a reconstrução após a transmissão num

descodificador produza a sequência de entrada com uma probabilidade  $P$ . Os factores de ponderação não estão de todo limitados a -1 e a +1 e podem ser escolhidos livremente para se adequarem aos requisitos da aplicação ou do sistema. Cada respectiva função de  $TFB$  ponderada constitui um componente da forma de onda de  $TFB$  que irá ser transmitida. Cada uma das respectivas funções de  $TFB$  ponderadas possui um correspondente conjunto de componentes de frequência e tem uma duração de um período de tempo correspondente.

Ilustrativamente, as funções de  $TFB$  predeterminadas podem todas especificar substancialmente o mesmo período de tempo, mas esta situação não é um requisito. Por exemplo, pode ser utilizada uma primeira função de  $TFB$  predeterminada que tenha uma duração no tempo diferente de uma segunda função de  $TFB$  predeterminada.

Ilustrativamente, pode ser seleccionado um conjunto de funções de  $TFB$  que se encaixa numa amplitude de frequência predeterminada. Num tal cenário, as durações no tempo das partes que se "intersectam" (não zero) das funções serão diferentes de função para função. Todavia, os centros das partes das funções que se "intersectam" podem ser levados a coincidir substancialmente no tempo para todas as funções no conjunto de funções de  $TFB$ .

De acordo com outra forma de realização da invenção, os blocos de  $TFB$  são transformados em pacotes de  $TFB$  através da modulação da forma de onda do bloco com, por

exemplo, uma frequência central do canal a ser utilizada para a transmissão deste grupo de bits, e subsequentemente da geração de uma forma de onda correspondendo a uma função modulada. Para além da modulação, ou em vez da modulação, pode ser adicionado um processamento para compensar, total ou parcialmente, o efeito do meio de transmissão. Os blocos de *TFB* podem também ser transformados em pacotes de *TFB* sem a aplicação de qualquer processamento de sinal adicional aos blocos.

Ilustrativamente, os resultantes pacotes são transmitidos através de um meio de transmissão físico. Os pacotes são, de um modo preferido, transmitidos na mesma ordem em que foram construídos os blocos donde originaram. Ilustrativamente, os pacotes transmitidos estão separados no tempo. Os pacotes podem ser enviados num fluxo não contínuo. Uma forma de onda correspondendo à sequência de pacotes é gerada e realizada fisicamente no meio de transmissão.

De acordo com outra forma de realização da invenção, a forma de onda, conforme realizada num transmissor e distorcida durante a propagação através do meio de transmissão, é extraída do meio de transmissão por um receptor. Ilustrativamente, uma forma de onda distorcida é processada para compensar o efeito do meio de transmissão na forma de onda e/ou desmodulada com uma frequência portadora e/ou com uma filtragem, e.g. para limitar uma amplitude de frequência do sinal, resultando numa sequência de pacotes de ruí-

do. A compensação pela distorção introduzida pelo meio de transmissão pode ser incorporada nas funções de base; num tal caso uma colecção de funções de base pode variar, possivelmente para cada bloco. A compensação pela diafonia induzida durante a transmissão pode ser incluída no processamento, tanto no transmissor como no receptor.

De igual modo, de acordo com outra forma de realização da invenção, são descritos dispositivos e métodos de recepção para a recepção, detecção e descodificação de um fluxo de informação composta de *TFB* de entrada. Tanto a codificação como a descodificação podem conter mecanismos de correcção de erros. As funções de *TFB* podem ser detectadas pelo receptor com base nas características em domínio da frequência, nas características em domínio do tempo, ou em ambas.

De acordo com outra forma de realização da invenção, o receptor transforma um sinal recebido no meio de transmissão que liga o receptor ao transmissor transformando-o na sequência de bits que fora utilizada por aquele transmissor para gerar o sinal recebido. Este processo envolve, de um modo preferido, a conversão de um sinal análogo num fluxo de bits amostrados. Ilustrativamente, o sinal digitalmente codificado é desmodulado. O sinal amostrado pode ser emparelhado com um conjunto de funções de *TFB* a fim de determinar o factor de ponderação para cada uma das funções no conjunto. Esta situação resulta num bit i a ser posto igual a 0 se aquele factor for, e.g., -1, ou

igual a 1 se o factor for, *e.g.*, +1 (outros factores de ponderação e protocolos são naturalmente possíveis e estão no âmbito da invenção). Consequentemente, uma  $i$ -ésima função é mapeada para um  $i$ -ésimo bit na sequência gerada para um único pacote.

Numa outra forma de realização, a determinação dos factores de ponderação proporciona informação sobre o ruído gerado na ligação de comunicações, que é então estimada e enviada de volta para o transmissor para fazer a adaptação da codificação, se necessário.

De acordo com outra forma de realização da invenção, a informação de descodificação é extraída e os pacotes de ruído são descodificados utilizando pelo menos aproximações das  $N$  funções de *TFB*. Ilustrativamente, as funções utilizadas na descodificação podem ser diferentes das funções utilizadas na codificação. Os pacotes de ruído são decompostos em  $N$  pesos, um para cada uma das funções de base que foi utilizada na descodificação. Os resultantes  $N$  factores de ponderação são mapeados em  $N$  bits de uma maneira tal que a sequência de entrada é reconstruída com a probabilidade  $P$ , conforme acima descrito. Ilustrativamente, os bits extraídos são processados com um algoritmo de correcção de erros coincidente com o algoritmo utilizado na codificação, de maneira que o resultado é a sequência de bits de entrada original. Os bits resultantes são tornados disponíveis como sequência de saída. De um modo preferido, a sequência de bits de saída é colocada numa memória temporá-

ria intermédia e tornada disponível ao equipamento externo, tal como um computador.

Ilustrativamente, cada um dos passos que constitui o processamento do sinal recebido pode ser realizado de uma forma analógica e/ou digital. As funções utilizadas na descodificação podem ser digitalizadas antes da sua aplicação na descodificação do sinal recebido.

Esta invenção pode ser utilizada para aumentar a capacidade da largura de banda dos meios de transmissão existentes e/ou juntamente com protocolos de transmissão via satélite. Esta invenção tem as seguintes vantagens:

- (a) os canais criados através da modulação dos fluxos de pacotes de *TFB* num número de frequências portadoras, cada uma tendo uma certa largura de banda, podem ser colocados próximos uns dos outros devido à extensão limitada das funções de *TFB*;
- (b) pode ser aplicada a qualquer protocolo de transmissão digital;
- (c) pode ser aplicada a qualquer meio capaz de transportar informação digital electronicamente codificada;
- (d) pode transportar um grande número de canais singulares de voz e de dados numa única linha;
- (e) não depende de uma compressão para aumentar a largura de banda;
- (f) proporciona meios para aumentar a largura de banda utilizando a infra-estrutura existente;

(g) pode ser utilizada para implementar sistemas de comunicações tendo as propriedades de espectro de cada uma das actuais variantes de DSL, como ADSL, SDSL e VDSL, devido ao melhorado controlo sobre o espectro que resulta da extensão limitada das funções de *TFB*.

Embora estejam aqui descritas várias formas de realização preferidas das técnicas de codificação e de descodificação de *TFB*, deverá ser entendido que muitas alterações podem ser feitas sem se sair do âmbito da invenção.

Consequentemente, as técnicas acima mencionadas podem ser aplicadas não só à comunicação de informação digital, como também, por exemplo, ao seu armazenamento, em que um ou mais fluxos de informação digital são armazenados num meio de armazenamento baseado em técnicas analógicas.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Para proporcionar uma melhor compreensão da invenção, assim como de outros seus objectivos e características, é feita referência aos desenhos anexos, em que:

a Fig. 1A é um diagrama de blocos que apresenta uma implementação ilustrativa de um transmissor de um sistema de acordo com a presente invenção, equipado para converter os dados binários de entrada num fluxo de pacotes de *TFB* para a transmissão através de uma ligação de comunicações;

a Fig. 1B é um diagrama de blocos que representa uma implementação ilustrativa de um codificador do transmissor representado na Fig. 1A;

a Fig. 1C é um diagrama de blocos que representa uma implementação ilustrativa de um gerador de forma de onda do transmissor representado na Fig. 1A;

a Fig. 2A é um diagrama de blocos que apresenta uma implementação ilustrativa de um receptor do sistema de acordo com a presente invenção, equipado para descodificar um pacote de *TFB* de entrada num ou mais fluxos de dados binários;

a Fig. 2B é um diagrama de blocos que representa uma implementação ilustrativa de uma extremidade frontal do receptor representado na Fig. 2A;

a Fig. 2C é um diagrama de blocos que representa uma implementação ilustrativa de um descodificador do receptor representado na Fig. 2A;

a Fig. 2D é um diagrama de blocos que representa uma implementação ilustrativa de um gerador do fluxo de bits do receptor representado na Fig. 2A;

a Fig. 3A é um exemplo de uma função não de *TFB* no domínio do tempo;

a Fig. 3B é um exemplo de uma função não de *TFB* no domínio da frequência;

a Fig. 4A é um exemplo de uma função de *TFB* no domínio do tempo;

a Fig. 4B é um exemplo de uma função de *TFB* no domínio da frequência;

a Fig. 5A e 5B são representações a escala aumentada

das formas dos impulsos apresentadas na Fig. 4A e na Fig. 3A, respectivamente, para fins de comparação.

#### DESCRÍÇÃO PORMENORIZADA DAS FORMAS DE REALIZAÇÃO PREFERIDAS

Os sistemas e métodos da presente invenção potenciam a capacidade efectiva das ligações de comunicações ou de meios de armazenamento através da transmissão de uma pluralidade de componentes de formas de onda de *TFB*, cada um caracterizado por uma função de *TFB* singular. Uma combinação de funções de *TFB* é utilizada para construir um pacote de *TFB*, e uma pluralidade pacotes de *TFB* é utilizada para gerar um fluxo de *TFB*.

De acordo com uma primeira forma de realização da invenção que aumenta o débito de dados efectivo da ligação de comunicações, a informação de entrada é recebida sob a forma de um fluxo de bits de informação codificada em binário ("0"s e "1"s), e depois transformada numa codificação equivalente em que os binários "0" e "1" do fluxo de bits são transformados em factores de ponderação equivalentes destinados a ser aplicados a uma função de *TFB* seleccionada de um conjunto de funções de *TFB* predeterminadas, conforme abaixo descrito. É de notar que o mapeamento de um único bit com uma função de *TFB* é apresentado apenas a título de ilustração, e não é de todo uma limitação. É possível mapear um número de bits com uma única função de *TFB*.

Em termos conceptuais, o pacote de *TFB* é cons-

truído a partir de um conjunto de funções de *TFB*. Estas funções são utilizadas, potencialmente numa forma modificada, para codificar uma sequência de bits na forma de um sinal contínuo no tempo e para descodificar este sinal na sequência de bits que ele representa. A codificação ocorre através do cálculo de uma soma ponderada, também chamada de combinação linear, das funções de *TFB*. O peso de uma dada função de *TFB* é definido pelo factor de ponderação de um bit ou grupo de bits mapeados naquela função.

Fundamentalmente, as funções de *TFB* têm a propriedade vantajosa de estarem substancialmente limitadas tanto no domínio da frequência como no domínio do tempo. Uma subclasse preferida das funções de *TFB* inclui as funções de *TFB* ortogonais. Cada componente da forma de onda de *TFB* no conjunto predeterminado dos componentes da forma de onda de *TFB* ortogonal é único e é mutuamente ortogonal em relação a todos os outros componentes da forma de onda de *TFB* neste conjunto. Uma subclasse mais preferida das funções de *TFB* ortogonais inclui as funções de Hermite-Gauss. Uma função de Hermite-Gauss é uma função que tem a mesma forma (o módulo é uma constante) tanto no domínio da frequência como no domínio do tempo. A invenção compreende a utilização quer de funções de Hermite-Gauss, quer de outras funções de *TFB*. Um exemplo de uma função de *TFB* é:

$$\text{sech}(z) = 1/\cosh(z) = 2/(e^z + e^{-z})$$

As funções de *TFB* são somadas, depois do processo

de ponderação acima descrito, proporcionando assim os blocos de *TFB*, e consequentemente um fluxo de blocos de *TFB*.

Os métodos e sistemas de acordo com a invenção podem ser utilizados juntamente com qualquer meio de transmissão capaz de encaminhar ou transmitir um fluxo de informação. Um tal meio de transmissão pode incluir cabos, transmissão via satélite, comunicações sem fios, transmissões via radiofrequência pelo ar, transmissões via radiofrequência através de cabos coaxiais, fibras ópticas, etc. e protocolos tais como T-1, ATM, relé de tramas, etc. Os sistemas e métodos desenvolvidos de acordo com a invenção funcionarão com virtualmente qualquer informação digital capaz de ser transmitida ou armazenada utilizando tecnologias analógicas, como aplicações de dados, imagem, vídeo ou voz.

A Fig. 1A é um diagrama de blocos que apresenta uma implementação ilustrativa de um transmissor 100 de um sistema de acordo com a presente invenção, equipado para converter os dados binários de entrada num fluxo de *TFB* para a transmissão através de um meio de transmissão até um receptor. Um fluxo 110 de bits de dados binários de entrada inclui uma sequência de "1" e "0" lógicos. Este fluxo de bits 110 pode ter origem em, por exemplo mas não limitado a, um dispositivo de computação, como um computador pessoal, um servidor ou um dispositivo de armazenamento de dados legível por computador e/ou um dispositivo de comunicação via telefone ou outro meio. O fluxo 110 de bits de

entrada é convertido em blocos 130 de *TFB* por um codificador 120, que será mais adiante descrito em mais pormenor em relação à Fig. 1B. Os blocos 130 de *TFB* são transformados em pacotes 150 de *TFB* através da modulação da forma de onda do bloco com, por exemplo, a frequência central do canal a ser utilizado para a transmissão deste grupo de bits por um modulador 140. Para além de, ou em vez da modulação, o processamento pode ser adicionado para compensar, total ou parcialmente, o efeito do meio de transmissão. Numa forma de realização alternativa os blocos 130 de *TFB* podem também ser transformados em pacotes 150 de *TFB* sem a aplicação de um processamento de sinal adicional dos blocos 130. Subsequentemente, uma forma de onda 170 correspondendo ao pacote 150 de *TFB* é gerada por um gerador 160 da forma de onda e é realizada fisicamente no meio de transmissão. O gerador 160 da forma de onda será mais adiante descrito em mais pormenor em relação à Fig. 1C.

A Fig. 1B é um diagrama de blocos que representa uma implementação ilustrativa de um codificador 120 do transmissor 100 representado na Fig. 1A. O fluxo 110 de bits de entrada pode ser colocado em memória temporária intermédia num mecanismo de recepção 121 antes de ser codificado. Os bits de entrada são agrupados em grupos 122 com um comprimento  $M$ . Um mecanismo 123 de correcção de erros pode adicionar  $N-M$  bits para a correcção de erros, obtendo assim um grupo 124 com um comprimento de  $N$  contendo  $M$  bits de dados e  $N-M$  bits de correcção de erros. O comprimento  $N$  do grupo corresponde ao número de funções de *TFB* utilizado

na codificação e no número de bits mapeados numa única função de *TFB*. Tanto M como N podem ser determinados de um modo dinâmico, possivelmente por cada bloco. O mecanismo de correcção de erros pode ser disposto para receber informação sobre a qualidade da transmissão e/ou do meio de transmissão numa entrada 129, para optimizar o algoritmo de correcção de erros em função dos efeitos da transmissão e/ou do meio de transmissão. No caso de não existirem dados suficientes na sequência de entrada para encher um bloco 130, podem ser accionados bits de enchimento ao grupo 122 ou 124. Num mecanismo de ponderação 125, por cada bit no grupo 124, é determinado um factor de ponderação, que irá reflectir o valor do bit ("0" ou "1"). Ilustrativamente, o factor de ponderação é -1 se o valor do bit for igual a 0, e +1 se o valor do bit for igual a 1. O mecanismo de ponderação pode ser concebido para receber informação sobre a qualidade da transmissão e/ou do meio de transmissão numa entrada 131, para optimizar a geração da ponderação, dadas as condições da transmissão e/ou do meio de transmissão. Os factores de ponderação não estão de modo algum limitados ao exemplo acima apresentado, e podem ser escolhidos livremente para se adequarem às necessidades da aplicação ou do sistema. O mecanismo de mapeamento 127 faz o mapeamento dos N bits do grupo 124 de bits em N funções de *TFB*, gerados por um único mecanismo 128 de geração de sinais. O mecanismo 128 de geração de sinais pode ser concebido para receber informação sobre a qualidade da transmissão e/ou do meio de transmissão para optimizar as funções de *TFB*, dadas as condições da transmissão e/ou do meio de transmissão. De um

modo preferido, as funções de *TFB* são representações digitais das funções de *TFB*. Todavia, é também possível utilizar representações físicas analógicas das funções de *TFB*. Este mapeamento é conseguido através da multiplicação de uma primeira função de um conjunto seleccionado de funções de *TFB* com um primeiro factor de ponderação, uma segunda função com um segundo factor de ponderação, e assim sucessivamente, até que todas as  $N$  funções estejam multiplicadas com um factor de ponderação. De um modo preferido, a primeira função é multiplicada por um factor de ponderação correspondendo ao primeiro bit do grupo 124, a segunda função por um factor de ponderação correspondendo ao segundo bit do grupo 124, e assim sucessivamente. Subsequentemente, o mecanismo de ponderação 125 adiciona todas as  $N$  funções assim ponderadas para formar um bloco 130 de *TFB*.

Se for para mapear  $n$  bits em cada função de *TFB*, e existirem  $N_T$  funções de *TFB* a serem utilizadas, os bits são agrupados em grupos de  $N=n \times N_T$  bits (bit de entrada mais os bits de correção de erros). No mecanismo de ponderação 125, para cada conjunto de  $n$  bits no grupo 124, é determinado um factor de ponderação que irá reflectir o valor do conjunto de bits. O mecanismo de mapeamento 127 faz o mapeamento dos  $N$  bits do grupo 124 de bits em  $N_T$  funções de *TFB*, gerados pelo mecanismo 128 de geração de sinais. Este mapeamento é, mais uma vez, realizado através da multiplicação da primeira função proveniente do conjunto seleccionado de funções de *TFB* pelo primeiro factor de ponderação, da segunda função pelo segundo factor de ponderação, e

assim sucessivamente, até que todas as  $N_T$  funções de *TFB* estejam multiplicadas por um factor de ponderação. De um modo preferido, a primeira função é multiplicada por um factor de ponderação correspondendo ao primeiro conjunto de  $n$  bits do grupo 124, a segunda função por um factor de ponderação correspondendo ao segundo conjunto de  $n$  bits do grupo 124, e assim sucessivamente. Subsequentemente, o mecanismo 125 de mapeamento adiciona todas as  $N_T$  funções assim ponderadas para formar um bloco 130 de *TFB*.

A Fig. 1C é um diagrama de blocos que representa uma implementação ilustrativa do gerador 160 da forma de onda do transmissor 100 representado na Fig. 1A. Um dispositivo de amostragem 162 é utilizado para determinar uma representação digital 164 da forma de onda do pacote 150 conforme gerado pelo modulador 140. Um conversor digital-analógico (D/A) 166 converte a forma de onda 164 digital numa forma de onda analógica. Por fim, o mecanismo 168 de transmissão coloca a forma de onda 170 de *TFB* analógica no meio de transmissão.

Na forma de realização mostrada nas Figs. 1A, 1B e 1C, os bits de entrada 110 são mapeados digitalmente em representações digitais das  $N$  funções de *TFB*, a soma das quais (bloco 130) é determinada digitalmente e modulada antes de ser convertida numa forma de onda 170 analógica que é colocada no meio de transmissão. A invenção não está de modo algum limitada por esta forma de realização. As formas de realização alternativas, em que o fluxo 110 de

bits de entrada é convertido num sinal analógico num ponto diferente dentro do sistema, estão todas no âmbito da invenção. Exemplos desta situação são a multiplicação de N funções de *TFB* analógicas por equivalentes analógicos dos factores de ponderação ou a conversão de N funções ponderadas digitalmente em formas de onda analógicas antes da adição das formas de onda separadas para formar um bloco. Para além disto, a invenção pode ser realizada electronicamente, num microprograma, em software, em hardware ou em várias combinações destes.

A Fig. 2A é um diagrama de blocos que apresenta uma implementação ilustrativa de um receptor 200 do sistema de acordo com a presente invenção equipado para descodificar uma forma de onda de *TFB* de entrada 210, num ou mais fluxos de dados binários 280. A extremidade frontal 220 do receptor 200 recebe formas de onda 210 vindas do meio de transmissão. Conforme abaixo descrito em mais pormenor em relação à Fig. 2A, a extremidade 200 frontal converte a forma de onda 210 recebida num pacote amostrado 230. Um descodificador 240 decompõe o pacote 230 num grupo 260 de bits conforme abaixo descrito em relação à Fig. 2C. Por fim, os grupos de bits 260 são recuperados num fluxo de bits 280 por um gerador de fluxo de bits 270 conforme abaixo descrito em mais pormenor em relação à Fig. 2D.

A Fig. 2B é um diagrama de blocos que representa uma implementação ilustrativa de uma extremidade frontal 220 do receptor 200 representado na Fig. 2A. A extremidade

frontal 220 recebe um sinal 210 de forma de onda analógica vinda do meio de transmissão, e.g. um cabo. O sinal de entrada pode estar condicionado para melhorar a amplitude e/ou a relação sinal/ruído num mecanismo 222 de condicionamento de sinais. Um conversor analógico-digital (A/D) 224 gera um pacote digital amostrado 230 correspondendo à forma de onda 210 analógica recebida.

A Fig. 2C é um diagrama de blocos que representa uma implementação ilustrativa do descodificador 240 do receptor 200 representado na Fig. 2A. Uma vez que uma forma de onda 170, conforme realizada no transmissor, pode ser distorcida enquanto é propagada através do meio de transmissão, a forma de onda 210 distorcida pode ser processada para compensar o efeito da transmissão e/ou do meio de transmissão, e.g. o ruído, a atenuação e as deslocações em fase, na forma de onda por um mecanismo 264 de compensação produzindo pacotes recebidos compensados 248. Numa forma de realização alternativa, a compensação da distorção introduzida pelo meio de transmissão pode também ser incorporada nas funções de base; num tal caso, a colecção de funções de base pode variar, possivelmente por bloco. Ilustrativamente, a compensação da diafonia induzida durante a transmissão pode ser incluída no processamento tanto no transmissor 100 como no receptor 200. Pode ser utilizado um mecanismo de calibração 242 para determinar os parâmetros que governam a compensação através da comparação da forma de onda recebida 210 com uma forma de onda enviada conhecida. Um desmodulador 250 faz a desmodulação dos pacotes 248

(digitalmente codificados) com uma frequência portadora para cada canal utilizado na transmissão, resultando em blocos amostrados 252. Num mecanismo de emparelhamento 254, os blocos amostrados 252 são emparelhados com um conjunto de funções de *TFB* a fim de determinar um factor de ponderação para cada uma das funções no conjunto. Ilustrativamente, esta situação resulta no bit  $i$  ser posto igual a 0 se aquele factor de ponderação for -1, ou igual a 1 se o factor de ponderação for +1, no caso dos factores de ponderação dados no exemplo acima. Os factores de ponderação não estão de modo algum limitados a este exemplo e podem ser escolhidos livremente para se adequarem às necessidades da aplicação ou do sistema. Ilustrativamente, uma  $i$ -ésima função faz o mapeamento para um  $i$ -ésimo bit na sequência gerada para um único bloco 252. Os  $N$  factores de ponderação resultantes são mapeados num grupo 260 de  $N$  bits de uma maneira tal que o bloco 124 de entrada é reconstruído com a probabilidade  $P$ . Ilustrativamente, o emparelhamento é feito através da computação de uma aproximação dos produtos internos dos pacotes recebidos 248 com as funções de *TFB* utilizadas para descodificar os dados. O processo de emparelhamento proporciona informação sobre a geração de ruído na transmissão e/ou no meio de transmissão, que é então estimada por um mecanismo de estimativa de ruído 256 e enviada de volta 258 para o transmissor para fazer a adaptação da codificação, se necessário. No transmissor 100 esta informação pode, por exemplo, ser direcionada para a entrada 129 do mecanismo de correcção de erros para optimizar o algoritmo de correc-

ção de erros e/ou para a entrada 131 do mecanismo de ponderação para ser utilizada na optimização das ponderações aplicadas às funções de *TFB*, dados os efeitos do meio de transmissão. A informação pode também ser utilizada para modificar o conjunto de funções de *TFB* utilizado no interior do transmissor. É também possível utilizar informação que não foi ainda estimada pelo mecanismo de estimativa 256, por exemplo proveniente de uma medição separada, para efeitos de optimização.

A Fig. 2D é um diagrama de blocos que representa uma implementação ilustrativa do gerador de fluxo de bits 270 do receptor 200 representado na Fig. 2A. Os M bits de dados nos grupos 260 extraídos no mecanismo de emparelhamento 254 são processados com um algoritmo de correcção de erros num mecanismo de correcção de erros 272, coincidindo com um algoritmo utilizado para a codificação, de maneira que o resultado é a sequência de bits original. O grupo 274 de M bits codificados é colocado numa memória temporária intermédia 276 e, depois de ser concatenada, o fluxo de bits 280 resultante é disponibilizado ao equipamento externo, como por exemplo um computador, por um mecanismo de interface 278.

Na forma de realização mostrada nas Figs. 2A, 2B, 2C e 2D, as formas de onda 210 de entrada são digitalizadas depois do condicionamento do sinal e antes da compensação. A invenção não está de modo algum limitada a esta forma de realização. As formas de realização alternativas, em que a

forma de onda 210 de entrada é convertida em dados digitais num ponto diferente dentro do sistema, estão todas no âmbito da invenção. Alguns exemplos são a aplicação digital do condicionamento ou da compensação do sinal, e.g. a atenuação de uma maneira analógica. Para além disto, a invenção pode ser realizada electronicamente num microprograma, em software, em hardware ou em várias combinações destas.

As formas de realização em hardware das Figs. 1A e 2A podem ser utilizadas para criar múltiplos canais utilizando a multiplexagem por divisão de frequências (FDM) em que cada um dos canais é constituído por um fluxo de pacotes. Cada um destes pacotes, por sua vez, é construído a partir de somas ponderadas de um conjunto de funções de *TFB*.

A Fig. 3B é um exemplo de uma função não de *TFB*, no domínio da frequência. A função da Fig. 3B está perfeitamente limitada a uma faixa rectangular no domínio da frequência tendo uma largura de 1 Hz, mas a sua transformada de Fourier, a função Sinc, prolonga-se até mais infinito e menos infinito no domínio do tempo (Fig. 3A). De igual modo, uma função que esteja delimitada numa faixa rectangular no domínio do tempo espalha-se até mais infinito e menos infinito no domínio da frequência.

Para reduzir o espalhamento dramático da função Sinc representada na Fig. 3A, a subida e descida íngreme da amplitude da faixa rectangular (Fig. 3B) pode ser alterada

de maneira a ficar com uma subida e descida mais gradual da amplitude através da utilização, e.g., de uma função de coseno elevado. Todavia, mesmo as funções de coseno elevado mais graduais resultam num espalhamento substancial. A melhor solução para este problema de espalhamento é a utilização de funções de *TFB*, por exemplo, algumas das quais estão mostradas nas Figs. 4A e 4B.

A Fig. 4A é um exemplo de uma função de *TFB* no domínio do tempo, e a Fig. 4B é a correspondente função de *TFB* no domínio da frequência.

Para fins de comparação, as Figs. 5A e 5B mostram ampliações dos gráficos no domínio do tempo da função de *TFB* e da função *Sinc*, respectivamente. É de notar que a amplitude vertical está diminuída em relação às Figs. 3A e 4A, a fim de mostrar o desvanecimento da máxima local.

Lisboa, 3 de Setembro de 2007

**REIVINDICAÇÕES**

1. Sistema para aumentar o débito de dados digitais através da transmissão de pacotes de funções limitadas no tempo e na frequência num meio de transmissão, em que as funções limitadas no tempo e na frequência são funções lisas, que têm uma extensão limitada tanto no domínio do tempo como no domínio da frequência para além da qual a amplitude do produto da função e qualquer polinómio é negligenciável ou pelo menos inferior a um valor limiar predeterminado, o sistema compreendendo um transmissor, compreendendo:

um mecanismo de recepção digital 121 para receber um fluxo 110 de entrada de informação digital numa ou mais linhas digitais de entrada, a informação digital estando num formato de bit binário de "0"s e "1"s;

um mecanismo de ponderação 125 para gerar respectivos factores de ponderação utilizando a informação digital recebida do mecanismo de recepção digital 121;

um mecanismo de geração de sinais 128 equipado para gerar uma pluralidade de funções limitadas no tempo e na frequência,

**caracterizado por:**

um mecanismo de mapeamento 127, acoplado ao mecanismo de geração de sinais 128, para aplicar os factores de ponderação gerados por e recebidos do mecanismo 128 de ponderação

a uma correspondente função limitada no tempo e na frequência gerada, e subsequentemente adicionar as funções limitadas no tempo e na frequência ponderadas para assim gerar uma correspondente pluralidade de pacotes 150 limitados no tempo e na frequência, a pluralidade de pacotes limitados no tempo e na frequência compreendendo um fluxo de informação limitado no tempo e na frequência; e um mecanismo 168 de transmissão para transmitir a pluralidade de pacotes limitados no tempo e na frequência através do meio de transmissão.

2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, em que o mecanismo de recepção 121 compreende meios para colocar em memória temporária intermédia o fluxo de entrada e meios para agrupar os bits em grupos.

3. Sistema de acordo com a reivindicação 2, em que o sistema é concebido para determinar dinamicamente o número de bits num grupo.

4. Sistema de acordo com a reivindicação 2, em que os meios para agrupar os bits são concebidos para adicionar um ou mais bits de enchimento no caso de não existirem dados suficientes no fluxo de entrada de informação para encher o grupo.

5. Sistema de acordo com a reivindicação 2, compreendendo um mecanismo de correcção de erros 129 concebido para adicionar bits de correcção de erros aos grupos de bits.

6. Sistema de acordo com a reivindicação 5, em que o sistema é concebido para definir dinamicamente o número de bits de correcção de erros.

7. Sistema de acordo com a reivindicação 1, compreendendo um modulador para modular a soma das funções limitadas no tempo e na frequência ponderadas com uma frequência portadora.

8. Sistema de acordo com a reivindicação 5, em que o mecanismo de correcção de erros 129 é concebido para receber informação sobre a qualidade da transmissão e/ou do meio de transmissão numa entrada para optimizar o algoritmo de correcção de erros em função dos efeitos do meio de transmissão.

9. Sistema de acordo com a reivindicação 1, em que o mecanismo de ponderação 125 é concebido para receber informação sobre a qualidade da transmissão e/ou do meio de transmissão numa entrada para optimizar a geração da ponderação, dadas as condições do meio de transmissão.

10. Sistema de acordo com a reivindicação 1, em que o mecanismo 160 de geração de sinais é equipado para gerar uma pluralidade de representações digitais das funções limitadas no tempo e na frequência.

11. Sistema de acordo com a reivindicação 1, compreendendo ainda um receptor 200 para receber um fluxo 210 de

informação de entrada sob a forma de pacotes limitados no tempo e na frequência transmitidos no meio de transmissão; o receptor compreendendo uma extremidade frontal 220, um descodificador 240 para extraír a informação digital e um mecanismo de geração 270 para gerar um ou mais fluxos 280 de bits de dados binários de saída.

12. Sistema de acordo com a reivindicação 11, em que a extremidade frontal 220 compreende um conversor analógico-digital 224 para converter o fluxo de informação de entrada num fluxo amostrado de bits 230.

13. Sistema de acordo com a reivindicação 11, em que o descodificador compreende um compensador 246 para corrigir o fluxo 230 de informação de entrada amostrado face às distorções do sinal durante a transmissão, e determinar os parâmetros que governam a correcção.

14. Sistema de acordo com a reivindicação 13, em que o mecanismo de correcção de erros do transmissor 129 é concebido para receber os parâmetros vindos do compensador do receptor.

15. Sistema de acordo com a reivindicação 13, em que o mecanismo de ponderação 125 do transmissor é concebido para receber os parâmetros vindos do compensador do receptor.

16. Sistema de acordo com a reivindicação 11, em que o descodificador 240 compreende um desmodulador 250 para desmodular os pacotes limitados no tempo e na frequência.

17. Sistema de acordo com a reivindicação 11, em que o descodificador 240 comprehende um mecanismo de geração de sinais equipado para gerar uma pluralidade de funções limitadas no tempo e na frequência.

18. Sistema de acordo com a reivindicação 17, em que o descodificador comprehende um mecanismo de emparelhamento 254 para emparelhar o fluxo de informação recebida com o conjunto de funções limitadas no tempo e na frequência, a fim de determinar o factor de ponderação para cada função no conjunto.

19. Sistema de acordo com a reivindicação 18, em que as funções limitadas no tempo e na frequência utilizadas no mecanismo de emparelhamento são diferentes das funções limitadas no tempo e na frequência utilizadas no mecanismo de mapeamento.

20. Sistema de acordo com a reivindicação 11, em que o descodificador comprehende um mecanismo de estimativa 256 para estimar a informação no ruído gerado por e/ou dentro do meio de transmissão.

21. Sistema de acordo com a reivindicação 20, em que o mecanismo de geração de sinais do receptor 200 é concebido para receber e utilizar a informação do mecanismo de estimativa 256 para adaptar as funções limitadas no tempo e na frequência geradas.

22. Sistema de acordo com a reivindicação 20, em que o mecanismo de geração de sinais 128 do transmissor 100 é concebido para receber e utilizar a informação do mecanismo de estimativa 256 para adaptar as funções limitadas no tempo e na frequência geradas.

23. Sistema de acordo com a reivindicação 11, em que o mecanismo de geração 270 comprehende um mecanismo de correcção de erros 272 para aplicar a correcção de erros ao um ou mais fluxos de dados de saída.

24. Sistema de acordo com a reivindicação 11, em que o mecanismo de geração 270 comprehende uma memória temporária intermédia 76 para os bits descodificados.

25. Sistema de acordo com a reivindicação 11, em que o mecanismo de geração 270 comprehende um mecanismo 178 para a concatenação dos bits e/ou tornar os bits disponíveis para equipamento externo.

26. Sistema de acordo com a reivindicação 11, em que pelo menos parte do descodificador é implementado em software executando num mecanismo de computação programável, tal como um computador de utilização geral, um processador de sinais digitais (*DSP*) ou um *FPGA*.

27. Sistema de acordo com a reivindicação 1 ou 11, em que pelo menos uma das funções limitadas no tempo e na

frequência é escolhida de entre uma subclasse de funções limitadas no tempo e na frequência ortogonais.

28. Sistema de acordo com a reivindicação 1 ou 11, em que pelo menos uma das funções limitadas no tempo e na frequência é escolhida de entre uma subclasse de funções de Hermite-Gauss.

29. Transmissor compreendendo:

um mecanismo de recepção digital para receber um fluxo de entrada de informação digital numa ou mais linhas digitais de entrada, a informação digital estando num formato de bit binário de "0"s e "1"s;

um mecanismo de ponderação para gerar respectivos factores de ponderação utilizando a informação digital recebida do mecanismo de recepção digital;

um mecanismo de geração de sinais equipado para gerar uma pluralidade funções limitadas no tempo e na frequência;

um mecanismo de mapeamento, acoplado ao mecanismo de geração de sinais, para aplicar os factores de ponderação gerados por e recebidos do mecanismo de ponderação a uma correspondente função limitada no tempo e na frequência gerada, e subsequentemente adicionar as funções limitadas no tempo e na frequência ponderadas para assim gerar uma correspondente pluralidade de pacotes limitados no tempo e na frequência, a pluralidade de pacotes limitados no tempo e na frequência

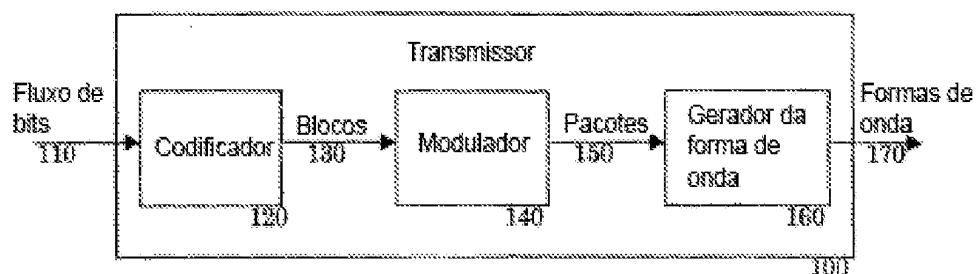
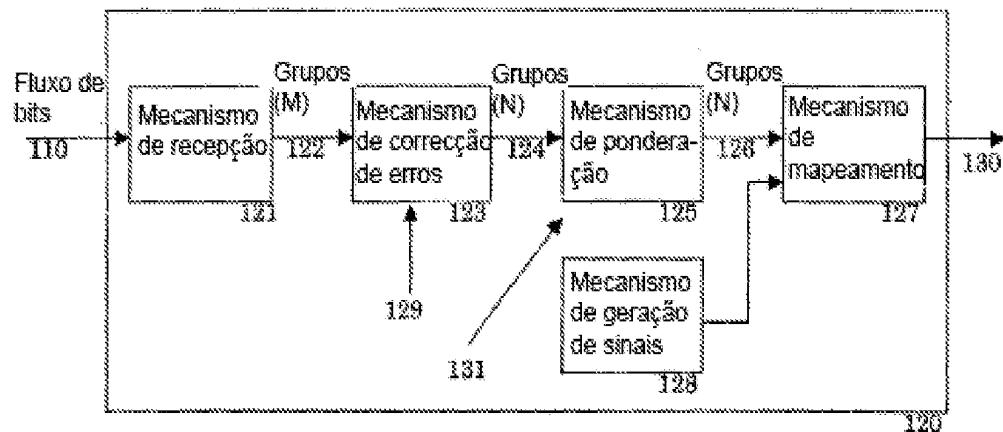
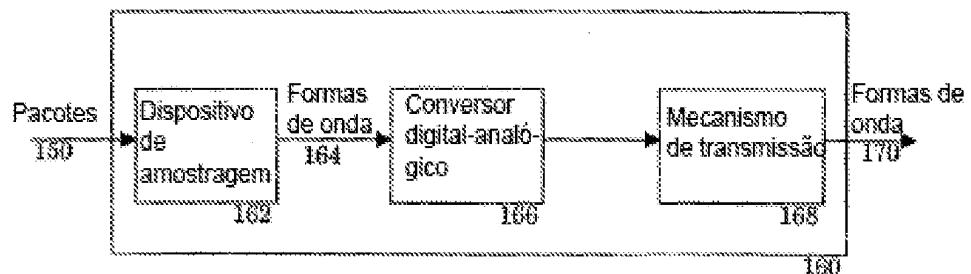
compreendendo um fluxo de informação limitado no tempo e na frequência; e um mecanismo de transmissão para transmitir a pluralidade de pacotes limitados no tempo e na frequência através do meio de transmissão.

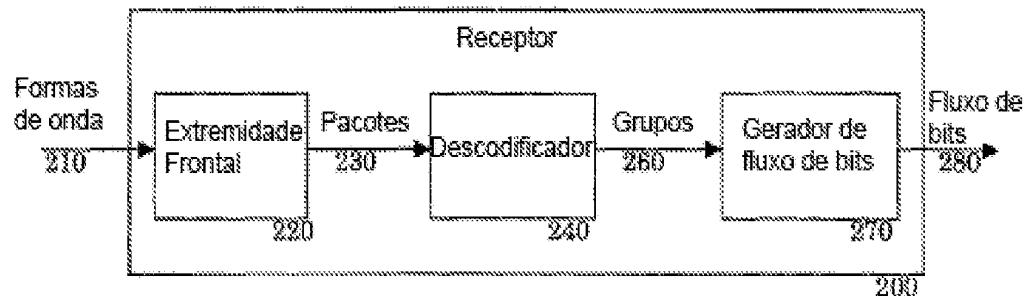
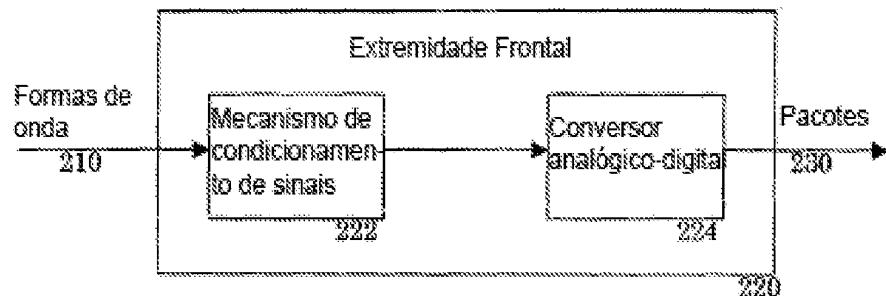
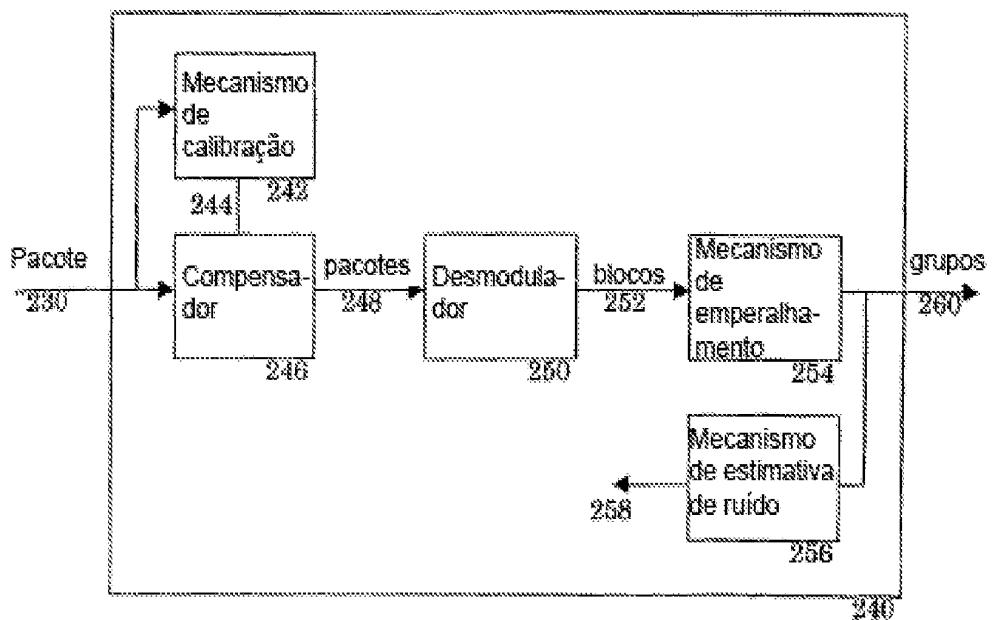
30. Receptor para receber um fluxo de informação de entrada sob a forma de pacotes limitados no tempo e na frequência transmitidos num meio de transmissão; o receptor compreendendo uma extremidade frontal, um descodificador para extrair a informação digital, o descodificador compreendendo um desmodulador para desmodular os pacotes limitados no tempo e na frequência; e um mecanismo de emparelhamento para emparelhar o fluxo de informação recebida com um conjunto de funções limitadas no tempo e na frequência a fim de determinar um factor de ponderação para cada função no conjunto e fazer o mapeamento dos factores de ponderação nos grupos de bits; e um mecanismo de geração que processa os referidos grupos de bits para gerar um ou mais fluxos de bits de dados binários de saída.

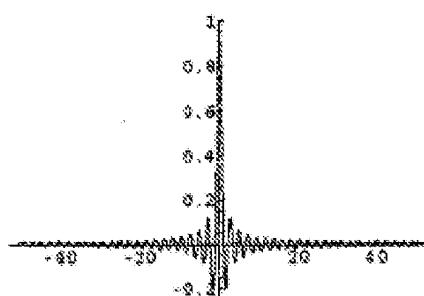
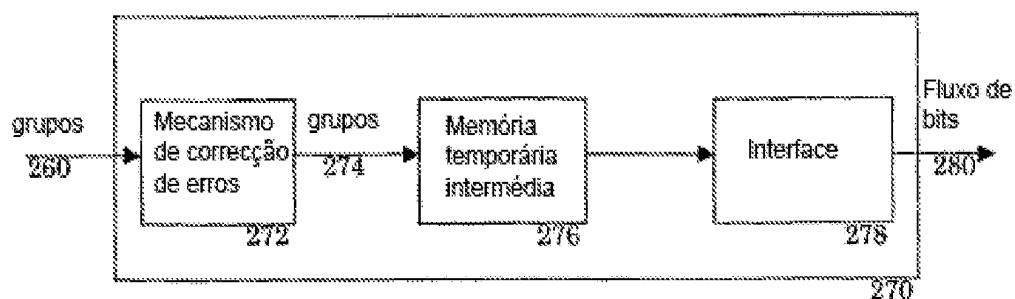
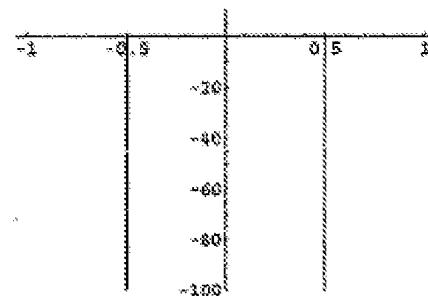
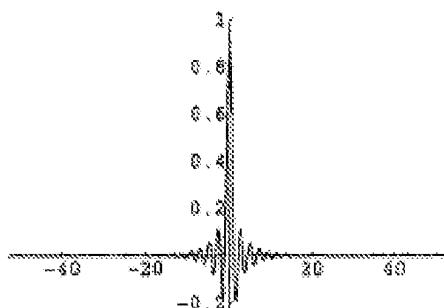
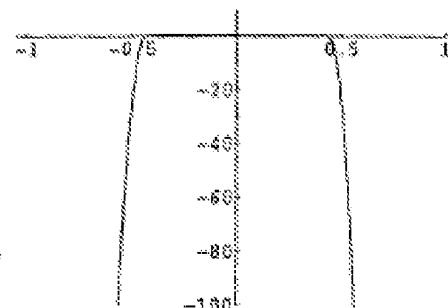
31. Método para aumentar eficazmente o débito de dados digitais através da transmissão de pacotes de funções limitadas no tempo e na frequência num meio de transmissão, em que as funções limitadas no tempo e na frequência são funções lisas, que têm uma extensão limitada tanto no domínio do tempo como no domínio da frequência, para além da qual a amplitude do produto da função e qualquer polinómio é negligenciável ou pelo menos inferior a um certo valor limiar predeterminado, o método compreendendo os passos de:

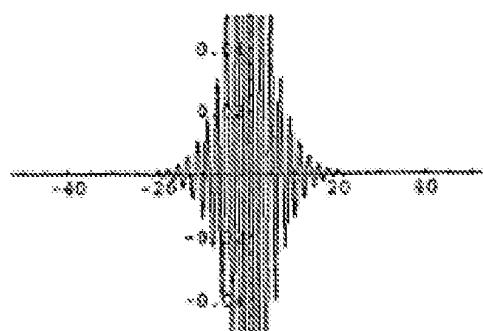
receber um fluxo de entrada de informação digital num formato de bit binário de "0"s e "1"s;  
utilizar a informação digital para gerar uma sequência de factores de ponderação;  
gerar uma pluralidade de funções limitadas no tempo e na frequência;  
aplicar os factores de ponderação à pluralidade de funções limitadas no tempo e na frequência; e  
adicionar as funções limitadas no tempo e na frequência ponderadas para assim gerar uma correspondente pluralidade de pacotes limitados no tempo e na frequência, uma pluralidade de pacotes limitados no tempo e na frequência compreendendo um fluxo de informação limitado no tempo e na frequência; e  
transmitir a pluralidade de pacotes limitados no tempo e na frequência através do meio de transmissão.

Lisboa, 3 de Setembro de 2007

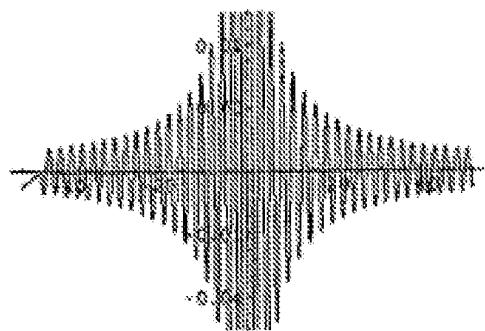
**Figura 1A****Figura 1B****Figura 1C**

**Figura 2A****Figura 2B****Figura 2C**

**Figura 2D****Figura 3A****Figura 3B****Figura 4A****Figura 4B**



**Figura 5A**



**Figura 5B**