



**República Federativa do Brasil**

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,  
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



**(11) BR 122019024695-5 B1**

**(22) Data do Depósito:** 14/07/2011

**(45) Data de Concessão:** 20/02/2024

---

**(54) Título:** SISTEMA CONFIGURADO PARA GERAR UMA PLURALIDADE DE SINAIS DE ÁUDIO DE SUB-BANDA DE ALTA FREQUÊNCIA, DECODIFICADOR DE ÁUDIO, MÉTODO PARA GERAR UMA PLURALIDADE DE SINAIS DE SUB-BANDA DE ALTA FREQUÊNCIA, MÉTODO PARA DECODIFICAR UM FLUXO DE BITS E MEIO DE ARMAZENAMENTO

**(51) Int.Cl.:** G10L 21/02.

**(30) Prioridade Unionista:** 19/07/2010 US 61/365,518; 27/09/2010 US 61/386,725.

**(73) Titular(es):** DOLBY INTERNATIONAL AB.

**(72) Inventor(es):** KRISTOFER KJOERLING.

**(86) Pedido PCT:** PCT EP2011062068 de 14/07/2011

**(87) Publicação PCT:** WO 2012/010494 de 26/01/2012

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 22/11/2019

**(62) Pedido Original do Dividido:** BR112012024360-8 - 14/07/2011

**(57) Resumo:** O presente pedido refere-se a um método e sistema para a execução da reconstrução HFR de sinais de áudio com grandes variações no nível de energia através da faixa de baixa frequência que é usada para reconstruir as altas frequências do sinal de áudio. Um sistema para gerar uma pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência que cobrem um intervalo de alta frequência dentre uma pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência é descrito. O sistema compreende um meio para o recebimento da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência; um meio para o recebimento de um conjunto de energias alvo, cada energia alvo cobrindo um intervalo alvo diferente dentro do intervalo de alta frequência e sendo indicativa da energia desejada de um ou mais sinais de sub-banda de alta frequência que se encontram dentro do intervalo alvo; um meio para a geração da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência dentre vários sinais de sub-banda de baixa frequência e vários coeficientes de ganho espectral associados à pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência, respectivamente; e um meio para o ajuste da energia de vários sinais de (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para  
**"SISTEMA CONFIGURADO PARA GERAR UMA PLURALIDADE DE SINAIS DE ÁUDIO DE SUB-BANDA DE ALTA FREQUÊNCIA, DECODIFICADOR DE ÁUDIO, MÉTODO PARA GERAR UMA PLURALIDADE DE SINAIS DE SUB-BANDA DE ALTA FREQUÊNCIA, MÉTODO PARA DECODIFICAR UM FLUXO DE BITS E MEIO DE ARMAZENAMENTO".**

[001] Dividido do BR112012024360-8 depositado em 14 de setembro de 2011.

#### CAMPO TÉCNICO

[002] O presente pedido se refere a uma Reconstrução/Regeneração de Alta Frequência (HFR) de sinais de áudio. Em particular, o presente pedido se refere a um método e sistema para a execução da reconstrução HFR de sinais de áudio com grandes variações no nível de energia através da faixa de baixa frequência que é usada para reconstruir as altas frequências do sinal de áudio.

#### ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[003] As tecnologias de reconstrução HFR, tais como a tecnologia de Replicação Banda Espectral (SBR), permitem melhorar significativamente a eficiência de codificação de codecs de áudio perceptuais tradicionais. Em combinação com a Codificação de Áudio Avançado (AAC) de padrão MPEG-4, a reconstrução HFR forma um codec de áudio muito eficiente, que já se encontra em uso dentro do sistema de Rádio via Satélite XM e do Rádio Digital Mondiale, e também padronizado dentro do padrão 3GPP, DVD Forum e outros. A combinação da codificação AAC e da replicação SBR é chamada aacPlus. Ela faz parte do padrão MPEG-4 quando o mesmo é referido como o Perfil de codificação AAC de Alta Eficiência (HE-AAC). Em geral, a tecnologia de reconstrução HFR pode ser combinada com

qualquer codec de áudio perceptual de uma maneira compatível para frente e para trás, oferecendo, assim, a possibilidade de atualizar sistemas de difusão já estabelecidos, tais como o MPEG Layer 2 utilizado no sistema Eureka DAB. Os métodos de reconstrução HFR podem também ser combinados com codecs de voz de modo a permitir uma fala de banda larga em taxas de bits ultrabaixas.

[004] A ideia básica subjacente à reconstrução HFR é a observação de que, geralmente, uma forte correlação entre as características da faixa de alta frequência de um sinal e as características da faixa de baixa frequência do mesmo sinal se encontra presente. Assim, uma boa aproximação para a representação da faixa de alta frequência de entrada original de um sinal pode ser obtida por meio de uma transposição de sinal a partir da faixa de baixa frequência para a faixa de alta frequência.

[005] Este conceito de transposição foi estabelecido na Publicação WO 98/57436 que é incorporada ao presente documento a título de referência como um método para recriar uma banda de alta frequência a partir de uma banda de frequência mais baixa de um sinal de áudio. Uma economia substancial na taxa de bits pode ser obtida ao se usar este conceito de codificação de áudio e/ou de codificação de voz. A seguir, será feita referência à codificação de áudio, mas deve notar-se que os métodos e sistemas descritos são igualmente aplicáveis à codificação de voz e na codificação unificada de áudio e voz (USAC).

[006] A Reconstrução de Alta Frequência pode ser realizada no domínio do tempo ou no domínio da frequência, utilizando um banco de filtros ou transformada de escolha. O processo geralmente envolve várias etapas, nas quais as duas operações principais são, em primeiro lugar, criar um sinal de excitação de alta frequência, e, em seguida, moldar o sinal de excitação de alta frequência de modo a aproximar a envolvente espectral do espectro de alta frequência

original. A etapa de criação de um sinal de excitação de alta frequência pode, por exemplo, se basear em uma modulação de banda lateral única (SSB), na qual uma senoide com uma frequência  $\omega$  é mapeada para uma senoide com uma frequência  $\omega + \Delta\omega$ , na qual  $\Delta\omega$  é uma mudança de frequência fixa. Em outras palavras, o sinal de alta frequência pode ser gerado a partir do sinal de baixa frequência por meio de uma operação de "cópia" de sub-bandas de baixa frequência para sub-bandas de alta frequência. Um outro método para a criação de um sinal de excitação de alta frequência pode envolver a transposição harmônica de sub-bandas de baixa frequência. A transposição harmônica de uma ordem  $T$  é tipicamente concebida no sentido de mapear uma senoide de frequência  $\omega$  do sinal de baixa frequência para uma senoide com uma frequência  $T\omega$ , sendo  $T > 1$ , do sinal de alta frequência.

[007] A tecnologia de reconstrução HFR pode ser utilizada como parte dos sistemas de codificação de fonte, nos quais variadas informações de controle para orientar o processo de reconstrução HFR são transmitidas a partir de um codificador para um decodificador, juntamente com uma representação do sinal de banda estreita/de baixa frequência. Para os sistemas nos quais nenhum sinal de controle adicional pode ser transmitido, o processo pode ser aplicado ao decodificador, com os dados de controle adequados estimados a partir da informação disponível no decodificador.

[008] O ajuste da envolvente acima mencionado do sinal de excitação de alta frequência tem por objetivo obter uma forma espectral que se aproxime da forma espectral da banda alta original. Para isso, a forma espectral do sinal de alta frequência tem de ser modificada. Ou seja, o ajuste a ser aplicado à banda alta vem a ser uma função da envolvente espectral existente e da envolvente espectral desejada.

[009] Para os sistemas que operam no domínio da frequência, por exemplo, os sistemas de reconstrução HFR implementados em um banco de filtros de interface pseudo QMF, os métodos da técnica anterior não são ideais, uma vez que a criação do sinal de banda alta, através da combinação de diversas contribuições a partir da faixa de frequência de origem, introduz uma envolvente espectral artificial na banda alta a ser ajustada na envolvente. Em outras palavras, o sinal de banda alta ou alta frequência gerado a partir do sinal de baixa frequência durante o processo de reconstrução HFR exibe tipicamente uma envolvente espectral artificial (tipicamente compreendendo descontinuidades espectrais). Isto cria dificuldades para o ajustador da envolvente espectral, uma vez que o ajustador não somente tem de ter a capacidade de aplicar a envolvente espectral desejada com uma resolução de tempo e frequência adequada, como também o ajustador deverá igualmente ser capaz de desfazer as características espectrais introduzidas artificialmente pelo gerador de sinal de reconstrução HFR. Isto impõe difíceis limitações de projeto sobre o ajustador de envolventes. Como resultado, estas dificuldades tendem a resultar em uma perda notável de energia de alta frequência, e descontinuidades audíveis na forma espectral do sinal de banda alta, em particular para sinais do tipo voz. Em outras palavras, os geradores de sinal de reconstrução HFR convencionais tendem a introduzir descontinuidades e variações de nível no sinal de banda alta para os sinais que têm grandes variações de nível na faixa de banda baixa, por exemplo, sibilantes. Quando subsequentemente o ajustador de envolvente é exposto a este sinal de banda alta, o ajustador de envolvente não poderá, com razoabilidade e consistência, separar a descontinuidade recém-introduzida de qualquer característica espectral natural do sinal de banda baixa.

[0010] O presente documento descreve uma solução para o

problema acima mencionado, resultando em um aumento da qualidade de áudio percebida. Em particular, o presente documento descreve uma solução para o problema da geração de um sinal de banda alta a partir de um sinal de banda baixa, na qual a envolvente espectral do sinal de banda alta é ajustada de forma eficaz no sentido de se assemelhar à forma da envolvente espectral original na banda alta sem a introdução de artefatos indesejáveis.

### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0011] O presente documento propõe uma etapa de correção adicional como parte da geração de sinal de reconstrução de alta frequência. Como um resultado da etapa de correção adicional, a qualidade de áudio do componente de alta frequência do sinal de banda alta se torna maior. A etapa de correção adicional pode ser aplicada a todos os sistemas de codificação de origem que utilizam técnicas de reconstrução de alta frequência, bem como a qualquer método ou sistema de pós-processamento de finalização única que visa a recriação das altas frequências de um sinal de áudio.

[0012] De acordo com um aspecto, é descrito um sistema configurado de modo a gerar uma pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência que cobrem um intervalo de alta frequência. O sistema pode ser configurado de modo a gerar a pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência dentre uma pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência. A pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência pode ser os sinais de sub-banda de um sinal de áudio de banda baixa ou de banda estreita, o qual pode ser determinado utilizando um banco de filtros de análise ou transformada. Em particular, a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência pode ser determinada a partir de um sinal de banda baixa no domínio do tempo utilizando um banco de filtros de análise QMF (filtro em espelho de quadratura) ou uma FFT (Transformada Rápida

de Fourier). A pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência gerados pode corresponder a uma aproximação dos sinais de sub-banda de alta frequência de um sinal de áudio original a partir do qual a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência foi derivada. Em particular, a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência e a pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência regenerados podem corresponder às sub-bandas de um banco de filtros QMF e/ou uma transformada FFT.

[0013] O sistema pode compreender um meio para o recebimento da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência. Assim sendo, o sistema pode ser colocado a jusante do banco de filtros de análise ou da transformada que gera a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência de um sinal de banda baixa. O sinal de banda baixa pode ser um sinal de áudio que foi decodificado em um decodificador de núcleo a partir de um fluxo de bits recebido. O fluxo de bits pode ser armazenado em um meio de armazenamento, por exemplo, em um disco compacto ou em um DVD, ou o fluxo de bits pode ser recebido no decodificador por um meio de transmissão, por exemplo, um meio de transmissão óptica ou de rádio.

[0014] O sistema pode compreender um meio para o recebimento de um conjunto de energias alvo, que podem também ser referidas como as energias de fator de escala. Cada energia alvo pode cobrir um intervalo alvo diferente, que pode também ser referido como uma banda de fator de escala, dentro do intervalo de alta frequência. Tipicamente, o conjunto de intervalos alvo, que corresponde ao conjunto de energias alvo abrange o intervalo de alta frequência total. A energia alvo do conjunto de energias alvo é geralmente indicativa da energia desejada de um ou de mais sinais da sub-banda de alta frequência que se encontram dentro do intervalo alvo correspondente. Em particular, a energia alvo pode corresponder à energia média desejada de um ou

mais sinais de sub-banda de alta frequência que se encontram dentro do intervalo alvo correspondente. A energia alvo de um intervalo alvo é tipicamente derivada da energia do sinal de banda alta do sinal de áudio original dentro do intervalo alvo. Em outras palavras, o conjunto de energias alvo normalmente descreve a envolvente espectral da porção de banda alta do sinal de áudio original.

[0015] O sistema pode compreender um meio para a geração da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência dentre a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência. Para este efeito, o meio para a geração da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência pode ser configurado de modo a executar uma transposição de cópia da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência e/ou realizar uma transposição harmônica da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência.

[0016] Além disso, o meio para a geração da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência pode levar em consideração uma pluralidade de coeficientes de ganho espectral durante o processo de geração da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência. A pluralidade de coeficientes de ganho espectral pode ser associada à pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência, respectivamente. Em outras palavras, cada um dos sinais de sub-banda de baixa frequência dentre a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência pode ter um coeficiente de ganho espectral correspondente dentre a pluralidade de coeficientes de ganho espectral. Um coeficiente de ganho espectral dentre a pluralidade de coeficientes de ganho espectral pode ser aplicado ao sinal de sub-banda de baixa frequência correspondente.

[0017] A pluralidade de coeficientes de ganho espectral pode ser associada à energia da respectiva pluralidade de sinais da sub-banda de baixa frequência. Em particular, cada coeficiente de ganho



espectral pode ser associado à energia de seu sinal de sub-banda de baixa frequência correspondente. Em uma modalidade, um coeficiente de ganho espectral é determinado com base na energia do sinal de sub-banda de baixa frequência correspondente. Para este efeito, uma curva dependente da frequência pode ser determinada com base na pluralidade de valores de energia da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência. Neste caso, um método para determinar a pluralidade de coeficientes de ganho pode se basear na curva dependente da frequência que é determinada a partir de uma representação (por exemplo, logarítmica) das energias da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência.

[0018] Em outras palavras, a pluralidade de coeficientes de ganho espectral pode ser derivada a partir de uma curva dependente da frequência ajustada à energia da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência. Em particular, a curva dependente da frequência pode ser de um polinômio de ordem/grau predeterminado. De maneira alternativa ou em adição, a curva dependente da frequência pode compreender diferentes segmentos de curva, sendo que os segmentos de curva diferentes são ajustados à energia da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência a diferentes intervalos de frequência. Os diferentes segmentos de curva podem ser diferentes polinômios de uma ordem predeterminada. Em uma modalidade, os diferentes segmentos de curva são polinômios de uma ordem zero, de tal modo que os segmentos de curva representem os valores médios de energia da energia da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência dentro do intervalo de frequência correspondente. Em uma outra modalidade, a curva dependente da frequência é ajustada à energia da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência através da realização de uma operação de filtragem média móvel ao longo dos diferentes intervalos de frequência.

[0019] Em uma modalidade, um coeficiente de ganho dentre a pluralidade de coeficientes de ganho é obtido a partir da diferença da energia média da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência e de um valor correspondente da curva dependente da frequência. O valor correspondente da curva dependente da frequência pode ser um valor da curva com uma frequência dentro da faixa de frequências do sinal de sub-banda de baixa frequência ao qual o coeficiente de ganho corresponde.

[0020] Normalmente, a energia da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência é determinada em uma certa grade de tempo, por exemplo, em uma base quadro a quadro, ou seja, a energia de um sinal de sub-banda de baixa frequência dentro de um intervalo de tempo definido pela grade de tempo corresponde à energia média das amostras do sinal de sub-banda de baixa frequência dentro do intervalo de tempo, por exemplo, dentro de um quadro. Assim sendo, uma diferente pluralidade de coeficientes de ganho espectral pode ser determinada com base na grade de tempo escolhida, por exemplo, uma diferente pluralidade de coeficientes de ganho espectral pode ser determinada para cada quadro do sinal de áudio. Em uma modalidade, a pluralidade de coeficientes de ganho espectral pode ser determinada em uma base amostra por amostra, por exemplo, através da determinação da energia da pluralidade de sub-bandas de baixa frequência, utilizando uma janela flutuante através das amostras de cada um dos sinais de sub-banda de baixa frequência. Deve-se notar que o sistema pode compreender um meio para a determinação da pluralidade de coeficientes de ganho espectral a partir da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência. Esse meio pode ser configurado de modo a realizar os métodos acima mencionados para a determinação da pluralidade de coeficientes de ganho espectral.

[0021] O meio para a geração dentre a pluralidade de sinais de

sub-banda de alta frequência pode ser configurado de modo a amplificar a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência utilizando a respectiva pluralidade de coeficientes de ganho espectral. Ainda que seja feita referência à "etapa de amplificar" ou à "amplificação" a seguir, a operação de "amplificação" pode ser substituída por outras operações, tais como a operação de "multiplicação", uma operação de "reescalonamento" ou uma operação de "ajuste". A amplificação pode ser feita através da multiplicação de uma amostra de um sinal de sub-banda de baixa frequência pelo seu correspondente coeficiente de ganho espectral. Em particular, o meio para a geração da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência pode ser configurado de modo a determinar uma amostra de um sinal de sub-banda de alta frequência em um dado instante de tempo a partir das amostras de um sinal de sub-banda de baixa frequência no instante de tempo dado ou pelo menos em um instante de tempo precedente. Além disso, as amostras do sinal de sub-banda de baixa frequência podem ser amplificadas pelo respectivo coeficiente de ganho espectral da pluralidade de coeficientes de ganho espectral. Em uma modalidade, o meio para a geração da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência é configurado de modo a gerar a pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência dentre a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência de acordo com o algoritmo de "cópia" especificado na replicação SBR do padrão MPEG-4. A pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência utilizados neste algoritmo de "cópia" pode ser amplificada utilizando a pluralidade de coeficientes de ganho espectral, sendo que a operação de "amplificação" pode ser realizada tal como acima descrito.

[0022] O sistema pode incluir um meio para ajustar a energia da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência utilizando o conjunto de energias alvo. Esta operação é geralmente referida como

um ajuste da envolvente espectral. O ajuste da envolvente espectral pode ser feito ao ajustar a energia da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência de tal modo que a energia média da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência que se encontram dentro de um intervalo alvo corresponda à energia alvo correspondente. Isto pode ser obtido por meio da determinação de um valor de ajuste de envolventes a partir dos valores de energia da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência que se encontram dentro de um intervalo alvo e em uma energia alvo correspondente. Em particular, o valor de ajuste de envolventes pode ser determinado a partir de uma relação entre a energia alvo e os valores de energia da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência que se encontram dentro de um intervalo alvo correspondente. Este valor de ajuste de envolvente pode ser usado no sentido de ajustar a energia da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência.

[0023] Em uma modalidade, o meio para ajustar a energia compreende um meio para a limitação do ajuste da energia dos sinais de sub-banda de alta frequência que se encontram dentro de um intervalo de limitação. Tipicamente, o intervalo de limitação cobre mais de um intervalo alvo. O meio para limitar é geralmente utilizado para evitar uma amplificação indesejável do ruído dentro de certos sinais de sub-banda de alta frequência. Por exemplo, o meio de limitação pode ser configurado de modo a determinar um valor médio de ajuste de envolventes dentre os valores de ajuste de envolvente correspondentes aos intervalos alvo cobertos pelo ou que se encontram dentro do intervalo de limitação. Além disso, o meio para a limitação pode ser configurado de modo a limitar o ajuste da energia dos sinais de sub-banda de alta frequência que se encontram dentro do intervalo de limitação a um valor que seja proporcional ao valor médio de ajuste das envolventes.

[0024] De maneira alternativa ou adicionalmente, o meio para ajustar a energia da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência pode compreender um meio para assegurar que os sinais de sub-banda de alta frequência ajustados que se encontram dentro do intervalo alvo em particular tenham a mesma energia. Este meio é frequentemente referido como um meio de "interpolação". Em outras palavras, o meio de "interpolação" assegura que a energia de cada um dos sinais de sub-banda de alta frequência que se encontram dentro do intervalo alvo em particular corresponda à energia alvo. O meio de "interpolação" pode ser implementado através do ajuste de cada sinal de sub-banda de alta frequência dentro do intervalo alvo em particular em separado de modo que a energia do sinal de sub-banda de alta frequência ajustado corresponda à energia alvo associada ao intervalo alvo em particular. Isto pode ser obtido ao se determinar um valor de ajuste de envolvente diferente para cada sinal de sub-banda de alta frequência dentro do intervalo alvo em particular. Um valor de ajuste de envolvente diferente pode ser determinado com base na energia do sinal de sub-banda de alta frequência em particular e na energia alvo que corresponde ao intervalo alvo em particular. Em uma modalidade, um valor de ajuste de envolvente para um sinal de sub-banda de alta frequência em particular é determinado com base na relação entre a energia alvo e a energia do sinal de sub-banda de alta frequência em particular.

[0025] O sistema pode compreender ainda um meio para a recepção de dados de controle. Os dados de controle podem ser indicativos se é possível aplicar a pluralidade de coeficientes de ganho espectral no sentido de gerar a pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência. Em outras palavras, os dados de controle podem ser indicativos se o ajuste de ganho adicional dos sinais de sub-banda de baixa frequência deve ser executado ou não. De maneira alternativa

ou adicionalmente, os dados de controle podem ser indicativos de um método que deve ser usado para a determinação da pluralidade de coeficientes de ganho espectral. A título de exemplo, os dados de controle podem ser indicativos da ordem predeterminada do polinômio que deve ser usado no sentido de determinar a curva dependente da frequência ajustada às energias da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência. Os dados de controle são normalmente recebidos a partir de um codificador correspondente, que analisa o sinal de áudio original e informa o decodificador correspondente ou sistema de reconstrução HFR sobre como decodificar o fluxo de bits.

[0026] De acordo com um outro aspecto, é descrito um decodificador de áudio configurado de modo a decodificar um fluxo de bits que compreende um sinal de áudio de baixa frequência e que compreende um conjunto de energias alvo que descrevem a envolvente espectral de um sinal de áudio de alta frequência. Em outras palavras, é descrito um decodificador de áudio configurado de modo a decodificar um fluxo de bits representativo de um sinal de áudio de baixa frequência e representativo de um conjunto de energias alvo que descrevem a envolvente espectral de um sinal de áudio de alta frequência. O decodificador de áudio pode compreender uma unidade de decodificação e/ou transformação de núcleo configurada de modo a determinar uma pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência associados ao sinal de áudio de baixa frequência a partir do fluxo de bits. De maneira alternativa ou em adição, o decodificador de áudio pode compreender uma unidade de geração de alta frequência de acordo com o sistema descrito no presente documento, sendo que o sistema pode ser configurado de modo a determinar uma pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência dentre a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência e o conjunto de energias alvo. De maneira alternativa ou em adição, o

decodificador pode compreender uma unidade de fusão e/ou de transformação inversa configurada de modo a gerar um sinal de áudio dentre a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência e a pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência. A unidade de fusão e transformação inversa pode compreender um banco de filtros de síntese ou uma transformada, por exemplo, um banco de filtros QMF inverso ou uma transformada FFT inversa.

[0027] De acordo com um outro aspecto, é descrito um codificador configurado de modo a gerar dados de controle a partir de um sinal de áudio. O codificador de áudio pode compreender um meio para analisar a forma espectral do sinal de áudio e determinar um grau de descontinuidades de envolventes espectrais introduzidas ao se regenerar um componente de alta frequência do sinal de áudio a partir de um componente de baixa frequência do sinal de áudio. Assim sendo, o codificador pode compreender determinados elementos de um decodificador correspondente. Em particular, o codificador pode compreender um sistema de reconstrução HFR, tal como descrito no presente documento. Isto permitiria ao codificador determinar o grau de descontinuidades na envolvente espectral que poderia ser introduzido no componente de alta frequência do sinal de áudio do decodificador. De maneira alternativa ou em adição, o codificador pode compreender um meio para gerar dados de controle para controlar a regeneração do componente de alta frequência com base no grau de descontinuidades. Em particular, os dados de controle podem corresponder aos dados de controle recebidos pelo decodificador correspondente ou pelo sistema de reconstrução HFR. Os dados de controle podem ser indicativos se é possível utilizar a pluralidade de coeficientes de ganho espectral durante o processo de reconstrução HFR e/ou que ordem polinomial predeterminada se usar no sentido de determinar a pluralidade de coeficientes de ganho espectral. A fim de

determinar essa informação, uma relação entre as partes seleccionadas do intervalo de baixa frequência, isto é, a faixa de frequências coberta pela pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência, pode ser determinada. Esta informação de relação pode ser determinada, por exemplo, ao estudar as frequências mais baixas da banda baixa, e as frequências mais elevadas da banda baixa a fim de avaliar a variação espectral do sinal de banda baixa que será usada em seguida no decodificador para uma reconstrução de alta frequência. Uma relação elevada poderia indicar um maior grau de descontinuidade. Os dados de controle podem também ser determinados utilizando detectores de tipo de sinal. A título de exemplo, a detecção de sinais de fala pode indicar um grau maior de descontinuidade. Por outro lado, a detecção de senoides proeminentes no sinal de áudio original pode levar aos dados de controle que indicam que a pluralidade de coeficientes de ganho espectral não deve ser usada durante o processo de reconstrução HFR.

[0028] De acordo com um outro aspecto, é descrito um método para a geração de uma pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência que cobre um intervalo de alta frequência dentro uma pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência. O método pode compreender as etapas de receber a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência e/ou de receber um conjunto de energias alvo. Cada energia alvo pode cobrir um intervalo alvo diferente dentro do intervalo de alta frequência. Além disso, cada energia alvo pode ser indicativa da energia desejada de um ou mais sinais de sub-banda de alta frequência que se encontram dentro do intervalo alvo. O método pode compreender a etapa de gerar a pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência dentro a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência e dentro uma pluralidade de coeficientes de ganho espectral associados à



pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência, respectivamente. De maneira alternativa ou em adição, o método pode compreender a etapa de ajustar a energia da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência utilizando o conjunto de energias alvo. A etapa de ajustar a energia pode compreender a etapa de limitar o ajuste da energia dos sinais de sub-banda de alta frequência que se encontram dentro de um intervalo de limitação. Tipicamente, o intervalo de limitação cobre mais de um intervalo alvo.

[0029] De acordo com um aspecto adicional, é descrito um método para decodificar um fluxo de bits representativo de ou que compreende um sinal de áudio de baixa frequência e um conjunto de energias alvo que descrevem a envolvente espectral de um sinal de áudio de alta frequência correspondente. Tipicamente, os sinais de áudio de baixa frequência e de alta frequência correspondem a um componente de baixa frequência e de alta frequência do mesmo sinal de áudio original. O método pode compreender a etapa de determinar uma pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência associados ao sinal de áudio de baixa frequência a partir do fluxo de bits. De maneira alternativa ou em adição, o método pode compreender a etapa de determinar uma pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência dentre a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência e do conjunto de energias alvo. Esta etapa é geralmente realizada de acordo com os métodos de reconstrução HFR descritos no presente documento. Em seguida, o método pode incluir a etapa de gerar um sinal de áudio dentre a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência e a pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência.

[0030] De acordo com um outro aspecto, é descrito um método para a geração de dados de controle a partir de um sinal de áudio. O método pode compreender a etapa de analisar a forma espectral do

sinal de áudio a fim de determinar um grau de descontinuidades reintroduzidas ao se regenerar um componente de alta frequência do sinal de áudio de um componente de baixa frequência do sinal de áudio. Além disso, o método pode compreender a etapa de gerar dados de controle para controlar a regeneração do componente de alta frequência com base no grau de descontinuidades.

[0031] De acordo com um aspecto adicional, um programa de software é descrito. O programa de software pode ser adaptado para execução em um processador e de modo a executar as etapas de método descritas no presente documento quando realizadas em um dispositivo de computação.

[0032] De acordo com um outro aspecto, um meio de armazenamento é descrito. O meio de armazenamento pode incluir um programa de software adaptado para execução em um processador e de modo a executar as etapas de método descritas no presente documento quando realizadas em um dispositivo de computação.

[0033] De acordo com um outro aspecto, um produto de programa de computador é descrito. O programa de computador pode incluir instruções executáveis para a realização das etapas de método descritas no presente documento quando executadas em um computador.

[0034] Deve notar-se que os métodos e sistemas, incluindo as suas modalidades preferidas, tais como descritos no presente pedido de patente podem ser usados de maneira independente ou em combinação com outros métodos e sistemas descritos no presente documento. Além disso, todos os aspectos dos métodos e sistemas descritos no presente pedido de patente podem ser arbitrariamente combinados. Em particular, as características das concretizações podem ser combinadas umas às outras de uma forma arbitrária.

## BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0035] A presente invenção é explicada a seguir por meio de exemplos ilustrativos com referência aos desenhos anexos, nos quais:

[0036] A Figura 1a mostra o espectro absoluto de um sinal de banda alta exemplar antes do ajuste da envolvente espectral;

[0037] a Figura 1b ilustra uma relação exemplar entre quadros de tempo de dados de áudio e bordas de tempo de envolventes das envolventes espectrais;

[0038] a Figura 1c ilustra o espectro absoluto de um sinal de banda alta exemplar antes do ajuste da envolvente espectral, e as bandas de fator de escala correspondentes, as bandas do limitador, e patches (emendas) de HF (alta frequência);

[0039] a Figura 2 ilustra uma modalidade de um sistema de reconstrução HFR no qual o processo de cópia é complementado com uma etapa adicional de ajuste de ganho;

[0040] a Figura 3 ilustra uma aproximação da envolvente espectral bruta de um sinal de banda baixa exemplar;

[0041] a Figura 4 ilustra uma modalidade de um ajustador de ganho adicional que opera sobre dados de controle opcionais, as amostras de sub-bandas de filtro QMF, e a produção de uma curva de ganho;

[0042] a Figura 5 ilustra uma modalidade mais detalhada do ajustador de ganho adicional da Figura 4;

[0043] a Figura 6 ilustra uma modalidade de um sistema de reconstrução HFR com um sinal de banda estreita como entrada e um sinal de banda larga como saída;

[0044] a Figura 7 ilustra uma modalidade de um sistema de reconstrução HFR incorporado no módulo de replicação SBR de um decodificador de áudio;

[0045] a Figura 8 ilustra uma modalidade do módulo de

reconstrução de alta frequência de um decodificador de áudio exemplar;

[0046] a Figura 9 ilustra uma modalidade de um codificador exemplar;

[0047] a Figura 10a ilustra o espectrograma de um segmento vocal exemplar que é decodificado utilizando um decodificador convencional;

[0048] a Figura 10b ilustra o espectrograma do segmento vocal da Figura 10a que foi decodificado utilizando um decodificador que aplica o processamento de ajuste de ganho adicional; e

[0049] a Figura 10c ilustra o espectrograma do segmento vocal da Figura 10 para o sinal não codificado original.

#### DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES PREFERIDAS

[0050] As modalidades abaixo descritas são meramente ilustrativas para os princípios da presente invenção "PROCESSAMENTO DE SINAIS DE ÁUDIO DURANTE UMA RECONSTRUÇÃO DE ALTA FREQUÊNCIA". Deve-se entender que modificações e variações das disposições e dos detalhes descritos no presente documento serão evidentes a outros versados na técnica. É intenção, portanto, se limitar tão-somente ao âmbito das concretizações e não aos detalhes específicos apresentados a título de descrição e explicação das modalidades da presente invenção.

[0051] Tal como acima descrito, os decodificadores de áudio que utilizam técnicas de reconstrução HFR tipicamente compreendem uma unidade de reconstrução HFR para a geração de um sinal de áudio de alta frequência e uma unidade de ajuste de envolvente espectral subsequente a fim de ajustar a envolvente espectral do sinal de áudio de alta frequência. Ao ajustar a envolvente espectral do sinal de áudio, este ajuste é tipicamente feito por meio de uma implementação de banco de filtros, ou por meio de uma filtragem no domínio do tempo. O ajuste pode ainda se esforçar no sentido de fazer uma correção da

envolvente espectral absoluta, ou pode ser feito por meio de filtragem, a qual também corrige as características de fase. De qualquer forma, o ajuste é tipicamente uma combinação de duas etapas, a remoção da envolvente espectral corrente, bem como a aplicação da envolvente espectral alvo.

[0052] É importante notar que os métodos e sistemas descritos no presente documento não são apenas direcionados para a remoção da envolvente espectral do sinal de áudio. Os métodos e sistemas envidam esforços no sentido de fazer uma correção espectral apropriada da envolvente espectral do sinal de banda baixa como parte da etapa de regeneração de alta frequência de modo a não apresentar as descontinuidades de envolventes espectrais do espectro de alta frequência criado pela combinação de diferentes segmentos da banda baixa, ou seja, do sinal de baixa frequência, deslocados ou transpostos para diferentes faixas de frequências de banda alta, ou seja, do sinal de alta frequência.

[0053] Na Figura 1a, um espectro estilisticamente desenhado 100, 110 da saída de uma unidade de reconstrução HFR é exibido, antes de ir para o ajustador de envolvente. No painel superior, um método de cópia (com dois patches) é utilizado no sentido de gerar o sinal de banda alta 105 a partir do sinal de banda baixa 101, por exemplo, o método utilizado na Replicação de Banda Espectral SBR do padrão MPEG-4 que se encontra delineada no documento "ISO/IEC 14496-3 Information Technology - Coding of audio-visual objects - Part 3", que é incorporado ao presente documento a título de referência. O método de cópia translada partes das frequências mais baixas 101 para as frequências mais altas 105. No painel inferior, um método de transposição harmônica (com dois patches) é utilizado para gerar o sinal de banda alta 115 a partir do sinal de banda baixa 111, por exemplo, o método de transposição harmônica da codificação USAC de

padrão MPEG-D que é descrito no documento "MPEG-D USAC: ISO/IEC 23003-3 - Unified Speech and Audio Coding" e que é incorporado ao presente documento a título de referência.

[0054] Na fase de ajuste de envolvente subsequente, uma envolvente espectral alvo é aplicada sobre os componentes de alta frequência 105, 115. Como se pode observar a partir do espectro 105, 115 que se dirige para o ajustador de envolvente, as descontinuidades (notavelmente nas bordas dos patches) podem ser observadas na forma espectral do sinal de excitação de banda alta 105, 115, ou seja, do sinal de banda alta que entra no ajustador de envolvente. Estas descontinuidades se originam do fato de que várias contribuições das baixas frequências 101, 111 são utilizadas a fim de gerar a banda alta 105, 115. Como se pode ver, a forma espectral do sinal de banda alta 105, 115 se refere à forma espectral do sinal de banda baixa 101, 111. Por conseguinte, as formas espectrais em particular do sinal de banda baixa 101, 111, por exemplo, uma forma de gradiente ilustrada na Figura 1a, pode resultar em descontinuidades no espectro geral 100, 110.

[0055] Além do espectro 100, 110, a Figura 1a mostra as bandas de frequência exemplares 130 dos dados da envolvente espectral que representam a envolvente espectral alvo. Estas bandas de frequência 130 são referidas como bandas de fator de escala ou intervalos alvo. Tipicamente, um valor de energia alvo, ou seja, uma energia de fator de escala, é especificado para cada intervalo alvo, ou seja, para cada banda de fator de escala. Em outras palavras, as bandas de fator de escala definem a resolução de frequência efetiva da envolvente espectral alvo, uma vez que tipicamente existe apenas um único valor de energia alvo por intervalo alvo. Ao se utilizar os fatores de escala ou as energias alvo especificadas para as bandas de fator de escala, o ajustador de envolvente subsequente trabalha no sentido de ajustar o

sinal de banda alta de modo que a energia do sinal de banda alta dentro das bandas de fator de escala fique igual à energia dos dados de envolvente espectral recebidos, isto é, a energia alvo, para as respectivas bandas de fator de escala.

[0056] Na Figura 1c, uma descrição mais detalhada é provida através de um exemplo de sinal de áudio. No gráfico, é ilustrado o espectro de um sinal de áudio no mundo real 121 que entra no ajustador de envolvente, bem como o correspondente sinal original 120. Neste exemplo em particular, a faixa de replicação SBR, ou seja, a amplitude do sinal de alta frequência, começa em 6,4 kHz, e consiste em três replicações diferentes da faixa de frequência de banda baixa. As faixas de frequência das diferentes replicações são indicadas pelo "patch 1", "patch 2", e "patch 3". Fica evidente, a partir do espectrograma, que o patch introduz descontinuidades na envolvente espectral em torno de 6,4 kHz, 7,4 kHz, e 10,8 kHz. No presente exemplo, estas frequências correspondem às bordas de patch.

[0057] A Figura 1c ilustra ainda as bandas de fator de escala 130, bem como as bandas de limitação 135, cuja função será descrita a seguir em mais detalhes. Na modalidade ilustrada, é utilizado o ajustador de envolvente da replicação SBR de padrão MPEG-4. Este ajustador de envolvente funciona com um banco de filtros QMF. Os principais aspectos da operação de um tal ajustador de envolvente são:

- calcular a energia média em toda uma banda de fator de escala 130 do sinal de entrada para o ajustador de envolvente, ou seja, o sinal que sai da unidade de reconstrução HFR, em outras palavras, a energia média do sinal de banda alta regenerado é calculado dentro de cada fator de escala banda/intervalo alvo 130;
- determinar um valor de ganho, também referido como o valor de ajuste de envolventes, para cada banda de fator de escala

130, sendo que o valor de ajuste de envolvente é a raiz quadrada da relação de energia entre a energia alvo (ou seja, a energia alvo recebida de um codificador) e a energia média do sinal de banda alta regenerado 121 dentro da respectiva banda de fator de escala 130;

- aplicar o respectivo valor de ajuste de envolvente à banda de frequência do sinal de banda alta regenerado 121, sendo que a banda de frequência corresponde à respectiva banda de fator de escala 130.

[0058] Além disso, o ajustador de envolvente pode compreender outras etapas e variações, em particular:

- uma funcionalidade de limitação, o que limita o valor de ajuste de envolvente máximo permitido a ser aplicado sobre uma determinada banda de frequência, ou seja, acima de uma banda de limitação 135. O valor máximo de ajuste de envolvente permitido é uma função dos valores de ajuste de envolventes determinados para as diferentes bandas de fator de escala 130 que recaem dentro de uma banda de limitação 135. Em particular, o valor máximo de ajuste de envolvente permitido é uma função da média dos valores de ajuste de envolventes determinados para as diferentes bandas de fator de escala 130 que recaem dentro de uma banda de limitação 135. A título de exemplo, o valor máximo de ajuste de envolventes permitido pode ser o valor médio dos valores de ajuste de envolventes em questão multiplicado por um fator limitador (como 1,5). A funcionalidade de limitação é tipicamente aplicada no sentido de limitar a introdução de ruído no sinal de banda alta regenerado 121. Isto é particularmente relevante para os sinais de áudio que contêm senoides proeminentes, ou seja, sinais de áudio com um espectro com picos distintos em determinadas frequências. Sem o uso da funcionalidade de limitação, os valores de ajuste de envolvente em questão poderiam ser determinados para as bandas de fator de escala 130 para as quais o



sinal de áudio original inclui esses picos distintos. Como resultado, o espectro da banda de fator de escala completa 130 (e não somente o pico em questão) será ajustado, introduzindo, assim, ruído.

- uma funcionalidade de interpolação, que permite que os valores de ajuste de envolvente sejam calculados para cada sub-banda de filtro QMF individual dentro de uma banda de fator de escala, em vez de calcular um único valor de ajuste envolvente para a banda de fator de escala inteira. Uma vez que as bandas de fator de escala tipicamente compreendem mais de uma sub-banda de filtro QMF, um valor de ajuste da envolvente pode ser calculado como a relação entre a energia de uma sub-banda de filtro QMF em particular dentro da banda de fator de escala e a energia alvo recebida do codificador, em vez de calcular a relação entre a energia média de todas as sub-bandas de filtro QMF dentro da banda de fator de escala e a energia alvo recebida do codificador. Sendo assim, um valor de ajuste de envolvente diferente pode ser determinado para cada sub-banda de filtro QMF dentro de uma banda de fator de escala. Deve-se notar que o valor de energia alvo recebido para uma banda de fator de escala tipicamente corresponde à energia média da faixa de frequência dentro do sinal original. Cabe à operação do decodificador como aplicar a energia média alvo recebida à banda de frequência correspondente do sinal de banda alta regenerado. Isto pode ser feito através da aplicação de um valor de ajuste de envolvente total para as sub-bandas de filtro QMF dentro de uma banda de fator de escala do sinal de banda alta regenerado ou por meio da aplicação de um valor de ajuste de envolvente individual para cada sub-banda de filtro QMF. Esta última abordagem pode ser pensada como se a informação de envolvente recebida (ou seja, uma energia alvo por banda de fator de escala) fosse "interpolada" através das sub-bandas de filtro QMF dentro de uma banda de fator de escala de modo a prover uma

resolução de frequência mais alta. Sendo assim, esta abordagem é referida como uma "interpolação" na replicação SBR de padrão MPEG-4.

[0059] Voltando à Figura 1c, pode se observar que o ajustador de envolvente teria de aplicar valores de ajuste de envolvente elevados a fim de corresponder o espectro 121 do sinal que vai para o ajustador de envolvente ao espectro 120 do sinal original. Também pode ser observado que, devido às descontinuidades, grandes variações de valores de ajuste de envolventes ocorrem dentro das bandas de limitação 135. Como resultado de tais grandes variações, os valores de ajuste de envolventes que correspondem aos mínimos locais do espectro regenerado 121 serão limitados pela funcionalidade de limitação do ajustador de envolvente. Como resultado, as descontinuidades dentro do espectro regenerado 121 irão permanecer, mesmo depois de executar a operação de ajuste de envolventes. Por outro lado, quando nenhuma funcionalidade de limitação é usada, um ruído indesejável pode ser introduzido, tal como acima descrito.

[0060] Deste modo, um problema para a regeneração de um sinal de banda alta ocorre para qualquer sinal que tenha grandes variações no nível acima da faixa de banda baixa. Este problema é devido às descontinuidades introduzidas durante a regeneração de alta frequência da banda alta. Quando, em seguida, o ajustador de envolvente é exposto a este sinal regenerado, o mesmo não poderá, com razoabilidade e consistência, separar a descontinuidade recém-introduzida de qualquer característica espectral do "mundo real" do sinal de banda baixa. Este problema apresenta dois efeitos. Primeiramente, as formas espectrais são introduzidas no sinal de banda alta que o ajustador de envolvente não poderá compensar. Por conseguinte, a saída tem a forma espectral errada. Em segundo lugar, um efeito de instabilidade é percebido, devido ao fato de que este

efeito vai e vem como uma função das características espectrais de banda baixa.

[0061] O presente documento resolve o problema acima mencionado ao descrever um método e sistema que proveem um sinal de banda alta de reconstrução HFR na entrada do ajustador de envolvente que não apresenta descontinuidades espectrais. Para este fim, é proposto remover ou reduzir a envolvente espectral do sinal de banda baixa durante a execução de uma regeneração de alta frequência. Deste modo, será possível evitar a introdução de quaisquer descontinuidades espectrais no sinal de banda alta antes de se fazer o ajuste da envolvente. Como resultado, o ajustador de envolvente não terá de lidar com tais descontinuidades espectrais. Em particular, um ajustador de envolvente convencional pode ser utilizado, sendo que a funcionalidade de limitação do ajustador de envolvente é usada para evitar a introdução de ruído no sinal de banda alta regenerado. Em outras palavras, o método e sistema descritos podem ser usados para regenerar um sinal de banda alta de reconstrução HFR com pouca ou nenhuma descontinuidade espectral e um baixo nível de ruído.

[0062] Deve notar-se que a resolução temporal do ajustador de envolvente pode ser diferente a partir da resolução temporal do processamento proposto para a envolvente espectral durante a geração de sinal de banda alta. Tal como acima indicado, o processamento da envolvente espectral durante a regeneração do sinal de banda alta é concebido no sentido de modificar a envolvente espectral do sinal de banda baixa, a fim de aliviar o processamento dentro do ajustador de envolvente subsequente. Este processamento, isto é, a modificação da envolvente espectral do sinal de banda baixa, por exemplo, pode ser realizada uma vez por quadro de áudio, sendo que o ajustador de envolvente pode ajustar a envolvente espectral

durante vários intervalos de tempo, isto é, utilizar várias envolventes espectrais recebidas. Isto é delineado na Figura 1b, na qual a grade de tempo 150 dos dados de envolvente espectral é representada no painel superior, e a grade de tempo 155 para o processamento da envolvente espectral do sinal de banda baixa durante a regeneração de sinal de banda alta é representada no painel inferior. Como se pode observar no exemplo da Figura 1b, as bordas de tempo dos dados de envolvente espectral variam de acordo com o tempo, enquanto que o processamento da envolvente espectral do sinal de banda baixa opera em uma grade de tempo fixa. Pode também ser observado que diversos ciclos de ajuste de envolvente (representados pelas bordas de tempo 150) podem ser feitos durante um ciclo de processamento da envolvente espectral do sinal de banda baixa. No exemplo ilustrado, o processamento da envolvente espectral do sinal de banda baixa opera em uma base quadro a quadro, o que significa que uma diferente pluralidade de coeficientes de ganho espectral é determinada para cada quadro do sinal. Deve-se notar que o processamento do sinal de banda baixa pode operar em qualquer grade de tempo, e que a grade de tempo de tal processamento não precisa coincidir com a grade de tempo dos dados de envolvente espectral.

[0063] Na Figura 2, um banco de filtros baseado no sistema de reconstrução HFR 200 é descrito. O sistema de reconstrução HFR 200 opera usando um banco de filtros pseudo QMF e o sistema 200 pode ser usado para produzir o sinal de banda alta e de banda baixa 100 ilustrado no painel superior da Figura 1a. No entanto, uma etapa adicional de ajuste de ganho foi adicionada como parte do processo de Geração de Alta Frequência, o qual, no exemplo ilustrado, vem a ser um processo de cópia. O sinal de entrada de baixa frequência é analisado por um filtro QMF de 32 sub-bandas 201 a fim de gerar uma pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência. Alguns ou

todos os sinais de sub-banda de baixa frequência são corrigidos para locais de frequência mais elevada de acordo com um algoritmo de geração de HF (alta frequência). Além disso, a pluralidade de sub-bandas de baixa frequência é diretamente enviada para o banco de filtros de síntese 202. O banco de filtros de síntese acima mencionado 202 é um filtro QMF inverso de 64 sub-bandas 202. Para a implementação particular ilustrada na Figura 2, o uso um banco de filtros de síntese QMF de 32 sub-bandas 201 e o uso de um banco de filtros de síntese QMF de 64 sub-bandas 202 irão produzir uma taxa de amostragem de saída do sinal de saída de duas vezes a taxa de amostragem de entrada do sinal de entrada. Deve notar-se, no entanto, que os sistemas descritos no presente documento não se limitam aos sistemas com diferentes taxas de amostragem de entrada e saída. Um grande número de diferentes relações de taxas de amostragem pode ser imaginado por aqueles versados na técnica.

[0064] Tal como ilustrado na Figura 2, as sub-bandas de frequências mais baixas são mapeadas para sub-bandas de frequências mais elevadas. A fase de ajuste de ganho 204 é introduzida como parte deste processo de cópia. O sinal de alta frequência criado, isto é, a pluralidade gerada de sinais de sub-banda de alta frequência, é enviado para o ajustador de envolvente 203 (possivelmente compreendendo uma funcionalidade de limitação e/ou de interpolação), antes da combinação com a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência no banco de filtros de síntese 202. Ao se usar um tal sistema de reconstrução HFR 200, e, em particular, ao se usar uma fase de ajuste de ganho 204, a introdução de descontinuidades de envolventes espectrais, tal como ilustrado na Figura 1, poderá ser evitada. Para este fim, a fase de ajuste de ganho 204 modifica a envolvente espectral do sinal de banda baixa, isto é, a envolvente espectral da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa

frequência, de tal modo que o sinal de banda baixa modificado possa ser usado para gerar um sinal de banda alta, ou seja, uma pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência, que não exhibe descontinuidades, principalmente descontinuidades nas bordas de patch. Com referência à Figura 1c, a fase de ajuste de ganho adicional 204 garante que a envolvente espectral 101, 111 do sinal de banda baixa seja modificada de tal modo que não haja nenhuma descontinuidade ou apenas descontinuidades limitadas no sinal de banda alta gerado 105, 115.

[0065] A modificação da envolvente espectral do sinal de banda baixa pode ser obtida através da aplicação de uma curva de ganho para a envolvente espectral do sinal de banda baixa. Tal curva de ganho pode ser determinada por uma unidade de determinação de curva de ganho 400 ilustrada na Figura 4. O módulo 400 tem como entrada os dados de filtro QMF 402 correspondentes à faixa de frequência do sinal de banda baixa utilizada para recriar o sinal de banda alta. Em outras palavras, a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência é enviada para a unidade de determinação de curva de ganho 400. Tal como já indicado, apenas um subconjunto das sub-bandas de filtro QMF disponíveis do sinal de banda baixa pode ser usado para gerar o sinal de banda alta, ou seja, somente um subconjunto das sub-bandas de filtro QMF disponíveis pode ser enviado para a unidade de determinação de curva de ganho 400. Além disso, o módulo 400 pode receber dados de controle opcionais 404, por exemplo, os dados de controle enviados a partir de um codificador correspondente. O módulo 400 emite uma curva de ganho 403 que deve ser aplicada durante o processo de regeneração de alta frequência. Em uma modalidade, o ganho de curva 403 é aplicado às sub-bandas de filtro QMF do sinal de banda baixa, as quais são usadas para gerar o sinal de banda alta. Ou seja, o ganho de curva

403 pode ser utilizado dentro do processo de cópia do processo de reconstrução HFR.

[0066] Os dados de controle opcionais 404 podem incluir as informações sobre a resolução da envolvente espectral bruta que deve ser estimada no módulo 400, e/ou as informações sobre a adequação de aplicação do processo de ajuste de ganho. Assim sendo, os dados de controle 404 podem controlar a quantidade de processamento adicional envolvido durante o processo de ajuste de ganho. Os dados de controle 404 podem também acionar uma derivação do processamento de ajuste de ganho adicional, caso venham a ocorrer sinais que não funcionam bem para a estimativa de envolvente espectral bruta, por exemplo, sinais que compreendem senoides individuais.

[0067] Na Figura 5, uma vista mais detalhada do módulo 400 da Figura 4 é ilustrada. Os dados de filtro QMF 402 do sinal de banda baixa são enviados para uma unidade de estimativa de envolvente 501 que estima a envolvente espectral, por exemplo, em uma escala logarítmica de energia. A envolvente espectral é, em seguida, enviada para um módulo 502 que estima a envolvente espectral bruta a partir da envolvente espectral de alta resolução (frequência) recebida a partir da unidade de estimativa de envolvente 501. Em uma modalidade, isto é feito através do ajuste de um polinômio de ordem baixa aos dados de envolvente espectral, isto é, um polinômio de uma ordem na faixa de, por exemplo, 1, 2, 3, ou 4. A envolvente espectral bruta pode também ser determinada através da realização de uma operação de média móvel da envolvente espectral de alta resolução ao longo do eixo de frequência. A determinação de uma envolvente espectral bruta 301 de um sinal de banda baixa é visualizada na Figura 3. Pode ser observado que o espectro absoluto 302 do sinal de banda baixa, isto é, a energia das bandas de filtro QMF 302, é aproximado por meio de

uma envolvente espectral bruta 301, ou seja, através de uma curva dependente de frequência ajustada à envolvente espectral da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência. Além disso, é mostrado que apenas 20 sinais de sub-banda de filtro QMF são utilizados para a geração do sinal de banda alta, ou seja, apenas uma parte dos sinais de sub-banda de filtro QMF 32 é usada no processo de reconstrução HFR.

[0068] O método utilizado para a determinação da envolvente espectral bruta da envolvente espectral de alta resolução e, em particular, para a determinação da ordem do polinômio que é ajustado à envolvente espectral de alta resolução pode ser controlado pelos dados de controle opcionais 404. A ordem do polinômio pode ser uma função do tamanho da faixa de frequência 302 do sinal de banda baixa para a qual uma envolvente espectral bruta 301 deve ser determinada, e/ou pode ser uma função de outros parâmetros relevantes para a forma geral do espectro bruto da faixa de frequência em questão 302 do sinal de banda baixa. O ajuste polinomial calcula um polinômio que aproxima os dados em um sentido de erro dos mínimos quadrados. A seguir, uma modalidade preferida é descrita por meio do código de Matlab:



```

função GainVec = calculateGainVec (LowEnv)
% % Função GainVec = calculateGainVec (LowEnv)
% Entrada: Energia de envolvente de banda baixa em dB
% Saída: vetor de ganho a ser aplicado à banda baixa antes da geração de
% frequência HF
%
% A função faz um ajuste polinomial de baixa ordem da envolvente espectral
% de banda baixa, como uma representação da inclinação espectral geral de
% banda baixa. A inclinação geral de acordo com o presente código é, em
% seguida, trasladada para um vetor de ganho que pode ser aplicado antes
% da geração de frequência HF para remover a inclinação geral (ou a forma
% espectral bruta).
%
% Isto impede que a geração de frequência HF apresente descontinuidades na
% forma espectral, que será "confundida" para o subsequente processo de
% ajuste e limitação de envolvente. A "confusão" ocorre quando o ajustador e
% limitador de envolvente precisa cuidar de uma grande descontinuidade, e,
% portanto, de um valor de ganho elevado. É muito difícil sintonizar e
% apresentar um bom funcionamento destes módulos quando os mesmos
% devem cuidar das variações "naturais" na banda alta, bem como das
% variações "artificiais" introduzidas pelo processo de geração de frequência
% HF.

polyOrderWhite = 3;
x_lowBand = 1: comprimento (LowEnv);

p = polyfit (x_lowBand, LowEnv, polyOrderWhite);
lowBandEnvSlope = zeros (size (x_lowBand));
para k = polyOrderWhite: -1: 0
tmp = (x_lowBand. ^k) . *p (polyOrderWhite - k + 1);
lowBandEnvSlope = lowBandEnvSlope + = tmp;
finalizar

GainVec = 10. ^ ((mean(LowEnv) - lowBandEnvSlope) . /20);

```

[0070] No código acima, a entrada é a envolvente espectral

(LowEnv) do sinal de banda baixa obtido pela média de amostras de sub-banda de filtro QMF em uma base por sub-banda acima de um intervalo de tempo correspondente ao quadro de tempo corrente dos dados operados pelo ajustador de envolvente seguinte. Tal como indicado acima, o processamento de ajuste de ganho do sinal de banda inferior pode ser executado em várias outras grades de tempo. No exemplo acima, a envolvente espectral absoluta estimada é expressa em um domínio logarítmico. Um polinômio de ordem baixa, no exemplo acima, um polinômio de ordem 3, é ajustado aos dados. Dado o polinômio, uma curva de ganho (GainVec) é calculada a partir da diferença da energia média do sinal de banda baixa e a curva (lowBandEnvSlope) obtida a partir do polinômio ajustado aos dados. No exemplo acima, a operação de determinar a curva de ganho é feita no domínio logarítmico.

[0071] O cálculo da curva de ganho é feito pela unidade de cálculo de curva de ganho 503. Tal como acima indicado, a curva de ganho pode ser determinada a partir da energia média da parte do sinal de banda baixa utilizada para regenerar o sinal de banda alta, e a partir da envolvente espectral da parte do sinal de banda baixa utilizada para regenerar o sinal de banda alta. Em particular, a curva de ganho pode ser determinada a partir da diferença da energia média e a envolvente espectral bruta, representada, por exemplo, por um polinômio. Ou seja, o polinômio calculado pode ser usado para determinar uma curva de ganho que compreende um valor de ganho separado, também referido como um coeficiente de ganho espectral, para cada sub-banda de filtro QMF relevante do sinal de banda baixa. Esta curva de ganho compreende os valores de ganho é, em seguida, utilizada no processo de reconstrução HFR.

[0072] Como um exemplo, é descrito, em seguida, um processo de geração de reconstrução HFR de acordo com a replicação SBR de

padrão MPEG-4. O sinal de frequência HF gerado pode ser derivado da seguinte fórmula (ver documento "MPEG-4 Part 3 (ISO/IEC 14496-3), subparte 4, seção 4.6.18.6.2, o qual é incorporado ao presente documento a título de referência):

$$\mathbf{X}_{High}(k, l + t_{HFAdj}) = \mathbf{X}_{Low}(p, l + t_{HFAdj}) + \mathbf{bwArray}(g(k)) \cdot \alpha_0(p) \cdot \mathbf{X}_{Low}(p, l - 1 + t_{HFAdj}) + [\mathbf{bwArray}(g(k))]^2 \cdot \alpha_1(p) \cdot \mathbf{X}_{Low}(p, l - 2 + t_{HFAdj}),$$

- na qual p é o índice de sub-banda do sinal de banda baixa, ou seja, p identifica um dentre a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência. A fórmula de geração de frequência HF acima pode ser substituída pela seguinte fórmula, a qual realiza um ajuste combinado de ganho e geração de frequência HF:

$$\mathbf{X}_{High}(k, l + t_{HFAdj}) = \mathit{preGain}(p) \cdot (\mathbf{X}_{Low}(p, l + t_{HFAdj})) + \mathbf{bwArray}(g(k)) \cdot \alpha_0(p) \cdot \mathbf{X}_{Low}(p, l - 1 + t_{HFAdj}) + [\mathbf{bwArray}(g(k))]^2 \cdot \alpha_1(p) \cdot \mathbf{X}_{Low}(p, l - 2 + t_{HFAdj})$$

- na qual a curva de ganho é referida como  $\mathit{preGain}(p)$ .

[0073] Mais detalhes sobre o processo de cópia, por exemplo, no que diz respeito à relação entre p e k, são especificados, no documento MPEG-4, Part 3 acima mencionado. Na fórmula acima,  $\mathbf{X}_{Low}(p, l)$  indica uma amostra na instância de tempo l do sinal de sub-banda de baixa frequência tendo um índice de sub-banda p. Esta amostra, em combinação com as amostras anteriores, é usada para gerar uma amostra do sinal de sub-banda de alta frequência  $\mathbf{X}_{High}(k, l)$  com um índice de sub-banda k.

[0074] Deve-se notar que o aspecto de ajuste de ganho pode ser usado em qualquer banco de filtros com base no sistema de reconstrução de alta frequência. Isto é ilustrado na Figura 6, na qual a presente invenção faz parte de uma unidade de reconstrução HFR 601 independente que opera em um sinal de banda estreita ou banda baixa 602 e emite um sinal de banda larga ou banda alta 604. O

módulo 601 pode receber dados de controle adicionais 603 como entrada, sendo que os dados de controle 603 podem especificar, entre outras coisas, a quantidade de processamento utilizado para o ajuste de ganho descrito, bem como, por exemplo, as informações sobre a envolvente espectral alvo do sinal de banda alta. No entanto, estes parâmetros são apenas exemplos dos dados de controle opcionais 603. Em uma modalidade, informações relevantes podem também ser derivadas do sinal de banda estreita 602 enviado para o módulo 601, ou por outro meio. Ou seja, os dados de controle 603 podem ser determinados dentro do módulo 601 com base nas informações disponíveis no módulo 601. Deve-se notar que a unidade de reconstrução HFR independente 601 pode receber a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência e produzir a pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência, isto é, os bancos de filtros de análise/síntese ou as transformadas podem ser colocados fora da unidade de reconstrução HFR 601.

[0075] Tal como já indicado acima, pode ser benéfico sinalizar a ativação do processamento de ajuste de ganho no fluxo de bits a partir de um codificador para um decodificador. Para certos tipos de sinais, por exemplo, uma senoide única, o processamento de ajuste de ganho não pode ser relevante e, por conseguinte, pode ser benéfico permitir que o sistema de codificador/decodificador venha a desligar o processamento adicional no sentido de não introduzir um comportamento indesejado para tais sinais de casos extremos. Para este efeito, o codificador pode ser configurado de modo a analisar os sinais de áudio e gerar os dados de controle que ligam e desligam o processamento de ajuste de ganho no decodificador.

[0076] Na Figura 7, a fase de ajuste de ganho proposto é incluída em uma unidade de alta frequência 703 que faz parte de um codec de áudio. Um exemplo de tal unidade de reconstrução HFR 703 é a

ferramenta de Replicação de Banda Espectral de padrão MPEG-4 usada como parte do codec AAC de Alta Eficiência ou do USAC (Codec de Áudio e Voz Unificado) de padrão MPEG-D. Na presente modalidade, um fluxo de bits 704 é recebido em um decodificador de áudio 700. O fluxo de bits 704 é demultiplexado no demultiplexador 701. A parte relevante de replicação SBR do fluxo de bits 708 é alimentada para o módulo de replicação SBR ou unidade de reconstrução HFR 703, e o fluxo de bits em questão de codificador de núcleo 707, por exemplo, os dados AAC ou os dados de decodificador de núcleo de codificação USAC, é enviado para o módulo codificador de núcleo 702. Além disso, o sinal de banda baixa ou banda estreita 706 é transmitido do decodificador de núcleo 702 para a unidade de reconstrução HFR 703. A presente invenção é incorporada como parte do processo de replicação SBR na unidade de reconstrução HFR 703, por exemplo, de acordo com o sistema descrito na Figura 2. A unidade de reconstrução HFR 703 gera um sinal de banda larga ou banda alta 705 utilizando o processamento descrito no presente documento.

[0077] Na Figura 8, uma modalidade do módulo de reconstrução de alta frequência 703 é descrita em mais detalhe. A Figura 8 ilustra que a geração de sinal de HF (alta frequência) pode ser derivada de diferentes módulos de geração de frequência HF em diferentes instâncias no tempo. A geração de frequência HF pode se basear em um transpositor de cópia com base em filtro QMF 803, ou a geração de frequência HF pode se basear em um transpositor de harmônicas 804 com base na transformada FFT. Para ambos os módulos de geração de sinal de frequência HF, o sinal de banda baixa é processado 801, 802 como parte da geração de frequência HF a fim de determinar uma curva de ganho que é usada no processo de cópia 803 ou de transposição harmônica 804. As saídas dos dois transpositores são seletivamente enviadas para o ajustador de

envolvente 805. A decisão sobre qual sinal de transpositor usar é controlada pelo fluxo de bits 704 ou 708. Deve-se notar que, devido à natureza de cópia do transpositor com base no filtro QMF, a forma da envolvente espectral do sinal de banda baixa é mantida mais claramente do que quando se utiliza um transpositor de harmônicas. Isto irá resultar tipicamente em descontinuidades mais distintas da envolvente espectral do sinal de banda alta quando se utiliza os transpositores de cópia. Isto é ilustrado nos painéis superior e inferior da Figura 1a. Conseqüentemente, pode ser suficiente apenas incorporar o ajuste de ganho para o método de cópia baseado no filtro QMF realizado no módulo 803. No entanto, a aplicação do ajuste de ganho para a transposição harmônica 804 executada em módulo pode também ser benéfica.

[0078] Na Figura 9, um módulo codificador correspondente é descrito. O codificador 901 pode ser configurado de modo a analisar o sinal de entrada em particular 903 e determinar a quantidade de processamento de ajuste de ganho que é adequado para o tipo em particular de sinal de entrada 903. Em particular, o codificador 901 pode determinar o grau de descontinuidade no sinal de sub-banda de alta frequência que será provocado pela unidade de reconstrução HFR 703 no decodificador. Para este efeito, o codificador 901 pode compreender uma unidade de reconstrução HFR 703 ou pelo menos as partes relevantes da unidade de reconstrução HFR 703. Com base na análise do sinal de entrada 903, os dados de controle 905 podem ser gerados para o decodificador correspondente. A informação 905 que diz respeito ao ajuste de ganho a ser executado no decodificador é combinada no multiplexador 902 com o fluxo de bits de áudio 906, deste modo formando o fluxo de bits completo 904 que é transmitido para o decodificador correspondente.

[0079] Na Figura 10, os espectros de saída de um sinal de mundo

real são exibidos. Na Figura 10a, a saída de um decodificador de codificação USAC de padrão MPEG que decodifica um mono fluxo de bits de 12 Kbps é representada. A seção do sinal de mundo real é uma parte vocal de uma gravação a capela. A abscissa corresponde ao eixo de tempo, enquanto que a ordenada corresponde ao eixo de frequência. Ao se comparar o espectrograma de Figura 10a à Figura 10c que apresenta o espectrograma correspondente do sinal original, torna-se evidente que existem furos (veja os números de referência 1001, 1002) que aparecem no espectro para as partes fricativas do segmento de voz. Na Figura 10b, o espectrograma da saída do decodificador de codificação USAC de padrão MPEG que inclui a presente invenção é representado. Pode-se observar a partir do espectrograma que os furos no espectro desapareceram (ver os números de referência 1003, 1004 correspondentes aos números de referência 1001, 1002).

[0080] A complexidade do algoritmo de ajuste de ganho proposto foi calculada como um processamento MOPS ponderado, no qual funções como POW/DIV/TRIG são ponderados como 25 operações, e todas as outras operações são ponderadas como uma operação. Dadas essas premissas, as quantidades de complexidade chegam a cerca de 0,1 WMOPS e a um uso insignificante de memórias RAM/ROM. Em outras palavras, o processamento de ajuste de ganho proposto requer uma baixa capacidade de memória e de processamento.

[0081] No presente documento, um método e sistema para a geração de um sinal de banda alta a partir de um sinal de banda baixa é descrito. O método e o sistema são adaptados de modo a gerar um sinal de banda alta, com poucas descontinuidades espectrais ou nenhuma descontinuidade espectral, desta forma melhorando o desempenho perceptual dos métodos e sistemas de reconstrução de

alta frequência. O método e o sistema podem ser facilmente incorporados nos sistemas de codificação/decodificação de áudio existentes. Em particular, o método e o sistema podem ser incorporados sem a necessidade de modificar o processamento de ajuste de envolventes dos sistemas de codificação/decodificação de áudio existentes. Isto se aplica de maneira notável à funcionalidade de limitação e interpolação do processamento de ajuste de envolventes que pode desempenhar suas tarefas pretendidas. Assim sendo, o método e o sistema descritos podem ser usados para regenerar os sinais de banda alta com pouca ou nenhuma descontinuidade espectral e um baixo nível de ruído. Além disso, o uso de dados de controle foi descrito, sendo que os dados de controle podem ser utilizados no sentido de adaptar os parâmetros do método e do sistema descritos (e a complexidade computacional) para o tipo de sinal de áudio.

[0082] Os métodos e os sistemas descritos no presente documento podem ser implementados como um software, um firmware e/ou um hardware. Determinados componentes podem, por exemplo, ser implementados como um software que é executado em um processador de sinal digital ou em um microprocessador. Outros componentes podem, por exemplo, ser implementados como um hardware e ou como circuitos integrados específicos à aplicação. Os sinais encontrados nos métodos e sistemas descritos podem ser armazenados em mídias, tais como em uma memória de acesso aleatório ou em um meio de armazenamento óptico. Os mesmos podem ser transferidos através de redes, tais como as redes de rádio, as redes de satélites, as redes sem fio ou as redes com fio, por exemplo, a internet. Os dispositivos típicos que fazem uso dos métodos e sistemas descritos no presente documento são dispositivos eletrônicos portáteis ou outros equipamentos de consumidor que são



utilizados para armazenar e/ou produzir sinais de áudio. Os métodos e sistemas podem também ser usados em sistemas de computador, por exemplo, nos servidores de rede da internet, os quais armazenam e proveem sinais de áudio, por exemplo, sinais de música, para transferência (download).

## REIVINDICAÇÕES

1. Sistema (601, 703) configurado para gerar uma pluralidade de sinais de áudio de sub-banda de alta frequência (604) que cobrem um intervalo de alta frequência dentre uma pluralidade de sinais de áudio de sub-banda de baixa frequência (602), o sistema (601, 703) **caracterizado pelo fato de que** compreende:

- um meio para receber a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência (602);

- um meio para receber um conjunto de energias alvo, cada uma energia alvo cobrindo um intervalo alvo diferente (130) dentro do intervalo de alta frequência e sendo indicativo da energia desejada de um ou mais sinais de sub-banda de alta frequência que se encontram dentro do intervalo alvo (130);

- um meio para gerar a pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência (604) a partir da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência (602) e a partir de uma pluralidade de coeficientes de ganho espectral associados à pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência (602), respectivamente, em que o meio para gerar a pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência (604) é configurado para executar uma transposição de cópia (803) da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência (602);

- um meio para ajustar a energia (203) da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência (604) utilizando o conjunto de energias alvo.

2. Sistema (601, 703), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o meio para ajustar a energia (203) compreende um meio para limitar o ajuste da energia dos sinais de sub-banda de alta frequência (604) que se encontram dentro de um intervalo de limitador (135), e em que o intervalo de limitador (135) cobre mais de um intervalo alvo (130).

3. Sistema (601, 703), de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo fato de que** o meio para ajustar a energia (203) da pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência (604) compreende ainda um meio para assegurar que os sinais de sub-banda de alta frequência ajustados que se encontram dentro de um intervalo alvo em particular (130) tenham a mesma energia.

4. Decodificador de áudio (700) **caracterizado pelo fato de que** é configurado de modo a decodificar um fluxo de bits (704) representativo de um sinal de áudio de baixa frequência (707) e de um conjunto de energias alvo (708) que descreve a envolvente espectral de um sinal de áudio de alta frequência correspondente, o decodificador de áudio (700) compreendendo:

- uma unidade de decodificação e transformação de núcleo (702, 201) configurada de modo a determinar uma pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência associados ao sinal de áudio de baixa frequência (707) a partir do fluxo de bits (704);

o sistema conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 3, para gerar uma pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência dentre a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência e o conjunto de energias alvo; e

- uma unidade de fusão e transformação inversa (202) configurada de modo a gerar um sinal de áudio dentre a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência e a pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência.

5. Método para gerar uma pluralidade de sinais de áudio de sub-banda de alta frequência (604) que cobrem um intervalo de alta frequência dentre uma pluralidade de sinais de áudio de sub-banda de baixa frequência (602), o método **caracterizado pelo fato de que** compreende as etapas de:

- receber a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência (602);
- receber um conjunto de energias alvo, cada energia alvo cobrindo um intervalo alvo diferente (130) dentro do intervalo de alta frequência e sendo indicativa da energia desejada de um ou mais sinais de sub-banda de alta frequência (604) que se encontram dentro do intervalo alvo (130);
- gerar a pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência (604) dentre a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência (602) e dentre uma pluralidade de coeficientes de ganho espectral associados à pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência (602), respectivamente, em que gerar a pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência (604) compreende executar uma transposição de cópia (803) da pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência (602); e
- ajustar a energia dentre a pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência (604) utilizando o conjunto de energias alvo.

6. Método para decodificar um fluxo de bits (704) representativo de um sinal de áudio de baixa frequência (707) e um conjunto de energias alvo (708) que descrevem a envolvente espectral de um sinal de áudio de alta frequência correspondente, o método **caracterizado pelo fato de que** compreende as etapas de:

- determinar uma pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência (706) associados ao sinal de áudio de baixa frequência (707) a partir do fluxo de bits (704);
- gerar uma pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência dentre a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência e o conjunto de energias alvo, de acordo com o método conforme definido na reivindicação 5; e

- gerar um sinal de áudio dentre a pluralidade de sinais de sub-banda de baixa frequência e a pluralidade de sinais de sub-banda de alta frequência.

7. Meio de armazenamento **caracterizado pelo fato de que** é adaptado para execução em um processador e para a execução das etapas do método conforme definido na reivindicação 5 ou 6, quando realizadas em um dispositivo de computação.

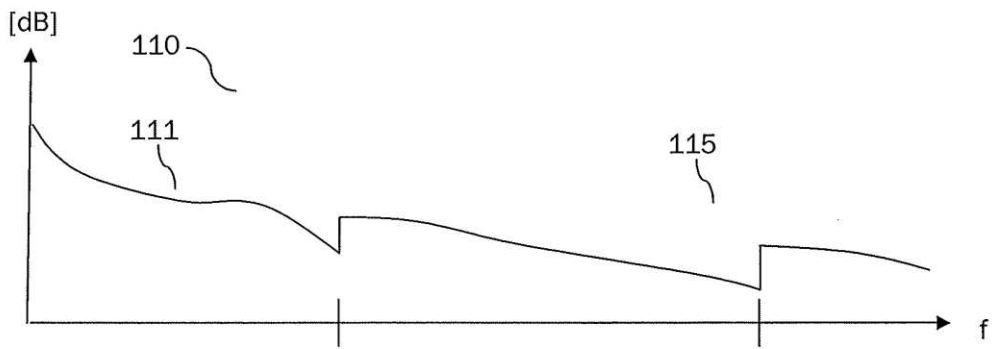
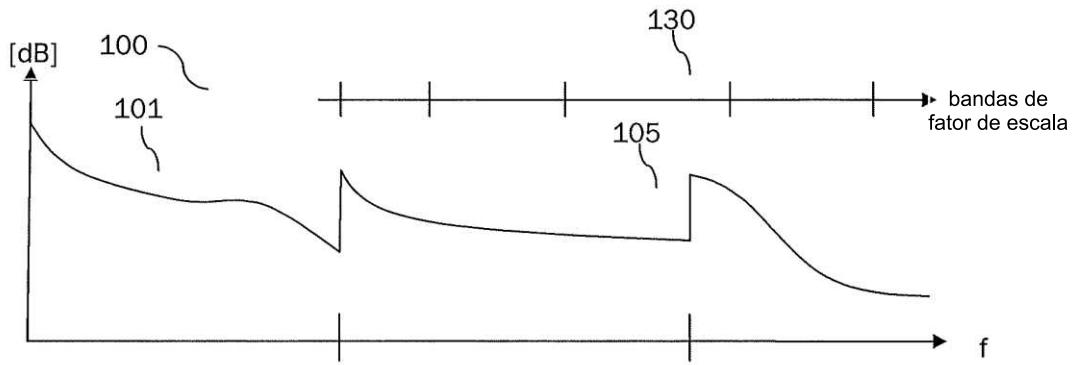


Fig. 1a

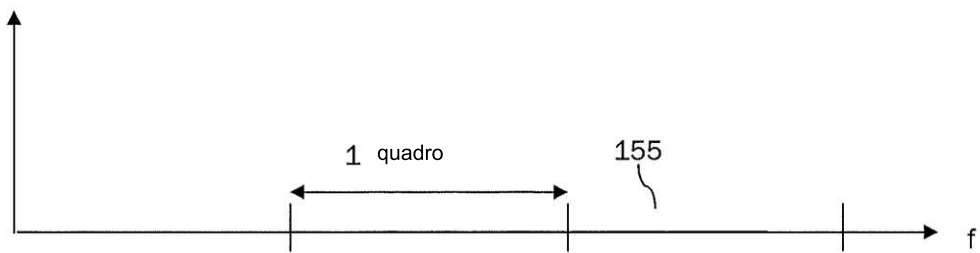
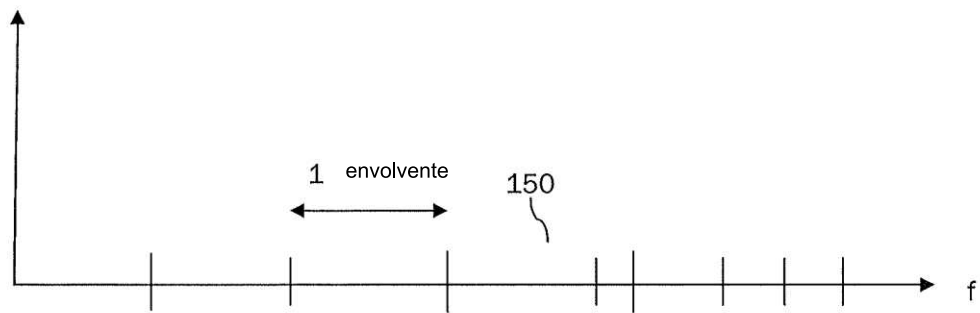


Fig. 1b

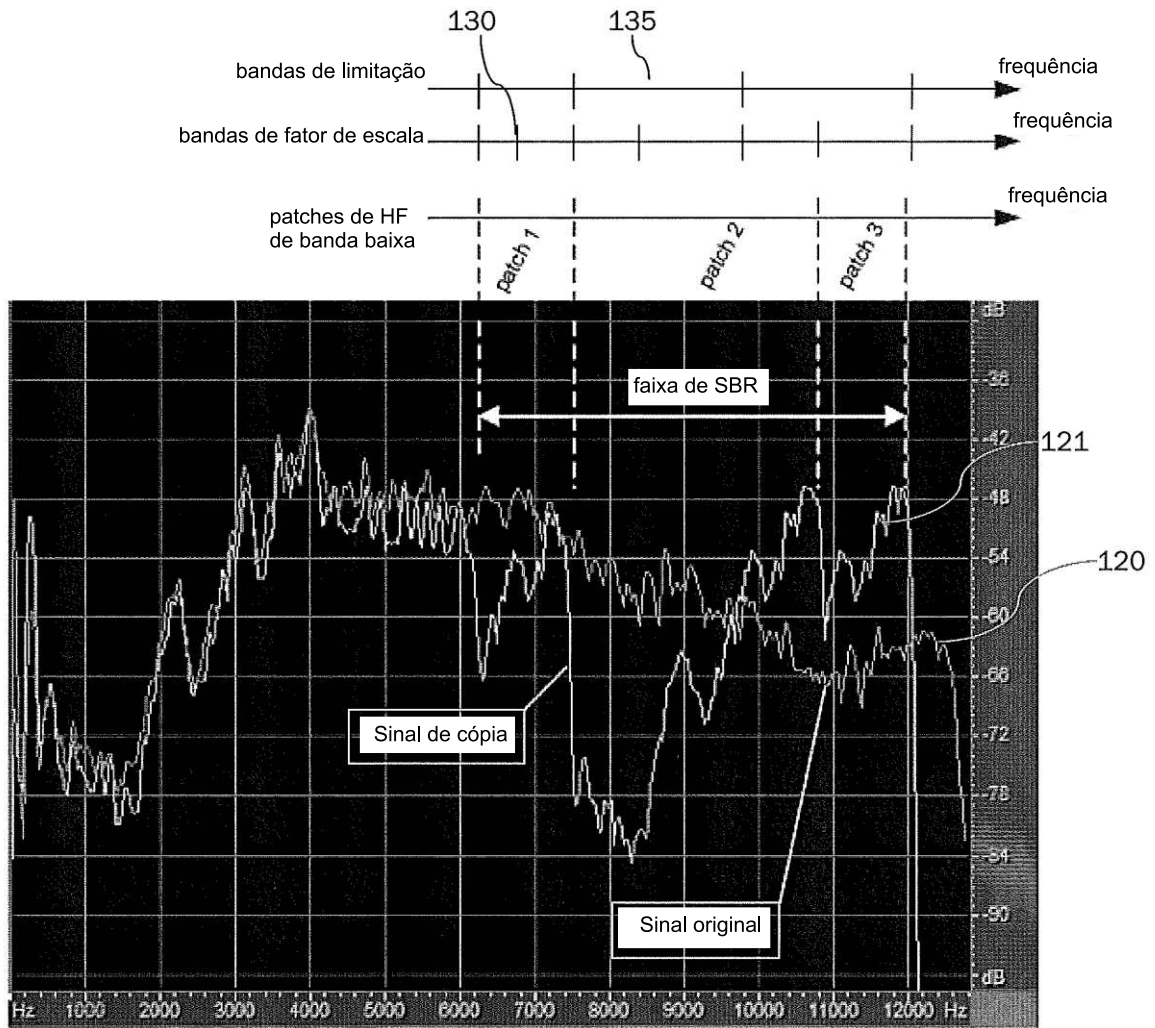


Fig. 1c

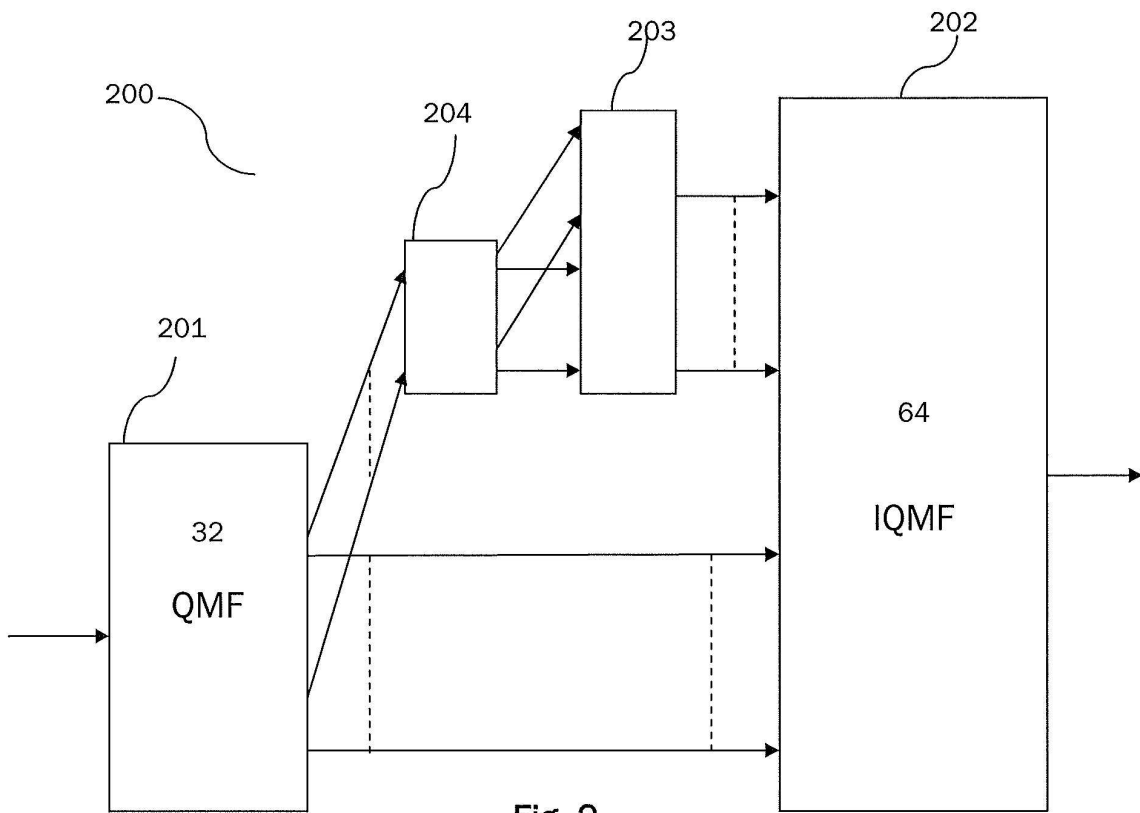


Fig. 2

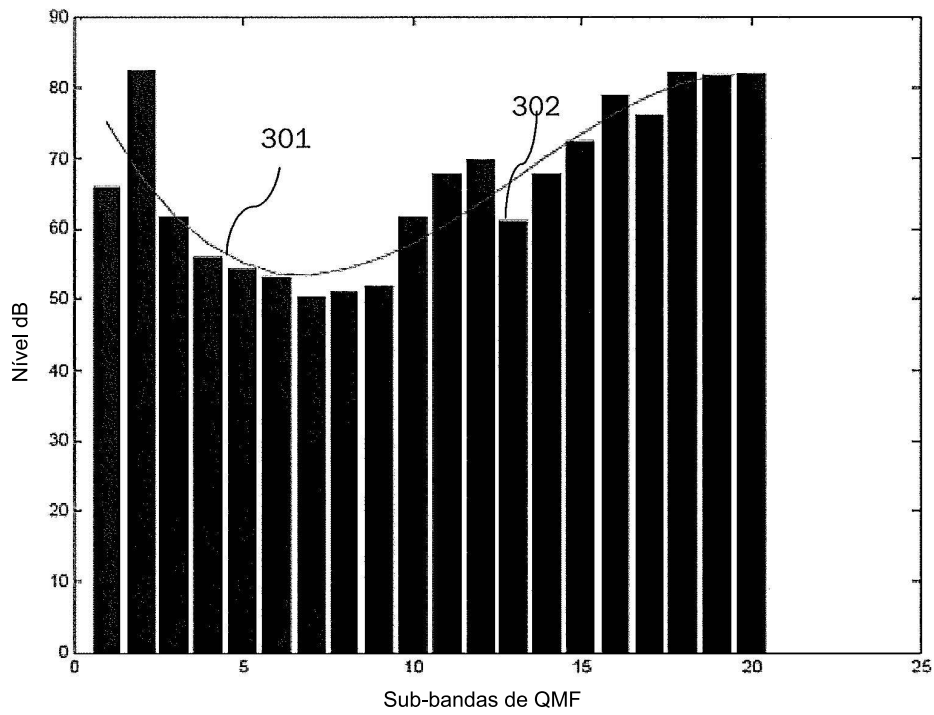


Fig. 3



4/8

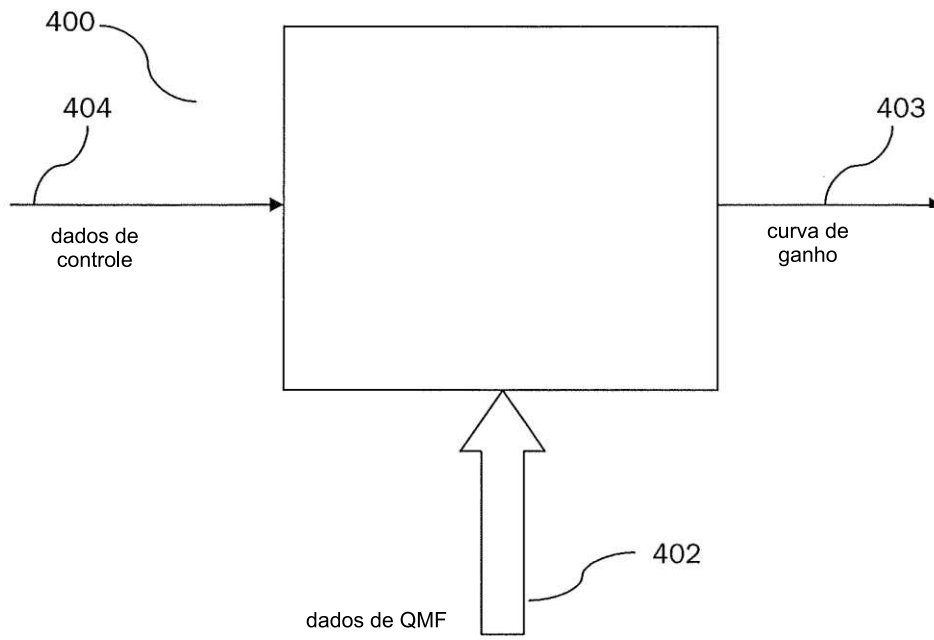


Fig. 4

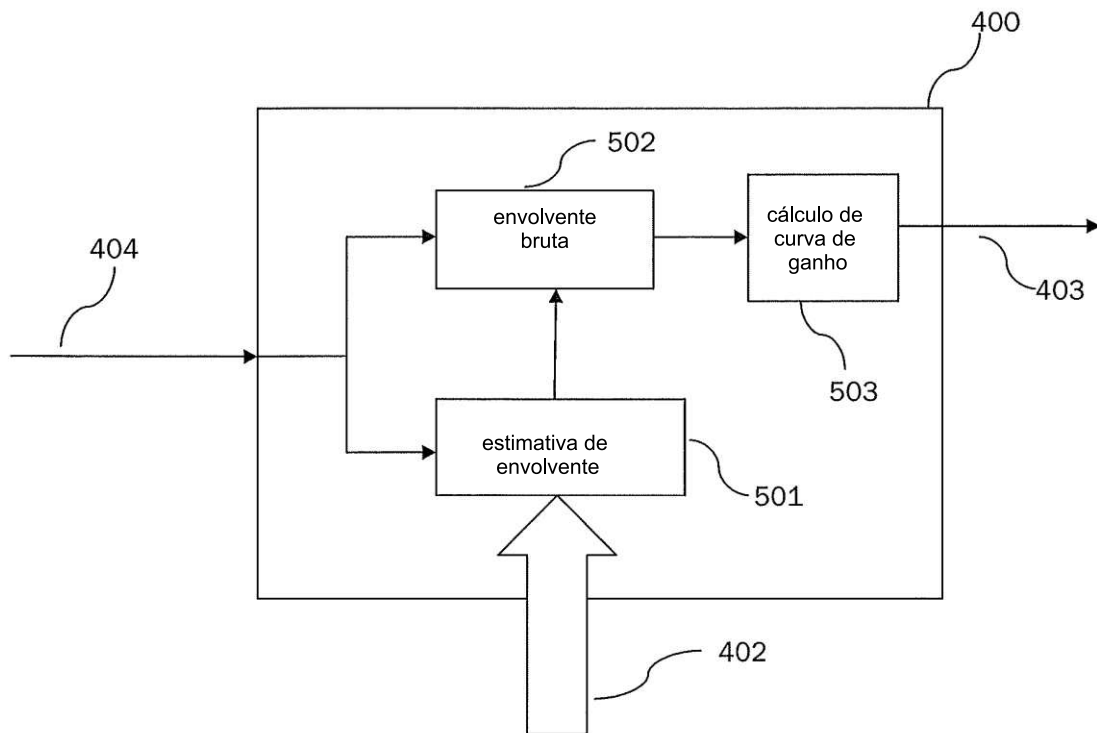


Fig. 5

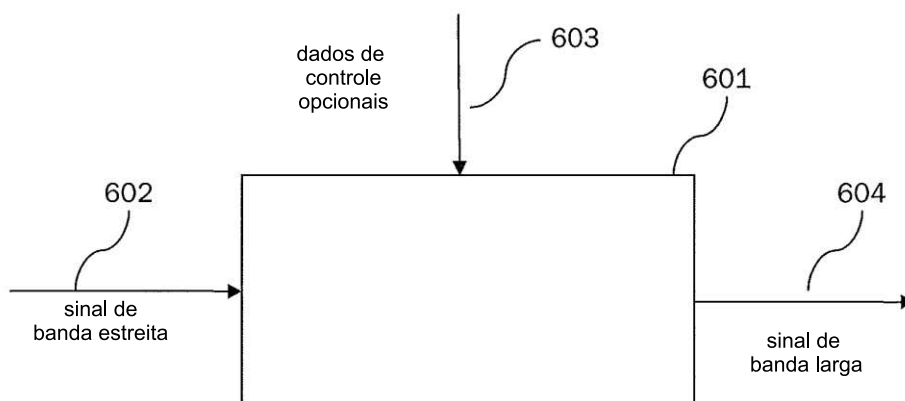


Fig. 6

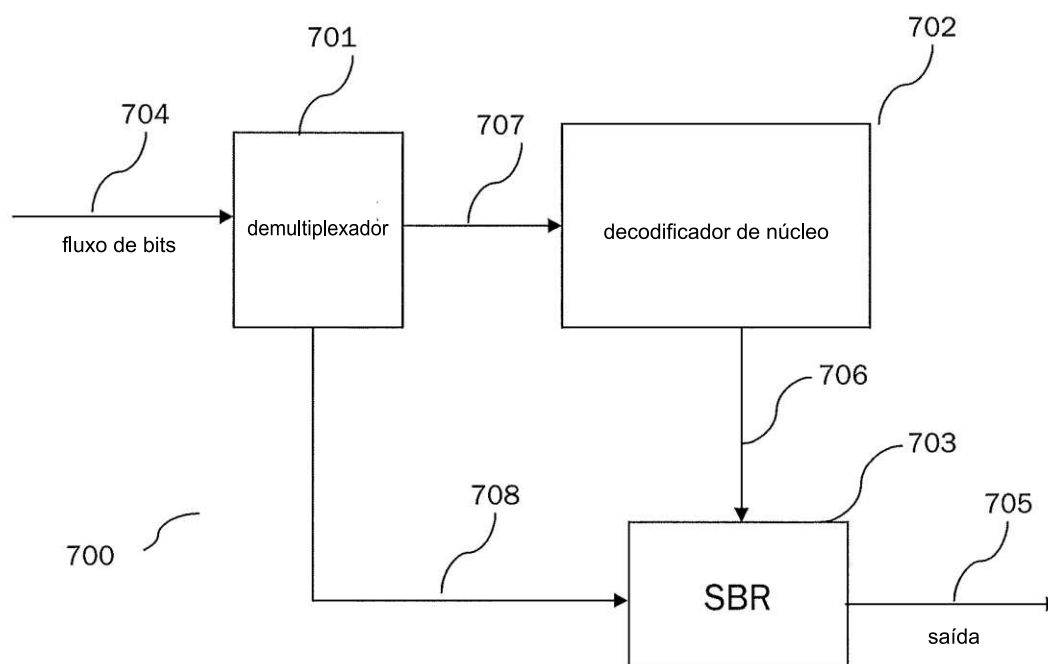


Fig. 7

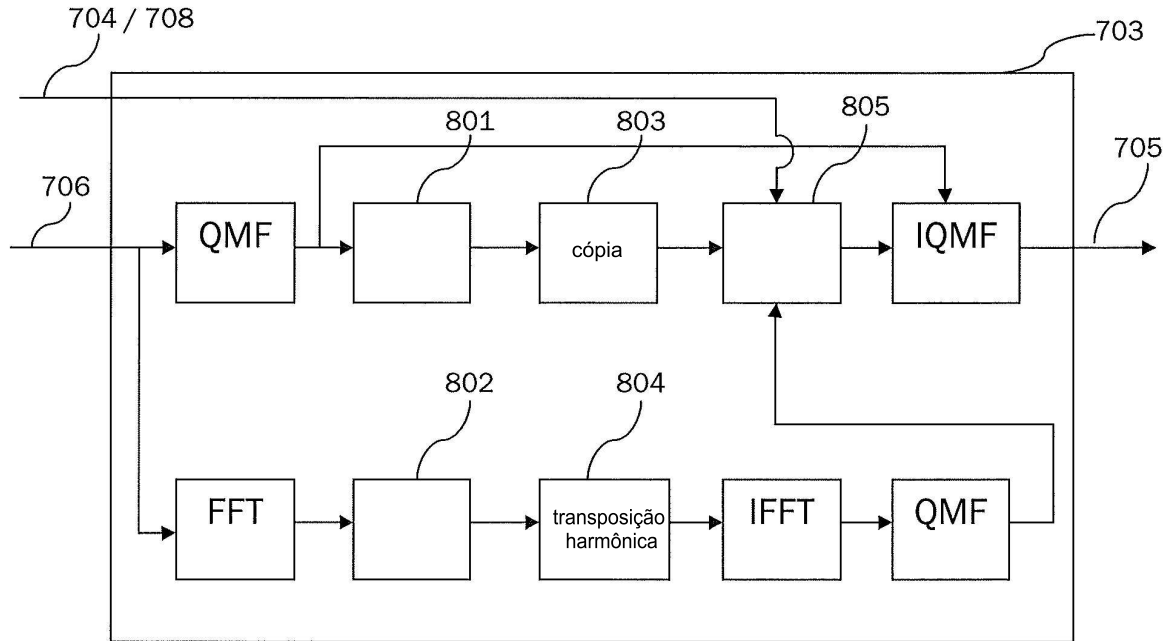


Fig. 8

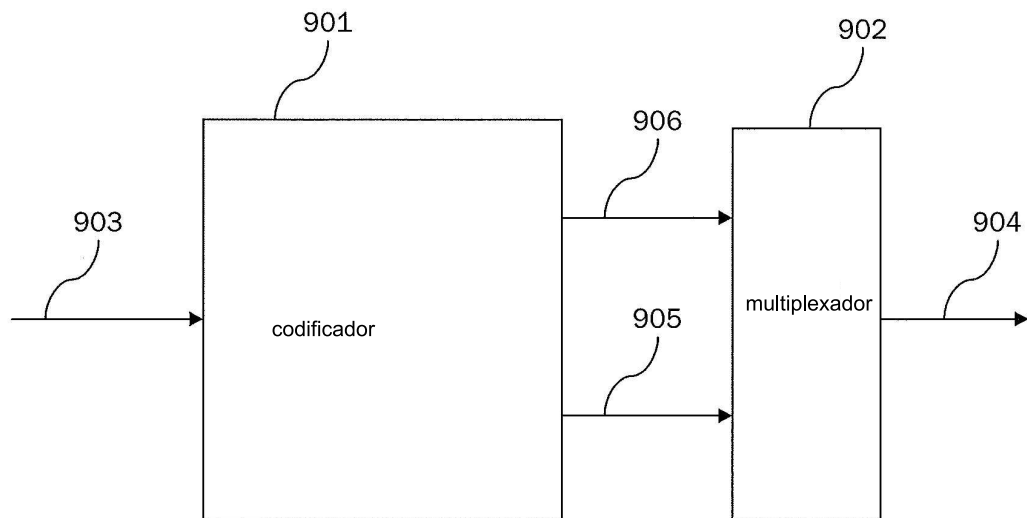


Fig. 9

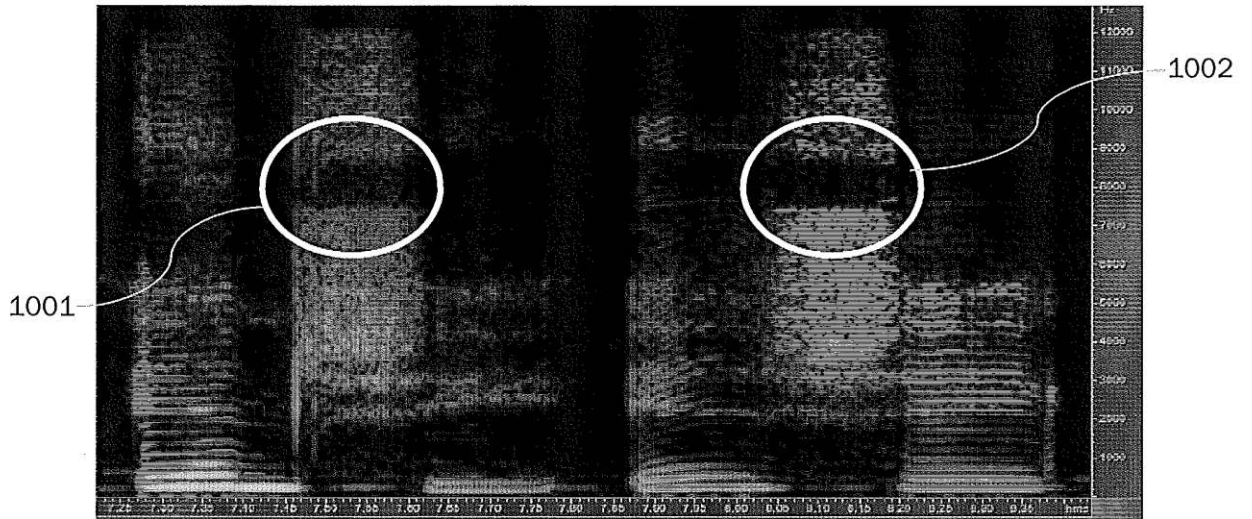


Fig. 10a

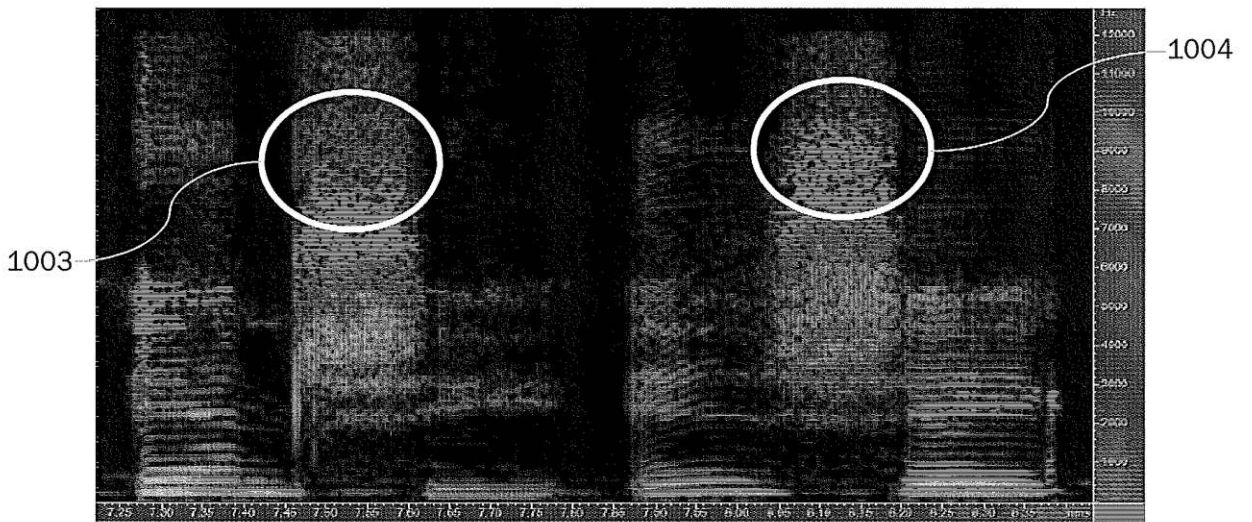


Fig. 10b

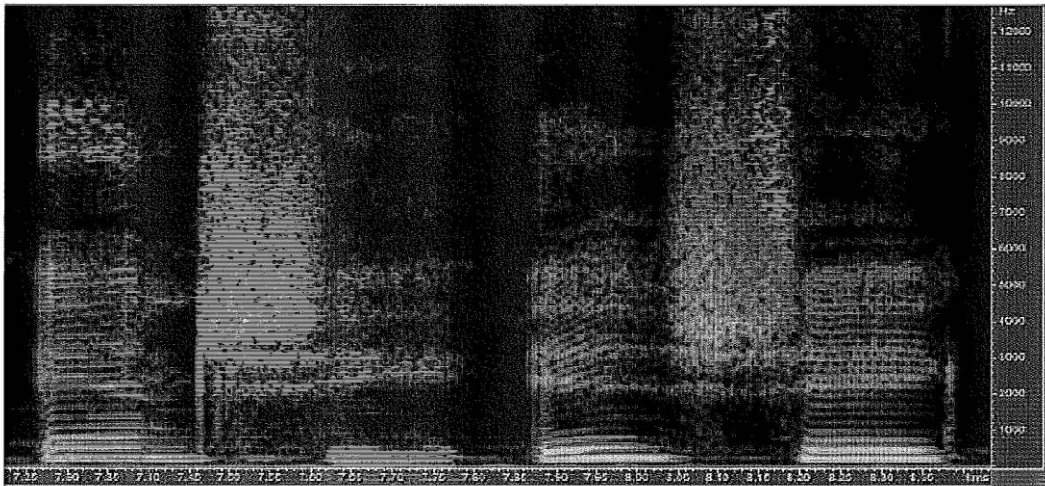


Fig. 10c