



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 1002734-3 A2**

(22) Data de Depósito: 12/08/2010
(43) Data da Publicação: 04/09/2012
(RPI 2174)



(51) *Int.Cl.:*
G10L 19/00

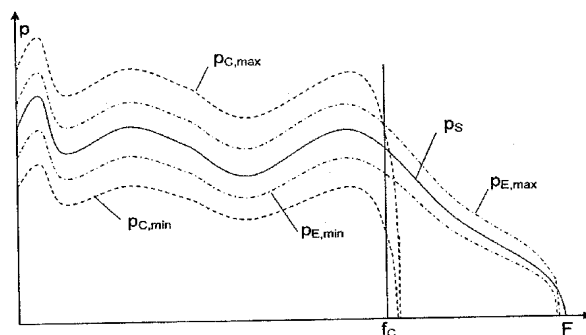
(54) Título: MÉTODO PARA DECODIFICAÇÃO DE UM SINAL DE ÁUDIO QUE POSSUI UMA CAMADA DE BASE E UMA CAMADA DE APERFEIÇOAMENTO

(30) Prioridade Unionista: 04/09/2009 EP 09305810.5

(73) Titular(es): Thomson Licensing

(72) Inventor(es): Peter Jax, Sven Kordon

(57) Resumo: MÉTODO PARA DECODIFICAÇÃO DE UM SINAL DE ÁUDIO QUE POSSUI UMA CAMADA DE BASE E UMA CAMADA DE APERFEIÇOAMENTO Um sinal de áudio pode ter um BL e um EL, onde EL representa a informação adicional para aperfeiçoamento da qualidade do conteúdo de áudio BL. A decodificação de tais sinais de camada dupla normalmente compreende a decodificação parcial (21) dos dados BL, onde os compartimentos de frequência de BL são restaurados (22), o mapeamento (23) dos compartimentos de frequência restaurados para o domínio MDCT, a adição dos mesmos ao EL decodificado e a realização do MDCT Inteiro Invertido. Um método de baixacomplexidade para a decodificação compreende o mapeamento invertido (45) dos dados EL decodificados, a adição (42) dos dados EL mapeados invertidos aos dados BL decodificados parcialmente e a filtragem da soma, utilizando o banco de filtro BL invertido.



“MÉTODO PARA DECODIFICAÇÃO DE UM SINAL DE ÁUDIO QUE POSSUI UMA CAMADA DE BASE E UMA CAMADA DE APERFEIÇOAMENTO”

Campo da Invenção

Essa invenção se refere a um método para decodificação de um sinal de áudio que
5 possui uma camada de base e uma camada de aperfeiçoamento.

Fundamentos

Um sinal de áudio pode ter uma camada de base e uma camada de aperfeiçoamento, referidas coletivamente como uma camada dupla, onde a camada de base representa uma versão de qualidade limitada de conteúdo de áudio codificado e a camada de aperfeiçoamento representa a informação adicional codificada para aperfeiçoar a qualidade do conteúdo de áudio. Por exemplo, uma sequência de bit pode ser constituída de uma camada de baixa taxa de bits, tal como, por exemplo, uma sequência de bits de mp3 (Camada III MPEG-1), mais uma camada adicional que estende a qualidade de base para uma qualidade aperfeiçoada. A princípio, também mais de uma camada adicional pode ser utilizada, a partir da qual a mais alta pode até mesmo permitir a representação exata de bit das amostras PCM originais (moduladas por pulso e código).
10
15

A codificação de tais sinais de camada dupla é normalmente realizada pela codificação de uma camada de base, omitindo, assim, determinadas informações sobre o sinal de entrada e então reconstruindo pelo menos parcialmente a camada de base codificada para obtenção de um sinal de previsão. Adicionalmente, um sinal de diferença entre o sinal de previsão e o sinal de entrada de qualidade total é determinado e codificado. O sinal de diferença codificado então serve como camada de aperfeiçoamento.
20

A figura 1 ilustra o codificador de um codec de áudio sem perda embutido. No percurso de sinal superior, o sinal de entrada é utilizado para codificar a sequência de bits de camada de base. O codificador de camada de base pode, por exemplo, estar em conformidade com mp3. O codec de camada de base aplica um banco de filtro 11 para decomposição em tempo e frequência que é diferente do banco de filtro MDCT 13 aplicado ao percurso de sinal de camada de extensão. No caso ilustrativo de mp3, o banco de filtro de camada de base 11 é um banco de filtro híbrido, constituído de um banco de filtro de polifase de banda 32, seguido por blocos de análise MDCT independentes em cada sub-banda. No segundo percurso de sinal, o sinal de entrada é alimentado em um bloco MDCT Inteiro 13 que implementa uma decomposição MDCT perfeitamente reversível do sinal. Os compartimentos de frequência MDCT de valor inteiro são a base da codificação sem perda da informação de camada de extensão.
30

Visto que o banco de filtro de camada de base híbrido 11 é diferente do banco de filtro MDCT Inteiro 13 da camada de aperfeiçoamento, uma operação de mapeamento é necessária para obtenção do sinal de previsão. Para essa finalidade, os compartimentos de
35

frequência de camada de base (no domínio do banco de filtro híbrido 11) são restaurados 16 pela decodificação parcial, e então mapeados no domínio MDCT. O mapeamento 17 pode ser realizado de uma forma eficiente, como, por exemplo, descrito em EP 2.064.700 A1¹. A informação de camada de base mapeada é então subtraída 14 dos coeficientes MDCT de valor inteiro. Os coeficientes residuais s14 são alimentados em um codificador por entropia 15 a fim de minimizar a taxa de bits que é necessária para se transmitir a camada de extensão sem perda.

A decodificação de tais sinais de camada dupla normalmente utiliza um procedimento como ilustrado na figura 2. No percurso de sinal superior, a informação de camada de base é parcialmente decodificada 21 a fim de recuperar a informação de compartimento de frequência. A filtragem por síntese no domínio de tempo não é realizada nesse ponto, visto que isso seria necessário apenas para decodificação de um sinal de camada de base. Então, precisamente as mesmas operações são conduzidas como no codificador, isso é, os compartimentos de frequência da informação de camada de base são restaurados (decodificados) 22, e um mapeamento 23 dos compartimentos de frequência restaurados para o domínio MDCT é realizado. Em paralelo, o percurso de sinal inferior decodifica a sequência de bits de extensão. A saída s24 do decodificador por entropia 24 é idêntica ao residual de erro s14 da camada de base no domínio MDCT, como computado pelo bloco de subtração do codificador 14. O residual de erro s24 é adicionado 25 aos coeficientes s23 mapeados a partir da informação de camada de base, e a soma é alimentada para um bloco MDCT de Inteiro Invertido 26. O sinal de saída do MDCT Inteiro Invertido é perfeitamente idêntico (bit exato) ao sinal de entrada original que foi alimentado para o codificador.

Um exemplo similar é fornecido na figura 4 de "IntMDCT – A Link Between Perceptual and Lossless Audio Coding", 2002, IEEE por R.Geiger, J. Herre, J. Koller e K. – H. Brandenburg.

Os decodificadores de áudio são frequentemente implementados dentro de pequenos dispositivos portáteis acionados por bateria. É, portanto, geralmente desejável se realizar a decodificação de sinais de áudio codificados de uma forma que economize energia. Nas implementações de decodificador que são baseadas nos processadores, isso é equivalente à redução do número de ciclos de processamento que o processador precisa executar.

Sumário da Invenção

A presente invenção fornece uma solução eficiente para redução de energia que é necessária para decodificar os sinais de áudio de camada dupla.

De acordo com um aspecto geral da invenção, um método de decodificação de um sinal de áudio que possui uma parte do sinal de camada de base e uma parte de sinal de camada de aperfeiçoamento, onde a parte de sinal de camada de aperfeiçoamento foi prevista a partir da parte de sinal de camada de base utilizando o mapeamento de domínio de

banco de filtro, compreende etapas para decodificar parcialmente a parte de camada de base codificada, mapeando de forma invertida a parte de camada de aperfeiçoamento de acordo com uma reversão simplificada do dito mapeamento de domínio de banco de filtro, adicionando a parte de camada de aperfeiçoamento mapeada inversamente à parte de ca-
 5 camada de base decodificada parcialmente, e filtrando por síntese o sinal de saída da dita adição, utilizando um banco de filtro de camada de base invertida.

De acordo com outro aspecto geral da invenção, um decodificador para decodificar um sinal de áudio que possui uma parte de sinal de camada de base e uma parte de sinal de camada de aperfeiçoamento, onde a parte de sinal de camada de aperfeiçoamento foi
 10 prevista a partir da parte de sinal de camada de base utilizando o mapeamento de domínio de banco de filtro, compreende um decodificador parcial para decodificar parcialmente a parte de camada de base codificada, um primeiro mapeador para mapear inversamente a parte de camada de aperfeiçoamento de acordo com uma reversão simplificada do dito mapeamento de domínio de banco de filtro, um primeiro somador para somar a parte de cama-
 15 da de aperfeiçoamento mapeada inversamente à parte de camada de base decodificada parcialmente, e um primeiro filtro de síntese para filtragem por síntese do sinal de saída da dita adição, onde o primeiro filtro de síntese opera como o banco de filtro de camada de base invertido.

De acordo com um aspecto da invenção, um método de decodificação de um sinal
 20 de áudio que possui uma parte de sinal de camada de base e uma parte de sinal de camada de aperfeiçoamento, onde a parte de sinal de camada de base e a parte de sinal de camada de aperfeiçoamento são obtidas a partir de diferentes tipos de filtro e estão em diferentes domínios de banco de filtro, e onde a parte de sinal de camada de aperfeiçoamento foi prevista a partir da parte de sinal de camada de base utilizando o mapeamento de domínio de
 25 banco de filtro e então codificada por entropia, compreende as etapas de decodificação parcial da parte de camada de base codificada, a decodificação por entropia da parte de camada de aperfeiçoamento, o mapeamento invertido da parte de camada de aperfeiçoamento decodificada por entropia de acordo com uma reversão simplificada do dito mapeamento de domínio de banco de filtro, a adição da parte de camada de aperfeiçoamento mapeada in-
 30 versamente à parte de camada de base decodificada parcialmente, e a filtragem por síntese do sinal de saída da dita adição, utilizando um banco de filtro de camada de base invertida.

De acordo com outro aspecto da invenção, um decodificador para decodificar um sinal de áudio que possui uma parte de camada de base e uma parte de camada de aperfeiçoamento, onde a parte de camada de base e a parte de camada de aperfeiçoamento estão
 35 em domínios de banco de filtro diferentes e onde a parte de camada de aperfeiçoamento foi prevista a partir da parte de camada de base utilizando o mapeamento de domínio de banco de filtro e então codificada por entropia, compreende um decodificador parcial para decodifi-

car parcialmente a parte de camada de base, um decodificador por entropia para decodificar por entropia a parte de camada de aperfeiçoamento, um primeiro elemento de mapeamento para mapear inversamente o sinal de camada de aperfeiçoamento decodificado por entropia de acordo com a reversão simplificada do dito mapeamento de domínio de banco de filtro, 5 um primeiro somador para somar a camada de aperfeiçoamento mapeada inversamente à camada de base decodificada parcialmente, e um primeiro filtro de síntese para filtrar o sinal de saída da dita adição, onde o primeiro filtro de síntese opera como o banco de filtro de camada de base invertido.

Em uma modalidade, a parte de camada de base compreende compartimentos de 10 frequência, e a decodificação parcial do sinal de camada de base compreende a recuperação dos ditos compartimentos de frequência.

Deve-se notar que a reversão simplificada de um mapeamento de domínio de banco de filtro significa uma operação inversa que é executada com menor precisão do que o mapeamento de domínio de banco de filtro original. A menor precisão pode se referir a um 15 arredondamento numérico além de a uma simplificação das funções de filtragem para uma implementação mais eficiente.

Uma vantagem dessa invenção é que a mesma é aplicável aos formatos de codificação existentes, e não exige qualquer formato em particular. As modalidades vantajosas 20 adicionais da invenção são descritas nas reivindicações dependentes, na descrição a seguir e nas figuras.

Breve Descrição dos Desenhos

As modalidades ilustrativas da invenção são descritas com referência aos desenhos em anexo que ilustram:

A figura 1 é um codificador de um codec de áudio sem perda embutido;
25 A figura 2 é um decodificador de áudio de bit exato para os dados de áudio de camada dupla extraídos;

A figura 3 é a estrutura de um decodificador de baixa complexidade aperfeiçoado;

A figura 4 representa complexidades computacionais relativas em um decodificador de bit exato;

30 A figura 5 representa complexidades computacionais relativas em um decodificador de baixa complexidade aperfeiçoado;

A figura 6 é a estrutura de um decodificador flexível compreendendo uma parte de decodificação de bit exato e uma parte de decodificação de baixa complexidade; e

35 A figura 7 é um espectro de energia ilustrativo de um sinal de áudio de fonte, um sinal decodificado de forma convencional e um sinal de áudio decodificado de forma aperfeiçoada, e espectros de erro correspondentes.

Modalidades Ilustrativas da Invenção

A seguir, as modalidades ilustrativas da invenção são descritas e se referem a Camada III MPEG-1 (mp3). No entanto, a invenção também pode ser utilizada em modalidades para formatos de codificação de áudio similares que se baseiam em filtros de banco, e particularmente se o mapeamento de domínio de banco de filtro for necessário.

5 Um diagrama em bloco da abordagem de decodificação de acordo com um aspecto da invenção é representado na figura 3. Um sinal de entrada In pode ser obtido a partir de qualquer tipo de fonte de dados, por exemplo, a partir de um arquivo lido a partir de qualquer elemento de armazenamento, ou a partir de um receptor para difusão ou unidifusão de dados com ou sem fio. O sinal de entrada In é pré-processado a fim de separar as partes de
10 camada de base das partes de camada de aperfeiçoamento, por exemplo, pelo processamento de arquivo E/S. O sinal de camada de base entra então em um decodificador de camada de base parcial 41, que gera um sinal de camada de base s41 no domínio de banco de filtro de camada de base. O decodificador de camada de base parcial 41 realiza apenas a decodificação parcial, isso é, nenhuma transformação de volta para o domínio de tempo.
15 Enquanto em um decodificador de camada de base convencional esse sinal de domínio de banco de filtro de camada de base s41 seria diretamente inserido em um banco de filtro de camada de base invertida 43 a fim de obter sinais de domínio de tempo, o decodificador aperfeiçoado compreende um somador 42 para somar os dados de aperfeiçoamento, antes da soma da camada de base e do sinal de camada de aperfeiçoamento ser registrada no
20 dito banco de filtro de camada de base invertida 43. Vantajosamente, o banco de filtro 43 pode ser igual ao utilizado para decodificação de camada de base mp3 convencional. Os dados de aperfeiçoamento são gerados a partir da camada de aperfeiçoamento por um mapeador invertido 45. O mapeador invertido 45 mapeia os dados a partir do domínio MDCT da camada de aperfeiçoamento para o domínio de banco de filtro da camada de base. Visto
25 que os dados de entrada são frequentemente codificados por entropia, os dados de camada de aperfeiçoamento são em uma modalidade da invenção obtidos a partir de um decodificador por entropia 44. Se os dados de entrada forem codificados diferentemente ou não forem decodificados de forma alguma, o decodificador por entropia 44 pode ser substituído por um decodificador correspondente, ou pode ser pulado respectivamente.

30 Em comparação com um decodificador sem perda total de bit exato convencional, como descrito acima com relação à figura 2, o fluxo de sinal foi modificado em partes do decodificador de baixa complexidade: ao invés do mapeamento dos compartimentos de frequência a partir do domínio de banco de filtro do codec de camada de base para o domínio MDCT do codec de camada de aperfeiçoamento, o mapeamento é feito na direção inversa:
35 o decodificador aperfeiçoado utiliza o mapeamento invertido 45 a partir do domínio MDCT para o domínio do codec de camada de base mp3. De acordo, a saída do mapeamento (isso é, o residual de erro mapeado) é adicionado 42 diretamente aos compartimentos de fre-

quência decodificados da camada de base. Portanto, é possível se obter sinais de domínio de tempo aperfeiçoados pela utilização do banco de filtro de síntese (FB) 43 do codec de camada de base.

Uma vantagem do decodificador aperfeiçoado é que o mesmo utiliza consideravelmente menos energia para decodificação, em comparação com um decodificador de bit exato, enquanto gera um sinal de saída de áudio de qualidade comparável. A figura 4 ilustra as complexidades computacionais relativas dos blocos de um decodificador convencional de bit exato. A complexidade computacional é geralmente equivalente ao consumo de energia, visto que corresponde a um número de ciclos de processamento de um ou mais elementos de processamento, por exemplo, processadores, que executam as computações. As medições e os cálculos dos inventores revelaram o seguinte: O decodificador de camada de base parcial consome cerca de 8% e o decodificador por entropia de camada de aperfeiçoamento consome cerca de 19% do consumo de energia total do decodificador convencional. O bloco de mapeamento e o bloco MDCT Inteiro Invertido exigem cotas relativamente altas de 35% e 38%, respectivamente, do consumo de energia total. O somador possui uma estrutura relativamente simples e exige virtualmente nenhuma energia, em comparação com outros blocos. Dessa forma, o consumo total de energia do decodificador de camada de base parcial, decodificador por entropia de camada de aperfeiçoamento, bloco de mapeamento e bloco MDCT Inteiro Invertido soma 100%.

A figura 5 ilustra complexidades computacionais dos blocos de um decodificador de camada dupla aperfeiçoado, com relação ao decodificador convencional. Como ilustra uma comparação, ambas as implementações utilizam o mesmo decodificador de camada de base parcial e decodificadores por entropia, que consomem cerca de 8% e 19% do consumo total de energia. No entanto, reduções maiores no consumo de energia são obtidas pela utilização de um mapeador invertido 45 ao invés do mapeador convencional, e pela utilização do banco de filtro de camada de base invertido 43 ao invés do banco de filtro MDCT Inteiro Invertido. O mapeador invertido 45 consome apenas cerca de 10% do consumo total de energia de um decodificador convencional, e substitui o bloco de mapeamento que consumia 35% da energia total. Dessa forma, a economia de $(35\% - 10\%) = 25\%$ é obtida por essa medida. Adicionalmente, o banco de filtro de camada de base invertida 43 exige apenas cerca de 8% do consumo de energia total convencional, e substitui o bloco MDCT Inteiro Invertido que utilizava 38%. Essa medida leva à economia de $(38\% - 8\%) = 30\%$ do consumo total de energia. O somador é ligeiramente diferente, visto que soma partes de sinal no domínio do banco de filtro de camada de base agora ao invés de partes de sinal de domínio MDCT. O somador pode até mesmo ser menos complexo, visto que não precisa estar em conformidade com um formato de dados específico ou comportamento aritmético. Dessa forma, o consumo total de energia do decodificador aperfeiçoado foi reduzido de 55% a 45%

do consumo de energia do decodificador convencional. Isso torna o decodificador aperfeiçoado de acordo com a invenção preferível para aplicações de baixa energia, por exemplo, em dispositivos operados por bateria.

Em termos de complexidade computacional, a nova abordagem apresenta duas
5 vantagens:

Primeiro, o mapeamento invertido no mapeador invertido 45 pode ter uma razão de sinal para distorção muito menor (SDR) do que o mapeamento de avanço ilustrado na figura 2. Uma razão para a exigência de precisão muito menor é que a entrada para o mapeamento é o residual de erro. Qualquer distorção produzida pelo procedimento de mapeamento
10 invertido soma diretamente ao sinal residual de baixa energia. Dessa forma, apesar de a distorção absoluta do mapeamento invertido poder ser na mesma ordem de magnitude que para o mapeamento de avanço, a exigência SDR pode ser tão baixa quanto a energia reduzida do sinal de entrada. Na prática, é suficiente que o mapeador invertido 45 tenha uma precisão de mapeamento de cerca de 20 dB, ao invés de 50 dB como necessário para o
15 mapeamento de avanço. Devido às exigências SDR mais baixas, a complexidade computacional do mapeamento invertido 45 são muito menores do que do mapeamento de avanço.

Em segundo lugar, adicionalmente, o procedimento de banco de filtro invertido menos complexo 43 do codec de camada de base pode ser utilizado. No exemplo acima, o banco de filtro de síntese do codec mp3 pode ser utilizado, exigindo apenas cerca de 8% da
20 complexidade de um decodificador sem perda completo, ao invés de cerca de 38% para o MDCT Inteiro Invertido. O banco de filtro de camada de base invertido 43 realiza consideravelmente menos operações do que o MDCT Inteiro Invertido convencional.

Como mencionado acima, a reversão simplificada de um mapeamento de domínio de banco de filtro, como executada no mapeador invertido 45, significa uma operação invertida que é executada com menor precisão do que o mapeamento de domínio de banco de
25 filtro original. A precisão inferior pode se referir ao arredondamento numérico além de a uma simplificação das funções de filtragem para uma implementação mais eficiente. Exemplos são pular uma ou mais etapas de correção, ou utilizar filtros de correção de fase menores. Exemplos adicionais são fornecidos em EP 2 064 700 A1.

Em suma, o fluxo de sinal aperfeiçoado resulta em uma estrutura de decodificação quase sem perda nova, que é mais fácil de implementar e é adequada para obtenção de uma qualidade de áudio que é consideravelmente melhor do que a de um decodificador de
30 camada de base simples. Isso é alcançado pela utilização da informação a partir da camada de extensão no mapeamento invertido do sinal residual de erro.

Devido ao processamento diferente, o sinal de saída de um decodificador de baixa complexidade aperfeiçoado não é idêntico em termos de bit exato ao sinal de entrada original. No entanto, o decodificador aperfeiçoado de baixa complexidade de acordo com a in-

venção fornece em seu sinal de saída todas as partes de frequência do sinal de entrada original. Vantajosamente, não existe diferença audível entre os sinais. Dessa forma, a partir de um ponto de vista de qualidade, o decodificador de menor complexidade é totalmente comparável a um decodificador de bit exato.

5 Uma análise mais detalhada da distorção revela o seguinte. O mapeamento invertido na verdade transforma três componentes de sinal no domínio de banco de filtro de camada de base, isso é, o erro de quantização da camada de base mp3, os erros de quantização do MDCT Inteiro e os erros de quantização acumulados, ou distorções, respectivamente, do mapeamento de avanço e retrocesso. Para esses tipos de erro, o seguinte é verdadeiro:

10 O erro de quantização da camada de base mp3 quando levada em consideração sozinha suplementa perfeitamente os componentes de frequência decodificados da camada mp3, isso é, quando considerando-se apenas esse tipo de erro, a decodificação de baixa complexidade de acordo com a invenção resulta em uma reconstrução perfeita do sinal de entrada, no que diz respeito ao espectro de frequência.

15 O erro de quantização do MDCT Inteiro resulta inevitavelmente do filtro de análise MDCT Inteiro. É espectralmente plano e não correlacionado. Na decodificação de acordo com a invenção esse erro resulta em ruído Gaussian branco adicional com uma variação de cerca de $2,6/12$ (LSB^2) no sinal de domínio de tempo resultante, que é substancialmente estacionário. O efeito desse tipo de erro é comparável com uma redução na largura de palavra PCM, por exemplo, de 16 bits/amostra para 15 bits/amostra. Com conteúdo de áudio bem nivelado típico esse tipo de erro pode ser negligenciado, visto que não é audível.

20 O erro de mapeamento depende de sinal e contém distorções lineares e não lineares com uma razão de sinal para ruído (SNR) de cerca de 50 a 60 dB. Isso é, a energia do erro varia com a energia de sinal, possuindo uma distância constante de cerca de 50 a 60 dB.

25 Em suma, o sinal de saída do decodificador de baixa complexidade de acordo com a invenção é comparável à de um decodificador de camada de aperfeiçoamento de bit exato, e possui uma qualidade de áudio muito melhor do que a de um decodificador de camada de base, enquanto o esforço computacional necessário é muito menor do que o de um decodificador de camada de aperfeiçoamento de bit exato convencional. Por exemplo, o decodificador de baixa complexidade fornece uma SNR de 50 a 60 dB, em comparação com 20 dB para mp3 convencional com uma taxa de bit típica de 128kbts/s. De forma subjetiva, o grau de aperfeiçoamento de qualidade depende da taxa de bit mp3 da camada de base.

30 Particularmente para taxas de bits baixa e média comuns o aperfeiçoamento é alto. A figura 7 ilustra um espectro de energia p_s de um sinal de áudio de fonte ilustrativo, um sinal de áudio de camada de base decodificado de forma convencional p_c e um sinal de áudio decodifi-

cado aperfeiçoado p_E , e espectros de variação correspondentes (erro) e_c , e_E . Um decodificador de bit exato fornece um sinal de áudio de qualidade total que é idêntico ao sinal de entrada os . No sinal de áudio de camada de base decodificado de forma convencional p_c , tal como um sinal de saída de um aparelho de mp3 normal, as partes de frequência mais altas são cortadas. Tipicamente, a parte espectral além de uma frequência cortada f_c possui apenas baixo impacto em uma qualidade de áudio e é, portanto, removida no codificador (camada de base). Dessa forma, o erro e_c do sinal mp3 convencional é particularmente alto para as frequências mais altas. A frequência cortada real f_c pode variar ligeiramente, dependendo da energia de sinal atual. No entanto, pelo menos para determinadas cenas de áudio essas partes de frequência são pelo menos parcialmente perceptíveis por muitas razões, e sua eliminação pode reduzir consideravelmente a qualidade de áudio.

Ao contrário, o sinal de saída p_E de um decodificador de camada dupla e baixa complexidade de acordo com a invenção possui menos desvio do sinal de entrada os e inclui todos os componentes de frequência do sinal de entrada os . Seu sinal de erro e_E possui, portanto, muito menos energia e é muito mais constante através de toda a faixa de frequência. Deve-se notar que a figura 7 ilustra os espectros de tempo curto ilustrativos e utiliza uma escala logarítmica para os eixos geométricos verticais (energia), e que a energia de erro geralmente depende da energia de sinal dos sinais de entrada e saída, e, adicionalmente, que a energia real dos sinais de áudio decodificados p_c - $p_{c,max}$ e $p_{E,min}$ - $p_{E,max}$, respectivamente, mas é em média idêntico ao sinal original p_s pelo menos bem abaixo da frequência de corte f_c . Apesar de a figura 7 ser escalonada de uma forma exagerada para esclarecer as diferenças, a faixa $p_{E,min}$ - $p_{E,max}$ está muito mais perto do p_s original do que a faixa $p_{c,min}$ - $p_{c,max}$, o que significa uma melhor qualidade de áudio para p_E . A nova abordagem de decodificação é particularmente benéfica para os dispositivos com baixa energia computacional ou com suprimento de energia limitado, por exemplo, para dispositivos energizados por bateria. Para se tornar uma utilização da característica de decodificação de baixa complexidade mais compreensível e amigável, a comutação automática entre a decodificação sem perda total (bit exato) e a decodificação quase sem perda pode ser aplicada. Exemplos incluem:

O modo de decodificação de comutação automática dependendo da fonte de energia: quando o dispositivo é conectado a uma fonte de energia mais confiável, por exemplo, voltagem principal, modo sem perda de bit exato é utilizado. A comutação pode ser realizada automaticamente em resposta a um detector de fonte de energia.

O modo de decodificação de comutação automática dependendo da carga de processador bruta: quando a carga alta através de outros elementos executáveis é imposta ao processador, o modo quase sem perda é utilizado. Do contrário, quando a carga do processador é mais baixa, o modo sem perda de bit exato é utilizado. A comutação pode ser realizada automaticamente, em resposta a um detector de carga de processamento.

O modo de decodificação de comutação automática dependendo da saída do sinal necessário: Quando a saída de qualidade inferior, por exemplo, saída de nível de linha análoga, é necessário, o modo quase sem perda é utilizado. Quando a saída de qualidade mais alta, por exemplo, saída SPDIF digital é necessária, o modo sem perda de bit exato é utilizado. A comutação pode ser realizada automaticamente em resposta a um detector de tipo de saída.

Os exemplos acima podem empregar limites (limite de voltagem, limite de carga de processamento) e detectores correspondentes. Por exemplo, uma condição para ativar o modo de economia de energia pode ser que a carga do processamento de pelo menos um elemento de processamento realizando uma ou mais etapas do método de decodificação esteja além de um limite. Várias combinações de duas ou mais condições diferentes são possíveis, por exemplo, alta carga de processamento e baixa energia de suprimento.

A figura 6 ilustra um decodificador ilustrativo que utiliza um modo de decodificação de codificação automática dependendo das condições operacionais atuais. Um detector de fonte de energia mecânico ou eletrônico, ou um detector de limite de voltagem eletrônico, detector de limite de carga de processamento ou similar, fornece um sinal de controle Ctr que é utilizado para controlar um comutador 50. O comutador 50 permite um modo de economia de energia utilizando o modo de decodificação de baixa complexidade quase sem perda de acordo com a invenção, como ilustrado na figura 3, ou permite um modo de energia total utilizando o modo de decodificação sem perda de bit exato convencional como ilustrado na figura 2.

No modo de economia de energia, o comutador 50 permite o mapeador invertido 45, um primeiro somador 42 e o banco de filtro de camada de base invertida 43. Adicionalmente, no modo de economia de energia o comutador 50 desativa um mapeador 74, um segundo somador 48 e um MDCT Inteiro invertido 49. Ao contrário, no modo de energia total o comutador 50 ativa o mapeador 47, o segundo somador 48 e o MDCT Inteiro Invertido 49, e desativa o mapeador invertido 45, o primeiro somador 42 e o banco de filtro de camada de base invertido 43. O decodificador de camada de base parcial 41 e o decodificador por entropia de camada de aperfeiçoamento 44 são utilizados em ambos os modos. O mapeador 47 pode realizar a restauração dos compartimentos de frequência e o mapeamento real para o domínio MDCT, como ilustrado na figura 2. A desativação e ativação dos primeiro e/ou segundo somador 42, 48 podem ser desnecessários, visto que não exigem praticamente qualquer energia.

A princípio também mais de uma camada de aperfeiçoamento pode ser utilizada, de forma que uma estrutura de múltiplas camadas hierárquicas exista. Nesse caso, a invenção também pode ser aplicada a quaisquer duas camadas sucessivas dentro da hierarquia, onde uma dentre as duas camadas serve para prever a outra e onde o mapeamento de domí-

nio de banco de filtro é utilizado para a previsão.

Deve-se notar que apesar de serem ilustrados de forma simples como somadores 42, 48, elementos de sobreposição mais sofisticados podem ser utilizados além dos somadores, como seria aparente aos versados na técnica, tudo o que é contemplado dentro do
5 espírito e escopo da invenção.

Enquanto foram ilustradas, descritas e destacadas características de novidade fundamentais da presente invenção como aplicadas às modalidades preferidas, será compreendido que as várias omissões e substituições e alterações no aparelho e método descritas, na forma de detalhes dos dispositivos descritos, e em sua operação, podem ser realizadas
10 pelos versados na técnica sem se distanciar do espírito da presente invenção. Apesar de a presente invenção ter sido descrita com relação a mp3, os versados na técnica reconhecerão que o método e os dispositivos descritos aqui podem ser aplicados a vários tipos de decodificação de áudio de camada dupla. É expressamente pretendido que todas as combinações desses elementos que realizam substancialmente a mesma função substancialmente
15 da mesma forma para alcançar os mesmos resultados estão dentro do escopo da invenção. As substituições dos elementos de uma modalidade descrita para outra também são totalmente pretendidas e contempladas.

Será compreendido que a presente invenção foi descrita puramente por meio de exemplo e modificações dos detalhes podem ser realizadas sem se distanciar do escopo da
20 invenção. Cada característica descrita na descrição e (onde adequado) nas reivindicações e desenhos pode ser fornecida independentemente ou em uma combinação adequada. Características podem, onde adequado, ser implementadas em hardware, software, ou uma combinação dos dois. Onde aplicável, as conexões podem ser implementadas como conexões sem fio ou com fio, não necessariamente diretas ou dedicadas. Referências numéricas
25 similares designam elementos idênticos ou correspondentes por todas as vistas. Referências numéricas aparecendo nas reivindicações são por meio de ilustração apenas e não devem ter qualquer efeito limitador no escopo das reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de decodificação de um sinal de áudio que possui uma parte de camada de base e uma parte de camada de aperfeiçoamento, **CARACTERIZADO** pelo fato de a parte de camada de base e a parte de camada de aperfeiçoamento estarem em domínios de banco de filtro diferentes, e onde a parte de camada de aperfeiçoamento foi prevista a partir da parte de camada de base utilizando o mapeamento de domínio de banco de filtro e então codificada por entropia, compreendendo as etapas de:

5 decodificação parcial (41) da parte de camada de base codificada;
 decodificação por entropia (44) da parte de camada de aperfeiçoamento;
10 mapeamento invertido (45) da parte de camada de aperfeiçoamento decodificada por entropia (s44) de acordo com uma inversão simplificada do dito mapeamento de domínio de banco de filtro, a inversão simplificada se referindo a uma precisão operacional reduzida;
 soma (42) da parte de camada de aperfeiçoamento mapeada inversamente à parte de camada de base decodificada parcialmente;
15 e
 filtragem por síntese (43) do sinal de saída da dita adição, utilizando um banco de filtro de camada de base invertida.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de a parte de camada de base compreender compartimentos de frequência, e a decodificação parcial do sinal de camada de base compreender a recuperação dos ditos compartimentos de frequência.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de a decodificação parcial desse sinal de camada de base não realizar uma transformação de volta para o domínio de tempo.

25 4. Método, de acordo com uma das reivindicações de 1 a 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de a etapa de filtragem por síntese (43) de um sinal ser obtida e possuir o mesmo espectro de frequência que o sinal fonte, mas não ser uma cópia de bit exato do sinal fonte.

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de as etapas de mapeamento invertido da parte de camada de aperfeiçoamento decodificada por entropia, adição da camada de aperfeiçoamento mapeada inversamente à parte de camada de base parcialmente decodificada e filtragem por síntese (43) serem referidas como um modo de decodificação simplificado, compreendendo adicionalmente as etapas de:

35 Fornecimento de um modo de decodificação sem perda, onde o sinal de camada de base parcialmente decodificado (s41) é mapeado (47) a partir do domínio de banco de filtro de camada de base no domínio MDCT, o sinal de domínio MDCT resultante sendo adicionado (48) ao sinal de camada de aperfeiçoamento decodificado por entropia (s44), onde os

compartimentos de frequência de espectro total são obtidos, e o MDCT Inteiro Invertido (49) é realizado nos compartimentos de frequência de espectro total, onde um sinal decodificado sem perda (s49) é obtido; e

Comutação (50) entre o modo de decodificação simplificado e o modo de decodificação sem perda.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CHARACTERIZADO** pelo fato de compreender adicionalmente as etapas de:

Detecção de uma condição (Ctr) para ativar ou desativar um modo de economia de energia; e

Mediante a dita detecção, comutação automática (50) para o modo de decodificação simplificado se uma condição para ativar o modo de economia de energia for detectada, ou comutação (50) para o modo de decodificação sem perda se uma condição para desativação do modo de economia de energia for detectada.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, **CHARACTERIZADO** pelo fato de as condições para ativação do modo de economia de energia compreenderem o suprimento de energia a partir de uma bateria ou disponibilidade de energia baixos.

8. Método, de acordo com a reivindicação 6 ou 7, **CHARACTERIZADO** pelo fato de as condições para ativação do modo de economia de energia compreenderem a carga de processamento de pelo menos um elemento de processamento que realiza uma ou mais etapas do método estando além de um limite.

9. Método, de acordo com uma das reivindicações de 5 a 8, **CHARACTERIZADO** pelo fato de o sinal decodificado sem perda (s49) do modo de decodificação sem perda ser uma representação de bit exato do sinal fonte do codificador.

10. Método, de acordo com uma das reivindicações de 1 a 9, **CHARACTERIZADO** pelo fato de a precisão reduzida se referir ao arredondamento numérico, ou a uma simplificação das funções de filtragem.

11. Método, de acordo com uma das reivindicações de 1 a 10, **CHARACTERIZADO** pelo fato de o sinal de camada de base ser um sinal de áudio formatado MP3.

12. Decodificador para decodificar um sinal de áudio que possui uma parte de camada de base e uma parte de camada de aperfeiçoamento, onde a parte de camada de base e a parte de camada de aperfeiçoamento estão em domínios de banco de filtro diferentes, e onde a parte de camada de aperfeiçoamento foi prevista a partir da parte de camada de base utilizando o mapeamento de domínio de banco de filtro e então codificada por entropia, compreendendo:

Um decodificador parcial (41) para decodificar parcialmente a parte de camada de base;

Um decodificador parcial (41) para decodificar parcialmente a parte de camada de

base;

Um primeiro elemento de mapeamento (45) para mapear inversamente o sinal de camada de aperfeiçoamento codificada por entropia de acordo com a reversão simplificada do dito mapeamento de domínio de banco de filtro, a inversão simplificada se referindo a uma precisão operacional reduzida;

Um primeiro somador (42) para somar a camada de aperfeiçoamento mapeada inversamente à camada de base decodificada parcialmente; e

Um primeiro filtro de síntese (43) para filtrar o sinal de saída da dita adição, onde o primeiro filtro de síntese (43) opera como o banco de filtro de camada de base invertida.

10 13. Decodificador, de acordo com a reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de a parte de camada de base compreender compartimentos de frequência e onde o decodificador parcial recupera os ditos compartimentos de frequência.

15 14. Decodificador, de acordo com a reivindicação 12 ou 13, **CARACTERIZADO** pelo fato de o decodificador parcial não realizar uma transformação de volta para o domínio de tempo.

15. Decodificador, de acordo com uma das reivindicações de 12 a 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de a partir do primeiro filtro de síntese (43) um sinal ser obtido possuindo o mesmo espectro de frequência que o sinal fonte antes da decodificação, mas não sendo uma cópia de bit exato do dito sinal fonte.

20 16. Decodificador, de acordo com uma das reivindicações de 12 a 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de o elemento de mapeamento, o somador e o filtro de síntese serem referidos como unidades para a decodificação simplificada, compreendendo adicionalmente:

25 Um segundo decodificador sem perda para fornecer um modo de decodificação sem perda, onde o decodificador sem perda compreende um segundo elemento de mapeamento (47) para mapear o sinal de camada de base parcialmente decodificado a partir do domínio de banco de filtro para o domínio MDCT, a segunda unidade de adição (48) para adicionar o sinal de domínio MDCT resultante ao sinal de camada de aperfeiçoamento decodificada por entropia, onde os compartimentos de frequência de fonte original são obtidos, e um banco de filtro MDCT Inteiro Invertido (49) para a filtragem dos compartimentos de frequência de fonte original, onde um sinal de áudio decodificado sem perda (s49) é obtido;

30 e

Um elemento de comutação (50) para comutação entre as unidades para decodificação simplificada e o decodificador sem perda.

35 17. Decodificador, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender adicionalmente:

Um detector para detecção de uma condição (Ctr) para ativar ou desativar um mo-

do de economia de energia; e

Um comutador para comutar automaticamente para o modo de decodificação simplificado mediante a dita detecção de uma condição para ativar o modo de economia de energia, ou para comutar para o modo de decodificação sem perda se uma condição para desativar o modo de economia de energia for detectada.

18. Decodificador, de acordo com uma das reivindicações de 12 a 17, **CARACTERIZADO** pelo fato de o sinal de camada de base ser um sinal de áudio formatado MP3.

19. Decodificador, de acordo com uma das reivindicações de 12 a 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de a precisão reduzida se referir ao arredondamento numérico ou a uma simplificação das funções de filtragem.

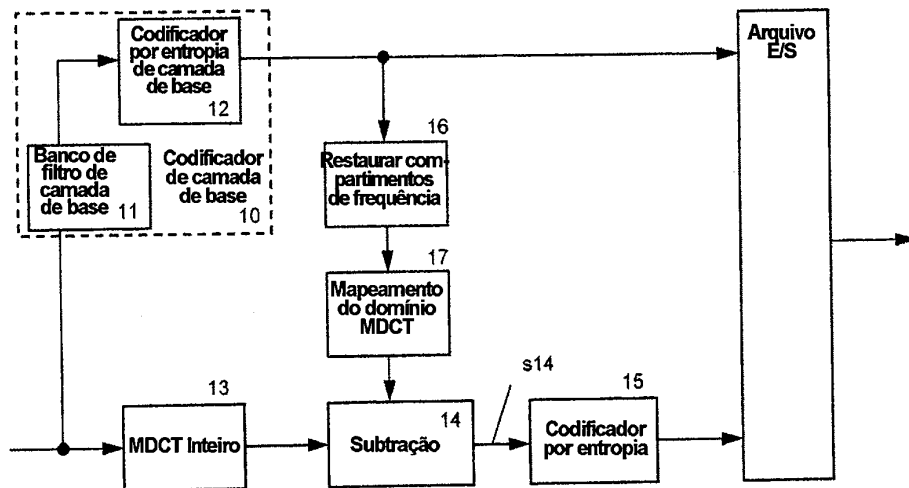


Fig.1

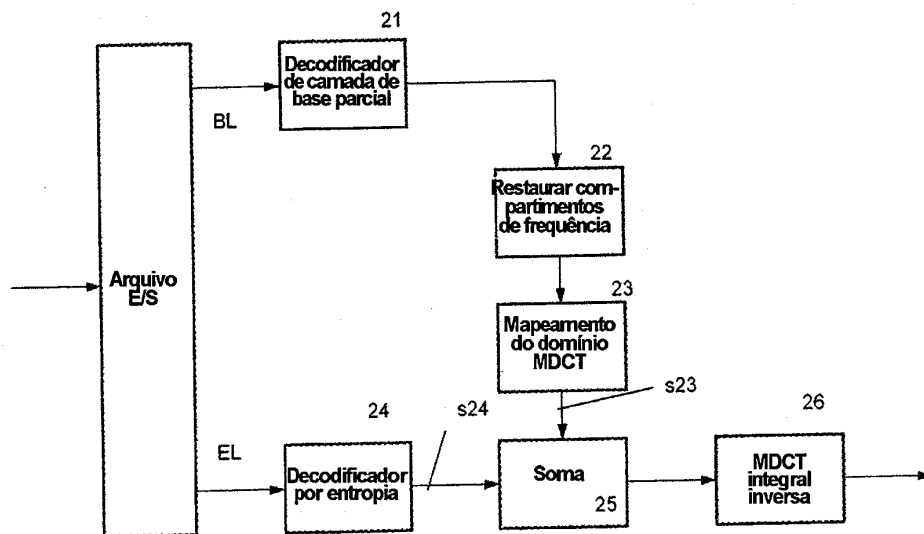


Fig.2

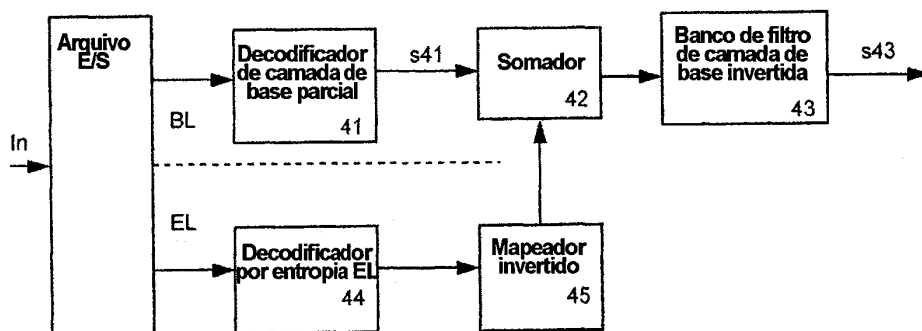


Fig.3

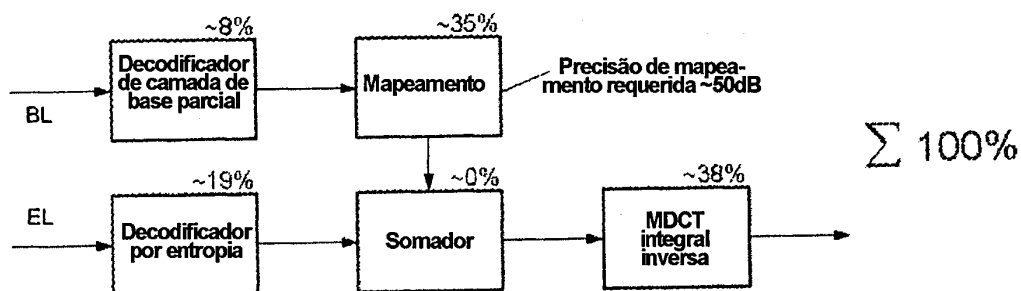


Fig.4

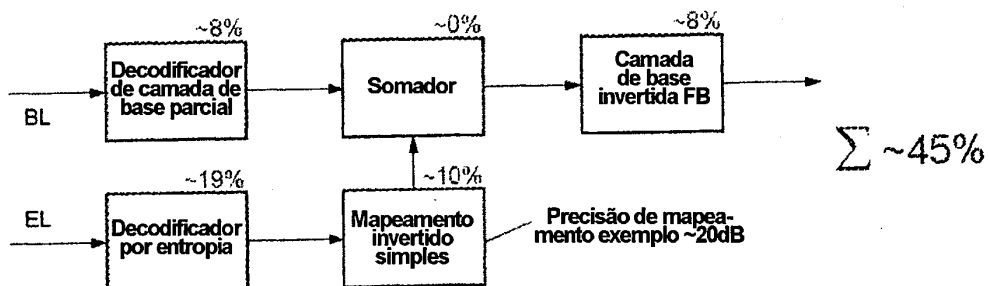


Fig.5

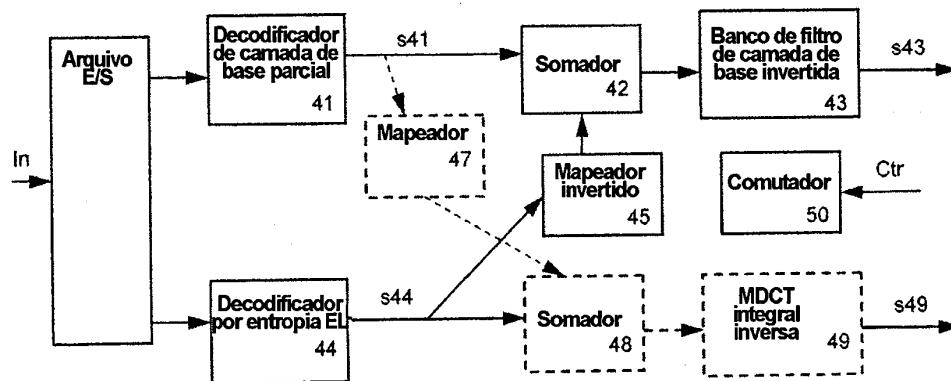
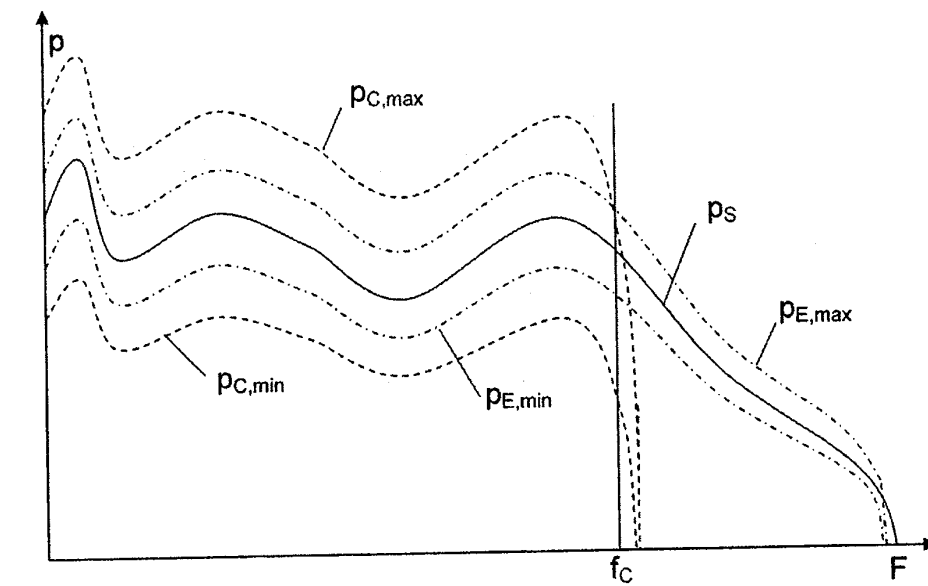
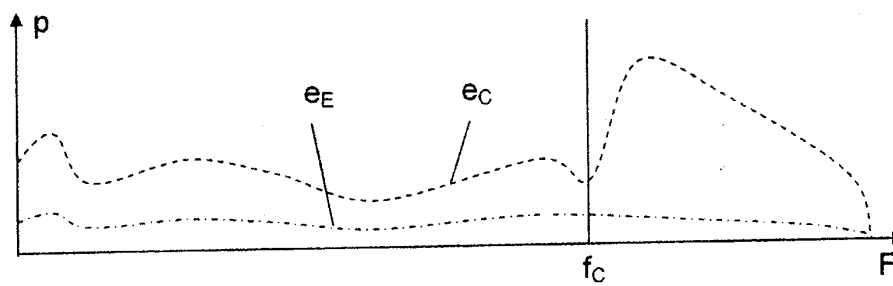


Fig.6



a)



b)

Fig.7

RESUMO

"MÉTODO PARA DECODIFICAÇÃO DE UM SINAL DE ÁUDIO QUE POSSUI UMA CAMADA DE BASE E UMA CAMADA DE APERFEIÇOAMENTO"

Um sinal de áudio pode ter um BL e um EL, onde EL representa a informação adicional para aperfeiçoamento da qualidade do conteúdo de áudio BL. A decodificação de tais sinais de camada dupla normalmente compreende a decodificação parcial (21) dos dados BL, onde os compartimentos de frequência de BL são restaurados (22), o mapeamento (23) dos compartimentos de frequência restaurados para o domínio MDCT, a adição dos mesmos ao EL decodificado e a realização do MDCT Inteiro Invertido. Um método de baixa complexidade para a decodificação compreende o mapeamento invertido (45) dos dados EL decodificados, a adição (42) dos dados EL mapeados invertidos aos dados BL decodificados parcialmente e a filtragem da soma, utilizando o banco de filtro BL invertido.