



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0712625-5 B1

(22) Data do Depósito: 16/05/2007

(45) Data de Concessão: 10/10/2023

(54) Título: CODIFICADOR DE ÁUDIO, DECODIFICADOR DE ÁUDIO, E PROCESSADOR DE ÁUDIO TENDO UMA CARACTERÍSTICA DE DISTORÇÃO ("WARPING") DINAMICAMENTE VARIÁVEL

(51) Int.Cl.: G10L 19/20; G10L 19/26.

(52) CPC: G10L 19/20; G10L 19/265.

(30) Prioridade Unionista: 30/06/2006 US 11/428,297; 30/06/2006 EP 06013604.1.

(73) Titular(es): FRAUNHOFER - GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V..

(72) Inventor(es): JUERGEN HERRE; BERNHARD GRILL; MARKUS MULTRUS; STEFAN BAYER; ULRICH KRAEMER; JENS HIRSCHFELD; STEFAN WABNIK; GERALD SCHULLER.

(86) Pedido PCT: PCT EP2007004401 de 16/05/2007

(87) Publicação PCT: WO 2008/000316 de 03/01/2008

(85) Data do Início da Fase Nacional: 22/12/2008

(57) Resumo: CODIFICADOR DE ÁUDIO, DECODIFICADOR DE ÁUDIO, EPROCESSADOR DE ÁUDIO TENDO UMA CARACTERÍSTICA DE DISTORÇÃO("WARPING") DINAMICAMENTE VARIÁVEL.Codificador de áudio, decodificador de áudio ou uprocessador de áudio que inclui um filtro (12) para gerar um sinalde áudio filtrado, o filtro tendo uma característica de distorçãovariável, a característica sendo controlável em resposta a umsinal de controle de variação de tempo (16), o sinal de controleindicando uma característica de distorção pequena ou inexistenteou uma característica de distorção comparativamente elevada.Adicionalmente, um controlador (18) é conectado para prover osinal de controle de variação de tempo, que depende do sinal deáudio. o sinal de áudio filtrado pode ser introduzido a umprocessador de codificação (22) tendo algoritmos de codificaçãodiferentes, um dos quais é um algoritmo de codificação adaptado aum padrão de sinal específico. Alternativamente, o filtro é umpós-filtro que recebe um sinal de áudio decodificado.

**"CODIFICADOR DE ÁUDIO, DECODIFICADOR DE ÁUDIO, E
PROCESSADOR DE ÁUDIO TENDO UMA CARACTERÍSTICA DE DISTORÇÃO
("WARPING") DINAMICAMENTE VARIÁVEL"**

Campo da Invenção

5 A presente invenção se refere a processamento de áudio usando filtros distorcidos e, especificamente, a codificação de áudio de objetivos múltiplos.

Histórico da Invenção e Estado da Técnica

No contexto de áudio de taxa de bit baixa e
10 tecnologia de codificação de voz, várias técnicas de codificação diferentes têm sido tradicionalmente empregadas de modo a atingir codificação de taxa de bit baixa destes sinais com a melhor qualidade subjetiva possível em uma taxa de bit dada. Codificadores para sinais de música / som gerais objetivam a
15 otimização da qualidade subjetiva por formatação espectral (e temporal) do erro de quantização de acordo com uma curva do limite de máscara que é estimada do sinal de entrada por meio de um modelo perceptual ("codificação de áudio perceptual"). Por outro lado, a codificação de voz com taxas de bit muito baixas
20 demonstrou ser muito eficiente quando ela é baseada em um modelo de produção de voz humana, isto é, empregando Codificação Preditiva Linear (Linear Predictive Coding) (LPC) ao modelo dos efeitos ressonantes do trato vocal humano, juntamente com uma codificação eficiente do sinal de excitação residual.

25 Como uma consequência destas duas abordagens diferentes, codificadores de áudio gerais (como MPEG-1 Camada 3, ou Codificação de Áudio Avançada MPEG-2/4, AAC) usualmente não têm um bom desempenho com sinais de voz em taxas de dados muito baixas

como os codificadores de voz baseados em LPC dedicados, devido à falta de exploração de um modelo de fonte de voz. Inversamente, codificadores de voz baseados em LPC usualmente não atingem resultados convincentes quando aplicados a sinais de música gerais devido a sua incapacidade para formatar flexivelmente o envelope espectral de distorção de codificação de acordo com uma curva de limite de máscara. A presente invenção objetiva prover um conceito que combine as vantagens de ambas, a codificação baseada em LPC e a codificação de áudio perceptual, em uma moldura única e, dessa maneira, descreve codificação de áudio unificada que seja eficiente tanto para áudio geral quanto para sinais de voz.

A seção a seguir descreve um conjunto de tecnologias relevantes que foram propostas para codificação eficiente de sinais de áudio e voz.

Codificação de áudio perceptual (Figura 9)

Tradicionalmente, os codificadores de áudio perceptuais usam uma abordagem baseada em banco de filtro para codificar eficientemente sinais de áudio e formatar a distorção de quantização de acordo com uma estimativa da curva de máscara.

A Figura 9 mostra o diagrama de bloco básico de um sistema de codificação perceptual monofônico. Um banco de filtro de análise é usado para mapear as amostras de domínio de tempo em componentes espectrais subamostrados.

Dependendo do número de componentes espectrais, o sistema é também referido como um codificador de sub-banda (pequeno número de sub-bandas, por exemplo, 32) ou um codificador baseado em banco de filtro (grande número de linhas de frequência, por exemplo, 512). Um modelo perceptual ("psicoacústico") é usado

para estimar o limite de máscara dependente de tempo real. Os componentes espectrais ("sub-banda" ou "domínio de frequência") são quantificados e codificados de maneira que o ruído de quantização é escondido sob o sinal transmitido real e não é perceptível após decodificação. Isto é obtido pela variação da granularidade de quantização dos valores espectrais com o tempo e frequência.

Como uma alternativa para o conceito de codificação perceptual inteiramente baseada em banco de filtro, codificação baseada na abordagem pré-/pós-filtragem foi proposta muito mais recentemente, conforme mostrada na Figura 10.

Em [Ed100], um codificador de áudio perceptual foi proposto, o qual separa os aspectos de redução de irrelevância (isto é, formatação de ruído de acordo com critérios perceptuais) e redução de redundância (isto é, obtenção de uma representação matematicamente mais compacta de informação) pelo uso do assim denominado pré-filtro ao invés de uma quantização variável dos coeficientes espectrais em relação à frequência. O princípio é ilustrado na figura a seguir. O sinal de entrada é analisado por um modelo perceptual para computar uma estimativa da curva de limite de máscara em relação à frequência. O limite de máscara é convertido em um conjunto de coeficientes de pré-filtro, de modo que a magnitude de sua resposta de frequência é inversamente proporcional ao limite de máscara. A operação de pré-filtro aplica este conjunto de coeficientes ao sinal de entrada que produz um sinal de saída onde todos os componentes de frequência são representados de acordo com sua importância perceptual ("branqueamento perceptual"). Este sinal é subsequentemente

codificado por qualquer tipo de codificador de áudio que produza uma distorção de quantização "branca", isto é, não aplique qualquer formação de ruído perceptual. Dessa maneira, a transmissão / armazenagem do sinal de áudio inclui tanto corrente
5 de bit do codificador quanto uma versão codificada dos coeficientes de pré-filtragem. No decodificador, a corrente de bits do codificador é decodificada em um sinal de áudio intermediário que é, então, submetido a uma operação de pós-filtragem de acordo com os coeficientes de filtro transmitidos.
10 Visto que o pós-filtro executa o processo de filtragem inverso em relação ao pré-filtro, ele aplica uma pesagem espectral a este sinal de entrada de acordo com a curva de máscara. Desta maneira, o ruído de codificação espectralmente plano ("branco") aparece perceptualmente formatado na saída do decodificador, conforme
15 pretendido.

Visto que neste esquema formatação de ruído perceptual é obtida por meio da etapa de pré-/pós filtragem ao invés de por meio de quantização dependente de frequência de coeficientes espectrais, o conceito pode ser generalizado para
20 incluir mecanismo de codificação não baseado em banco de filtro para representar o sinal de áudio pré-filtrado ao invés de um codificador de áudio baseado em banco de filtro. Em [Sch02] isto é mostrado para o kernel de codificação de domínio de tempo usando estágios de codificação preditivos e de entropia.

25 [Edl00] B. Edler, G. Schuller: "Audio coding using a psychoacoustic pre- and post-filter", ICASSP 2000, Volume 2, 5-9 de Junho de 2000 Página(s):II881 - II884 vol.2

[Sch02] G. Schuller, B. Yu, D. Huang, e B. Edler, "Perceptual Audio Coding using Adaptive Pre- and Post-Filters and Lossless Compression", IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, Setembro de 2002, páginas 379-390

5 De modo a permitir formatação de ruído espectral apropriada pelo uso de técnicas de pré-/pós-filtragem, é importante adaptar a resolução de frequência do pré-/pós-filtro àquela do sistema auditivo humano. Idealmente, a resolução de frequência seguiria escalas bem conhecidas de frequência perceptual, tais como a escala de frequência BARK ou ERB [Zwi]. Isto é especificamente desejável de modo a minimizar a ordem do modelo pré-/pós-filtro e, dessa maneira, a complexidade computacional associada e a taxa de transmissão de informação de lado.

15 A adaptação da resolução de frequência de pré-/pós-filtro pode ser atingida pelo conceito de distorção de frequência bem conhecido [KHL97]. Essencialmente, os atrasos de unidade dentro de uma estrutura de filtro são substituídos por filtros de passagem total (primeira ordem ou de ordem mais elevada), que conduzem a uma deformação não uniforme ("distorção") da resposta de frequência do filtro. Foi demonstrado que mesmo com o uso de um filtro de passagem total de primeira-ordem (por exemplo,

$$\frac{z^{-1} - \lambda}{1 - \lambda z^{-1}}), \text{ uma aproximação bastante precisa de}$$

25 escalas de frequência perceptual é possível por meio de uma escolha apropriada dos coeficientes de passagem total [SA99]. Dessa maneira, sistemas mais conhecidos não fazem uso de filtros

de passagem total de ordem mais elevada para distorção de frequência. Visto que um filtro de passagem total de primeira ordem é totalmente determinado por um parâmetro de escala único (que será referido como o "fator de distorção" $-1 < \lambda < 1$), que
5 determina a deformação da escala de frequência. Por exemplo, para um fator de distorção de $\lambda=0$, nenhuma deformação é efetiva, isto é, o filtro opera na escala de frequência regular. Quanto maior for o fator de distorção escolhido, mais resolução de frequência estará focada na parte de frequência menor do espectro (como é
10 necessário para aproximar uma escala de frequência perceptual), e distanciada da parte de frequência mais elevada do espectro. Isto é mostrado na Figura 5 tanto para coeficientes de distorção positivos quanto negativos:

Usando um pré-/pós-filtro distorcido,
15 codificadores de áudio tipicamente usam uma ordem de filtro entre 8 e 20 em taxas de amostragem comuns como 48kHz ou 44.1kHz [WSKH05].

Várias outras aplicações de filtragem distorcida foram descritas, por exemplo, modelagem de respostas de impulso de
20 sala [HKS00] e modelagem paramétrica de um componente de ruído no sinal de áudio (sob o nome equivalente de filtragem Laguerre / Kautz) [SOB03]

[Zwi] Zwicker, E. e H. Fastl, "Psychoacoustics, Facts and Models", Springer Verlag, Berlin.

25 [KHL97] M. Karjalainen, A. Härmä, U.K. Laine, "Realizable warped IIR filters and their properties", IEEE ICASSP 1997, páginas 2205 - 2208, vol.3.

[SA99] J.O. Smith, J.S. Abel, "BARK and ERB Bilinear Transforms", IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, Volume 7, Edição 6, Nov. 1999, páginas 697 - 708.

[HKS00] Härmä, Aki; Karjalainen, Matti; Savioja, Lauri; Välimäki, Vesa; Laine, Unto K.; Huopaniemi, Jyri, "Frequency-Warped Signal Processing for Audio Applications", Journal of the AES, Volume 48 Número 11 pág. 1011-1031; Novembro de 2000.

[SOB03] E. Schuijers, W. Oomen, B. den Brinker, J. Breebaart, "Advances in Parametric Coding for High-Quality Audio", 114th Convention, Amsterdam, The Netherlands 2003, pré-impressão 5852.

[WSKH05] S. Wabnik, G. Schuller, U. Krämer, J. Hirschfeld, "Frequency Warping in Low Delay Audio Coding", IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 18-23 de Março, 2005, Philadelphia, PA, EUA.

Codificação de Voz Baseada em LPC

Tradicionalmente, codificação de voz eficiente foi baseada em Codificação Preditiva Linear (LPC) para modelar os efeitos ressonantes do trato vocal humano juntamente com uma codificação eficiente do sinal de excitação residual [VM06]. Ambos os parâmetros LPC e de excitação são transmitidos do codificador para o decodificador. Este princípio é ilustrado na figura a seguir (codificador e decodificador).

Com o tempo, muitos métodos foram propostos com relação a uma representação eficiente e perceptualmente convincente do sinal residual (excitação), tal como Excitação de

Pulsos Múltiplos (MPE), Excitação de Pulso Regular (RPE), e Previsão Linear Excitada por Código (CELP).

Codificação Preditiva Linear tendo produzir uma estimativa do valor de amostra atual de uma seqüência baseada na observação de certo número de valores passados como uma combinação linear das observações passadas. De modo a reduzir redundância no sinal de entrada, o filtro LPC do codificador "embranquece" o sinal de entrada em seu envelope espectral, isto é, sua resposta de frequência é um modelo do inverso do envelope espectral do sinal. Inversamente, a resposta de frequência do filtro LPC do decodificador é um modelo do envelope espectral do sinal. Especificamente, a análise preditiva linear auto-regressiva (AR) bem conhecida é conhecida por modelar o envelope espectral do sinal por meio de uma aproximação de pólo total.

Tipicamente, codificadores de voz de banda estreita (isto é, codificadores de voz com uma taxa de amostragem de 8kHz) empregam um filtro LPC com uma ordem entre 8 e 12. Devido à natureza do filtro LPC, uma resolução de frequência uniforme é efetiva através da faixa inteira de frequência. Isto não corresponde a uma escala de frequência perceptual.

Codificação LPC Distorcida

Observando que uma sensibilidade de frequência não uniforme, como ela é oferecida por técnicas de distorção, pode oferecer vantagens também para codificação de voz, foram apresentadas propostas para substituir a análise LPC regular por análise preditiva distorcida. Especificamente, [TML94] propõe um codificador de voz que modela o envelope espectral de voz por coeficientes cepstrais $c(m)$ que são atualizados amostra por

amostra de acordo com o sinal de entrada de variante no tempo. A escala de frequência do modelo é adaptada para aproximar a escala MEL perceptual [Zwi] pelo uso de um filtro de passagem total de primeira ordem ao invés do atraso de unidade usual. Um valor fixo
5 de 0,31 para o coeficiente de distorção é usado na taxa de amostragem do codificador de 8kHz. A abordagem foi desenvolvida adicionalmente para incluir um núcleo de codificação CELP para representar o sinal de excitação em [KTK95], novamente usando um valor fixo de 0,31 para o coeficiente de distorção na taxa de
10 amostragem do codificador de 8kHz.

Embora os autores reivindicuem bom desempenho do esquema proposto, a codificação do estado da técnica não adota as técnicas de codificação preditiva distorcidas.

Outras combinações de codificação LPC e CELP
15 distorcidas são conhecidas, por exemplo, [HLM99] para as quais um fator de distorção de 0,723 é usado em uma taxa de amostragem de 44,1 kHz.

[TMK94] K. Tokuda, H. Matsumura, T. Kobayashi e S. Imai, "Speech coding based on adaptive mel-cepstral analysis,"
20 Proc. IEEE ICASSP'94, pág.197-200, Abril de 1994.

[KTK95] K. Koishida, K. Tokuda, T. Kobayashi e S. Imai, "CELP coding based on mel-cepstral analysis," Proc. IEEE ICASSP'95, pág.33-36, 1995.

[HLM99] Aki Härmä, Unto K. Laine, Matti
25 Karjalainen, "Warped low-delay CELP for wideband audio coding", 17th International AES Conference, Florença, Itália, 1999

[VM06] Peter Vary, Rainer Martin, "Digital Speech Transmission: Enhancement, Coding and Error Concealment", publicado por John Wiley & Sons, LTD, 2006, ISBN 0-471-56018-9

Codificação LPC Distorcida Generalizada

5 A idéia de executar codificação de voz em uma escala de frequência distorcida foi desenvolvida adicionalmente nos anos seguintes. Especificamente, foi observado que uma distorção convencional total da análise espectral de acordo com uma escala de frequência perceptual pode não ser apropriada para
10 atingir a melhor qualidade possível para codificação de sinais de voz. Portanto, uma análise Mel-cepstral generalizada foi proposta em [KTK96] que permite atenuar as características do modelo espectral entre aquele da análise mel-cepstral previamente proposta (com uma escala de frequência totalmente distorcida e uma
15 análise cepstral), e as características de um modelo LPC tradicional (com uma escala de frequência uniforme e um modelo de todos os pólos ("all-pole model") do envelope espectral do sinal). Especificamente, a análise generalizada proposta possui dois parâmetros que controlam estas características:

20 • O parâmetro γ , $-1 \leq \gamma \leq 0$ continuamente é atenuado entre um tipo cepstral e um tipo LPC de análise, onde $\gamma=0$ corresponde a uma análise tipo cepstral e $\gamma=-1$ corresponde a uma análise tipo LPC.

 • O parâmetro α , $|\alpha| < 1$ é o fator de distorção.
25 Um valor de $\alpha=0$ corresponde a uma escala de frequência totalmente uniforme (como no padrão LPC), e um valor de $\alpha=0,31$ corresponde a uma distorção de frequência perceptual total.

O mesmo conceito foi aplicado à codificação de voz de banda larga (em uma taxa de amostragem de 16kHz) no [KHT98]. Deve ser observado que o ponto de operação (γ ; α) para esta análise generalizada é escolhido previamente e não varia com o tempo.

[KTK96] K. Koishida, K. Tokuda, T. Kobayashi e S. Imai, "CELP coding system based on mel-generalized cepstral analysis," Proc. ICSLP'96, pág. 318-321, 1996.

[KHT98] K. Koishida, G. Hirabayashi, K. Tokuda, e T. Kobayashi, "A wideband CELP speech coder at 16 kbit/s based on mel-generalized cepstral analysis," Proc. IEEE ICASSP'98, pág. 161 - 164, 1998.

Uma estrutura compreendendo tanto um filtro de codificação quanto dois kernels de codificação alternados foi descrita previamente na literatura ("WB-AMR+ Coder" [BLS05]). Não existe qualquer noção de uso de um filtro distorcido, ou mesmo de um filtro com característica de distorção de variante no tempo.

[BLS05] B. Bessette, R. Lefebvre, R. Salami, "UNIVERSAL SPEECH/AUDIO CODING USING HYBRID ACELP/TCX TECHNIQUES," Proc. IEEE ICASSP 2005, pág. 301 - 304, 2005.

A desvantagem de todas aquelas técnicas existentes é que elas todas são dedicadas a um algoritmo de codificação de áudio específico. Qualquer codificador de voz usando filtros de distorção é idealmente adaptado para sinais de voz, mas fica comprometido quando é aplicado a sinais de áudio gerais tais como sinais de música.

Por outro lado, codificadores de áudio gerais são otimizados para esconder perfeitamente o ruído de quantização

abaixo do limite de máscara, isto é, são idealmente adaptados para executar uma redução de irrelevância. Para este fim, eles têm uma funcionalidade para responder pela resolução de frequência não uniforme do mecanismo auditivo humano. Entretanto, devido ao fato
5 de que eles são codificadores de áudio gerais, eles não podem especificamente usar qualquer conhecimento prévio em um tipo específico de padrões de sinal que são a razão para obter as taxas de bits muito baixas conhecidas, por exemplo, dos codificadores de voz.

10 Adicionalmente, muitos codificadores de voz são codificadores de domínio de tempo usando livros de código fixos e variáveis, enquanto a maioria dos codificadores de áudio gerais são, devido ao limite de máscara, que é uma medição de frequência, codificadores baseados em banco de filtro de modo que é altamente
15 problemático introduzir ambos os codificadores em uma moldura única de codificação/decodificação de uma maneira eficiente, embora existam também codificadores de áudio geral baseados em domínio de tempo.

Sumário da Invenção

20 É objetivo da presente invenção prover um conceito de codificação de uso geral melhorado que proveja alta qualidade e taxa de bits baixa não apenas para padrões de sinal específico, mas também para sinais de áudio geral.

25 De acordo com o primeiro aspecto da presente invenção, este objetivo é atingido por um codificador de áudio para codificação de um sinal de áudio, compreendendo um pré-filtro para gerar um sinal de áudio pré-filtrado, o pré-filtro tendo uma característica de distorção variável, a característica de

distorção sendo controlável em resposta a um sinal de controle de variante no tempo, o sinal de controle indicando uma característica de distorção pequena ou inexistente ou uma característica de distorção comparativamente alta; um controlador
5 para prover o sinal de controle de variante no tempo, o sinal de controle de variante no tempo dependendo do sinal de áudio; e um processador de codificação controlável para processamento do sinal de áudio pré-filtrado para obter um sinal de áudio codificado, onde o processador de codificação é adaptado para processar o
10 sinal de áudio pré-filtrado de acordo com um primeiro algoritmo de codificação adaptado para um padrão de sinal específico, ou de acordo com um segundo algoritmo de codificação diferente adequado para codificar um sinal de áudio geral.

Preferivelmente, o processador de codificação é
15 adaptado para ser controlado pelo controlador, de modo que uma porção do sinal de áudio, que é filtrada por meio do uso da característica de distorção comparativamente alta, é processada usando o segundo algoritmo de codificação para obter o sinal codificado e um sinal de áudio sendo filtrado usando a
20 característica de distorção pequena ou inexistente é processado usando o primeiro algoritmo de codificação.

De acordo com um aspecto adicional da presente invenção, este objetivo é atingido por um decodificador de áudio para decodificar um sinal de áudio codificado, o sinal de áudio
25 codificado tendo uma primeira porção codificada de acordo com um primeiro algoritmo de codificação adaptado a um padrão de sinal específico, e tendo uma segunda porção codificada de acordo com um segundo algoritmo de codificação diferente adequado para codificar

um sinal de áudio geral, compreendendo: um detector para detectar um algoritmo de codificação subjacente à primeira porção ou à segunda porção; um processador de decodificação para decodificar, em resposta ao detector, a primeira porção usando o primeiro
5 algoritmo de codificação para obter uma primeira porção de tempo decodificada e para decodificar a segunda porção usando o segundo algoritmo de codificação para obter uma segunda porção de tempo decodificada; e um pós-filtro tendo uma característica de distorção variável sendo controlável entre um primeiro estado
10 tendo uma característica de distorção pequena ou inexistente e um segundo estado tendo uma característica de distorção comparativamente alta.

Preferivelmente, o pós-filtro é controlado de modo que a primeira porção de tempo decodificada seja filtrada
15 usando a característica de distorção pequena ou inexistente e a segunda porção de tempo decodificada seja filtrada usando uma característica de distorção comparativamente alta.

De acordo com um aspecto adicional da presente invenção, este objetivo é atingido por um processador de áudio
20 para processamento de um sinal de áudio, compreendendo: um filtro para gerar um sinal de áudio filtrado, o filtro tendo uma característica de distorção variável, a característica de distorção sendo controlável em resposta a um sinal de controle de variante no tempo, o sinal de controle indicando uma
25 característica de distorção pequena ou inexistente ou uma característica de distorção comparativamente alta; e um controlador para prover o sinal de controle de variante no tempo,

o sinal de controle de variante no tempo dependendo do sinal de áudio.

Aspectos adicionais da presente invenção se referem a métodos correspondentes de codificação, decodificação e
5 processamento de áudio, assim como programas de computador e o sinal de áudio codificado associados.

A presente invenção é baseada na descoberta de que um pré-filtro tendo uma característica de distorção variável no lado do codificador de áudio é a característica principal para
10 integrar algoritmos de codificação diferentes a uma moldura de codificação única. Estes dois algoritmos de codificação diferentes são diferentes entre si. O primeiro algoritmo de codificação é adaptado a um padrão de sinal específico tal como sinais de voz, mas também quaisquer outros padrões especificamente harmônicos,
15 padrões de altura ou padrões transientes são uma opção, enquanto o segundo algoritmo de codificação é adequado para codificação de um sinal de áudio geral. O pré-filtro no lado do codificador ou o pós-filtro no lado do decodificador tornam possível integrar o módulo de codificação específico a sinal e o módulo de codificação
20 geral dentro de uma moldura única de codificador/decodificador.

De forma geral, a entrada para o módulo de codificador de áudio geral ou módulo de codificador específico a sinal pode ser distorcida em um grau maior ou menor ou em nenhum grau. Isto depende do sinal específico e da implementação dos
25 módulos de codificador. Dessa maneira, a inter-relação de qual característica de filtro de distorção pertence a qual módulo de codificação, pode ser sinalizada. Em vários casos o resultado pode ser que a característica de distorção mais forte pertence ao

codificador de áudio geral e a característica de distorção mais leve ou inexistente pertence ao módulo específico de sinal. Esta situação pode ser - em algumas configurações -fixamente definida ou pode ser o resultado de sinalização dinâmica do módulo do
5 codificador para certa porção do sinal.

Embora o algoritmo de codificação adaptado para padrões de sinal específico normalmente não se baseie grandemente no uso de limite de máscara para redução de irrelevância, este algoritmo de codificação não necessita necessariamente de qualquer
10 pré-processamento de distorção ou apenas de um pré-processamento de distorção "suave". Isto significa que o primeiro algoritmo de codificação adaptado para um padrão de sinal específico vantajosamente usa um conhecimento prévio do padrão do sinal específico, mas não se baseia muito no limite de máscara e,
15 portanto, não necessita se aproximar da resolução de frequência não uniforme do mecanismo auditivo humano. A resolução de frequência não uniforme do mecanismo auditivo humano é refletida por bandas de fator de escala tendo larguras de bandas diferentes ao longo da escala de frequência. Esta escala de frequência não
20 uniforme é também conhecida como a escala BARK ou ERB.

Processamento e formatação de ruído usando uma resolução de frequência não uniforme são necessários apenas quando o algoritmo de codificação se baseia grandemente na redução de irrelevância pela utilização do conceito de um limite de máscara,
25 mas não são requeridos para um algoritmo de codificação específico que é adaptado a um padrão de sinal específico e usa um conhecimento prévio para processar eficientemente este padrão de sinal específico. Na verdade, qualquer processamento de distorção

de frequência não uniforme pode ser danoso para a eficiência deste algoritmo de codificação adaptado a padrão de sinal específico, visto que esta distorção influenciará o padrão de sinal específico que, devido ao fato do primeiro algoritmo de codificação ser
5 grandemente otimizado para um padrão de sinal específico, pode degradar grandemente a eficiência de codificação do primeiro algoritmo de codificação.

Contrariamente, o segundo algoritmo de codificação pode produzir apenas uma taxa de bits de saída
10 aceitável juntamente com uma qualidade de áudio aceitável, quando qualquer medida for tomada que justifique a resolução de frequência não uniforme do mecanismo auditivo humano, de modo que benefícios ótimos podem ser extraídos do limite de máscara.

Visto que o sinal de áudio pode incluir padrões
15 de sinal específico seguido por áudio geral, isto é, um sinal que não tenha este padrão de sinal específico ou que tenha apenas este padrão de sinal específico em uma pequena extensão, o pré-filtro da invenção apenas distorce em um grau elevado quando existe uma porção do sinal que não tem um padrão de sinal específico,
20 enquanto para um sinal que não tenha o padrão de sinal específico, nenhuma distorção ou apenas em uma pequena característica de distorção é aplicada.

Especificamente para o caso onde o primeiro algoritmo de codificação é qualquer algoritmo de codificação
25 baseado em codificação preditiva linear, e onde o segundo algoritmo de codificação é um codificador de áudio geral baseado em uma arquitetura de pré-filtro/pós-filtro, o pré-filtro pode executar tarefas diferentes usando o mesmo filtro. Quando o sinal

de áudio tem o padrão de sinal específico, o pré-filtro opera como um filtro de análise LPC de modo que o primeiro algoritmo de codificação está relacionado apenas à codificação do sinal residual ou ao sinal de excitação LPC.

5 Quando existe uma porção de sinal que não tem o padrão de sinal específico, o pré-filtro é controlado para ter uma característica de distorção forte e, preferivelmente, para executar filtragem de LPC baseada no limite de máscara psicoacústico, de modo que o sinal de saída pré-filtrado seja

10 filtrado pelo filtro de frequência distorcida e seja tal que porções espectrais psicoacusticamente mais importantes sejam amplificadas com relação a porções espectrais psicoacusticamente menos importantes. Então, um quantizador direto pode ser usado, ou, conforme declarado de forma geral, quantização durante

15 codificação pode ocorrer sem ter que distribuir o ruído de forma não uniforme sobre a faixa de frequência na saída do filtro distorcido. A formatação de ruído de quantização ocorrerá automaticamente pela ação de pós-filtragem obtida pelo filtro distorcido de variante no tempo no lado do decodificador, que é -

20 com relação à característica de distorção - idêntico ao pré-filtro do lado do codificador, devido ao fato deste filtro ser inverso ao pré-filtro no lado do decodificador, produz automaticamente a formatação de ruído para obter uma redução de irrelevância máxima enquanto mantém uma alta qualidade de áudio.

25 Breve Descrição dos Desenhos

Configurações preferidas da presente invenção são subsequentemente explicadas com referência às Figuras em anexo, nas quais:

A Figura 1 é um diagrama de bloco de um codificador de áudio preferido;

A Figura 2 é um diagrama de bloco de um decodificador de áudio preferido;

5 A Figura 3a é uma representação esquematizada do sinal de áudio codificado;

A Figura 3b é uma representação esquematizada da informação de lado para a primeira e/ou segunda porção de tempo da Figura 3a;

10 A Figura 4 é uma representação de um pré-filtro ou pós-filtro FIR do estado da técnica, que é adequado para uso na presente invenção;

A Figura 5 ilustra a característica de distorção de um filtro dependente do fator de distorção;

15 A Figura 6 ilustra um processador de áudio inventivo tendo um filtro linear que tem característica de distorção de variante no tempo e um controlador;

A Figura 7 ilustra uma configuração preferida do codificador de áudio inventivo;

20 A Figura 8 ilustra uma configuração preferida para um decodificador de áudio inventivo;

A Figura 9 ilustra um algoritmo de codificação baseado em banco de filtro do estado da técnica tendo um codificador e um decodificador;

25 A Figura 10 ilustra um algoritmo de codificação de áudio baseado em pré-/pós-filtro do estado da técnica tendo um codificador e um decodificador; e

A Figura 11 ilustra um algoritmo de codificação LPC do estado da técnica tendo um codificador e um decodificador.

Descrição Detalhada das Configurações Preferidas

Configurações preferidas da presente invenção provêem um método uniforme que permite codificação de ambos, sinais de áudio geral e sinais de voz, com um desempenho de codificação que - pelo menos - corresponde ao desempenho dos melhores esquemas de codificação conhecidos para ambos os tipos de sinais. Ele é baseado nas seguintes considerações:

- Para codificação de sinais de áudio geral, é essencial formatar o envelope espectral de ruído de codificação de acordo com uma curva de limite de máscara (de acordo com a idéia de "codificação de áudio perceptual"), e dessa maneira uma escala de frequência distorcida perceptualmente é desejável. No entanto, podem existir certos sinais de áudio (por exemplo, harmônicos) onde uma resolução de frequência uniforme teria melhor desempenho do que uma perceptualmente distorcida devido à anterior poder resolver melhor sua estrutura fina espectral individual.

- Para a codificação de sinais de voz, o desempenho de codificação do estado da técnica pode ser atingido por meio de previsão linear regular (não distorcida). Podem existir certos sinais de voz para os quais alguma quantidade de distorção melhora o desempenho da codificação.

De acordo com a idéia inventiva, este dilema é solucionado por um sistema de codificação que inclui um filtro de codificador que pode atenuar suavemente suas características entre uma operação totalmente distorcida, como é geralmente preferível para codificação de sinais de música, e uma operação não

distorcida, como é geralmente preferível para codificação de sinais de voz. Especificamente, a abordagem inventiva proposta inclui um filtro linear com um fator de distorção de variante no tempo. Este filtro é controlado por uma entrada extra que recebe o
5 fator de distorção desejado e modifica a operação de filtro correspondentemente.

Uma operação deste filtro permite que o filtro aja tanto como um modelo da curva de máscara (pós-filtro para codificação de música, com distorção, $\lambda = \lambda_0$), e como um modelo do
10 envelope espectral do sinal (filtro LPC inverso para codificação de voz, com ausência de distorção, $\lambda = 0$), dependendo da entrada de controle. Se o filtro inventivo for equipado para tratar também de uma série de fatores de distorção intermediários $0 \leq \lambda \leq \lambda_0$ então, adicionalmente, também características suaves intermediárias são
15 possíveis.

Naturalmente, o mecanismo de filtragem do decodificador inverso é similarmente equipado, isto é, um filtro de decodificador linear com um fator de distorção de variante no tempo e pode agir como um pré-filtro perceptual assim como um
20 filtro LPC.

De modo a gerar sinal filtrado com comportamento adequado a ser codificado posteriormente, é desejável não mudar instantaneamente entre dois valores diferentes do fator de distorção, mas aplicar uma transição suave do fator de distorção
25 com o tempo. Como um exemplo, uma transição de 128 amostras entre operação não distorcida e totalmente distorcida perceptualmente evita descontinuidade indesejável no sinal de saída.

Usando este filtro com distorção variável, é possível construir um codificador de voz / áudio combinado que atinja tanto qualidade ideal de codificação de voz quanto de áudio da seguinte maneira (vide Figura 7 ou 8):

5 • A decisão sobre o modo de codificação a ser usado ("Modo de Voz" ou "Modo de Música") é executada em um módulo separado pela execução de uma análise do sinal de entrada, e pode ser baseada em técnicas conhecidas para discriminar sinais de voz de música. Como um resultado, o módulo de decisão produz uma
10 decisão sobre o modo de codificação / e um fator de distorção ideal associado para o filtro. Além do mais, dependendo desta decisão, ela determina um conjunto de coeficientes de filtro adequados que são apropriados para o sinal de entrada no modo de codificação escolhido, isto é, para codificação de voz, uma
15 análise LPC é executada (sem distorção, ou com um fator de distorção baixo) enquanto para codificação de música, uma curva de máscara é estimada e seu inverso é convertido em coeficientes espectrais distorcidos.

 • O filtro com as características de distorção
20 de variante no tempo é usado como um filtro de codificador / decodificador comum e é aplicado ao sinal dependendo da decisão do modo de codificação / fator de distorção e do conjunto de coeficientes de filtro produzido pelo módulo de decisão.

 • O sinal de saída do estágio de filtragem é
25 codificado tanto por um kernel de codificação de voz (por exemplo, codificador CELP) ou um kernel de codificador de áudio genérico (por exemplo, um codificador de banco de filtro/sub-banda, ou um

codificador de áudio preditivo), ou ambos, dependendo do modo de codificação.

- A informação a ser transmitida / armazenada compreende a decisão do modo de codificação (ou uma indicação do
5 fator de distorção), dos coeficientes de filtro em alguma forma codificada, e da informação enviada pela voz / excitação, e do codificador de áudio genérico.

O decodificador correspondente opera
correspondentemente: Recebe a informação transmitida, decodifica
10 as partes de voz e de áudio genérico de acordo com a informação de modo de codificação, combina os mesmos em um sinal intermediário único (por exemplo, adicionando os mesmos), e filtra este sinal intermediário usando o modo de codificação / fator de distorção e coeficientes de filtro para formar o sinal de saída final.

15 Subsequentemente, uma configuração preferida do codificador de áudio inventivo será discutida em conexão com a Figura 1. O codificador de áudio da Figura 1 é operacional para codificação de uma entrada de sinal de áudio na linha 10. O sinal de áudio é inserido no pré-filtro 12 para gerar um sinal de áudio
20 pré-filtrado que aparece na linha 14. O pré-filtro tem uma característica de distorção variável, a característica de distorção sendo controlável em resposta a um sinal de controle de variante no tempo na linha 16. O sinal de controle indica uma característica de distorção pequena ou inexistente ou uma
25 característica de distorção comparativamente alta. Dessa maneira, o sinal de controle de distorção de variante no tempo pode ser um sinal tendo dois estados diferentes tais como "1" para uma distorção forte ou um "0" para ausência de distorção. O objetivo

pretendido pela aplicação de distorção é obter uma resolução de frequência do pré-filtro similar à escala BARK. Entretanto, também definição de estados diferentes do sinal / característica de distorção é possível.

5 Além do mais, o codificador de áudio inventivo inclui um controlador 18 para prover o sinal de controle de variante no tempo, onde o sinal de controle de variante no tempo depende do sinal de áudio conforme mostrado pela linha 20 na Figura 1. Além do mais, o codificador de áudio inventivo inclui um

10 processador de codificação controlável 22 para processamento do sinal de áudio pré-filtrado para obter uma saída de sinal de áudio codificada na linha 24. Especificamente, o processador de codificação 22 é adaptado para processar o sinal de áudio pré-filtrado de acordo com um primeiro algoritmo de codificação

15 adaptado a um padrão de sinal específico, ou de acordo com um segundo algoritmo de codificação diferente adequado para codificação de um sinal de áudio geral. Especificamente, o processador de codificação 22 é adaptado para ser controlado pelo controlador 18, preferivelmente por meio de um sinal de controle

20 de codificador separado na linha 26, de modo que uma porção do sinal de áudio sendo filtrada usando o fator de distorção comparativamente alta é processada usando o segundo algoritmo de codificação para obter o sinal codificado para esta porção do sinal de áudio, de modo que uma porção do sinal de áudio sendo

25 filtrada usando apenas uma pequena característica de distorção ou nenhuma característica de distorção é processada usando o primeiro algoritmo de codificação.

Dessa maneira, como é mostrado na tabela de controle 28 para o sinal na linha de controle 26, em algumas situações de processamento de um sinal áudio, nenhuma ou apenas uma pequena distorção é executada pelo filtro para um sinal sendo
5 filtrado de acordo com o primeiro algoritmo de codificação, enquanto, quando uma distorção de escala total forte e preferivelmente perceptual é aplicada pelo pré-filtro, a porção de tempo é processada usando o segundo algoritmo de codificação para sinais de áudio geral, que é preferivelmente baseado em ruído de
10 quantização escondido abaixo de um limite de máscara psicoacústico. Naturalmente, a invenção também abrange o caso em que para uma porção adicional do sinal de áudio, que tem o padrão de sinal específico, uma característica de distorção elevada é aplicada enquanto para uma porção adicional que não tem o padrão
15 de sinal específico, uma característica de distorção pequena ou inexistente é usada. Isto pode, por exemplo, ser determinado por uma análise por decisão do codificador de síntese ou por quaisquer outros algoritmos conhecidos na técnica. Entretanto, o controle do módulo do codificador pode também ser fixamente definido
20 dependendo do fator de distorção transmitido ou o fator de distorção pode ser derivado de uma indicação de módulo de codificador transmitida. Além do mais, ambos os itens de informação podem ser transmitidos como informação de lado, isto, o módulo do codificador e o fator de distorção.

25 A Figura 2 ilustra o decodificador da invenção para decodificação de uma entrada de sinal de áudio codificado na linha 30. O sinal de áudio codificado tem uma primeira porção codificada de acordo com um primeiro algoritmo de codificação

adaptado a um padrão de sinal específico, e tem uma segunda porção codificada de acordo com um segundo algoritmo de codificação diferente adequado para codificação de um sinal de áudio geral. Especificamente, o decodificador inventivo compreende um detector 32 para detectar um algoritmo de codificação subjacente à primeira ou segunda porção. Esta detecção pode ocorrer pela extração de informação de lado do sinal de áudio codificado conforme ilustrado pela linha pontilhada 34, e/ou pode ocorrer pelo exame da corrente de bits que entra no processador de decodificação 36 conforme ilustrado pela linha pontilhada 38. O processador de decodificação 36 é para decodificação em resposta ao detector conforme ilustrado pela linha de controle 40, de modo que para ambas, a primeira porção e a segunda porção, o algoritmo de codificação correto seja selecionado.

Preferivelmente, o processador de decodificação é operacional para usar o primeiro algoritmo de codificação para decodificação da primeira porção de tempo e para usar o segundo algoritmo de codificação para decodificação da segunda porção de tempo, de modo que a primeira porção e a segunda porção de tempo decodificadas são enviadas na linha 42. A linha 42 carrega a entrada para um pós-filtro 44 que tem uma característica de distorção variável. Especificamente, o pós-filtro 44 é controlável usando um sinal de controle de distorção com variante no tempo na linha 46, de modo que este pós-filtro tem apenas pequena ou nenhuma característica de distorção em um primeiro estado e tem uma característica de distorção elevada em um segundo estado.

Preferivelmente, o pós-filtro 44 é controlado de modo que a primeira porção de tempo decodificada usando o primeiro

algoritmo de codificação é filtrada usando a característica de
distorção pequena ou inexistente e a segunda porção de tempo do
sinal de áudio decodificado é filtrada usando a característica de
distorção comparativamente alta, de modo que um sinal de saída de
5 decodificador de áudio seja obtido na linha 48.

Ao observar as Figuras 1 e 2, o primeiro
algoritmo de codificação determina as etapas relacionadas ao
codificador a serem executadas no processador de codificação 22 e
as etapas relacionadas ao decodificador correspondentes a serem
10 implementadas no processador de decodificação 36. Além do mais, o
segundo algoritmo de codificação determina as etapas do segundo
algoritmo de codificação relacionado com o codificador a serem
usadas no processador de codificação e etapas de decodificação
correspondentes relacionadas ao segundo algoritmo de codificação a
15 serem usadas no processador de decodificação 36.

Além do mais, o pré-filtro 12 e o pós-filtro 44
são, de forma geral, inversos entre si. As características de
distorção daqueles filtros são controladas de modo que o pós-
filtro tenha a mesma característica de distorção que o pré-filtro
20 ou pelo menos uma característica de distorção similar dentro de
uma faixa de tolerância de 10 por cento.

Naturalmente, quando o pré-filtro não é
distorcido devido ao fato de existir, por exemplo, um sinal tendo
o padrão de sinal específico, então o pós-filtro também não tem
25 que ser um filtro distorcido.

No entanto, o pré-filtro 12, assim como o pós-
filtro 44, pode implementar quaisquer outras operações de pré-
filtro ou pós-filtro requeridas em conexão com o primeiro

algoritmo de codificação ou com o segundo algoritmo de codificação, como será descrito posteriormente.

A Figura 3a ilustra um exemplo de um sinal de áudio codificado conforme obtido na linha 24 na Figura 1 e como
5 pode ser encontrado na linha 30 da Figura 2. Especificamente, o sinal de áudio codificado inclui uma primeira porção de tempo na forma codificada, que foi gerada pelo primeiro algoritmo de codificação conforme descrito em 50 e informação de lado correspondente 52 para a primeira porção. Além do mais, a corrente
10 de bits inclui uma segunda porção de tempo na forma codificada conforme mostrado em 54 e informação de lado 56 para a segunda porção de tempo. Deve ser observado aqui que a ordem dos itens na Figura 3a pode variar. Além do mais, a informação de lado não tem, necessariamente, que ser multiplexada entre a informação principal
15 50 e 54. Aqueles sinais podem ainda vir de fontes separadas conforme determinado por requisitos externos ou de implementações.

A Figura 3b ilustra a informação de lado para a configuração de sinalização explícita da presente invenção para sinalizar explicitamente o fator de distorção e modo do
20 codificador, que pode ser usada em 52 e 56 da Figura 3a. Isto é indicado abaixo da corrente de informação de lado da Figura 3b. Assim, a informação de lado pode incluir uma indicação de modo de codificação sinalizando explicitamente o primeiro ou segundo algoritmo de codificação subjacente a esta porção à qual a
25 informação de lado pertence.

Além do mais, um fator de distorção pode ser sinalizado. A sinalização do fator de distorção não é necessária, quando o sistema inteiro pode usar apenas duas características de

distorção diferentes, isto é, característica de distorção inexistente como a primeira possibilidade e uma característica de distorção de escala total perceptual como a segunda possibilidade. Neste caso, um fator de distorção pode ser fixado e não tem,
5 necessariamente, que ser transmitido.

No entanto, nas configurações preferidas, o fator de distorção pode ter mais que estes dois valores extremos, de modo que é usada uma sinalização do fator de distorção tal como por valores absolutos ou por valores codificados diferencialmente.

10 Além disso, é preferido que o pré-filtro não apenas implemente (SIC) seja distorcido, mas também implemente tarefas ditadas pelo primeiro algoritmo de codificação e pelo segundo algoritmo de codificação, que conduz a uma funcionalidade mais eficiente dos primeiro e do segundo algoritmo de codificação.

15 Quando o primeiro algoritmo de codificação for um algoritmo de codificação baseado em LPC, então o pré-filtro também executa a funcionalidade do filtro de análise LPC e o pós-filtro no lado do decodificador executa a funcionalidade de um filtro de síntese de LPC.

20 Quando o segundo algoritmo de codificação é um codificador de áudio geral não tendo uma funcionalidade de formatação de ruído específico, o pré-filtro é preferivelmente um filtro de LPC, que pré-filtra o sinal de áudio de modo que, após a pré-filtragem, porções psicoacusticamente mais importantes são
25 amplificadas com relação às porções psicoacusticamente menos importantes. No lado do decodificador, o pós-filtro é implementado como um filtro para regenerar uma situação similar a uma situação anterior à pré-filtragem, isto é, um filtro inverso que amplifica

porções menos importantes com relação a porções mais importantes, de modo que o sinal após pós-filtragem é - exceto erros de codificação - similar à entrada de sinal de áudio original em um codificador.

5 Os coeficientes de filtro para o pré-filtro descrito acima são, preferivelmente, transmitidos também por meio de informação de lado do codificador para o decodificador.

Tipicamente, o pré-filtro, assim como o pós-filtro, será implementado como um filtro FIR distorcido, uma
10 estrutura do qual é ilustrada na Figura 4, ou como um filtro digital IIR distorcido. O filtro da Figura 4 é descrito em detalhe no [KHL 97]. Exemplos para filtros IIR distorcidos são também mostrados no [KHL 97]. Todos aqueles filtros digitais têm, em comum, que eles têm elementos de atraso distorcidos 60 e
15 coeficientes de pesagem ou elementos de pesagem indicados por $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$ Uma estrutura de filtro é transformada em um filtro distorcido, quando um elemento de atraso em uma estrutura de filtro não distorcido (não mostrado aqui) é substituída por um filtro de passagem total, tal como um filtro de passagem total de
20 primeira ordem $D(z)$, conforme ilustrado em ambos os lados das estruturas de filtro na Figura 4. Uma implementação computacionalmente eficiente da estrutura esquerda é mostrada na direita da Figura 4, onde o uso explícito do fator de distorção λ e a implementação do mesmo são mostrados.

25 Dessa maneira, a estrutura de filtro à direita da Figura 4 pode ser implementada facilmente dentro do pré-filtro, assim como dentro do pós-filtro, onde o fator de distorção é controlado pelo parâmetro λ , enquanto a característica de filtro,

isto é, os coeficientes de filtro da análise/síntese LPC ou pré-filtragem ou pós-filtragem para amplificação/abafamento de porções psicoacusticamente mais importantes, é controlada pela definição dos parâmetros de pesagem $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$, como valores apropriados.

5 A Figura 5 ilustra a dependência da característica de frequência-distorção no fator de distorção λ para λ_s entre -0,8 e +0,8. Nenhuma distorção será obtida, quando λ é definido como 0,0. Uma distorção de escala total psicoacusticamente é obtida pela definição de λ entre 0,3 e 0,4.

10 De forma geral, o fator de distorção ideal depende da taxa de amostragem escolhida e tem um valor entre aproximadamente 0,3 e 0,4 para taxas de amostragem entre 32 e 48 kHz. A resolução de frequência não uniforme então obtida pelo uso do filtro distorcido é similar à escala BARK ou ERB. Características de distorção

15 substancialmente mais fortes podem ser implementadas, mas são apenas úteis em certas situações, que podem ocorrer quando o controlador determina que aqueles fatores de distorção mais elevados são úteis.

Dessa maneira, o pré-filtro no lado do

20 codificador terá, preferivelmente, fatores de distorção positivos λ para aumentar a resolução de frequência na faixa de baixa frequência e para diminuir a resolução de frequência na faixa de alta frequência. Assim, o pós-filtro no lado do decodificador terá, também, fatores de distorção positivos. Dessa maneira, um

25 filtro de distorção de variante no tempo inventivo preferido é mostrado na Figura 6 em 70, como parte do processador de áudio. O filtro inventivo é, preferivelmente, um filtro linear, que é implementado como um pré-filtro ou um pós-filtro para filtragem de

modo a amplificar ou abafar porções mais/menos importantes psicoacusticamente, ou que é implementado como um filtro de análise/síntese de LPC dependendo do sinal de controle do sistema. Deve ser observado neste ponto que o filtro distorcido é um filtro linear e não altera a frequência de um componente tal como uma entrada de onda sinusoidal no filtro. Entretanto, quando é presumido que o filtro antes da distorção é um filtro de passagem baixa, o diagrama da Figura 5 tem que ser interpretado conforme definido abaixo.

Quando a onda sinusoidal exemplificativa tem uma frequência original normalizada de 0,6, então o filtro aplicaria - para uma fator de distorção de 0,0 - a pesagem de fase e amplitude definida pela resposta de impulso de filtro deste filtro não distorcido.

Quando um fator de distorção de 0,8 é definido para este filtro de passagem baixa (agora o filtro se torna um filtro distorcido), a onda sinusoidal, tendo uma frequência normalizada de 0,6, será filtrada de modo que a saída é pesada pela pesagem de fase e amplitude que o filtro não distorcido tem para uma frequência normalizada de 0,97 na Figura 5. Visto que este filtro é um filtro linear, a frequência da onda sinusoidal não é alterada.

Dependendo da situação, quando o filtro é apenas distorcido, enquanto um fator de distorção ou, de forma geral, o controle de distorção 16, ou 46, tem que ser aplicado. Os coeficientes β_i do filtro são derivados do limite de máscara. Estes coeficientes de filtro podem ser coeficientes de pré- ou pós-filtro, ou coeficientes de filtro de análise/síntese de LPC ou

quaisquer outros coeficientes de filtro úteis em conexão com qualquer primeiro ou segundo algoritmos de codificação.

Dessa maneira, um processador de áudio de acordo com a presente invenção inclui, em adição ao filtro tendo 5 características de distorção com variante no tempo, o controlador 18 da Figura 1 ou o controlador implementado como o detector de algoritmo de codificação 32 da Figura 2, ou um analisador de sinal de entrada de áudio geral procurando por um padrão de sinal específico na entrada de áudio 10/42, de modo que certa 10 característica de distorção pode ser definida, a qual se ajusta ao padrão de sinal específico para que uma distorção variável adaptada ao tempo da entrada de áudio em uma entrada de áudio codificada ou decodificada possa ser obtida. Preferivelmente, os coeficientes de pré-filtro e os coeficientes de pós-filtro são 15 idênticos.

A saída do processador de áudio ilustrada na Figura 6, que consiste do filtro 70 e do controlador 74, pode, então, ser armazenada para quaisquer objetivos ou pode ser processada pelo processador de codificação 22, ou por um 20 dispositivo de reprodução de áudio quando o processador de áudio está no lado de decodificador, ou pode ser processada por quaisquer outros algoritmos de processamento de sinal.

Subsequentemente, as Figuras 7 e 8 serão discutidas, as quais mostram configurações preferidas do 25 codificador inventivo (Figura 7) e do decodificador inventivo (Figura 8). As funcionalidades dos dispositivos são similares àquelas dos dispositivos da Figura 1 e Figura 2. Especificamente, a Figura 7 ilustra a configuração, onde o primeiro algoritmo de

codificação é um algoritmo de codificação do tipo codificador de voz, onde o padrão de sinal específico é um padrão de voz na entrada de áudio 10. O segundo algoritmo de codificação 22b é um codificador de áudio genérico tal como o codificador de áudio baseado em banco de filtro direto conforme ilustrado e discutido em conexão com a Figura 9, ou o algoritmo de codificação de áudio de pré-filtro/pós-filtro conforme ilustrado na Figura 10.

O primeiro algoritmo de codificação corresponde ao sistema de codificação de voz da Figura 11, que, em adição a um filtro de análise/síntese LPC 1100 e 1102 também inclui um codificador residual/de excitação 1104, e um decodificador de excitação correspondente 1106. Nesta configuração, o filtro distorcido de variante no tempo 12 na Figura 7 tem a mesma funcionalidade que o filtro LPC 1100, e a análise de LPC implementada no bloco 1108 na Figura 11 é implementada no controlador 18.

O codificador residual/de excitação 1104 corresponde ao kernel do codificador residual/de excitação 22a na Figura 7. Similarmente, o decodificador de excitação 1106 corresponde ao decodificador residual/de excitação 36a da Figura 8, e o filtro distorcido de variante no tempo 44 tem a funcionalidade do filtro LPC inverso 1102 para uma primeira porção de tempo sendo codificada de acordo com o primeiro algoritmo de codificação.

Os coeficientes de filtro LPC gerados pelo bloco de análise LPC 1108 correspondem aos coeficientes de filtro mostrados em 90 na Figura 7 para a primeira porção de tempo e a entrada dos coeficientes de filtro LPC no bloco 1102 na Figura 11

corresponde aos coeficientes de filtro na linha 92 da Figura 8. Além do mais, o codificador da Figura 7 inclui uma interface de saída de codificador 94, que pode ser implementada como um multiplexador de corrente de bits, mas que pode também ser implementada como qualquer outro dispositivo que produz uma corrente de dados adequada para transmissão e/ou armazenagem. Correspondentemente, o decodificador da Figura 8 inclui uma interface de entrada 96, que pode ser implementada como um desmultiplexador de corrente de bits para desmultiplexar a informação da porção de tempo específica conforme discutido em conexão com a Figura 3a e, também, para extrair a informação de lado requerida conforme ilustrado na Figura 3b.

Na configuração da Figura 7, ambos os kernels de codificação 22a, 22b, têm uma entrada comum 96, e são controlados pelo controlador 18 por meio das linhas 97a e 97b. Este controle garante que, em certo momento no tempo, apenas um dentre os dois kernels 22a, 22b, envia informação principal e de lado para a interface de saída. Alternativamente, ambos os kernels de codificação poderiam operar totalmente paralelos, e o controlador do codificador 18 poderia garantir que apenas a saída do kernel de codificação seja inserida na corrente de bits, que é indicada pela informação de modo de codificação enquanto a saída do outro codificador é descartada.

Novamente alternativamente, ambos os decodificadores podem operar em paralelo e saídas dos mesmos podem ser adicionadas. Nesta situação, é preferido usar uma característica de distorção do meio para o pré-filtro do lado do codificador e para o pós-filtro do lado do decodificador. Além do

mais, esta configuração processa, por exemplo, uma porção de voz de um sinal tal como certa faixa de frequência ou - de forma geral - porção de sinal pelo primeiro algoritmo de codificação e o restante do sinal pelo segundo algoritmo de codificação geral.

5 Então, saídas de ambos os codificadores são transmitidas do codificador para o lado do decodificador. A combinação do lado do decodificador garante que o sinal seja reunido antes de ser pós-filtrado.

Quaisquer tipos de controles específicos podem
10 ser implementados, contanto que eles garantam que o sinal de áudio codificado de saída 24 tenha uma seqüência de primeira e segunda porções conforme ilustrado na Figura 3 ou uma combinação correta de porções de sinal tal como uma porção de voz e uma porção de áudio geral.

15 No lado do decodificador, a informação de modo de codificação é usada para decodificar a porção de tempo usando o algoritmo de decodificação correto, de modo que um padrão com estágios de tempo de primeiras porções e segundas porções obtidas nas saídas dos kernels do decodificador 36a, e 36b, que são,
20 então, multiplexadas em um sinal de domínio de tempo único, que é ilustrado de forma esquematizada usando o símbolo de adição 36c. Então, na saída do elemento 36c, existe um sinal de áudio de domínio de tempo, que apenas tem que ser pós-filtrado de modo que o sinal de áudio decodificado seja obtido.

25 Conforme discutido anteriormente no sumário após a seção "Breve Descrição dos Desenhos", ambos o codificador na Figura 7 e o decodificador na Figura 8, podem incluir um interpolador 100 ou 102 de modo que uma transição suave por meio

de certa porção de tempo, que pelo menos inclui duas amostras, mas que, preferivelmente, inclui mais que 50 amostras e ainda mais que 100 amostras, é implementável. Isto garante que artefatos de codificação sejam evitados, o que poderia ser causado por

5 alterações rápidas do fator de distorção e dos coeficientes de filtro. Visto que, entretanto, o pós-filtro, assim como o pré-filtro, opera totalmente no domínio de tempo, não existem problemas relacionados com implementações específicas baseadas em bloco. Dessa maneira, é possível mudar, quando a Figura 4 é

10 novamente considerada, os valores para β_0 , β_1 , β_2 ,...e λ de amostra para amostra, de modo que uma atenuação de, por exemplo, um estado totalmente distorcido para um outro estado sem distorção, é possível. Embora seja possível transmitir parâmetros interpolados, que salvariam o interpolador no lado do decodificador, é preferido

15 não transmitir os valores interpolados mas transmitir os valores antes da interpolação, visto que menos bits de informação de lado são requeridos para a última opção.

Além do mais, conforme já indicado acima, o kernel do codificador de áudio genérico 22b, conforme ilustrado na

20 Figura 7, pode ser idêntico ao codificador 1000 na Figura 10. Neste contexto, o pré-filtro 12 executará também a funcionalidade do pré-filtro 1002 na Figura 10. O modelo perceptual 1004 na Figura 10 será, então, implementado dentro do controlador 18 da Figura 7. Os coeficientes de filtro gerados pelo modelo perceptual

25 1004 correspondem aos coeficientes de filtro na linha 90 na Figura 7 para uma porção de tempo, para a qual o segundo algoritmo de codificação está ativo.

Analogamente, o decodificador 1006 na Figura 10 é implementado pelo kernel do decodificador de áudio genérico 36b na Figura 8, e o pós-filtro 1008 é implementado pelo filtro distorcido de variante no tempo 44 na Figura 8. Os coeficientes de filtro codificados preferivelmente gerados pelo modelo perceptual são recebidos, no lado do decodificador, na linha 92, de modo que uma linha intitulada "coeficientes de filtro" entrando no pós-filtro 1008 na Figura 10 corresponde à linha 92 na Figura 8 para a porção de tempo do segundo algoritmo de codificação.

Entretanto, comparado a dois codificadores de operação paralela de acordo com as Figuras 10 e 11, que são ambos imperfeitos devido a qualidade de áudio e taxa de bits, os dispositivos do codificador inventivo e os dispositivos do decodificador inventivo usam apenas um filtro único, mas controlável, e executam uma discriminação no sinal de áudio de entrada para descobrir se a porção de tempo do sinal de áudio tem o padrão específico ou é apenas um sinal de áudio geral.

Com referência ao analisador de áudio dentro do controlador 18, uma variedade de implementações diferentes pode ser usada para determinação, se uma porção de um sinal de áudio é uma porção tendo o padrão de sinal específico ou se esta porção não tem este padrão de sinal específico, e, portanto, tem que ser processada usando o algoritmo de codificação de áudio geral. Embora configurações preferidas tenham sido discutidas, onde o padrão de sinal específico é um sinal de voz, outros padrões de sinal específico podem ser determinados e podem ser codificados usando estes primeiros algoritmos de codificação específicos ao sinal tais como algoritmo de codificação para sinais harmônicos,

para sinais de ruído, para sinais de tom, para sinais de pulso tipo trem, etc.

5 Detectores diretos são detectores de análise por síntese, que, por exemplo, tentam algoritmos de codificação diferentes, juntamente com detectores de distorção diferentes para descobrir o melhor fator de distorção juntamente com os melhores coeficientes de filtro e o melhor algoritmo de codificação. Estes detectores de análise por síntese são, em alguns casos, de alto custo do ponto vista computacional. Isto não importa em uma
10 situação onde existe um pequeno número de codificadores e um número elevado de decodificadores, visto que o decodificador pode ser muito simples neste caso. Isto se deve ao fato de que apenas o codificador executa esta tarefa computacional complexa, enquanto o decodificador pode simplesmente usar a informação de lado
15 transmitida.

Outros detectores de sinal são baseados em algoritmos de análise de padrão direta, que buscam um padrão de sinal específico dentro do sinal de áudio e sinalizam um resultado positivo, quando um grau de correspondência excede certo limite.
20 Maiores informações são providas no [BLS05].

Além do mais, dependendo de certos requisitos de implementação dos métodos inventivos, os métodos inventivos podem ser implementados em hardware ou em software. A implementação pode ser executada usando um meio de armazenagem digital, em especial
25 um disco ou um CD tendo sinais de controle eletronicamente legíveis armazenados no mesmo, que podem cooperar com um sistema de computador programável, de modo que os métodos inventivos sejam executados. De forma geral, a presente invenção é, portanto, um

produto de programa de computador com um código de programa armazenado em uma mídia legível por um computador, o código de programa sendo configurado para executar pelo menos um dos métodos inventivos, quando os produtos de programa de computador operam em um computador. Em outras palavras, os métodos inventivos são, portanto, um programa de computador tendo um código de programa para executar os métodos inventivos, quando o programa de computador é operado em um computador.

As configurações descritas acima são meramente ilustrativas dos princípios da presente invenção. É compreendido que modificações e variações dos arranjos e dos detalhes descritos aqui ficarão aparentes para pessoas especializadas na técnica. É objetivo, portanto, que estejam limitados apenas pelo escopo das reivindicações de patentes presentes e não pelos detalhes específicos apresentados de forma descritiva e explanatória nas configurações apresentadas aqui.

REIVINDICAÇÕES

1. Codificador de áudio para codificar um sinal de áudio **caracterizado** por compreender:

um pré-filtro (12) para gerar um sinal de áudio pré-filtrado; o pré-filtro (12) tem uma característica de distorção de frequência variável, sendo que a característica de distorção de frequência é controlada em resposta a um sinal de controle variante no tempo, o sinal de controle indica uma pequena ou nenhuma característica de distorção de frequência, ou uma característica de distorção de frequência comparativamente alta;

um controlador (18) para fornecer o sinal de controle variante no tempo, sendo que o sinal de controle variante no tempo depende do sinal de áudio e;

um processador de codificação controlável (22) para processamento do sinal de áudio pré-filtrado para obter um sinal de áudio codificado, em que o processador de codificação (22) é controlado para processar o sinal de áudio pré-filtrado de acordo com um primeiro algoritmo de codificação adaptado para um sinal padrão específico, ou em acordo com um segundo algoritmo de codificação diferente, adequado para codificar um sinal de áudio geral.

2. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo processador de codificação (22) ser adaptado para usar ao menos uma parte de um algoritmo de codificação de voz como o primeiro

algoritmo de codificação.

3. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo processador de codificação (22) ser adaptado para usar um algoritmo de codificação residual/de excitação como uma porção do primeiro algoritmo de codificação, sendo que o algoritmo de codificação residual/de excitação inclui um algoritmo de codificação do modelo de predição linear (CELP), um algoritmo de codificação de excitação multipulso (MPE) ou um algoritmo de codificação de excitação de pulso regular (RPE).

4. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo processador de codificação (22) ser adaptado para usar um algoritmo de codificação com base em banco de filtro, com base em transformação, ou com base em no domínio de tempo como o segundo algoritmo de codificação.

5. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por compreender, ainda, um módulo psicoacústico para fornecer informações sobre um limiar de mascaramento, e

em que pré-filtro (12) é operativo para realizar uma operação de filtro com base no limiar de mascaramento de modo que, no sinal de áudio pré-filtrado, porções de psicoacústica mais importantes sejam amplificadas em relação às porções psicoacústicas menos importantes.

6. Codificador de áudio, de acordo com a

reivindicação 5, **caracterizado** pelo pré-filtro (12) ser um filtro linear que tem um fator de distorção controlável; sendo que o fator de distorção controlável é determinado pelo sinal de controle variante no tempo e,

em que os coeficientes do filtro são determinados por uma análise com base no limiar de mascaramento.

7. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo primeiro algoritmo de codificação incluir um passo de codificação residual ou de excitação, e o segundo algoritmo de codificação incluir um passo geral de codificação de áudio.

8. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo processador de codificação (22) incluir:

um primeiro núcleo de codificação (22a) para aplicar o primeiro algoritmo de codificação ao sinal de áudio;

um segundo núcleo de codificação (22b) para aplicar o segundo algoritmo de codificação ao sinal de áudio,

em que ambos os núcleos de codificação (22a, 22b) têm uma entrada comum conectada a uma saída do pré-filtro (12); em que ambos os núcleos de codificação têm saídas separadas,

em que o codificador de áudio compreende, ainda, uma estação de saída (94) para a produção do sinal codificado e;

em que o controlador (18) é operativo para conectar apenas uma saída do núcleo de codificação, indicada pelo controlador, para ser ativada por uma fração de tempo no estágio de saída.

9. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo processador de codificação (22) incluir:

um primeiro núcleo de codificação (22a) para aplicar o primeiro algoritmo de codificação ao sinal de áudio;

um segundo núcleo de codificação (22b) para aplicar o segundo algoritmo de codificação ao sinal de áudio;

em que ambos os núcleos de codificação (22a, 22b) têm uma entrada comum conectada a uma saída do pré-filtro (12), em que ambos os núcleos de codificação têm uma saída separada e,

em que o controlador (18) é operativo para ativar o núcleo de codificação selecionado por um modo de indicação codificado, e para desativar o núcleo de codificação não selecionado do modo de indicação codificado, ou para ativar ambos os núcleos de codificação para diferentes partes da mesma porção de tempo do sinal de áudio.

10. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por compreender, ainda, uma estação de saída (94) para a saída do sinal de controle variante no tempo, ou um sinal derivado do sinal de

controle variante no tempo por quantização ou codificação como informações complementares ao sinal codificado.

11. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** por compreender, ainda, uma estação de saída (94) para saída de informações do limiar de mascaramento como informações complementares para o sinal de áudio codificado.

12. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo processador de codificação (22) ser, quando aplicado o segundo algoritmo de codificação, operativo para quantizar o sinal de áudio pré-filtrado com uso de um quantizador que tem uma característica de quantização que introduz um ruído de quantização que tem uma distribuição espectral plana.

13. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo processador de codificação (22) ser, quando aplicado a um segundo algoritmo de codificação, operativo para quantizar amostras de domínio de tempo pré-filtradas, ou amostras de sub-banda, coeficientes de frequência, ou amostras residuais derivadas do sinal de áudio pré-filtrado.

14. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo controlador (18) ser operativo para fornecer o sinal de controle variante no tempo de tal modo que, uma operação de distorção aumente uma resolução de frequência em uma faixa de frequência baixa e diminua a resolução de frequência em uma faixa de frequência alta para a característica de distorção

comparativamente alta do pré-filtro, comparada à característica de distorção pequena ou nula do pré-filtro.

15. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo controlador (18) incluir um analisador de sinal de áudio para analisar o sinal de áudio para determinar o sinal de controle variante no tempo.

16. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo controlador (18) ser operativo para gerar um sinal de controle variante no tempo que tem, além de um primeiro estado extremo que indica uma característica de distorção pequena ou nula, e um segundo estado extremo que indica a característica de distorção máxima, zero, um ou mais estados intermediários que indicam uma característica de distorção entre os estados extremos.

17. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por compreender, ainda um interpolador (100), em que interpolador é operativo para controlar o pré-filtro de tal modo que a característica de distorção seja enfraquecida entre dois estados de distorção assinalados pelo sinal de controle variante no tempo ao longo de um período de tempo que tem ao menos duas amostras no domínio de tempo.

18. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado** pelo período de tempo enfraquecido incluir ao menos 50 amostras de domínio de tempo entre uma característica de filtro que causa distorção pequena ou nula, e uma característica de filtro

que causa uma distorção comparativamente alta que resulta em uma resolução de frequência distorcida similar a uma escala BARK ou ERB.

19. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado** pelo interpolador (100) ser operativo para usar um fator de distorção que resulta em uma característica de distorção, entre duas características de distorção, indicadas pelo sinal de controle variante no tempo no período de tempo enfraquecido.

20. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo pré-filtro (12) ser um filtro digital que tem uma estrutura FIR distorcida ou IIR distorcida, sendo que a estrutura inclui elementos de atraso (60), um elemento de atraso é formado de tal modo que o elemento de atraso tenha uma primeira ordem ou ordem maior de característica de filtro de passagem.

21. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado** pela característica do filtro de passagem ter como base a característica de filtro a seguir:

$$(z^{-1} - \lambda / (1 - \lambda z^{-1})),$$

em que z^{-1} indica um atraso no domínio de tempo discreto; e onde λ é um fator de distorção que indica uma forte característica de distorção para fator de distorção de magnitude mais próxima de "1", e que indica uma menor característica de distorção para magnitudes do fator de distorção mais próximo de "0".

22. Codificador de áudio, de acordo com a

reivindicação 20, **caracterizado** pela estrutura FIR ou IIR compreender, ainda, elementos de ponderação, sendo que cada elemento de ponderação tem um fator de ponderação associado,

em que os fatores de ponderação são determinados pelos coeficientes do filtro para o pré-filtro, os coeficientes do filtro incluem análises de LPC ou síntese de coeficientes do filtro, ou análises determinadas pelo limiar de mascaramento ou síntese de coeficientes do filtro.

23. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado** pelo pré-filtro (12) ter uma ordem de filtro entre 6 e 30.

24. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo processador de codificação (22) ser adaptado para ser controlado pelo controlador (18) de modo que, uma porção do sinal de áudio que é filtrada com uso da característica de distorção comparativamente alta, seja processada com uso do segundo algoritmo de codificação para obter o sinal codificado, e um sinal de áudio que é filtrado com uso da característica de distorção pequena ou nula seja processado com uso do primeiro algoritmo de codificação.

25. Decodificador de áudio para decodificar um sinal de áudio codificado, sendo que o sinal de áudio codificado tem uma primeira porção codificada de acordo com um primeiro algoritmo de codificação adaptado para um padrão de sinal específico; e tem uma segunda porção

codificada, de acordo com um segundo algoritmo de codificação diferente, adequado para codificar um sinal de áudio geral, **caracterizado** por compreender:

um detector (32) para detectar um algoritmo de codificação subjacente à primeira porção ou à segunda porção;

um processador de decodificação (36) para decodificar, em resposta ao detector (32), a primeira porção que usa o primeiro algoritmo de codificação para obter uma primeira porção de tempo decodificada; e para decodificar a segunda porção com uso do segundo algoritmo de codificação para obter uma segunda porção de tempo decodificada e,

um pós-filtro (44), que tem uma característica de distorção de frequência variável, que é controlável entre um primeiro estado que tem uma característica de distorção de frequência baixa ou nula, e um segundo estado que tem uma característica de distorção de frequência comparativamente alta.

26. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pelo pós-filtro (44) ser ajustado de modo que a característica de distorção durante a pós-filtragem seja similar à característica de distorção usada durante a pré-filtragem, dentro de uma tolerância, na faixa de 10 por cento, em relação a uma força de distorção.

27. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pelo sinal de áudio codificado incluir um indicador de modo codificado ou

informações do fator de distorção,

em que o detector (32) é operativo para extrair (34) informações sobre o modo de codificação ou um fator de distorção sobre o sinal de áudio codificado, e.

em que o processador de decodificação (36) ou o pós-filtro (44) são operativos para serem controlados com uso das informações extraídas.

28. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 27, **caracterizado** por um fator de distorção, derivado das informações extraídas e usado para controlar o pós-filtro (44), ter um sinal positivo.

29. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pelo sinal codificado compreender, ainda, informações sobre coeficientes do filtro que dependem de um limiar de mascaramento de um sinal original subjacente ao sinal codificado e,

em que o detector (32) é operativo para extrair (34) as informações sobre os coeficientes do filtro do sinal de áudio codificado e,

em que o pós-filtro (44) é adaptado para ser controlado com base nas informações extraídas sobre os coeficientes do filtro, de modo que um sinal pós-filtrado seja mais similar a um sinal original do que ao sinal antes da pós-filtragem.

30. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pelo processador de decodificação (36) ser adaptado para usar um algoritmo de codificação de voz como o primeiro algoritmo de

codificação.

31. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pelo processador de decodificação (36) ser adaptado para usar um algoritmo de decodificação residual/de excitação (36a) como o primeiro algoritmo de codificação.

32. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pelo algoritmo de decodificação residual/de excitação (36a) incluir, como uma porção do primeiro algoritmo de codificação, o algoritmo de codificação residual/de excitação, que inclui um algoritmo de codificação do modelo de predição linear (CELP), um algoritmo de codificação de excitação multipulso (MPE) ou um algoritmo de codificação de excitação de pulso regular (RPE).

33. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pelo processador de decodificação (36) ser adaptado para usar um algoritmo de decodificação com base em banco de filtros, ou com base em transformação, ou com base em algoritmo de decodificação de domínio de tempo (36b) como um segundo algoritmo de codificação.

34. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pelo processador de decodificação (36) incluir um primeiro núcleo de codificação (36a) para aplicar o primeiro algoritmo de codificação ao sinal de áudio codificado;

um segundo núcleo de codificação (36b) para

aplicar um segundo algoritmo de codificação ao sinal de áudio codificado,

em que ambos os núcleos de codificação têm uma saída, sendo que cada saída está conectada a um combinador (36c), o combinador tem uma saída conectada a uma entrada do pós-filtro (44); em que os núcleos de codificação são controlados de tal modo que apenas uma saída de porção de tempo decodificada por um algoritmo de codificação selecionado seja encaminhada para o combinador, e o pós-filtro ou partes diferentes da mesma porção de tempo do sinal de áudio sejam processadas por diferentes núcleos de codificação, e o combinador seja operativo para combinar representações decodificadas das diferentes partes.

35. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pelo processador de decodificação (36) ser, quando aplicado ao segundo algoritmo de codificação, operativo para dequantizar um sinal de áudio, que foi quantizado com uso de um quantizador que tem uma característica de quantização que introduz um ruído de quantização que tem uma distribuição espectral plana.

36. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pelo processador de decodificação (36) ser, quando aplicado o segundo algoritmo de codificação, operativo para dequantizar amostras quantizadas de domínio de tempo, amostras de sub-bandas quantizadas, coeficientes de frequência quantizados ou

amostras residuais quantizadas.

37. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pelo detector (32) ser operativo para fornecer um sinal de controle de pós-filtro de tempo variável (92) tal que, um sinal distorcido de saída de filtro tenha uma resolução de frequência diminuída em uma faixa de frequência aumentada, e tenha uma resolução de frequência aumentada em uma faixa de frequência baixa para característica de distorção do pós-filtro comparativamente alta, comparada a um sinal de saída de um pós-filtro que tem característica de distorção pequena ou nula.

38. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** por compreender, ainda um interpolador (102) para controlar o pós-filtro de tal modo que, a característica de distorção seja enfraquecida entre dois estados de distorção ao longo de um período de tempo de enfraquecimento que tem ao menos duas amostras de domínio de tempo.

39. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pelo pós-filtro (44) ser um filtro digital que tem uma estrutura FIR distorcida ou IIR distorcida, sendo que a estrutura inclui elementos de atraso, um elemento de atraso é formado de tal modo que o elemento de atraso tenha uma primeira ordem ou ordem de característica de filtro de passagem superior.

40. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pela característica do

filtro de passagem ter como base as seguintes características de filtro:

$$(z^{-1} - \lambda) / (1 - \lambda z^{-1}),$$

em que z^{-1} indica um atraso no domínio de tempo discreto, e em que λ é um fator de distorção que indica uma forte característica de distorção para fator de distorção de magnitude mais próxima de "1" e indica uma menor característica de distorção para magnitudes de fator de distorção mais próximo de "0".

41. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pela estrutura FIR distorcida ou IIR distorcida compreender, ainda, elementos de ponderação, sendo que cada elemento de ponderação tem um fator de ponderação associado,

em que os fatores de ponderação são determinados pelos coeficientes do filtro para o pré-filtro, sendo que os coeficientes do filtro incluem análises de LPC ou sínteses de coeficientes do filtro, ou análises determinadas pelo limiar de mascaramento ou síntese de coeficientes do filtro.

42. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pelo pós-filtro (44) ser controlado de tal modo que, a primeira porção de tempo decodificada seja filtrada com uso de característica de distorção pequena ou nula, e a segunda porção de tempo decodificada seja filtrada com uso de característica de distorção comparativamente alta.

43. Sinal de áudio codificado

caracterizado por ter uma porção de primeiro tempo (50) codificada de acordo com um primeiro algoritmo de codificação (22a) adaptado para um padrão de sinal específico; e que tem uma porção de segundo tempo (54) codificada em acordo com um segundo algoritmo de codificação (22b) diferente, adequado para codificar um sinal de áudio geral e, como informações complementares (52, 56), um fator de distorção de frequência que indica uma força de distorção de frequência subjacente à primeira ou à segunda porção do sinal de áudio codificado, ou informações de coeficiente de filtro que indicam um pré-filtro usado para codificar o sinal de áudio ou que indicam um pós-filtro para ser usado ao decodificar o sinal de áudio.

44. Método de codificar um sinal de áudio **caracterizado** por:

gerar (12) um sinal de áudio pré-filtrado com uso de um pré-filtro, sendo que o pré-filtro tem uma característica de distorção de frequência variável, a característica de distorção de frequência é controlada em resposta a um sinal de controle variante no tempo, o sinal de controle indica uma característica de distorção de frequência baixa ou nula ou uma característica de distorção de frequência comparativamente alta;

fornecer (18) o sinal de controle variante no tempo, sendo que o sinal de controle variante no tempo depende do sinal de áudio e;

processar (22) o sinal de áudio pré-

filtrado para obter um sinal de áudio codificado, de acordo com um primeiro algoritmo de codificação (22a) adaptado para um padrão de sinal específico, ou em acordo com um segundo algoritmo codificado (22b) diferente, adequado para codificar um sinal de áudio geral; em que a etapa de processamento é realizada de modo que uma porção do sinal de áudio que é filtrada com uso de uma característica de distorção de frequência comparativamente alta seja processada com uso do segundo algoritmo de codificação e uma porção de sinal de áudio que é filtrada com uso de uma característica de distorção de frequência pequena ou nula seja processada com uso do primeiro algoritmo de codificação.

45. Método de decodificação de um sinal de áudio codificado, sendo que o sinal de áudio codificado tem uma primeira porção codificada de acordo com um primeiro algoritmo de codificação adaptado para um padrão de sinal específico, e tem uma segunda porção codificada de acordo com um segundo algoritmo de codificação diferente, adequado para codificar um sinal de áudio geral, **caracterizado** por compreender:

detectar (32) um algoritmo de codificação subjacente à primeira porção ou à segunda porção;

decodificar (36), em resposta ao passo de detecção, a primeira porção que utiliza o primeiro algoritmo de codificação para obter uma primeira porção de tempo decodificada, e a segunda porção decodificada que utiliza o segundo algoritmo de codificação para obter uma

segunda porção de tempo decodificada e;

pós-filtrar (44) com uso de uma característica de distorção de frequência variável, que é controlável entre um primeiro estado, que tem característica de distorção de frequência pequena ou nula, e um segundo estado que tem uma característica de distorção de frequência comparativamente alta.

46. Processador de áudio para processar um sinal de áudio (10, 42) **caracterizado** por:

um filtro (70, 12, 44) para gerar um sinal de áudio filtrado (14, 48); sendo que o filtro tem uma característica de distorção de frequência variável; a característica de distorção de frequência é controlada em resposta a um sinal de controle variante no tempo (72, 16, 46); o sinal de controle indica uma característica de distorção de frequência pequena ou nula ou uma característica de distorção comparativamente alta; em que o filtro é um filtro linear que é dependente do sinal de controle implementado como um pré-filtro comum para dois algoritmos codificadores diferentes, ou um pós-filtro comum para dois algoritmos decodificadores diferentes, para filtrar, para amplificar ou abafar porções psicoacústicas mais ou menos importantes, ou implementar como um filtro de análise ou síntese de LPC e;

um controlador (74, 18, 32) para fornecer o sinal de controle variante no tempo (72, 16, 46); sendo que o sinal de controle variante no tempo depende do sinal de áudio.

47. Processador de áudio, de acordo com a reivindicação 46, **caracterizado** pelo filtro linear (70, 12, 44) ser um filtro passa-baixa.

48. Método de processamento de um sinal de áudio (10, 42) **caracterizado** por:

gerar (70, 12, 44) um sinal de áudio filtrado (14, 48) que utiliza um filtro; sendo que o filtro tem uma característica de distorção de frequência variável; a característica de distorção de frequência é controlada em resposta a um sinal de controle variante no tempo (72, 16, 46); o sinal de controle indica uma característica de distorção de frequência pequena ou nula, ou uma característica de distorção de frequência comparativamente alta; em que o filtro é um filtro linear que é dependente do sinal de controle implementado como um pré-filtro comum para dois algoritmos codificados diferentes, ou um pós-filtro para dois algoritmos decodificadores diferentes para filtragem, para amplificar ou abafar porções psicoacústicas mais ou menos importantes, ou implementar como um filtro de síntese ou análise LPC e;

fornecer (74, 18, 32) o sinal de controle variante no tempo (72, 16, 46); sendo que o sinal de controle variante no tempo depende do sinal de áudio.

FIG 1

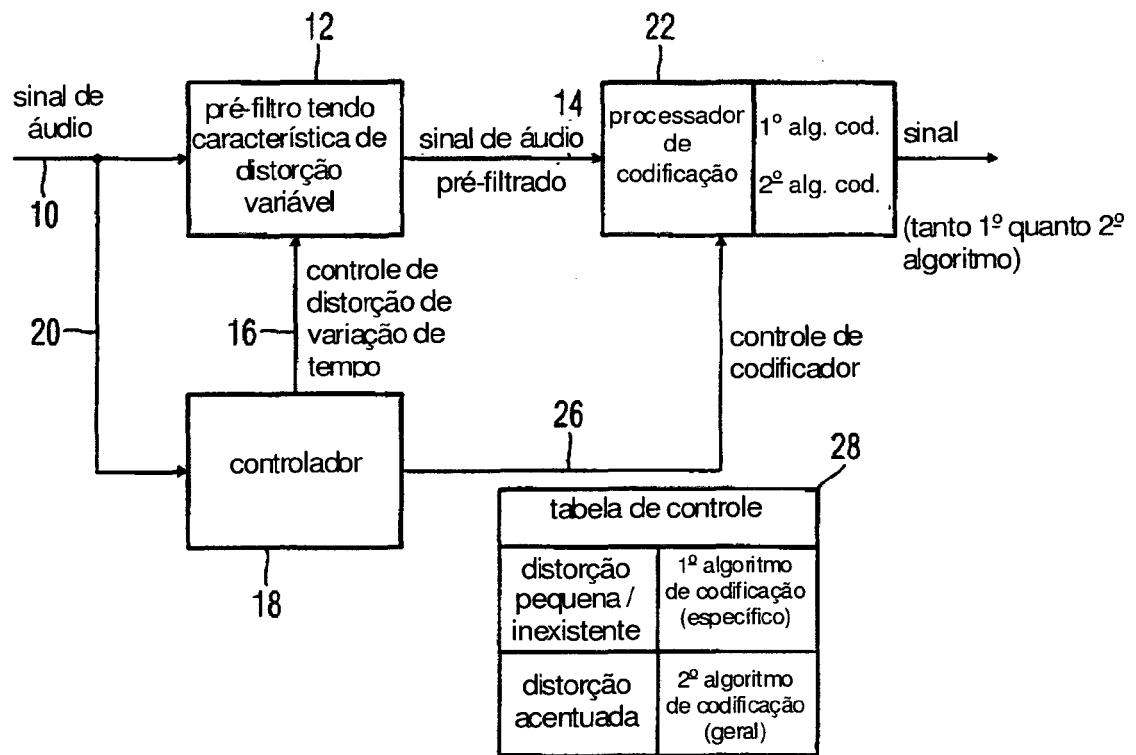


FIG 2

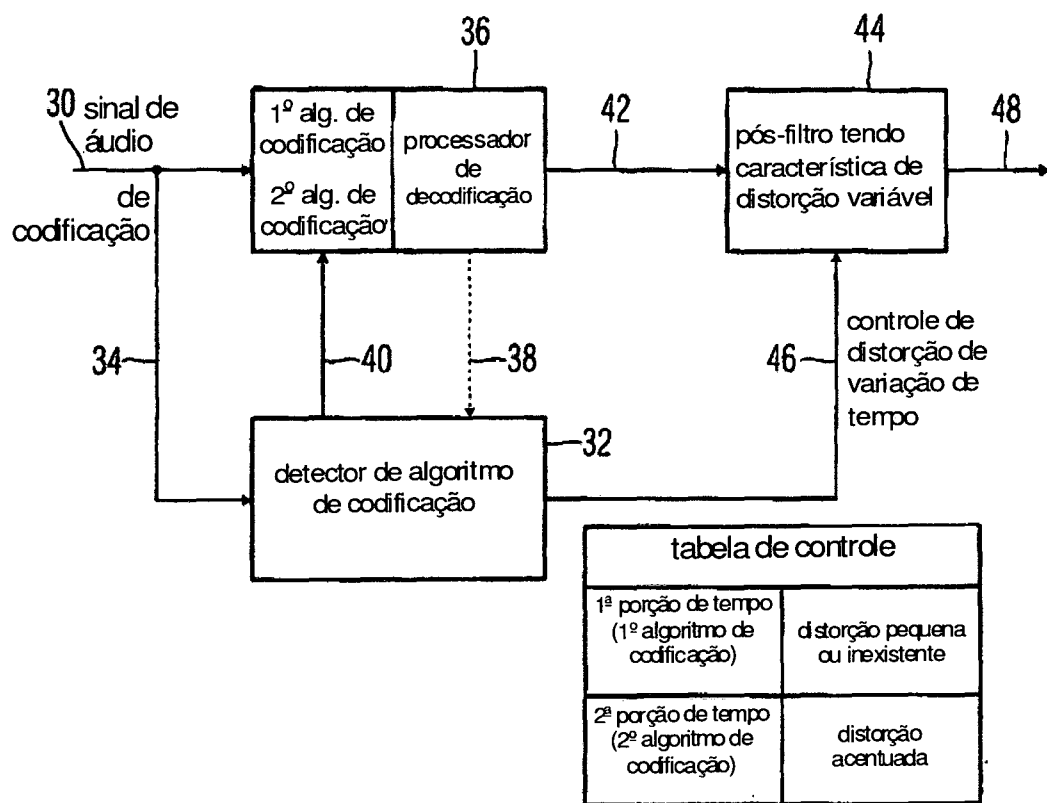


FIG 3A

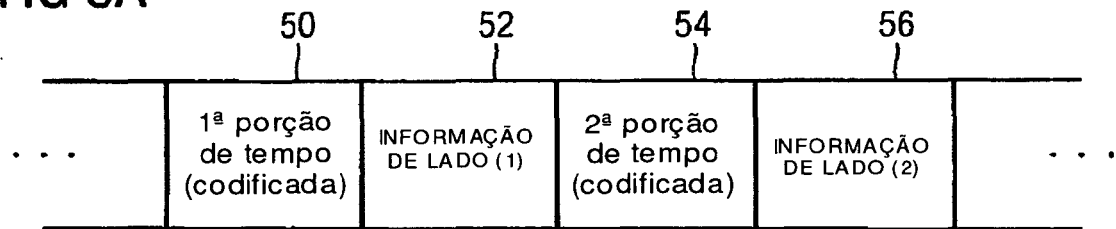


FIG 3B

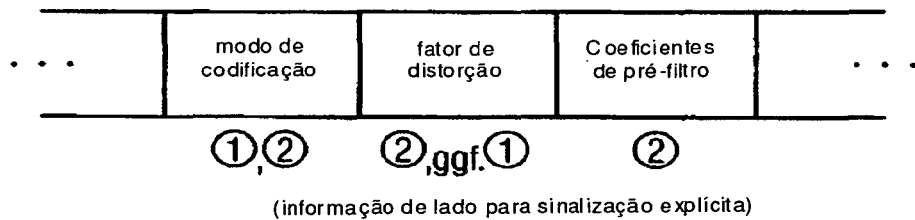
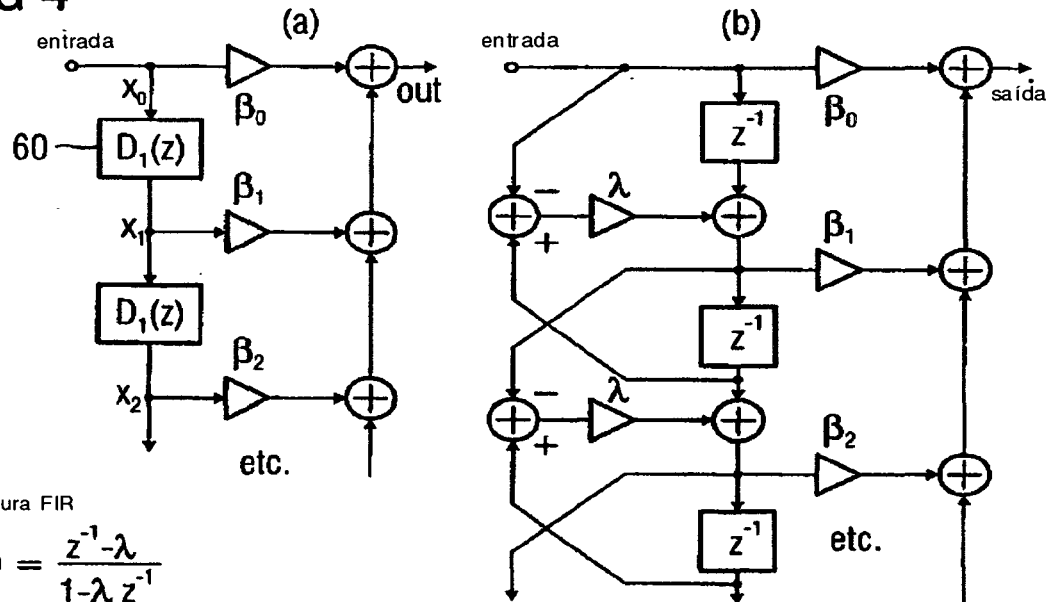


FIG 4



Estrutura FIR

$$D(z) = \frac{z^{-1} - \lambda}{1 - \lambda z^{-1}}$$

 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$ coeficientes de pré-filtro

 λ : fator de distorção de variação de tempo

(estado da técnica) (variação de tempo)

FIG 5

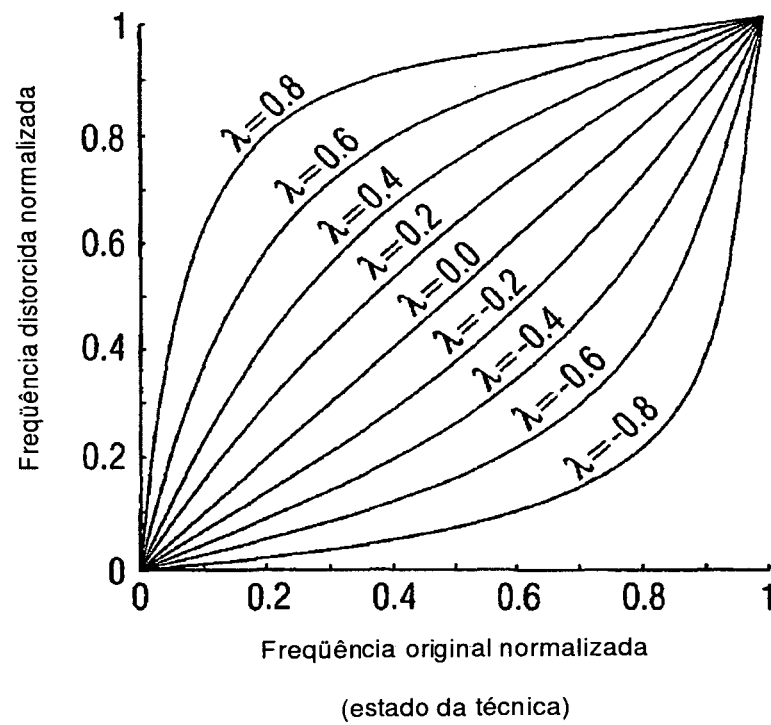


FIG 6

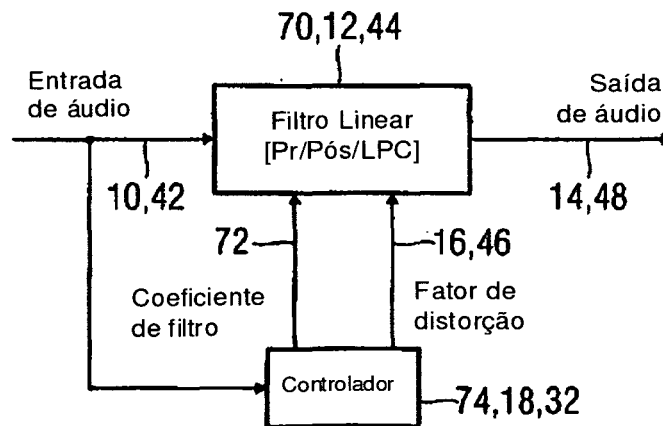


FIG 7

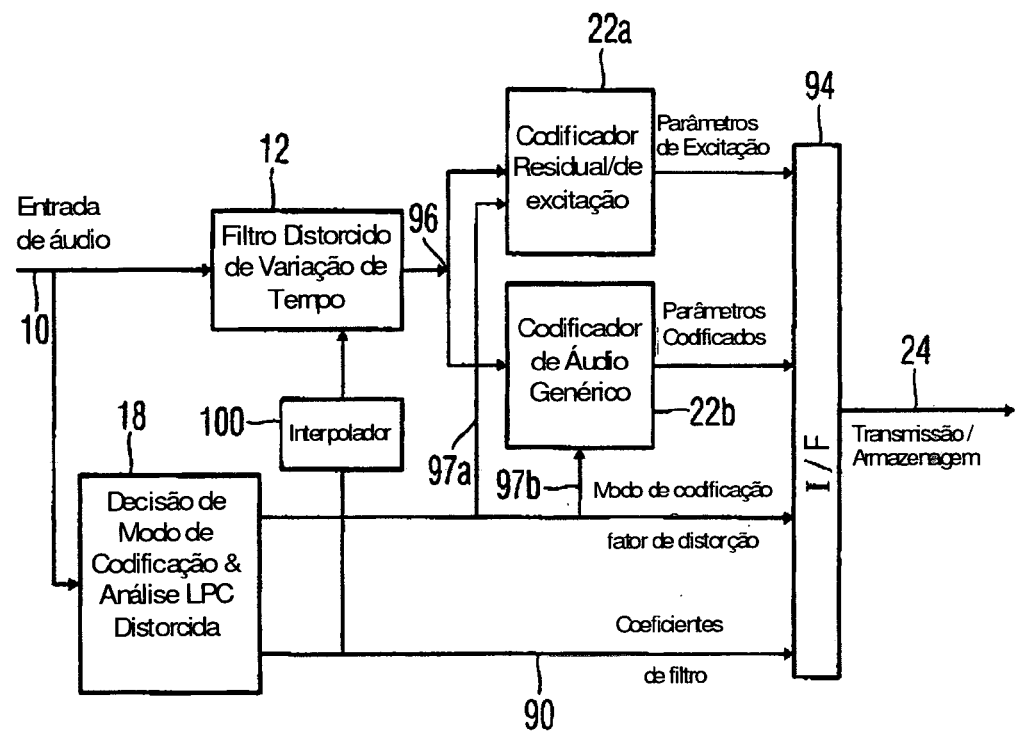


FIG 8

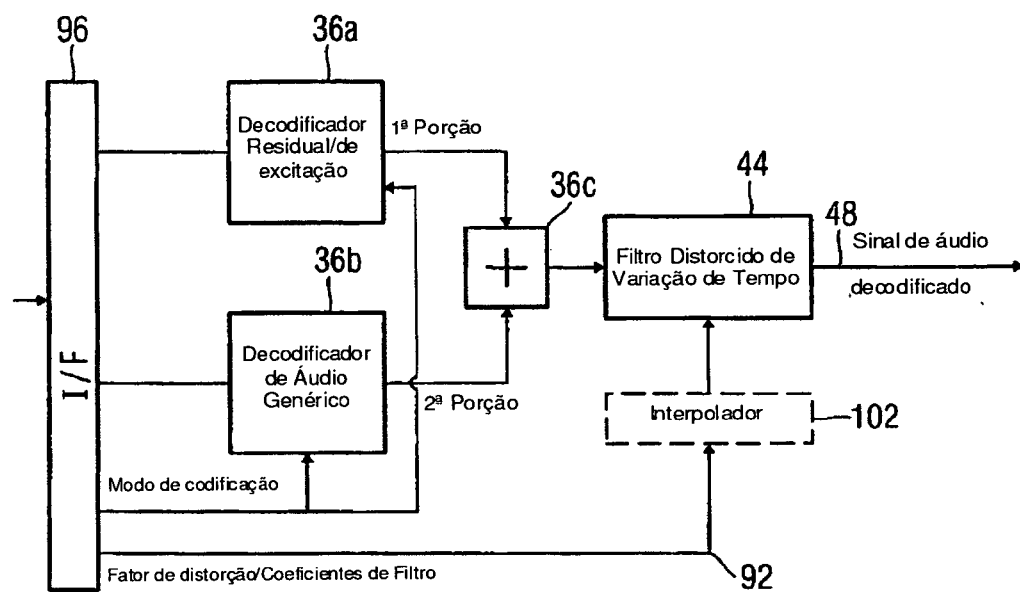
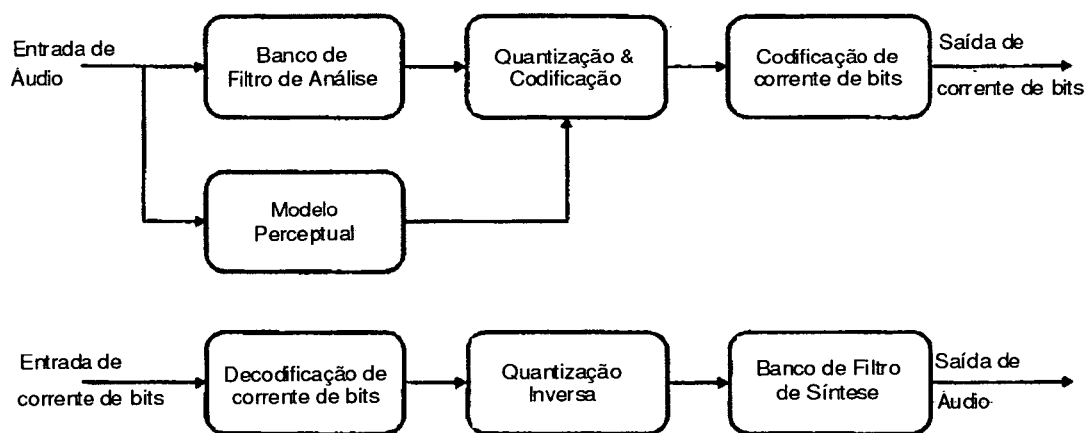
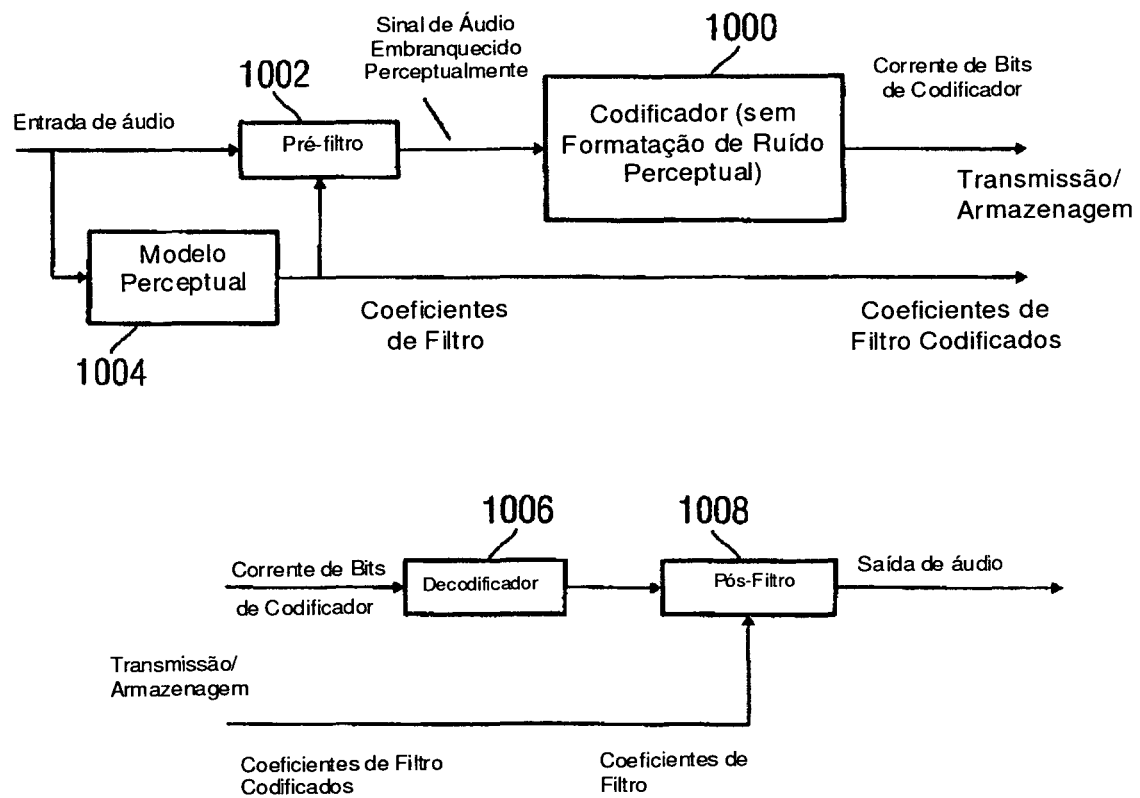


FIG 9



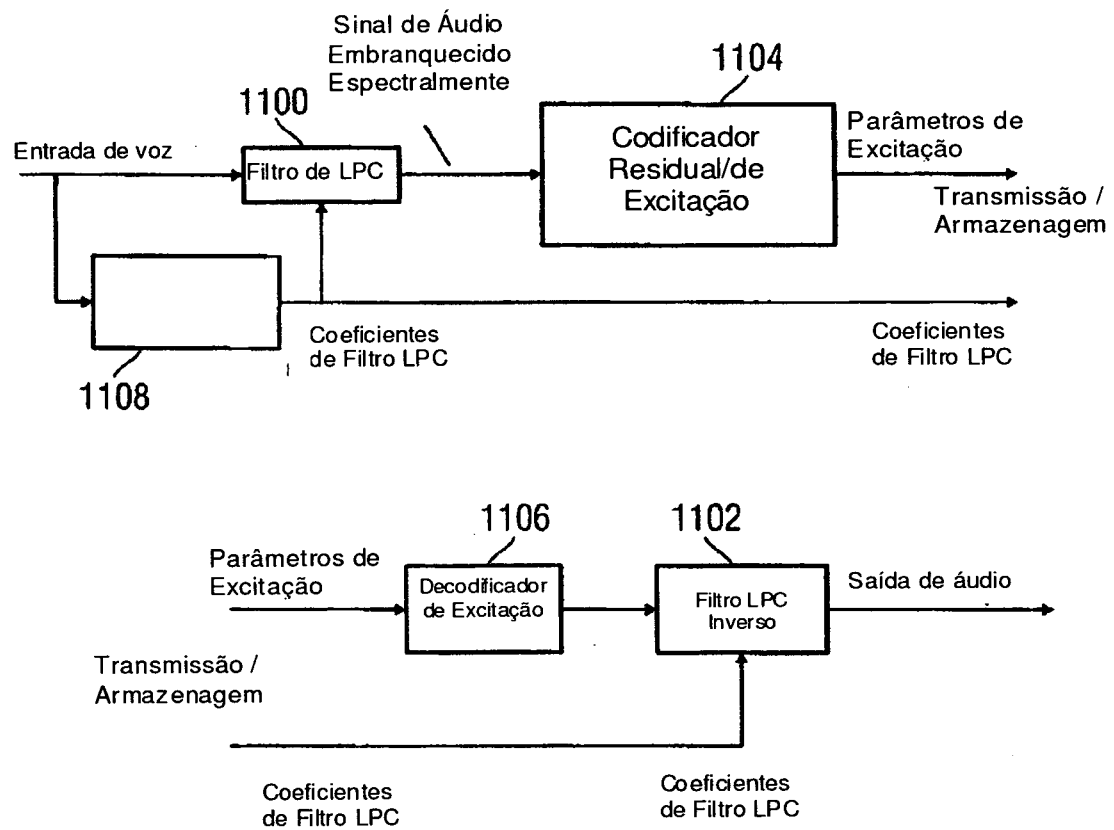
(estado da técnica)

FIG 10



(estado da técnica)

FIG 11



(estado da técnica)