



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0615899-4 B1



(22) Data do Depósito: 31/08/2006

(45) Data de Concessão: 09/07/2019

(54) Título: UNIDADE DECODIFICADORA ESPACIAL, DISPOSITIVO DECODIFICADOR ESPACIAL, SISTEMA DE ÁUDIO, DISPOSITIVO DE CONSUMIDOR, E MÉTODO PARA PRODUZIR UM PAR DE CANAIS DE SAÍDA BINAURAIS

(51) Int.Cl.: H04S 3/00; H04S 7/00.

(52) CPC: H04S 3/004; H04S 7/30; H04R 2499/11; H04S 2400/01; H04S 2420/01; (...).

(30) Prioridade Unionista: 13/09/2005 EP 05108405.1; 21/02/2006 EP 06110231.5.

(73) Titular(es): KONINKLIJKE PHILIPS N.V..

(72) Inventor(es): DIRK J. BREEBAART.

(86) Pedido PCT: PCT IB2006053040 de 31/08/2006

(87) Publicação PCT: WO 2007/031896 de 22/03/2007

(85) Data do Início da Fase Nacional: 11/03/2008

(57) Resumo: UNIDADE DECODIFICADORA ESPACIAL, DISPOSITIVO DECODIFICADOR ESPACIAL, SISTEMA DE ÁUDIO, DISPOSITIVO DE CONSUMIDOR, MÉTODO PARA PRODUZIR UM PAR DE CANAIS DE SAÍDA BINAURAIS, E, PRODUTO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR Uma unidade decodificadora espacial (23) é arranjada para transformar um ou mais canais de áudio (s; 1, r) em um par de canais de saída binaurais (lb, rb). O dispositivo compreende uma unidade de conversão de parâmetros (234) para converter os parâmetros espaciais (sp) em parâmetros binaurais (bp) contendo informação binaural contendo informação binaural. O dispositivo adicionalmente compreende uma unidade de síntese espacial (232) para transformar os canais de áudio (L, R) em um par de sinais binaurais (Lb, Rb) enquanto usando os parâmetros binaurais (bp). A unidade de síntese espacial (232) preferencialmente opera em um domínio de transformada, tal como o domínio de QMF.

UNIDADE DECODIFICADORA ESPACIAL, DISPOSITIVO DECODIFICADOR ESPACIAL, SISTEMA DE ÁUDIO, DISPOSITIVO DE CONSUMIDOR, E MÉTODO PARA PRODUIR UM PAR DE CANAIS DE SAÍDA BINAURAIS

[001] A presente invenção se refere à codificação de áudio. Mais em particular, a presente invenção se refere a um dispositivo para e um método de converter um sinal de entrada de áudio em um sinal de saída binaural, onde o sinal de entrada compreende, pelo menos, um canal de áudio e parâmetros representando canais adicionais.

[002] É bem conhecido, gravar e reproduzir sinais de áudio binaural, isto, sinais de áudio que contêm informação direcional específica para a qual o ouvido humano é sensível. Gravações binaurais são tipicamente feitas usando dois microfones montados em uma cabeça humana de manequim, tal que o som gravado corresponde ao som capturado pelo ouvido humano e inclui qualquer influência devida à forma da cabeça e das orelhas. Gravações binaurais diferem das gravações em estéreo (isto é, estereofônicas), nas quais a reprodução de uma gravação binaural requer um fone de ouvido, e onde a gravação em estéreo é feita para reprodução por alto-falantes. Enquanto uma gravação binaural permite a reprodução de toda informação espacial usando somente dois canais, uma gravação em estéreo não forneceria a mesma percepção espacial.

[003] Gravações de canal dual regular (estereofônico) ou múltiplos canais (e.g., 5.1) podem ser transformados em gravações binaurais convolucionando cada sinal regular com um conjunto de funções de transferência perceptuais. Tais funções de transferência perceptuais

modelam a influência do ouvido humano, e possivelmente outros objetos, no sinal. Um tipo bem conhecido de funções de transferência perceptual e a assim chamada função de transferência relacionada à cabeça (HRTF). Um tipo alternativo de função de transferência perceptual, que também leva em conta reflexões causadas pelas paredes, teto e piso de uma sala, é a Resposta de Impulso de Espaço Binaural (BRIR).

[004] No caso de sinais de múltiplo canal, transformando os sinal em sinais de gravação binaural com um conjunto de funções perceptuais, tipicamente, implica em convolução das funções perceptuais com os sinais de todos os canais. Como uma convolução típica, é exigida computacionalmente, os sinais e o HRTF são tipicamente transformados para o domínio da frequência (Fourier) onde a convolução é substituída por uma multiplicação muito menos exigente computacionalmente.

[005] É ainda bem conhecido, reduzir o número de canais de áudio, a serem transmitidos ou armazenados para representar o número original de canais, de um menor número de canais e parâmetros indicativo das relações entre os canais originais. Assim sendo, um conjunto de sinais estéreo pode ser representado por um canal único (mono) mais um número de parâmetros espaciais associados, enquanto um conjunto de sinais 5.1 podem ser representados por dois canais e um conjunto de parâmetros espaciais associados, ou mesmo por um canal único mais os parâmetros espaciais associados. Esta "mistura descendente" de múltiplos canais de áudio em codificadores espaciais, e o correspondente "mistura ascendente" de sinais de áudio em decodificadores

espaciais, é tipicamente, realizado em um domínio de transformada ou domínio de sub banda, por exemplo, o domínio QMF (Filtro espelho em quadratura).

[006] O Pedido de Patente do Tratado de Cooperação de Patente WO2004/028204 descreve um sistema para gerar sinais binaurais usando Funções de Transferência Relacionada à Cabeça; o documento "The reference Model Architecture for MPEG Spatial Audio Coding", Herre et al; Audio Engineering Society Convention Paper, New York; 28 de Maio de 2005; XP009059973 descreve a arquitetura de Modelo de Referência MPEG; o documento "Synthetic Ambiance in Parametric Stereo coding" Endegard et al; Preprints of papers presented at the AES Convention, 8 de Maio de 2004, páginas 1-12, XP008048096 descreve um exemplo de código estéreo paramétrico; e o documento "MP3 Surround: Efficient and Compatible Coding of Multi-Channel Audio"; Herre et al. Audio Engineering Society, Convention Preprint, 8 de Maio de 2004; XP002338414 descreve exemplos codificação de MP3 Surround.

[007] Quando canais de entrada são feitos com mistura descendente são para ser convertido em canais de saída binaurais. A abordagem da Arte Anterior é para primeiro misturar ascendentemente os canais de entrada usando um decodificador espacial para produzir canais intermediários feitos com mistura ascendente, e então converter esses canais intermediários feitos com mistura ascendente em canais binaurais. Este procedimento tipicamente produz cinco ou sei canais intermediários, que então tem de ser reduzidos a dois canais binaurais. Primeiro expandindo e então reduzindo o número de canais, não é, claramente, eficiente e aumenta a complexidade computacional. Em adição, reduzindo os cinco ou

seis canais intermediários significa para reprodução em alto-falante de múltiplo canal para apenas dois canais, significa que para reprodução binaural inevitavelmente introduz artefatos e por conseguinte, diminui a qualidade do som.

[008] O domínio de QMF referenciado acima é similar, mas não idêntico, ao domínio da frequência (transformada de Fourier). Se um decodificador espacial é para produzir sinais de saída binaurais, os sinais de áudio feitos com mistura descendente primeiro teriam de ser transformados para o domínio de QMF para misturar ascendentemente, então ser inversamente transformado de QMF, para produzir sinais intermediários de domínio do tempo, subseqüentemente ser transformado para o domínio da frequência por multiplicação com o HRTF (transformado por Fourier), e finalmente ser inversamente transformado para produzir sinais de saída no domínio do tempo. Será claro que este procedimento não é eficiente, já que várias transformadas precisam ser efetuadas em sucessão.

[009] O número de computação envolvido nesta abordagem da Arte Anterior tornaria isto muito difícil de projetar um dispositivo de consumidor de mão, tal com um tocador de MP3 portátil, capaz de produzi sinais de saída binaurais a partir de sinais de áudio feitos com mistura descendente. Mesmo, se tal a um dispositivo pudesse ser implementado, seu tempo de bateria seria bem curto devido á carga computacional requerida.

[010] É um objeto da presente invenção contornar esse e outros problemas da Arte anterior e fornecer uma unidade decodificadora espacial capaz de produzir um ar de canais de saída binaurais a partir de um conjunto de

canais de áudio feitos com mistura descendente representado por um ou mais canais de entrada de áudio e um conjunto de parâmetros espaciais associados, o qual decodificador tem uma eficiência aumentada.

[011] Conseqüentemente, a presente invenção fornece uma unidade decodificadora espacial para reproduzir um par de canais de saída binaurais usando parâmetros espaciais e um ou mais canais de entrada de áudio, o dispositivo compreendendo uma unidade de conversão de parâmetro para converter os parâmetros espaciais em parâmetros binaurais usando funções de transferência perceptuais parametrizadas, os parâmetros binaurais dependendo tanto dos parâmetros espaciais quanto das funções de transferência perceptuais parametrizadas; uma única unidade de transformada para transformar o único canal de entrada de áudio em um canal de áudio transformado; uma unidade de desfazer correlação para descorrelacionar o canal de áudio transformado para gerar um sinal descorrelacionado transformado; e uma unidade de síntese espacial para sintetizar um par de canais binaurais transformados aplicando os parâmetros binaurais ao canal de áudio transformado (S) e ao sinal descorrelacionado transformado; e um par de unidades de transformada inversa para inversamente transformar os canais binaurais transformados no par de canais de saída binaurais.

[012] Convertendo os parâmetros espaciais em parâmetros binaurais, a unidade de síntese espacial pode diretamente sintetizar um par de canais binaurais, sem requerer uma unidade de síntese binaural adicional. Como nenhuns sinais intermediários supérfluos são produzidos, os

requisitos computacionais são reduzidos enquanto a introdução de artefatos é substancialmente eliminada.

[013] Na unidade decodificadora espacial da presente invenção, a síntese dos canais binaurais pode ser realizada no domínio da transformada, por exemplo, o domínio da QMF m sem requerer passos adicionais de transformação do domínio da frequência e a subsequente transformação inversa para o domínio do tempo. Como dois passos de transformada podem ser omitidos, ambos o número de computações e os requisitos de memória são significativamente reduzidos. A unidade decodificadora espacial da presente invenção pode, por conseguinte, de modo relativo, facilmente ser implementada em um dispositivo de consumidor portátil.

[014] Ainda mais, na unidade decodificadora espacial da presente invenção, canais binaurais são produzidos diretamente a partir dos canais feitos com mistura descendente, cada canal binaural compreendendo sinais binaurais para reprodução binaural usando um fone de ouvido ou um dispositivo similar. A unidade de conversão de parâmetros deriva os parâmetros binaurais usados para produzir os canais binaurais dos parâmetros espaciais (isto é, misturar ascendentemente). Esta derivação dos parâmetros binaurais envolve funções de transferência perceptuais parametrizadas, tais como HRTFs (Head-Related Transfer Functions) e / ou Binaural Room IMplusr Responses (BRIBs). De acordo com a presente invenção, por conseguinte, o processamento das funções de transferência perceptual é efetuado no domínio do parâmetro, enquanto na Arte Anterior este processamento era realizado no domínio do tempo ou domínio da frequência. Isto pode resultar em uma redução

adicional da complexidade já que a resolução no domínio do parâmetro é tipicamente mais baixa do que a resolução no domínio do tempo o do domínio da frequência.

[015] É preferido que a unidade de conversão de parâmetros seja arranjada para combinar no domínio do parâmetro, de modo a determinar os parâmetros binaurais, todas as contribuições de função de transferência perceptual que os canais de áudio de entrada (misturar descendentemente) fariam para os canais binaurais. Em outras palavras, os parâmetros espaciais e as funções de transferência perceptuais parametrizadas são combinados em tal uma maneira que os parâmetros combinados resultam em um sinal de saída binaural tendo propriedades estatísticas similares àquelas obtidas no método da Arte Anterior envolvendo sinais intermediários feitos com mistura ascendente.

[016] Em uma modalidade preferida, a unidade decodificadora espacial da presente invenção ainda compreende uma ou mais unidades de transformada para transformar os canais de entrada de áudio em canais de entrada de áudio transformados, e um par de unidades de transformada inversa transformando inversamente os canais binaurais sintetizados nos pares de canais de saída binaurais, onde a unidade de síntese espacial é arranjada para operar em um domínio de transformada ou domínio de sub banda, preferencialmente o domínio de QMF.

[017] A unidade decodificadora espacial da presente invenção pode compreender duas unidades de transformada, a unidade de conversão de parâmetros sendo arranjada para utilizar parâmetros de função de transferência perceptual envolvendo três canais somente, dois desses três

canais incorporando as contribuições dos canais de frente e de trás compostos. Em tal uma modalidade, a unidade de conversão de parâmetros pode ser arranjada para processar parâmetros de nível de canal (e.g., CLD), de coerência de canal (e.g., ICC), de prognóstico de canal (e.g., CPC) e / ou de fase (e.g., IPD).

[018] A unidade decodificadora espacial da presente invenção compreende somente uma unidade de transformada única, e ainda compreende uma unidade de desfazer correlação para desfazer a correlação da saída do canal único transformado pela unidade de transformada única. Em tal uma modalidade, a unidade de conversão de parâmetros pode ser arranjada para processar parâmetros de nível de canal (e.g., CLD), de coerência de canal (e.g., ICC), e / ou de fase (e.g., IPD).

[019] A unidade decodificadora espacial da presente invenção pode, adicionalmente, compreender uma unidade de reverberação de estéreo. Tal uma unidade de reverberação de estéreo pode ser arranjada para operar no domínio do tempo ou em um domínio de transformada ou domínio de sub banda (e.g., QMF).

[020] A presente invenção também fornece um dispositivo decodificador espacial para produzir um par de canais de saída binaurais de uma seqüência de bits de entrada em, o dispositivo compreendendo, uma unidade de desmultiplexação, para desmultiplexar a seqüência de bit de entrada em um único canal de mistura descendente e parâmetros de sinal, uma unidade decodificadora de mistura descendente para decodificar o único canal de mistura descendente, e uma unidade decodificadora espacial para produzir um par de

canais de saída binaurais usando os parâmetros espaciais e o único canal de mistura descendente.

[021] Em adição, a presente invenção fornece um dispositivo de consumidor e um sistema de áudio compreendendo uma unidade decodificadora espacial e / ou um dispositivo decodificador espacial como definido acima. A presente invenção ainda fornece um método produzir um par de canais de saída binaurais usando parâmetros espaciais e um único canal de entrada de áudio, o método compreendendo os passos de converter os parâmetros espaciais em parâmetros binaurais usando as funções de transferência perceptuais parametrizadas, os parâmetros binaurais dependendo tanto dos parâmetros espaciais quanto das funções de transferência perceptuais parametrizadas; transformar o único canal de entrada de áudio em um canal de áudio transformado; descorrelacionar o canal de áudio transformado para gerar um sinal descorrelacionado transformado; e sintetizar um par de canais binaurais transformados aplicando os parâmetros binaurais ao canal de áudio transformado (S) e ao sinal descorrelacionado transformado e inversamente transformar os canais binaurais transformados no par de canais de saída binaurais.

[022] Aspectos adicionais do método de acordo com a presente invenção ficarão aparentes a partir da descrição abaixo.

[023] A presente invenção adicionalmente fornece um produto de programa de computador para realizar o método como definido acima. Um produto de programa de computador pode compreender um conjunto de instruções executáveis de computador armazenadas em um portador de

dados, tal como operação e manutenção um CD ou um DVD. O conjunto de instruções executáveis de computador, que permite a um computador programável realizar o método como definido acima, pode também estar disponível para descarga de um servidor remoto, por exemplo, via Internet.

[024] A presente invenção ainda ser explicada abaixo com referência as modalidades exemplares ilustrada nos desenho anexos, nos quais:

[025] Fig. 1 esquematicamente mostra a aplicação de funções de transferência relacionada a cabeça de acordo com coma Arte Anterior.

[026] Fig. 2 esquematicamente mostra um dispositivo codificador de áudio espacial de acordo com a Arte Anterior.

[027] Fig. 3 esquematicamente mostra um dispositivo decodificador de áudio espacial de acordo com a Arte Anterior acoplada a um dispositivo de síntese binaural.

[028] Fig. 4 esquematicamente mostra um dispositivo decodificador de áudio espacial de acordo com a Arte Anterior.

[029] Fig. 5 esquematicamente mostra um dispositivo decodificador de áudio espacial de acordo com a presente invenção.

[030] Fig. 6 esquematicamente mostra um dispositivo decodificador de áudio espacial de acordo com a presente invenção.

[031] Fig. 7 esquematicamente mostra uma unidade decodificadora da Fig. 6, fornecida com uma unidade de reverberação de domínio de transformada.

[032] Fig. 8 esquematicamente mostra uma

unidade decodificadora da Fig. 6, fornecida com uma unidade de reverberação de domínio de tempo.

[033] Fig. 9 esquematicamente mostra um dispositivo de consumidor fornecido com um dispositivo decodificador de áudio espacial de acordo com a presente invenção.

[034] A aplicação de funções de transferência perceptuais, tais como Head-Related Transfer functions (HRTFs), de acordo com a Arte Anterior é esquematicamente ilustrada na Fig. 1. O dispositivo de síntese binaural 3 é mostrado para compreender seis unidades de HRTF 31, cada contendo a função de transferência para uma combinação específica de um canal de entrada e um canal de saída. No exemplo mostrado, há três canais de áudio ch1, ch2 e ch3, que pode corresponder aos canais l (esquerdo), c (centro), e r (direito). O primeiro canal ch1 é alimentado em duas unidades de HRTF 31 contendo HRTF (1, L) e HRTF (1, R) respectivamente. Neste exemplo, HRTF (1, L) é a função de transferência relacionada a cabeça que determina a contribuição do primeiro canal para o sinal binaural esquerdo.

[035] Aqueles com habilidade na arte conhecerão que HRTFs podem ser determinados fazendo ambas gravações (estéreo) regulares e gravações binaurais, e derivar uma função de transferência que representa a forma da gravação binaural relativa a gravação regular. Gravações binaurais são feitas usando dois microfones montados em uma cabeça humana de manequim, tal que o som gravado corresponde ao som capturado pelo ouvido humano e inclui qualquer influência devido a forma da cabeça e das orelhas, e mesmo a presença de

cabelo e ombros.

[036] Se o processamento de HRTF ocorre no domínio do tempo, os HRTFs são convolucionados com os (domínio do tempo) sinais de áudio dos canais. Tipicamente, contudo, os HRTFs são transformados para o domínio da frequência, e as funções de transferência resultantes e o espectro de frequência dos sinais de áudio são então multiplicados (unidades de transformada de Fourier e unidades de transformada de Fourier inversa não são mostradas na Fig. 1). Técnicas de Sobreposição-e-Adição (OLA) adequadas envolvendo sobreposição de quadros de tempo pode ser usado para acomodar HRTFs tendo um maior comprimento do que quadro de Transformada de Fourier Rápida (FFT).

[037] Após o processamento de HRTF pela unidade de HRTF 31 apropriada, os sinais esquerdo e direito resultantes são adicionados por um respectivo adicionador 32 para render o (domínio do tempo) sinal binaural esquerdo lb e o sinal binaural direito rb.

[038] Os dispositivos de síntese binaural 3 da Fig. 1 exemplares da Arte Anterior tem três canais de entrada. Sistemas de áudio presente hoje em dia, freqüentemente têm cinco ou seis canais, com é o caso nos assim chamados sistemas 5.1. Contudo, de modo a reduzir a quantidade de dados a serem transferidos e / ou armazenados, os múltiplos canais de áudio são tipicamente reduzidos ("feitos com mistura descendente") para um ou dois canais. Um número de parâmetros de sinal indicativo das propriedades e relações mútuas dos canais originais permitem uma expansão ("mistura ascendente") de um ou dois canais para o número original de canais. Um dispositivo codificador espacial 1

exemplar de acordo com a Arte Anterior é esquematicamente mostrada na Fig. 2.

[039] O dispositivo codificador espacial 1 compreende uma unidade (SE) de codificação espacial 11, uma unidade (DE) de decodificação espacial 12 e um de multiplexador (Mux) 13. A unidade de codificação espacial 11 recebe cinco canais de entrada de áudio lf (frontal esquerdo), lr (traseiro esquerdo), rf (frontal direito), rr (traseiro direito) e c (central). A unidade de codificação espacial 11 faz mistura descendente os cinco canais de entrada para produzir dois canais l (esquerdo) e r (direito), assim como parâmetros de sinal sistema de potência (é notado que a unidade de codificação espacial 11 pode produzir um canal único em vez de dois canais l e r). Na modalidade mostrada, onde cinco canais são feitos com mistura descendente para dois canais (uma assim chamada configuração de 5-2-5), os parâmetros de sinal sp podem, por exemplo, compreender:

Parâmetro	Descrição
CPC ₁	Parâmetro de prognóstico / energia para conversão de 2 para 3
CPC ₂	Parâmetro de prognóstico / energia para conversão de 2 para 3
CLD _l	Diferença de nível frontal esquerdo versus traseiro esquerdo
CLD _r	Diferença de nível frontal direito versus traseiro direito
ICC _l	Correlação frontal esquerdo versus traseiro esquerdo
ICC _r	Correlação frontal direito versus traseiro direito
ICC _f	Parâmetro de correlação parâmetro conversão de 2 para 3
CLD _{lfe}	Diferença de nível centro versus lfe (se aplicável)

[040] E notado que " lfe " é um canal de extremidade frontal baixa (sub-woofer) opcional, e que os canais " traseiro " são também conhecidos como canais " surround " .

[041] Os dois canais feitos com mistura descendente l e r produzidos pela unidade de codificação espacial 11 são alimentados para a unidade (DE) de decodificação espacial 12, que tipicamente usa um tipo de codificação objetivada na redução da quantidade de dados. Assim sendo, os canais feitos com mistura descendente codificados l e r, e os parâmetros de sinal sistema de potência, são multiplexados pela unidade de multiplexador 13 para produzir uma sequência de bs.

[042] Em uma modalidade alternativa (não mostrada), cinco (ou seis) canais são feitos com mistura descendente para um canal (mono) único (uma assim chamada configuração de 5-1-5), e os parâmetros de sinal sistema de potência podem, por exemplo, compreender:

Parâmetro	Descrição
CPC _{fs}	Diferença de nível esquerdo versus traseiro
CPC _{fc}	Diferença de nível esquerdo versus centro
CLD _f	Diferença de nível frontal esquerdo versus frontal direito
CLD _s	Diferença de nível traseiro esquerdo versus direito traseiro
ICC _{fs}	Correlação frontal versus traseiro
ICC _{fc}	Correlação frontal versus centro
ICC _f	Correlação esquerdo frontal versus traseiro frontal
ICC _s	Correlação traseiro esquerdo versus traseiro direito
CLD _{lfe}	Diferença de nível centro versus lfe (se aplicável)

[043] Nesta modalidade alternativa, o canal de mistura descendente codificado s, assim como os parâmetros de

sinal *sp*, também são multiplexados pela unidade de multiplexador 13 para produzir uma seqüência de bits de saída *bs*.

[044] Se esta seqüência de bit *bs* foi para ser usada para produzir um par de canais binaurais, a abordagem da Arte Anterior seria para primeiro misturar ascendentemente os dois canais feitos de mistura descendente *l* e *r* (ou, alternativamente, o canal único feito com mistura descendente) para produzir os cinco ou seis canais originais, e então converte esses cinco ou seis canais em dois canais binaurais. Um exemplo desta abordagem da Arte Anterior é ilustrado na Fig. 3.

[045] O dispositivo decodificador espacial 2' de acordo com a Arte Anterior compreende uma unidade (Demux) de desmultiplexador 21', uma unidade de decodificação de misturar descendentemente 22', e uma unidade decodificadora espacial 23'. Um dispositivo de síntese binaural 3 é acoplado a unidade decodificadora espacial 23' do dispositivo decodificador espacial 2'.

[046] A unidade de desmultiplexador 21' recebe uma seqüência de bits *bs*, que pode ser idêntica à seqüência de bits *bs* da Fig. 2, e parâmetros de sinal de *sp* e dois canais feitos com mistura descendente codificados. Os parâmetros de sinal *sp* são enviados para a unidade decodificadora espacial 23', enquanto os canais feitos com mistura descendente codificados são primeiro decodificados pela unidade de decodificação de misturar descendentemente 22' para produzir os canais feitos com mistura descendente decodificados *l* e *r*. A unidade decodificadora espacial 23' essencialmente realiza as operações inversas da unidade de

codificação espacial 11 na Fig. 2 e emite cinco canais de áudio. Esses cinco canais de áudio são alimentados para o dispositivo de síntese binaural 3, que pode ter uma estrutura similar ao dispositivo 3 da Fig. 1, mas com unidades de HRTF 31 adicionais para acomodar todos os cinco canais. Como no exemplo da Fig. 1, o dispositivo de síntese binaural 3 emite dois canais binaurais lb (binaural esquerdo) e rb (binaural direito).

[047] Uma estrutura exemplar da unidade decodificadora espacial 23' da Arte Anterior é mostrado na Fig. 4. A unidade 23' da Fig. 4 compreende uma unidade de misturar ascendentemente de dois para três 230', três unidades (SS) de síntese espacial 232' e três unidades (D) de desfazer correlação 239'. A unidade de misturar ascendentemente de dois para três 230' recebe os canais de feitos com mistura descendente l & r e os parâmetros de sinal sp, e produz três canais l, r e ce. Cada um desses canais é alimentado para uma unidade de desfazer correlação 239' que produz uma versão desfeita de correlação dos respectivos canais. Cada canal l, r e ce, sua respectiva versão desfeita de correlação, e parâmetros de sinal sp associados são alimentados para uma respectiva unidade (ou misturar ascendentemente) de síntese espacial 232'. As unidades de síntese espacial 232' recebendo o canal l, por exemplo, emite o sistema canais de saída lf (frontal esquerdo) e lr (traseiro esquerdo). As unidades de síntese espacial 232', tipicamente, efetuam uma multiplicação de matriz, os parâmetros da matriz sendo determinados pelos parâmetros de sinal sp.

[048] É notado que no exemplo da Fig. 4, seis

canais de saída são produzidos. Em algumas modalidades, a terceira unidade de desfazer correlação 239' e a terceira unidade de síntese espacial 232' pode ser omitida, assim sendo, produzindo somente cinco canais de saída. Em todas as modalidades, contudo, a unidade de síntese espacial 23' da Arte Anterior produzirá mais do que dois canais de saída. É ainda notado que qualquer unidade de transformada (QMF) e unidade de transformada (QMF) inversa foram omitidas do exemplo meramente ilustrativo da Fig. 4 por de questão de clareza da ilustração. Em modalidades reais, a decodificação espacial seria realizada em um domínio de transformada, tais como o domínio de QMF.

[049] A configuração da Fig. 3 não é eficiente. O dispositivo decodificador espacial 2' converte dois canais feitos com mistura descendente (l e r) em cinco canais (intermediários) feitos com mistura ascendente, enquanto o dispositivo de síntese binaural 3 então reduz os cinco canais feitos com mistura ascendente para dois canais binaurais. Em adição, a mistura ascendente na unidade decodificadora espacial 23' é tipicamente realizada em um domínio de sub banda, tal com o domínio de QMF (Filtro espelho em quadratura). Contudo, o dispositivo de síntese binaural 3 tipicamente processa sinais no domínio da frequência (isto, transformada de Fourier). Como esses dois domínios não são idênticos, o dispositivo decodificador espacial 2' primeiro transforma os sinais dos canais de feitos com mistura descendente no domínio de QMF, processa os sinais transformados, e então transforma os sinais feitos com mistura ascendente de volta para o domínio do tempo. Subseqüentemente, o dispositivo de síntese binaural 3

transforma todos (cinco no presente exemplo) esses sinais feitos com mistura ascendente no domínio da frequência, processa os sinais transformado, e então transforma imagem sinais binaurais de volta no domínio do tempo. Será claro que o esforço computacional envolvido é considerável, e que um processamento de sinal mais eficiente é desejado, em particular quando estéreo processamento é para ser realizado em dispositivos de mão.

[050] A presente invenção fornece um processamento muito mais eficiente integrando o dispositivo de síntese binaural no dispositivo decodificador espacial e eficientemente realizando o processamento binaural no parâmetro. Um exemplo de uma unidade decodificadora espacial é esquematicamente mostrado na Fig. 5, enquanto um dispositivo decodificador binaural e espacial combinado de acordo com a presente invenção (referenciada como dispositivo decodificador espacial por questão de brevidade) é ilustrado na Fig. 6.

[051] A unidade decodificadora espacial 23 mostrada na Fig. 5 compreende unidades de transformada 231, um unidade (SS) de síntese espacial 232, unidades de transformada inversa 233, um unidade (PC) de conversão de parâmetro 234 e uma unidade (Mem) de memória 235. No exemplo da Fig. 5, a unidade decodificadora espacial 23 compreende duas unidades de transformada 231, mas em outros exemplos somente uma única unidade de transformada 231 (como na Fig. 6), ou mais do que duas unidades de transformada 231 podem estar presente, dependendo do número de canais feitos com mistura descendente.

[052] Cada uma das unidades de transformada 231

recebe um canal de mistura descendente l e r respectivamente (ver também Fig. 3). Cada unidade de transformada 231 é arranjada para transformar o (sinal do) respectivo canal em um domínio de transformada ou sub banda adequada, no presente exemplo, o com de QMF. Os canais L e R transformados de QMF, são alimentados para a unidade de síntese espacial 232 que preferencialmente realiza uma operação de matriz nos sinais dos canais L e R para produzir os canais Largura de banda e RB binaural do domínio da transformada. As unidades de transformada inversa 233 realizam a transformada inversa, no presente exemplo, uma transformada de QMF inversa, para produzir os canais lb e rb binaural do domínio do tempo.

[053] A unidade de síntese espacial 232 pode ser similar ou idêntico a 'unidade de síntese espacial 232' da Arte Anterior da Fig. 4. Contudo, os parâmetros usados por esta unidade são diferentes daqueles usados na Arte Anterior. Mais em particular, a unidade de conversão de parâmetro 234 converte os parâmetros de sinal sp convencionais em parâmetros binaurais usando parâmetros de HRTF hp armazenado na unidade de memória 235. Estes parâmetros HRTF podem compreender:

[054] - um nível medi por banda de freqüência para a função de transferência esquerda com uma função de azimuth (ângulo em plano horizontal), elevação (ângulo em um plano vertical), e distância,

[055] - um nível médio por banda de freqüência á a função de transferência direita como uma função de azimuth, elevação e distância, e

[056] - uma diferença de fase ou tempo média por banda de freqüência á a função de transferência direita

como uma função de azimuth, elevação e distância.

[057] Em adição, os parâmetros a seguir podem ser incluídos:

[058] - uma medida de coerência das funções de transferência de esquerda e direita por banda de frequência de HRTF com uma função de azimuth, elevação e distância, e / ou

[059] - parâmetros de fase absoluta e / ou tempo para as funções de transferência de esquerda e direita como uma função de azimuth, elevação e distância.

[060] Os parâmetros de HRTF reais usados podem depender da modalidade particular.

[061] A unidade de síntese espacial 232 pode determinar os canais Lb e Rb binaural usando as seguintes fórmulas:

$$\begin{bmatrix} Lb[k,m] \\ Rb[k,m] \end{bmatrix} = H_k \begin{bmatrix} L[k,m] \\ R[k,m] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix}_k \begin{bmatrix} L[k,m] \\ R[k,m] \end{bmatrix} \quad (1)$$

[062] onde o índice k denota o índice de banda (frequência) híbrido de QMF e o índice m denota o índice (tempo) de pedaço de QMF. Os parâmetros h_{ij} da matriz H_k são determinados posição parâmetros binaurais (bp na Fig. 5). Como indicado k , a matriz H_k pode depender da banda híbrida de QMF. Em um exemplo, a unidade de conversão de parâmetro (234 na Fig. 5) produz os parâmetros binaurais que são então convertidos nos parâmetros de matriz h_{ij} pela unidade de síntese espacial 232. Em outro exemplo, os parâmetros de matriz são idênticos aos parâmetros binaurais produzidos pela unidade de conversão de parâmetro (234 na Fig. 5) e podem ser diretamente aplicados pela unidade de síntese espacial 232 sem serem convertidos.

[063] Os parâmetros h_{ij} da matéria H_k podem ser determinados na seguinte maneira no caso de dois canais feitos com mistura descendente (configuração 5-2-5). Na unidade decodificador espacial da ARte Anterior da Fig. 4, uma unidade decodificadora de 2 para 3 230' converte os dois canais (entrada) feitos com mistura descendente l e r em três (saída) canais l, r e ce (será entendido que os canais de saída l e r, tipicamente não serão idênticos aos canais de entrada l e rede, por esta razão os canais de entrada, na descrição a seguir, serão nomeados l_0 e r_0).

[064] De acordo com um exemplo, a unidade de conversão de parâmetro (234 nas Figs. 5 & 6) é arranjada para utilizar os parâmetros da função de transferência perceptual onde a contribuição de somente três canais somente (e.g., l, r e c) é levada em conta, dois ou três canais (e.g., l e r) compreende respectivos canais frontais (lf, rf) e traseiros (lr, rr) compostos. Isto é, os respectivos canais frontais e traseiros são grupados juntos para melhorar a eficiência.

[065] A operação da unidade de misturar ascendentemente de dois para três 230' pode ser descrita pela operação da matriz a seguir:

$$\begin{bmatrix} l \\ r \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \\ m_{31} & m_{32} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_0 \\ r_0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

[066] com entradas de matriz m_{ij} dependente dos parâmetros espaciais. A relação de parâmetros espaciais e entradas de matriz é idêntica aquelas de um decodificador surround de MPEG de 5.1. Para cada um dos três sinais resultantes l, r e c, o efeito é determinado da função de transferência perceptual (no presente exemplo: HRTF)

parâmetros que correspondem a posição (percebida) desejada dessas fontes de som. Para o canal central (c), os parâmetros espaciais da posição de fonte de som podem ser diretamente aplicados, resultando em distribuidor sinais de saída por centro, $l_B(c)$ e $r_B(c)$:

$$\begin{bmatrix} l_B(c) \\ r_B(c) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_l(c) \\ H_r(c) \end{bmatrix} c = \begin{bmatrix} P_l(c)e^{+j\phi(c)/2} \\ P_r(c)e^{-j\phi(c)/2} \end{bmatrix} c \quad (3)$$

[067] Como pode ser observado da equação (3), o processamento de parâmetro HRTF consiste de uma multiplicação do sinal com os níveis de potência médios P_l e P_r correspondendo a posição de fonte de som do canal central, enquanto a diferença de fase é distribuída simetricamente. Este processo é efetuado independentemente para cada banda de QMF, usando de um lado, o mapeamento dos parâmetros de HRTF para o banco de filtro de QMF, e no outro lado, mapeando dos parâmetros espaciais para a banda de QMF.

[068] Para o canal esquerdo (l), os parâmetros de HRTF dos canais frontal esquerdo e traseiro esquerdo são combinados em uma única contribuição, usando os pesos w_{lf} e w_{lr} . Os parâmetros compostos resultantes simulam o efeito de ambos, os canais frontais e traseiros em um senso estatístico. As seguintes equações são usadas para gerar o par de saída binaural (l_b , r_b) para o canal esquerdo:

$$\begin{bmatrix} l_b(l) \\ r_b(l) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_l(l) \\ H_r(l) \end{bmatrix} l \quad (4)$$

com

$$H_l(l) = \sqrt{w_{lf}^2 P_l^2(lf) + w_{lr}^2 P_r^2(lr)} \quad (5)$$

e

$$H_r(l) = e^{-j(w_{lf}^2 \phi(lf) + w_{lr}^2 \phi(lr))} \sqrt{w_{lf}^2 P_r^2(lf) + w_{lr}^2 P_r^2(lr)} \quad (6)$$

[069] Os pesos w_{lf} e w_{lr} dependem do parâmetro CLD da unidade de 1 para 2 para lf e lr:

$$w_{lf}^2 = \frac{10^{CLD_l/10}}{1 + 10^{CLD_l/10}} \quad (7),$$

$$w_{lr}^2 = \frac{1}{1 + 10^{CLD_l/10}} \quad (8)$$

[070] Em modo similar, a saída binaural para o canal direito é obtida de acordo com:

$$\begin{bmatrix} L_b(r) \\ R_b(r) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_l(r) \\ H_r(r) \end{bmatrix} r \quad (9),$$

com

$$H_l(r) = e^{+j(w_{rf}^2 \phi(rf) + w_{rr}^2 \phi(rr))} \sqrt{w_{rf}^2 P_l^2(rf) + w_{rr}^2 P_l^2(rr)} \quad (10)$$

$$H_r(r) = \sqrt{w_{rf}^2 P_r^2(rf) + w_{rr}^2 P_r^2(rr)} \quad (11)$$

$$w_{rf}^2 = \frac{10^{CLD_r/10}}{1 + 10^{CLD_r/10}} \quad (12)$$

$$w_{rr}^2 = \frac{1}{1 + 10^{CLD_r/10}} \quad (13).$$

[071] É notado que, em ambos os casos, o termo de modificação de fase é aplicado à traseira contra lateral em ambos os casos. Ainda mais, já que o sistema auditivo humano é largamente não sensetivo a fase binaural para frequências acima de aproximadamente 2kHz, o termo de modificação de fase somente precisa ser aplicado em região de

freqüência baixa. Então para o restante do intervalo de freqüência, basta processamento real valorizado (assumindo m_{ij} com real valorizado).

[072] É ainda notado que as equações acima assumem adição incoerente dos sinais filtrados (HRTF) de lf e lr . Uma possível extensão seria incluir os parâmetros (ICC) de Coerência Inter-Canal transmitidos de lf e lr (e de lf e rr) nas equações, bem com para ter em conta para correlação frontal / traseiro.

[073] Todos os passos de processamento acima podem ser combinados no domínio do parâmetro para resultar em uma única matriz estação de comunicação móvel 2 x 2 de domínio de sinal:

$$\begin{bmatrix} l_b \\ r_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_0 \\ r_0 \end{bmatrix} \quad (14),$$

com

$$h_{11} = m_{11}H_l(l) + m_{21}H_l(r) + m_{31}H_l(c) \quad (15a)$$

$$h_{12} = m_{12}H_l(l) + m_{22}H_l(r) + m_{32}H_l(c) \quad (15b)$$

$$h_{21} = m_{11}H_r(l) + m_{21}H_r(r) + m_{31}H_r(c) \quad (15c)$$

$$h_{22} = m_{12}H_r(l) + m_{22}H_r(r) + m_{32}H_r(c) \quad (15d).$$

[074] A presente invenção essencialmente processa a informação binaural (isto é HRTF) no domínio do para, em vez de no domínio da freqüência ou do tempo como na Arte Anterior. Nesta maneira, economia computacional significativa pode ser obtida.

[075] O dispositivo decodificador espacial 2, de acordo com a presente invenção mostrada meramente por meio de exemplo não limitante na Fig. 6 compreende uma unidade (Demux) de desmultiplexação 21, uma unidade de decodificação

de misturar descendente 22, e uma unidade de decodificação espacial / binaural unidade decodificadora espacial 23. A unidade de desmultiplexação 21 e a unidade de decodificação de misturar descendente 22 podem ser similar a unidade de desmultiplexação 21' e unidade de decodificação de misturar descendente 22' da Arte anterior mostrada na Fig. 3. A unidade decodificadora espacial 23 da Fig. 6 é idêntica a unidade decodificadora espacial 23 da Fig. 5, com a exceção do número de canais feitos com mistura descendente e unidades de transformada associadas. Como a unidade decodificadora espacial da Fig. 6 é arranjada parâmetro um canal de mistura descendente único s , somente uma unidade de transformada 231 única é fornecida enquanto uma unidade (D) de desfazer correlação 239 foi adicionada para produzir uma versão desfeita de correlação D do (domínio da transformada) sinal feito com mistura descendente S . Os parâmetros binaurais bp produzido pela unidade de conversão de parâmetro 234, tipicamente difere daquele na modalidade da Fig. 5, já que os parâmetros de sinal sp associados com um canal de mistura descendente único s , tipicamente difere daquele associado com dois canais feitos com mistura descendente.

[076] Na configuração da Fig. 6, a entrada do decodificador binaural compreende um sinal de entrada mono s , acompanhado por parâmetros espaciais sp . A unidade de síntese binaural gera um sinal de saída estéreo com propriedades estatísticas que se aproximam daquelas propriedades que resultariam do processamento de HRTF da entrada original 5.1, que pode ser descrito por:

$$l_b = H_l(lf) \otimes lf + H_l(rf) \otimes rf + H_l(lr) \otimes lr + H_l(Rr) \otimes Rr + H_l(c) \otimes c \quad (16)$$

$$r_b = H_r(lf) \otimes lf + H_r(rf) \otimes rf + H_r(lr) \otimes lr + H_r(rr) \otimes rr + H_r(c) \otimes c \quad (17)$$

[077] Dado os parâmetros espaciais que descrevem as propriedades estatísticas e inter-relações dos canais lf , rf , lrr , rr e c , e os parâmetros das respostas de impulso de HRTF, é possível estimar as propriedades estatísticas (isto é, uma aproximação dos parâmetros binaurais) do par de saída binaural l_b , r_b da mesma forma. Mais, especificamente, a energia média (para cada canal), a diferença de fase média, e a coerência podem ser estimadas e subsequente re-instaladas por meio de desfazer correlação e operação de matriz do sinal de entrada mono.

[078] Os parâmetros binaurais compreendem uma (relativa) mudança de nível para cada um dos dois canais de saída binaurais (e então define um parâmetro de Diferença de Nível de Canal), uma (média) diferença de fase e uma medida de coerência (por transformada no domínio do tempo / frequência).

[079] Como um primeiro passo, as potências relativas (com relação a potência do sinal de entrada mono) dos cinco (ou seis) sinais (5.1) de canal são computados usando os parâmetros de CLD transmitidos. A potência relativa do canal frontal esquerdo é dada por:

$$\sigma_{lf}^2 = r_1(\text{CLD}_{fs}) r_1(\text{CLD}_{fc}) r_1(\text{CLD}_f) \quad (18),$$

com

$$r_1(\text{CLD}) = \frac{10^{\text{CLD}/10}}{1 + 10^{\text{CLD}/10}} \quad (19),$$

e

$$r_2(\text{CLD}) = \frac{1}{1 + 10^{\text{CLD}/10}} \quad (20).$$

[080] Similarmente, as potências relativas de outros canais são dadas por:

$$\sigma_{\text{r}}^2 = r_1(\text{CLD}_{\text{fs}})r_1(\text{CLD}_{\text{fc}})r_2(\text{CLD}_{\text{r}}) \quad (21\text{a})$$

$$\sigma_{\text{e}}^2 = r_1(\text{CLD}_{\text{fs}})r_2(\text{CLD}_{\text{fc}}) \quad (21\text{b})$$

$$\sigma_{\text{kr}}^2 = r_2(\text{CLD}_{\text{fs}})r_1(\text{CLD}_{\text{s}}) \quad (21\text{c})$$

$$\sigma_{\text{r}}^2 = r_2(\text{CLD}_{\text{fs}})r_2(\text{CLD}_{\text{r}}) \quad (21\text{d})$$

[081] O valor esperado da potência relativa σ_{L}^2 do canal de saída binaural (com relação ao canal de entrada mono), o valor esperado da potência relativa σ_{R}^2 do canal de saída binaural direita, e o valor esperado do produto cruzado $L_{\text{B}}R_{\text{B}}^*$ pode então ser calculado. A coerência da saída binaural (ICC_{B}) é então dada por:

$$\text{ICC}_{\text{B}} = \frac{\left| \langle L_{\text{B}}R_{\text{B}}^* \rangle \right|}{\sigma_{\text{L}}\sigma_{\text{R}}} \quad (22)$$

e o ângulo de fase médio (IOD_{B}) é dado por:

$$\text{IPD}_{\text{B}} = \arg(\langle L_{\text{B}}R_{\text{B}}^* \rangle) \quad (23)$$

[082] A diferença de nível de canal (CLD_{B}) da saída binaural é dada por:

$$\text{CLD}_{\text{B}} = 10 \log_{10} \left(\frac{\sigma_{\text{L}}^2}{\sigma_{\text{R}}^2} \right) \quad (24)$$

[083] Finalmente, o ganho (linear) global da saída binaural comparado com a entrada montante, g_{B} , é dado por:

$$g_{\text{B}} = \sqrt{\sigma_{\text{L}}^2 + \sigma_{\text{R}}^2} \quad (25)$$

[084] Os coeficientes de matriz requerido para

re-instalar os parâmetros de IPD_B , CLD_B , ICC_B e g_B na matriz binaural são simplesmente obtidos de um decodificador estéreo paramétrico convencional, estendido com ganhos globais g_B :

$$h_{11} = g_B c_L \cos(\alpha + \beta) \exp(jIPD_H / 2) \quad (26a)$$

$$h_{12} = g_B c_L \sin(\alpha + \beta) \exp(jIPD_H / 2) \quad (26b)$$

$$h_{21} = g_B c_R \cos(-\alpha + \beta) \exp(-jIPD_B / 2) \quad (26c)$$

$$h_{22} = g_B c_R \sin(-\alpha + \beta) \exp(-jIPD_B / 2) \quad (26d)$$

com

$$\alpha = 0.5 \arccos(ICC_B) \quad (27)$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{c_R - c_L}{c_R + c_L} \tan(\alpha)\right) \quad (28)$$

$$c_L = \sqrt{\frac{10^{CLD_H/10}}{1 + 10^{CLD_H/10}}} \quad (29)$$

$$c_R = \sqrt{\frac{1}{1 + 10^{CLD_B/10}}} \quad (30)$$

[085] Modalidades adicionais da unidade decodificadora espacial da presente invenção pode conter uma unidade de reverberação. Foi encontrado que adicionando reverberação melhora a distância percebida quando som binaural é produzido. Por esta razão, a unidade decodificadora espacial 23 da Fig. 7 é fornecida com uma unidade de reverberação de estéreo 237 conectada em paralelo com as unidade de síntese espacial 232. A unidade de reverberação de estéreo 237 da Fig. 7 recebe o sinal S feito com mistura descendente único do domínio da transformada de QMF e emite dois sinais de reverberação, que são adicionados aos sinais binaurais de domínio da transformada (canais LB e

LR na Fig. 6) através das unidades de adição 238. Os sinais combinados são então transformados inversamente pelas unidades de transformada inversa 233 antes de serem emitidos.

[086] Na moda da Fig. 8, a unidade de reverberação de estéreo 237 é arranjada para produzir uma reverberação no domínio do tempo e recebe o sinal s feito com mistura descendente único no domínio do tempo. A unidade de reverberação de estéreo 237 emite sinais de reverberação no domínio do tempo, que são adicionados aos sinais no domínio do tempo dos canais binaurais lb e rb através das unidades de adição 238. Qualquer modalidade fornece uma reverberação adequada.

[087] A presente invenção adicionalmente fornece um dispositivo de consumidor, tal com um dispositivo de consumidor de mão, e um sistema de áudio compreendendo uma unidade decodificadora espacial ou dispositivo decodificador espacial como definido acima. O dispositivo de consumidor de mão pode ser constituído por um tocador de MP3 ou dispositivo similar. Um dispositivo de consumidor é esquematicamente ilustrado na Fig. 9. O dispositivo de consumidor 50 é mostrado para compreender um dispositivo decodificador espacial 2 de acordo com a presente invenção (ver Fig. 6).

[088] A presente invenção é baseada na introspecção que a complexidade computacional de um dispositivo decodificador espacial combinado e um dispositivo de síntese binaural pode ser significativamente reduzida modificando os parâmetros espaciais de acordo com a informação binaural. Isto permite ao dispositivo decodificador realizar decodificação espacial e processamento de função de transferência perceptual efetivamente na mesma

operação de processamento de sinal, enquanto evitando a introdução de quaisquer artefatos.

[089] É notado que quaisquer termos usados neste documento não devem ser interpretados a fim de limitar o escopo da presente invenção. Em particular, as palavras "compreende" e "compreendendo" não são significativas para excluir quaisquer elementos não especificamente colocados. Elementos (circuito) único podem ser substituídos por elementos (circuito) múltiplos ou com seus equivalentes.

[090] Deve ser entendido por aqueles com habilidade na arte que a presente invenção não é limitada as modalidades ilustradas acima e que muitas modificações e adições podem ser feitas sem fugir do escopo da invenção como definida nas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. UNIDADE DECODIFICADORA ESPACIAL (23) para produzir um par de canais de saída binaurais (lb, rb) usando parâmetros espaciais (sp) e um único canal de entrada de áudio (s), caracterizada por compreender:

- uma unidade de conversão de parâmetro (234) para converter os parâmetros espaciais (sp) em parâmetros binaurais (bp) usando funções de transferência perceptuais parametrizadas (hp), os parâmetros binaurais dependendo tanto dos parâmetros espaciais quanto das funções de transferência perceptuais parametrizadas;

- uma única unidade de transformada (231) para transformar o único canal de entrada de áudio (s) em um canal de áudio transformado (S);

- uma unidade de desfazer correlação (239) para descorrelacionar o canal de áudio transformado (S) para gerar um sinal descorrelacionado transformado (D);

- uma unidade de síntese espacial (232) para sintetizar um par de canais binaurais transformados (Lb, Rb) aplicando os parâmetros binaurais (bp) ao canal de áudio transformado (S) e ao sinal descorrelacionado transformado (D); e

- um par de unidades de transformada inversa (233) para inversamente transformar os canais binaurais transformados (Lb, Rb) no par de canais de saída binaurais (lb, rb).

2. UNIDADE, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pela unidade de conversão de parâmetro (234) ser arranjada para combinar, no domínio do parâmetro, de modo a determinar os parâmetros binaurais, todas contribuições de

função de transferência perceptual, que os canais de entrada de áudio fariam para os canais binaurais.

3. UNIDADE, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pela unidade de conversão de parâmetro (234) ser arranjada para processar parâmetros de nível de canal (CLD), de coerência de canal (ICC) e/ou de fase (IPD).

4. UNIDADE, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por compreender uma unidade de reverberação de estéreo (237) arranjada operar no domínio do tempo.

5. UNIDADE, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por ainda compreender uma unidade de reverberação de estéreo (237) arranjada operar em um domínio de transformada ou domínio de sub banda, tal como o domínio de QMF.

6. UNIDADE, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pela unidade de conversão de parâmetro (234) compreender:

- meio para determinar potências relativas para uma pluralidade de canais de áudio virtuais em resposta aos parâmetros espaciais (sp) e ao único canal de entrada de áudio (s);

- meio para estimar propriedades estatísticas dos canais de saída binaurais (lb, rb) em resposta às potências relativas para a pluralidade de canais de áudio virtuais; e

- meio para determinar os parâmetros binaurais (bp) em resposta às propriedades estatísticas estimadas dos canais de saída binaurais (lb, rb).

7. UNIDADE, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelas propriedades estatísticas compreenderem uma energia média dos canais binaurais transformados (Lb,

Rb), uma diferença de fase média dos canais binaurais transformados (Lb, Rb) e uma coerência dos canais binaurais transformados (Lb, Rb).

8. DISPOSITIVO DECODIFICADOR ESPACIAL (2) para produzir um par de canais de saída binaurais (lb, rb) a partir de uma sequência de bits de entrada (bs), caracterizado por compreender:

- uma unidade de desmultiplexação (21), para desmultiplexar a sequência de bit de entrada em um único canal de mistura descendente e parâmetros espaciais (sp),

- uma unidade decodificadora de mistura descendente (22) para decodificar o único canal de mistura descendente (s), e

- uma unidade decodificadora espacial (23), conforme definida na reivindicação 1.

9. DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pela unidade decodificadora espacial (23) compreender uma unidade de reverberação (237).

10. SISTEMA DE ÁUDIO, caracterizado por compreender uma unidade decodificadora espacial (23), conforme definida na reivindicação 1 e/ou um dispositivo decodificador espacial (2), conforme definido na reivindicação 8.

11. DISPOSITIVO DE CONSUMIDOR, caracterizado por compreender uma unidade decodificadora espacial (23), conforme definida na reivindicação 1 e/ou um dispositivo decodificador espacial (2), conforme definido na reivindicação 8.

12. MÉTODO PARA PRODUZIR UM PAR DE CANAIS DE SAÍDA BINAURAIS (lb, rb) usando parâmetros espaciais (sp) e um único canal de entrada de áudio (s), caracterizado por

compreender os passos de:

- converter os parâmetros espaciais (sp) em parâmetros binaurais (bp) usando as funções de transferência perceptuais parametrizadas (hp), os parâmetros binaurais dependendo tanto dos parâmetros espaciais quanto das funções de transferência perceptuais parametrizadas;
- transformar o único canal de entrada de áudio (s) em um canal de áudio transformado (S);
- descorrelacionar o canal de áudio transformado (S) para gerar um sinal descorrelacionado transformado (D);
- sintetizar um par de canais binaurais transformados (Lb, Rb) aplicando os parâmetros binaurais (bp) ao canal de áudio transformado (S) e ao sinal descorrelacionado transformado (D); e
- inversamente transformar os canais binaurais transformados (Lb, Rb) no par de canais de saída binaurais (lb, rb).

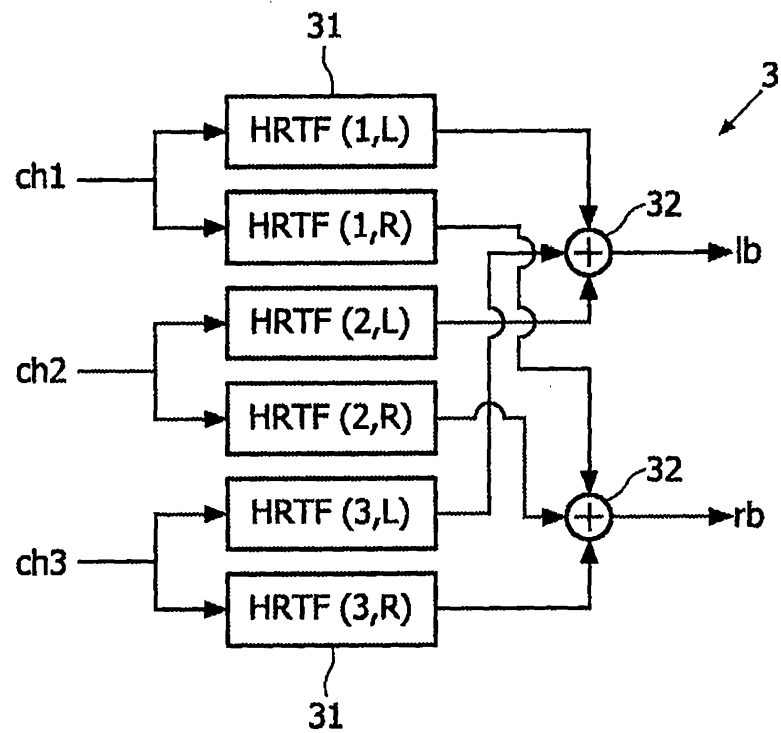


FIG. 1 TÉCNICA ANTERIOR

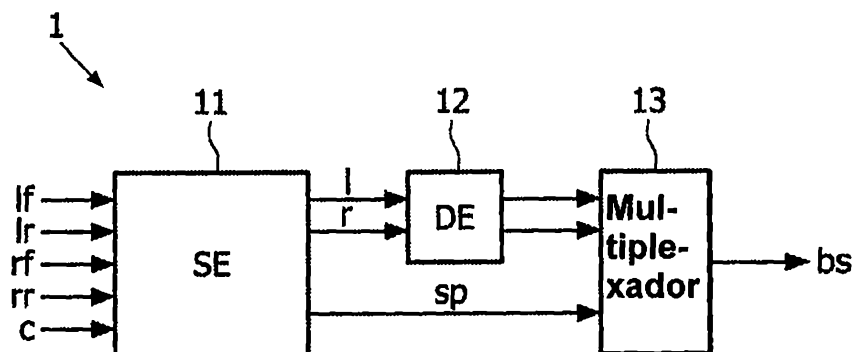


FIG. 2 TÉCNICA ANTERIOR

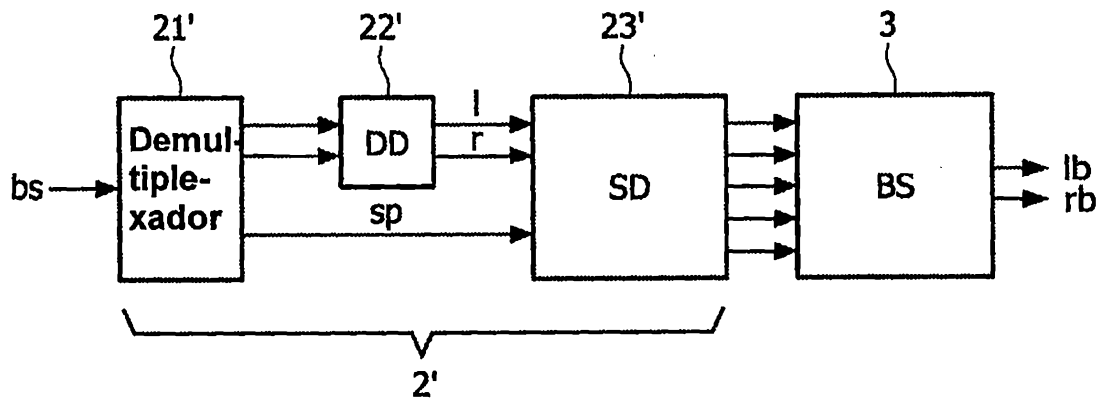


FIG. 3 TÉCNICA ANTERIOR

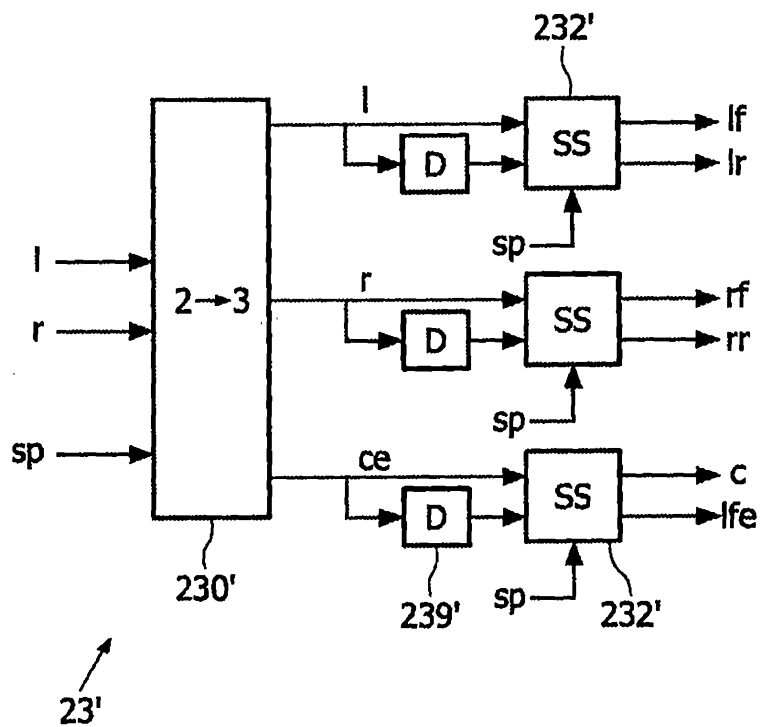


FIG. 4 TÉCNICA ANTERIOR

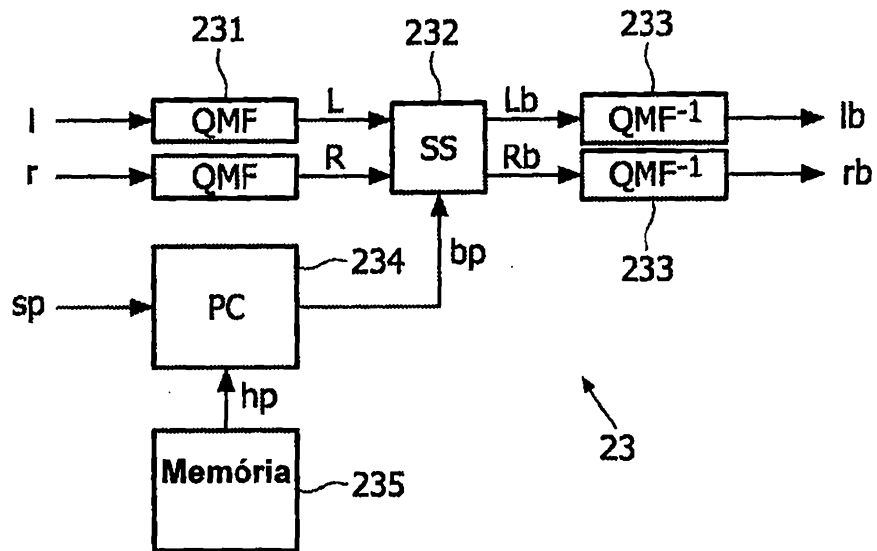


FIG. 5

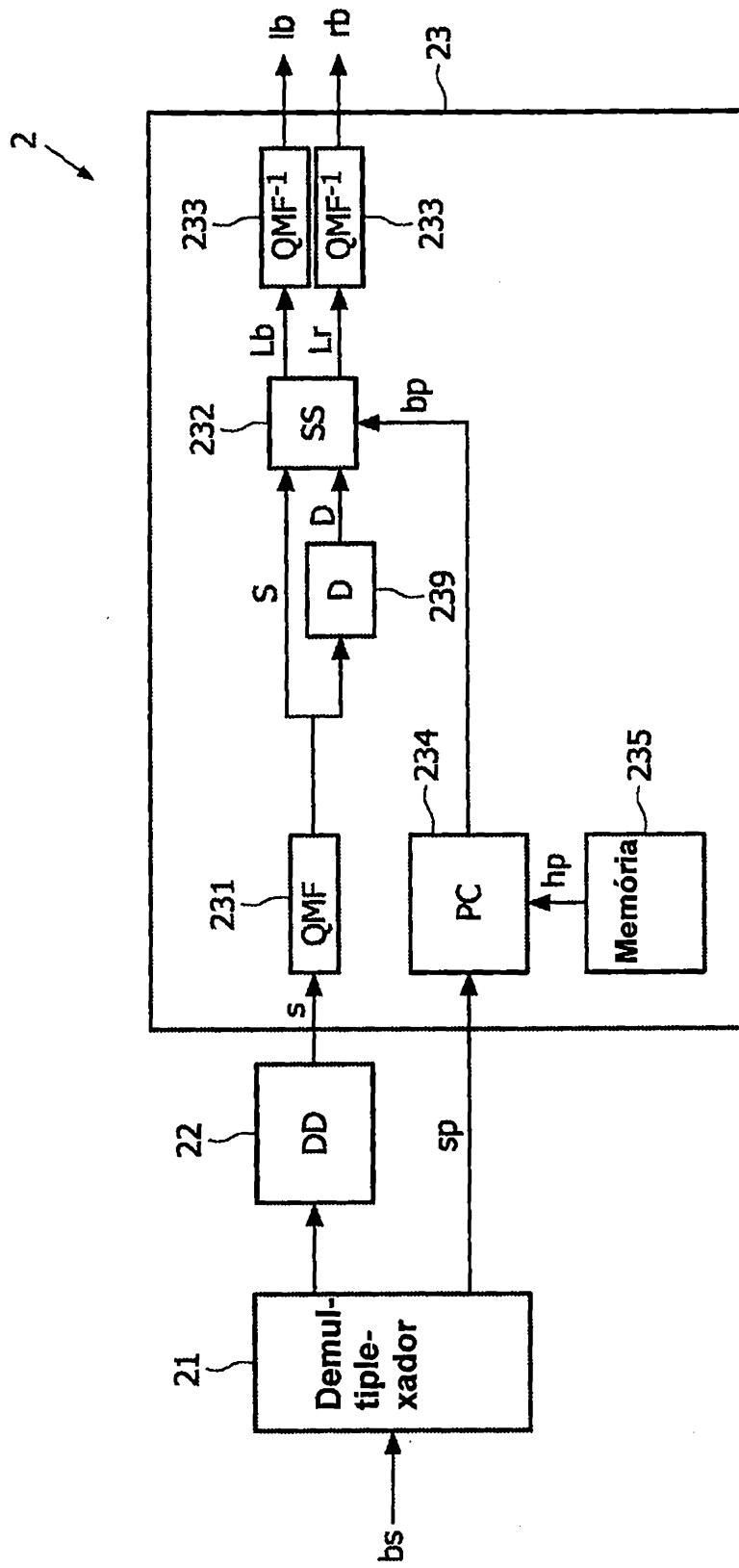


FIG. 6

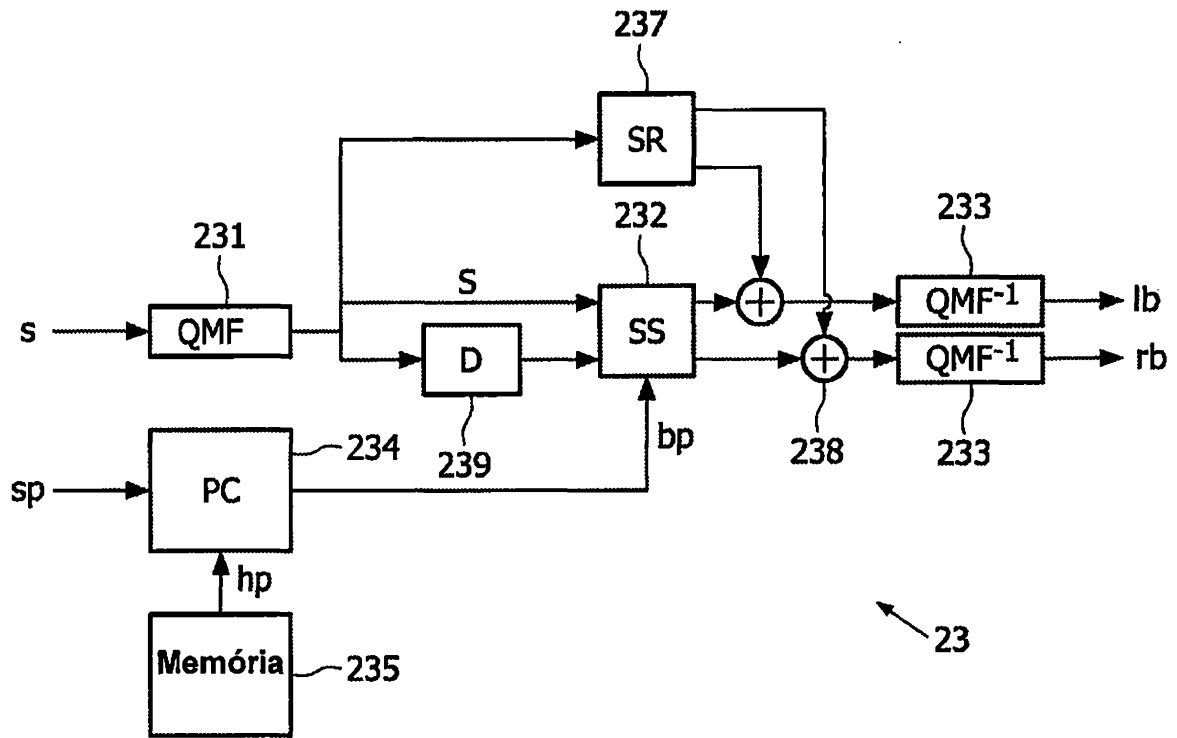


FIG. 7

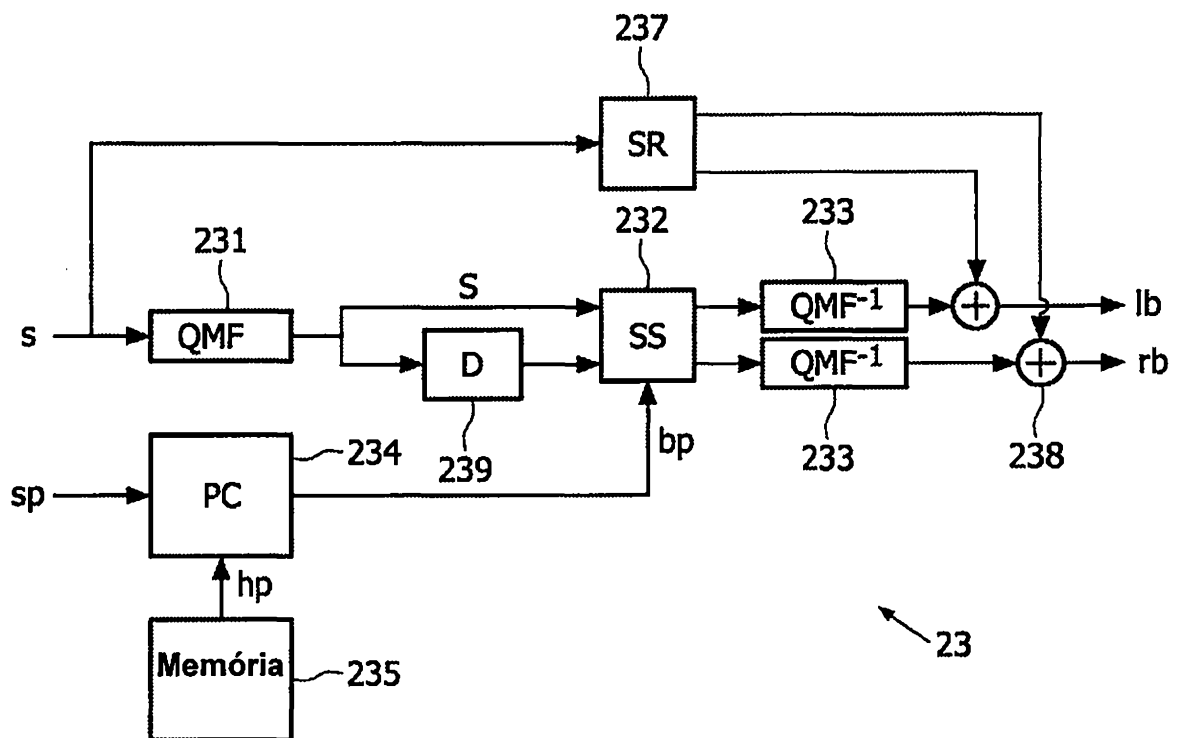
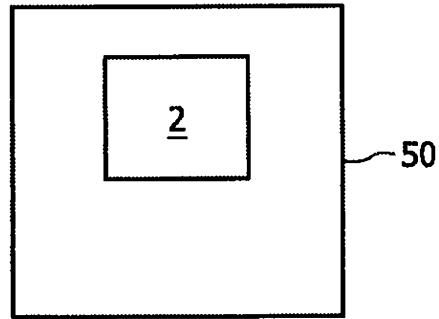


FIG. 8

**FIG. 9**