República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 122020020719-1 B1

(22) Data do Depósito: 24/03/2015

(45) Data de Concessão: 07/02/2023

(54) Título: MÉTODO, MÍDIA DE ARMAZENAMENTO LEGÍVEL POR COMPUTADOR, E APARELHO PARA COMPRESSÃO DE GAMA DINÂMICA (DRC)

(51) Int.Cl.: H04S 3/00; G10L 19/008.

(30) Prioridade Unionista: 15/04/2014 EP 14305559.8; 24/03/2014 EP 14305423.7.

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

(72) Inventor(es): JOHANNES BOEHM; FLORIAN KEILER.

(86) Pedido PCT: PCT EP2015056206 de 24/03/2015

(87) Publicação PCT: WO 2015/144674 de 01/10/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 08/10/2020

(62) Pedido Original do Dividido: BR112016022008-0 - 24/03/2015

(57) Resumo: O Controle da Gama Dinâmica (DRC) não pode ser simplesmente aplicado aos sinais baseados em Ambisonics de Ordem Superior (HOA). Um método para a realização de DRC em um sinal HOA compreende a transformação do sinal HOA em domínio espacial, análise do sinal HOA transformado e obtenção, a partir dos resultados da referida análise, dos fatores que podem ser usados para compressão dinâmica. Os fatores de ganho podem ser transmitidos em conjunto com o sinal HOA. Quando o DRC é aplicado, o sinal HOA é transformado no domínio espacial, os fatores de ganho são extraídos e multiplicados pelo sinal HOA transformado em domínio espacial, em que um sinal HOA transformado compensado por ganho é obtido. O sinal HOA transformado compensado por ganho é transformado de volta ao domínio HOA, em que um sinal HOA compensado por ganho é obtido.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO, MÍDIA DE ARMAZENAMENTO LEGÍVEL POR COMPUTADOR, E APARELHO PARA COMPRESSÃO DE GAMA DINÂMICA (DRC)"**

Dividido do BR112016022008-0 depositado em 24 de março de 2015.

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] Esta invenção refere-se a um método e um dispositivo para a realização de Compressão da Gama Dinâmica (Dynamic Range Compression, DRC) de um sinal Ambisonics, e em particular a um sinal Ambisonics de ordem superior (*Higher Order Ambisonics*, HOA).

ANTECEDENTES

[002] A finalidade de Compressão da Gama Dinâmica (DRC) é reduzir a gama dinâmica do sinal de áudio. Um fator de ganho variável no tempo é aplicado ao sinal de áudio. Tipicamente, este fator de ganho é dependente da amplitude do envelope do sinal utilizado para controle do ganho. O mapeamento é geralmente não linear. Grandes amplitudes são mapeadas para os menores, enquanto sons fracos são frequentemente amplificados. Os cenários são ambientes com muito barulho, escutar música até tarde da noite, pequenos alto-falantes ou escuta com fones de ouvido em telefones celulares.

[003] Um conceito comum para streaming ou transmissão de áudio é gerar os ganhos de DRC antes da transmissão e aplicar estes ganhos após recepção e decodificação. O princípio de utilização do DRC, ou seja, como o DRC é geralmente aplicado a um sinal de áudio, é mostrado na Figura 1 a). O nível de sinal, geralmente o sinal envelope, é detectado e um ganho variável no tempo g_{DRC} é calculado. O ganho é utilizado para alterar a amplitude do sinal de áudio. A Figura 1 b mostra o princípio de utilização de DRC para codificação/descodificação, em que fatores de ganho são transmitidos

juntamente com o sinal de áudio codificado. No lado do descodificador, os ganhos são aplicados ao sinal de áudio descodificado, a fim de reduzir sua gama dinâmica.

[004] Para áudio 3D, ganhos diferentes podem ser aplicados a canais de alto falantes que representam diferentes posições espaciais. Estas posições, precisam então ser conhecidas no lado de envio a fim de serem capaz de gerar um conjunto de combinações de ganhos. Isto geralmente só é possível para as condições idealizadas, enquanto que em casos realistas o número de alto falantes e sua colocação variam de muitas maneiras. Isto é mais influenciado por considerações práticas do que por especificações. O sinal Ambisonics de ordem superior (HOA) é um formato de áudio que permite um processamento flexível. Um sinal HOA é composto de canais de coeficiente que não representam diretamente os níveis de som. Portanto, a DRC não pode ser simplesmente aplicada aos sinais com base HOA.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[005] A presente invenção resolve pelo menos o problema de como a DRC pode ser aplicada aos sinais HOA. Um sinal HOA é analisado a fim de obter um ou mais coeficientes de ganho. Em uma modalidade, pelo menos dois coeficientes de ganho são obtidos, e a análise do sinal de HOA compreende uma transformação no domínio espacial (iDSHT). O um ou mais coeficientes de ganho são transmitidos em conjunto com o sinal HOA original. Uma indicação especial pode ser transmitida para indicar se todos os coeficientes de ganho são iguais. Este é o caso de um modo chamado 'simplificado', enquanto que pelo menos dois coeficientes de ganho diferentes são usados em em um modo não simplificado. No decodificador, os um ou mais ganhos podem (mas não precisam) ser aplicados ao sinal HOA. O usuário tem a escolha de se deve ou não aplicar um ou mais ganhos. Uma vantagem do modo simplificado é que este requer

consideravelmente menos cálculos, uma vez que apenas um fator de ganho é usado e uma vez que o fator de ganho pode ser aplicado aos canais de coefi-ciente do sinal HOA diretamente no domínio HOA, de modo que a transformação em domínio espacial e a subsequente transformação em domínio HOA de novo pode ser ignorada. No modo simplificado, o fator de ganho é obtido pela análise de apenas do canal de coeficiente de ordem zero do sinal HOA.

[006] De acordo com uma modalidade da invenção, um método para a realização de DRC de um sinal HOA compreende transformar o sinal HOA ao domínio espacial (por uma DSHT inversa), analisando o sinal HOA transformado e a obter, a partir dos resultados da referida análise, os fatores de ganho que são utilizáveis para compressão da gama dinâmica. Em etapas posteriores, os fatores de ganho obtidos são multiplicados (no domínio espacial) com o sinal de HOA transformado, em que um sinal HOA transformado comprimido de ganho é obtido. Finalmente, o sinal HOA transformado comprimido de ganho é transformado de volta no domínio de HOA (por uma DSHT), isto é, domínio de coeficiente, em que um sinal HOA comprimido de ganho é obtido.

[007] Além disso, de acordo com uma modalidade da invenção, um método para a realização de DRC em um modo simplificado em um sinal HOA compreende a análise do sinal HOA e a obtenção dos resultados da referida analise de um fator de ganho que é utilizável para compressão da gama dinâmica. Em outras etapas, após avaliação da indicação, o fator de ganho obtido é multiplicado com canais de coeficiente do sinal HOA (no domínio HOA), onde um sinal HOA comprimido de ganho é obtido. Também após a avaliação da indicação, pode ser determinado que uma transformação do sinal HOA pode ser ignorada. A indicação para indicar o modo simplificado, ou seja, onde apenas um fator de ganho é usado, pode ser definida

implicitamente, por exemplo, se apenas o modo simplificado pode ser utilizado devido ao hardware ou outras restrições ou explicitamente, por exemplo, mediante a seleção de usuário de qualquer modo simplificado ou não simplificado.

[008] Além disso, de acordo com uma modalidade da invenção, um método para aplicação de fatores de ganho da DRC a um sinal HOA compreende receber um sinal HOA, uma indicação e fatores de ganho, determinar que a indicação indica um modo não simplificado, transformar o sinal HOA no domínio espacial (usando um DSHT inverso), em que um sinal HOA transformado é obtido, multiplicando os fatores de ganho com o sinal HOA transformado, em que um sinal HOA transformado omprimido por gama dinâmica é obtido, compreendendo também a transformação do sinal comprimido por gama dinâmica de volta para o domínio HOA (ou seja, o domínio de coeficiente) (usando um DHST), em que um sinal comprimido por gama dinâmica é obtido. Os fatores de ganho podem ser recebidos juntamente com o sinal HOA ou separadamente.

[009] Além disso, de acordo com uma modalidade da invenção, um método para aplicação de um fator de ganho DRC a um sinal HOA compreende receber um sinal HOA, uma indicação e um fator de ganho, determinando que a indicação indica o modo simplificado e mediante a referida determinação, multiplicar o fator de ganho com o sinal HOA, em que o sinal HOA comprimido por gama dinâmica é obtido. Os fatores de ganho podem ser recebidos juntamente com o sinal HOA ou separadamente.

[0010] Um dispositivo para aplicação de fatores de ganho de DRC a um sinal HOA é descrito na reivindicação 11.

[0011] Em uma modalidade, a invenção fornece um meio legível por computador tendo instruções executáveis para fazer com que um computador execute um método para a aplicação de fatores de ganho

de DRC a um sinal HOA, compreendendo as etapas como descrito acima.

[0012] Em uma modalidade, a invenção fornece um meio legível por computador tendo instruções executáveis para fazer com que um computador execute um método para realizar um método para executar uma DRC em um sinal HOA, compreendendo as etapas como descrito acima.

[0013] Modalidades vantajosas da invenção são divulgadas nas reivindicações dependentes, na descrição seguinte e nas figuras.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0014] Exemplos de modalidades da invenção são descritos com referências as figuras anexas, que mostram na Figura1 o princípio geral da DRC aplicada ao áudio;

[0015] A Figura 2 mostra uma abordagem geral para a aplicação de DRC a sinais com base HOA de acordo com a invenção;

[0016] A Figura3 mostra grades de alto-falante esférico para N = 1 a N = 6;

[0017] A Figura4 mostra criação de ganhos de DRC para HOA;

[0018] A Figura5 mostra a aplicação de DRC a sinais HOA;

[0019] A Figura 6 mostra um processamento de Compressão da Gama Dinâmica no lado do decodificador;

[0020] A Figura7 mostra uma DRC para HOA no domínio QMF combinada com a etapa de renderização; e

[0021] A Figura8 mostra DRC para HOA em domínio QMF combinado com a etapa de renderização para o caso simples de um único grupo de ganho da DRC.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0022] A presente invenção descreve como DRC pode ser aplicada a HOA. Isso não é fácil, porque convencionalmente a HOA é uma descrição do campo de som. A Figura 2 retrata o princípio da

aproximação. Do lado da codificação ou de transmissão (como mostrado na Figura 2a), os sinais HOA são analisados, os ganhos ***g*** da DRC são calculados a partir da análise do sinal HOA e os ganhos da DRC são codificados e transmitidos juntamente com uma representação codificada do conteúdo HOA. Isto pode ser uma corrente de bits multiplexada ou duas ou mais corrente de bits separada.

[0023] No lado de decodificação ou recepção (como mostrado na Figura 2b), os ganhos ***g*** são extraídos de tais corrente ou corrente de bits. Após a decodificação da corrente ou correntes de bits em um Decodificador, os ganhos ***g*** são aplicados ao sinal HOA como descrito abaixo. Por isso, os ganhos são aplicados ao sinal HOA, ou seja, em geral, um sinal HOA reduzido por gama dinâmica é obtido. Finalmente, o sinal HOA ajustado por gama dinâmica é renderizado em um renderizador de HOA.

[0024] A seguir, suposições e definições utilizadas são explicadas.

[0025] Suposições são que o renderizador de HOA é poupador de energia ou seja, Harmônicas Esféricas normalizadas N3D são usadas e a energia de um único sinal direcional codificado dentro da representação HOA é mantido após a renderização. É descrito, por exemplo, em WO2015/007889A(PD130040) como conseguir esta energia preservando a renderização de HOA.

[0026] As definições dos termos usados são como a seguir:

$\boldsymbol{B}\epsilon\mathbb{R}^{(N+1)^2 \mathrm{x}\, \tau}$ denota um bloco de τ amostras de HOA, $\boldsymbol{B} = [\boldsymbol{b}(1), \boldsymbol{b}(2), .., \boldsymbol{b}(t), .., \boldsymbol{b}(\tau)]$, com o vetor $\boldsymbol{b}(t) = \left[b_1, b_2, \ldots b_o, \ldots b_{(N+1)^2}\right]^T = [B_0^0, B_1^{-1}, \ldots\ B_n^m\ , \ldots B_N^N,]^T$ que contém os coeficientes de Ambisonics em ordem ACN (índice de vetor $o = n^2 + n + m + 1$, com índice de ordem de coeficiente n e índice de

grau coeficiente m) . N denota a ordem de truncamento de HOA. O número de coeficientes de ordem superior em $\boldsymbol{b}$ é $(N+1)^2$. O índice da amostra para um bloco de dados é t. τ geralmente pode variar de uma amostra a 64 amostras ou mais.

[0027] O sinal de ordem zero $\boldsymbol{b}_o = [b_1(1), b_1(2), \ldots, b_1(\tau)]$ é a primeira linha de $\boldsymbol{B}$. $\boldsymbol{D} \epsilon \mathbb{R}^{\mathrm{L\,x}\,(N+1)^2}$ denota uma energia preservando matriz de renderização que renderiza um bloco de amostras de HOA a um bloco de L canal de alto-falante no domínio espacial: $\boldsymbol{W} = \boldsymbol{DB}$, com $\boldsymbol{W} \epsilon \mathbb{R}^{L \mathrm{x}\, \tau}$. Este é o procedimento assumido do renderizador de HOA na Figura 2b) (renderização de HOA).

[0028] $\boldsymbol{D}_L \epsilon \mathbb{R}^{(N+1)^2\,\mathrm{x}\,(N+1)^2}$ denota uma matriz de prestação relacionada a canais $L_L = (N+1)^2$ que estão posicionados sobre uma esfera em forma muito regular, de maneira que todas as posições vizinhas compartilham a mesma distância. $\boldsymbol{D}_L$ é bem condicionada e seu inverso $\boldsymbol{D}_L^{-1}$existe. Assim, ambos definem um par de matrizes de transformação (Transformação de Harmônicas Esféricas Discretas, DSTH - *Discrete Spherical Harmonics Transform*):

$$\boldsymbol{W}_L = \boldsymbol{D}_L \boldsymbol{B} \text{ , } \boldsymbol{B} = \boldsymbol{D}_L^{-1} \boldsymbol{W}_L$$

[0029] $\boldsymbol{g}\ L_L = (N+1)^2$ é um vetor de valores de ganho da DRC L_L = (N + 1)². Valores de ganho são assumidos para serem aplicados a um bloco de amostras τ e assume-se que são lisos de bloco a bloco.

Para a transmissão, valores de ganho que compartilham os mesmos valores podem ser combinados para grupos de ganho. Se apenas um único ganho de grupo é utilizado, isto significa que um único valor de ganho de DRC, aqui indicada por g_1 é aplicado a todas as amostras τ

dos canais de alto-falante.

[0030] Para cada ordem N de truncagem de HOA, uma grade de alto falante ideal $L_L = (N+1)^2$ e uma matriz de renderização relacionada $\boldsymbol{D}_L$ são definidas. O alto-falante virtual posiciona áreas espaciais de amostra em torno de um ouvinte virtual. As grades para N = 1 a 6 são mostradas na Figura 3, onde as áreas relacionadas a um alto-falante são células sombreadas. Uma posição de amostragem está sempre relacionada a uma posição de alto-falante central (azimute = 0, inclinação = $\pi/2$; Note que o azimute é medido a partir do sentido frontal em relação à posição de escuta). As posições de amostragem, $\boldsymbol{D}_L$, $\boldsymbol{D}_L^{-1}$ são conhecidas no lado de codificador quando os ganhos da DRC são criados. No lado do decodificador, $\boldsymbol{D}_L$ e $\boldsymbol{D}_L^{-1}$precisam ser conhecidos para a aplicação dos valores de ganho.

[0031] Criação de ganhos de DRC para HOA funciona da seguinte maneira:

[0032] O sinal HOA é convertido para o domínio espacial por $\boldsymbol{W}_L = \boldsymbol{D}_L\boldsymbol{B}$. Até $L_L = (N+1)^2$ ganhos g_l da DRC são criados por meio da análise destes sinais. Se o teor é uma combinação de HOA e os Objetos de Áudio (audio objects, AO), sinais de AO como por exemplo faixas de diálogo, podem ser usados para encadeamento lateral (isto é mostrado na Figura 4b). Ao criar diferentes valores de ganho de DRC relacionados a diferentes áreas espaciais, deve se tomar cuidado para que estes ganhos não influenciem a estabilidade de imagem espacial no lado do decodificador. Para evitar isso, um único ganho pode ser atribuído a todos os canais L no caso mais simples (denominado modo simplificado). Isto pode ser feito por análise de todos os sinais espaciais $\boldsymbol{W}$ ou pela análise do bloco de amostra de coeficiente HOA de

ordem zero ($\boldsymbol{b}_o$) e não é necessária a transformação para o domínio espacial (Figura 4a). Esta última é idêntica à análise do sinal de sintetização de $\boldsymbol{W}$. Mais detalhes são fornecidos abaixo.

[0033] Na Figura 4, a criação de ganhos de DRC para HOA é mostrada. A Figura4a mostra como um único ganho g_1 (para um único grupo de ganho) pode ser derivado a partir do componente de ordem HOA zero $\boldsymbol{b}_o$ (opcional com encadeamento lateral dos AOs). O componente de ordem HOA zero $\boldsymbol{b}_o$ é analisado em uma Análise de DRC bloco 41s e o ganho único g_1 é derivado. O ganho único g_1 é codificado separadamente em um Codificador 42s de Ganho de DRC. O ganho de codificação é então codificado em conjunto com o sinal de HOA ***B*** em um codificador 43, o que gera uma corrente de bits codificada. Opcionalmente, outros sinais 44 podem ser incluídos na codificação. A Figura4 b mostra como dois ou mais ganhos de DRC são criados pela transformação 40 na representação de HOA em um domínio espacial. O sinal HOA transformado $\boldsymbol{W}_L$ é então analisado em um bloco 41 de Análise de DRC e valores de ganho ***g*** são extraídos e codificados em um Codificador 42 de Ganho de DRC. Também aqui, o ganho codificado é codificado juntamente com o sinal de HOA ***B*** em um codificador 43 e opcionalmente outros sinais 44 podem ser incluídos na codificação. Como exemplo, os sons da parte de trás (por exemplo, o som de fundo) podem ter mais atenuação do que sons provenientes de sentidos frontais e laterais. Isto conduziria os valores de ganho $(N+1)^2$ em $\boldsymbol{g}$ podendo ser transmitidos dentro de dois grupos de ganho para este exemplo. Opcionalmente, também é possível aqui a utilização de encadeamento lateral por formas de onda de Objetos de Áudio e suas informações direcionais. Encadeamento lateral significa que os ganhos de DRC por um sinal são obtidos a partir de um outro sinal. Isto reduz a potência do sinal de HOA. Os

sons dispersantes na mistura de HOA que partilham as mesmas áreas de origem espaciais com os sons de primeiro plano AO podem obter ganhos de atenuação mais fortes do que sons espacialmente distantes.

[0034] Os valores de ganho são transmitidos a um lado de receptor ou decodificador.

[0035] Um número variável de 1 para valores de ganho $L_L = (N+1)^2$ relativos a um bloco de amostras τ é transmitido. Valores de ganho podem ser atribuídos a grupos de canais para transmissão. Em uma modalidade, todos os ganhos iguais são combinados em um grupo de canal para minimizar a transmissão de dados. Se um único ganho é transmitido, este está relacionado a todos os canais L_L. Os valores de ganho de grupos de canal g_{l_g} e seus números são transmitidos. A utilização de grupos de canal é sinalizada de modo a que o receptor ou decodificador pode aplicar os valores de ganho corretamente.

[0036] Os valores de ganho são aplicados como a seguir.

[0037] O receptor/decodificador pode determinar o número de valores de ganho codificados transmitidos, decodificar 51 informações relacionadas e atribuir 52-55 os ganhos para os canais $L_L = (N+1)^2$.

[0038] Se apenas um valor de ganho (um grupo de canais) é transmitido, este pode ser aplicado diretamente 52 ao sinal HOA ($\boldsymbol{B}_{DRC} = g_1\boldsymbol{B}$), como mostrado na Figura5a). Isto tem uma vantagem, porque a decodificação é muito mais simples e requer consideravelmente menos processamento. A razão é que nenhuma matriz de operações é necessária, ao invés disto, os valores de ganho podem ser aplicados 52 diretamente, por exemplo, multiplicados com os coeficientes de HOA Para maiores detalhes, ver abaixo.

[0039] Se dois ou mais ganhos são transmitidos, os ganhos de

grupo de canal são atribuídos a L ganhos de canal $\boldsymbol{g} = [g_1, \dots, g_L]$ cada.

[0040] Para a grade de alto falantes virtuais regulares, os sinais de alto falante com os ganhos da DRC aplicados são calculados por

$$\widetilde{\boldsymbol{W}}_L = diag(\boldsymbol{g}) \cdot \boldsymbol{W}_L.$$

[0041] A representação HOA modificada resultante é então calculada por

$$\boldsymbol{B}_{DRC} = \boldsymbol{D}_L^{-1} \widetilde{\boldsymbol{W}}_L.$$

[0042] Isto pode ser simplificado, como mostrado na Figura5b). Em vez de transformar o sinal HOA no domínio espacial, aplicar os ganhos e transformar o resultado de volta para o domínio HOA, o vetor de ganho é transformado 53 ao domínio de HOA por:

$$\boldsymbol{G} = \boldsymbol{D}_L^{-1}\, diag(\boldsymbol{g})\, \boldsymbol{D}_L,$$

com $\epsilon \mathbb{R}^{(N+1)^2 \mathrm{x}\, (N+1)^2}$. A matriz de ganho é aplicada diretamente aos coeficientes HOA em um bloco de atribuição de ganho 54: $\boldsymbol{B}_{DRC} = \boldsymbol{GB}$.

[0043] Este é mais eficiente em termos de operações computacionais necessárias para $(N+1)^2 < \tau$. Ou seja, esta solução tem uma vantagem em relação às soluções convencionais, porque a decodificação é muito mais simples e requer consideravelmente menos processamento. A razão é que não são necessárias operações de matriz; em vez disso, os valores de ganho podem ser aplicados diretamente, por exemplo, multiplicado com os coeficientes HOA no bloco de atribuição de ganho 54.

[0044] Em uma modalidade, uma forma ainda mais eficaz de aplicar a matriz de ganho é de manipular a matriz renderizadora em um bloco de modificação de matriz Renderizadora 57 a matriz Renderizadora por $\widehat{\boldsymbol{D}} = \boldsymbol{DG}$, aplicar o DRC e renderizar o sinal HOA

em uma única etapa: $\boldsymbol{W} = \hat{\boldsymbol{D}}\boldsymbol{B}$. Isto é mostrado na Figura5 c).

[0045] Isso é benéfico se $L < \tau$.

[0046] Em resumo, a Figura5 mostra várias modalidades de aplicar DRC aos sinais HOA. Na Figura5 a), um grupo de ganho de canal único é transmitido e decodificado 51 e aplicado diretamente sobre os coeficientes HOA 52. Em seguida, os coeficientes HOA são renderizados 56 utilizando uma matriz de renderização normal.

[0047] Na Figura 5 b), mais de um grupo de ganhos de canal são transmitidos e decodificados 51.Os resultados de decodificação de um vector $\boldsymbol{g}$ de ganho de $(N+1)^2$ valores de ganho. Uma matriz de ganho $\boldsymbol{G}$ é criada e aplicada 54 para um bloco de amostras HOA. Estes são, então, renderizados 56, utilizando uma matriz de renderização normal.

[0048] Na Figura 5 c), em vez de aplicar a matriz de ganho/valor de ganho decodificado para o sinal HOA diretamente, é aplicada diretamente sobre a matriz de renderização. Isto é realizado no bloco de modificação de matriz Renderizadora 57, e é computacionalmente benéfico se o tamanho do bloco DRC τ é maior do que o número de canais de saída L. Neste caso, as amostras HOA são renderizadas 57, utilizando uma matriz renderizadora modificada.

[0049] Na sequência, cálculo das matrizes DSHT ideais (Transformação Discreta de Harmônicos Esféricos) para DRC é descrito. Tais matrizes DSHT são particularmente otimizadas para utilização em DRC e são diferentes de matrizes DSHT utilizadas para outros fins, por exemplo, taxa de compressão de dados.

[0050] Os requisitos para as matrizes de processamento e codificação ideais $\boldsymbol{D}_L$ e $\boldsymbol{D}_L^{-1}$ relacionadas com uma disposição esférica ideal são derivados abaixo. Finalmente, estes requisitos são os

seguintes:

[0051] (1) a matriz de renderização $\boldsymbol{D_L}$ deve ser invertida, isto é, $\boldsymbol{D_L^{-1}}$ precisa existir;

[0052] (2) a soma de amplitudes no domínio espacial deve ser refletida como a ordem zero de coeficientes HOA depois que espacial para domínio HOA se transforma, e deve ser preservada após uma subsequente transformação para o domínio espacial (requisito de amplitude); e

[0053] (3) a energia do sinal espacial deve ser preservada quando se transformando para o domínio HOA e de volta para o domínio espacial (requisito de conservação de energia).

[0054] Mesmo para traçados de renderização ideais, requisitos 2 e 3 parecem estar em contradição uns com os outros. Quando se utiliza uma abordagem simples para derivar as matrizes de transformação DSHT, tais como aqueles conhecidos a partir da técnica anterior, apenas um ou o outro dos requisitos (2) e (3) podem ser cumpridos sem erro. Cumprindo um dos requisitos (2) e (3) sem erro resulta em erros superiores a 3dB um para o outro. Isso geralmente leva a artefatos sonoros. Um método para ultrapassar este problema é descrito no que se segue.

[0055] Em primeiro lugar, um traçado esférico ideal com $L = (N+1)^2$ é selecionado. As L direções das posições dos alto-falantes (virtuais) são dadas por $\boldsymbol{\Omega}_l$ e a matriz de modo relacionada é denotado como $\boldsymbol{\Psi_L} = [\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_1), \ldots, \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_l),\ \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_L)]^T$. Cada $\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_l)$ é um vetor de modo que contém as harmônicas esféricas de direção $\boldsymbol{\Omega}_l$. L ganhos de quadratura relacionados com as posições de traçados esféricos estão montados no vetor $\boldsymbol{q}$. Estes ganhos de quadratura classificam a área esférica em torno de tais posições e todos somam

um valor de 4π relacionados com a superfície de uma esfera com um raio de um.

[0056] Uma primeira matriz de renderização protótipo $\tilde{\boldsymbol{D}}_L$ é derivada

$$\tilde{\boldsymbol{D}}_L = diag(\boldsymbol{q}) \frac{\boldsymbol{\Psi}_L}{L}.$$

[0057] Note-se que a divisão por L pode ser omitida devido a uma etapa de normalização tardia (ver abaixo).

[0058] Em segundo lugar, uma decomposição em valores singulares compacta é realizada: $\tilde{\boldsymbol{D}}_L = \boldsymbol{USV}^T$ e uma segunda matriz protótipo é derivada

$$\hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_L = \boldsymbol{UV}^T.$$

[0059] Em terceiro lugar, a matriz protótipo é normalizada:

$$\breve{\boldsymbol{D}}_L = \frac{\hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_L}{\left\| \hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_L \right\|_k},$$

onde k denota o tipo de norma da matriz. Dois tipos de norma da matriz mostram igualmente bom desempenho. Ou o $k = 1$ norma ou a norma de Frobenius deve ser utilizada. Esta matriz cumpre o requisito 3 (preservação de energia).

[0060] Em quarto lugar, na última etapa, o erro de Amplitude para cumprir o requisito 2 é substituído:

Fileira-vetor $\boldsymbol{e}$ é calculada $\boldsymbol{e} = -\frac{\mathbf{1}_L^T \breve{\boldsymbol{D}}_L - [1,0,0,..,0]}{\mathrm{L}}$, onde $[1,0,0,..,0]$ é uma fileira vetor de $(N+1)^2$ todos os elementos zero, exceto para o primeiro elemento com um valor de $\mathbf{1}_L^T \breve{\boldsymbol{D}}_L$ um. denota a soma das fileiras vetores de $\breve{\boldsymbol{D}}_L$. A matriz de renderização $\boldsymbol{D}_L$ agora é derivada

através da substituição do erro de amplitude:

$$\boldsymbol{D}_L = \breve{\boldsymbol{D}}_L + [\boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, ..]^T,$$

onde vetor $\boldsymbol{e}$ é adicionado a cada fileira de $\breve{\boldsymbol{D}}_L$. Esta matriz cumpre requisito 2 e requisito 3. Os primeiros elementos de fileira de $\boldsymbol{D}_L^{-1}$ todos se tornam um.

[0061] A seguir, requisitos pormenorizados para a DRC são explicados.

[0062] Primeiro, L_L ganhos idênticos com um valor de g_1 aplicada no domínio espacial é igual para aplicar o ganho g_1 aos coeficientes HOA:

$$\boldsymbol{D}_L^{-1}\boldsymbol{g}\,\boldsymbol{W}_L = \boldsymbol{D}_L^{-1} g_1 \boldsymbol{I}\,\boldsymbol{D}_L\boldsymbol{B} = g_1\boldsymbol{D}_L^{-1}\boldsymbol{D}_L\boldsymbol{B} = g_1\boldsymbol{B}$$

[0063] Isto leva ao requisito: $\boldsymbol{D}_L^{-1}\boldsymbol{D}_L = \boldsymbol{I}$, o que significa que $L = (N+1)^2$ e $\boldsymbol{D}_L^{-1}$ precisa de existir (trivial).

[0064] Em segundo lugar, analisar o sinal de soma no domínio espacial é igual a analisar o componente HOA de ordem zero. Analisadores DRC utilizam a energia dos sinais, bem como a sua amplitude. Assim, o sinal de soma está relacionado com amplitude e energia.

[0065] O modelo de sinal de HOA: $\boldsymbol{B} = \boldsymbol{\Psi}_e\boldsymbol{X}_s$, $\boldsymbol{X}_s \epsilon \mathbb{R}^{S\,x\,\tau}$ é uma matriz de S sinais direcionais; $\boldsymbol{\Psi}_e = [\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_1), \ldots, \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_s),\ \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_S)]$ é uma matriz de modo N3D relacionada com as instruções $\boldsymbol{\Omega}_1$, .., $\boldsymbol{\Omega}_s$. O vetor de modo $\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_s) = [Y_0^0(\boldsymbol{\Omega}_s), Y_1^{-1}(\boldsymbol{\Omega}_s), \ldots Y_N^N(\boldsymbol{\Omega}_s)]^T$ é montado fora do Spherical Harmonics. Em notação N3D o componente de ordem zero $Y_0^0(\boldsymbol{\Omega}_s) = 1$ é independente da direção.

[0066] O componente de sinal de ordem zero HOA deve tornar-se a soma dos sinais direcionais $\boldsymbol{b}_o = [b_1(1), b_1(2), \ldots, b_1(T)] = \boldsymbol{1}_S^T\boldsymbol{X}_s$ de

modo a refletir a amplitude correta do sinal de $\mathbf{1}_S$ soma. é um vetor montado fora do S elementos com um valor de 1.

[0067] A energia dos sinais direcionais é preservada nesta mistura porque $\mathscr{b}_o\mathscr{b}_o^T = \mathbf{1}_S^T\boldsymbol{X}_s\boldsymbol{X}_s^T\mathbf{1}_S$. Isto simplificaria a $\sum_{s=1}^{S}\sum_{t=1}^{\tau}X_{s,t}^2 = \left||\boldsymbol{X}_s|\right|_{fro}^2$ se os sinais $\boldsymbol{X}_s$ não são correlacionados.

[0068] A soma das amplitudes no domínio espacial é dada pela $\mathbf{1}_L^T\boldsymbol{W}_L = \mathbf{1}_L^T\boldsymbol{D}_L\boldsymbol{\Psi}_e\boldsymbol{X}_s = \mathbf{1}_L^T\boldsymbol{M}_L\boldsymbol{X}_s$ com matriz de panning HOA $\boldsymbol{M}_L = \boldsymbol{D}_L\boldsymbol{\Psi}_e$.

[0069] Isto se torna $\mathscr{b}_o = \mathbf{1}_S^T\boldsymbol{X}_s$ para $\mathbf{1}_L^T\boldsymbol{M}_L = \mathbf{1}_L^T\boldsymbol{D}_L\boldsymbol{\Psi}_e = \mathbf{1}_S^T$. Este último requisito pode ser comparado com a soma das amplitudes requisito, por vezes utilizadas em filtração como VBAP. Empiricamente, pode ser visto que isto pode ser conseguido em boa aproximação para configurações de alto-falantes esféricos muito simétricos com $\boldsymbol{D}_L = \boldsymbol{\Psi}_e^{-1}$, porque encontramos: $\mathbf{1}_L^T\boldsymbol{D}_L \approx [1,0,0,..,0] \implies \mathbf{1}_L^T\boldsymbol{D}_L\boldsymbol{\Psi}_e \approx [Y_0^0(\boldsymbol{\Omega}_1),\ldots Y_0^0(\boldsymbol{\Omega}_S)] = \mathbf{1}_S^T$. O requisito de amplitude pode então ser alcançado dentro da precisão necessária.

[0070] Isto também assegura que a necessidade de energia para o sinal de soma pode ser satisfeita:

[0071] A soma de energia no domínio espacial é dada por: $\mathbf{1}_L^T\boldsymbol{W}_L\boldsymbol{W}_L^T\mathbf{1}_L = \mathbf{1}_L^T\boldsymbol{M}_L\boldsymbol{X}_s\boldsymbol{X}_s^T\boldsymbol{M}_L\mathbf{1}_L$ que se tornaria, em boa aproximação $\mathbf{1}_S^T\boldsymbol{X}_s\boldsymbol{X}_s^T\mathbf{1}_S$, a existência de uma configuração de alto-falante simétrica requerida ideal.

[0072] Isto leva ao requisito: $\mathbf{1}_L^T\boldsymbol{D}_L \simeq [1,0,0,..,0]$ e, além disso a partir do modelo de sinal pode-se concluir que a fileira superior $\boldsymbol{D}_L^{-1}$ precisa ser $[1,1,1,1, ..]$, isto é, um vetor de comprimento L com "um"

elementos) a fim de que o sinal de ordem zero re-codificado mantém amplitude e energia.

[0073] Em terceiro lugar, a preservação de energia é um pré-requisito: A energia do sinal $\boldsymbol{x}_s \in \mathbb{R}^{1x\tau}$ deve ser preservada após a conversão para HOA e renderização espacial para alto-falantes independentes da direção do sinal $\boldsymbol{\Omega}_s$. Isto leva a $||\boldsymbol{D}_L \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_s)||_2^2 = 1$. Isto pode ser conseguido por modelação $\boldsymbol{D}_L$a partir de matrizes de rotação e uma matriz de ganho diagonal: $\boldsymbol{D}_L = \boldsymbol{U}\boldsymbol{V}^T\, diag(\boldsymbol{a})$ (a dependência da direção $(\boldsymbol{\Omega}_s)$ foi removida para maior clareza)**:**

$||\boldsymbol{D}_L \boldsymbol{\varphi}||_2^2 = \boldsymbol{\varphi}^T \boldsymbol{D}_L^T \boldsymbol{D}_L \boldsymbol{\varphi} = \boldsymbol{\varphi}^T diag(\boldsymbol{a}) \boldsymbol{V}\boldsymbol{U}^T \boldsymbol{U}\boldsymbol{V}^T diag(\boldsymbol{a}) \boldsymbol{\varphi} = \boldsymbol{\varphi}^T diag(\boldsymbol{a})^2 \boldsymbol{\varphi} = \sum_{o=1}^{(N+1)^2} a_o^2\, \varphi_o^2 \equiv 1$

[0074] Para Harmônicos esféricos, $\varphi_o^2 = Y_n^{m\,2}(\boldsymbol{\Omega}_s) = 1$de modo que todos os ganhos a_o^2 relacionados a $||\boldsymbol{D}_L||_{fro}^2 = \sum_{o=1}^{(N+1)^2} a_o^2 = 1$ que satisfariam a equação. Se todos os ganhos são selecionados iguais, isto leva a $a_o^2 = (N+1)^{-2}$. O requerimento $\boldsymbol{V}\boldsymbol{V}^T = 1$ pode ser conseguido, por $L \geq (N+1)^2$ e apenas ser aproximado para $L < (N+1)^2$.)

[0075] Isto leva ao requisito: $\boldsymbol{D}_L^T\, \boldsymbol{D}_L = diag(\boldsymbol{a})^2$com $\sum_{o=1}^{(N+1)^2} a_o^2 = 1$.

[0076] Como um exemplo, um caso com posições esféricas ideais (por ordens HOA N=1 a N=3) é descrito nos seguintes (Tabs.1-3). Posições esféricas ideais para novas ordens HOA (N=4 a N=6) são descritas mais abaixo (Tabs.4 a 6). Todas as posições mencionadas abaixo são derivadas a partir de posições modificadas publicadas em [1]. O método para derivar essas posições e ganhos de quadratura/cubagem relacionados foi publicado em [2]. Nestes quadros, o azimute é medido sentido anti-horário da direção frontal

relacionada com a posição de escuta e a inclinação é medida a partir do eixo z com uma inclinação de 0 estando acima da posição de audição.

Posições N=1

Posição esférica $\boldsymbol{\Omega_l}$		q
Inclinaçãoθ /raio	Azimuteϕ /raio	Ganhos de quadratura
0,33983655	3,14159265	3,14159271
1,57079667	0,00000000	3,14159267
2,06167886	1,95839324	3,14159262
2,06167892	-1,95839316	3,14159262

a)

$\boldsymbol{D_L}$:

0,2500 -0,0000 0,4082 -0,1443

0,2500 0,0000 -0,0000 0,4330

0,2500 0,3536 -0,2041 -0,1443

0,2500 -0,3536 -0,2041 -0,1443

b)

Tab.1: a) Posições esféricas de alto-falantes virtuais para ordem HOA N=1, e b) matriz de renderização para transformação espacial (DSHT)

Posições N=2

Posição esférica $\boldsymbol{\Omega_l}$		q
Inclinaçãoθ /raio	Azimuteϕ /raio	Ganhos de quadratura
1,57079633	0,00000000	1,41002219
2,35131567	3,14159265	1,36874571
1,21127801	-1,18149779	1,36874584
1,21127606	1,18149755	1,36874598
1,31812905	-2,45289512	1,41002213
0,00975782	-0,00009218	1,41002214
1,31812792	2,45289621	1,41002230
2,41880319	1,19514740	1,41002223
2,41880555	-1,19514441	1,41002209

a)

D_L:

0,1117	0,0000	0,0067	0,2001	0,0000	-0,0000	-0,0931	-0,0078	0,2235
0,1099	-0,0000	-0,1237	0,1249	-0,0000	0,0000	0,0486	0,2399	0,0889
0,1099	-0,1523	0,0619	0,0625	-0,1278	-0,1266	-0,0850	0,0841	-0,1455
0,1099	0,1523	0,0619	0,0625	0,1278	0,1266	-0,0850	0,0841	-0,1455
0,1117	-0,1272	0,0450	-0,1479	0,1938	-0,0427	-0,0898	-0,1001	0,0350
0,1117	-0,0000	0,2001	0,0086	0,0000	-0,0000	0,2402	-0,0040	0,0310
0,1117	0,1272	0,0450	-0,1479	-0,1938	0,0427	-0,0898	-0,1001	0,0350
0,1117	0,1272	-0,1484	0,0436	0,0408	-0,1942	0,0769	-0,0982	-0,0612
0,1117	-0,1272	-0,1484	0,0436	0,0408	0,1942	0,0769	-0,0982	-0,0612

b)

Tab.2: a) Posições esféricas de alto-falantes virtuais para ordem HOA N=2 e b) matriz de renderização resultante para transformação espacial (DSHT)

Posições N=3

Posição esférica Ω_l		q_l
Inclinaçãoθ /raio	Azimuteϕ /raio	Ganhos de quadratura
0,49220083	0,00000000	0,75567412
1,12054210	-0,87303924	0,75567398
2,52370429	-0,05517088	0,75567401
2,49233024	-2,15479457	0,87457076
1,57082248	0,00000000	0,87457075
2,02713647	1,01643753	0,75567388
1,61486095	-2,60674413	0,75567396
2,02713675	-1,01643766	0,75567398
1,08936018	2,89490077	0,75567412
1,18114721	0,89523032	0,75567399
0,65554353	1,89029902	0,75567382
1,60934762	1,91089719	0,87457082
2,68498672	2,02012831	0,75567392
1,46575084	-1,76455426	0,75567402
0,58248614	-2,22170415	0,87457060
2,00306837	2,81329239	0,75567389

Tab 3 a): Posições esféricas de alto-falantes virtuais para ordem HOA N=3

D_L:

0,061457	0,000075	0,093499	0,050400	0,000027	0,000060	0,091035	0,098988	0,026750	0,019405	0,001461	0,003133	0,065741	0,124248	0,086602	0,029345
0,061457	0,073257	0,046432	0,061316	0,094748	0,071487	0,029426	0,059688	0,016892	0,055360	0,097812	0,010980	0,082425	0,007027	0,048502	0,080998
0,061457	0,003584	0,086661	0,061312	0,004319	0,006362	0,068273	0,111895	0,039506	0,008330	0,001142	0,027428	0,044323	0,125349	0,097700	0,021534
0,065628	0,057573	0,090918	0,038050	0,042921	0,102558	0,066570	0,067780	0,018289	0,008866	0,087449	0,104655	0,011720	0,061567	0,025778	0,023749
0,065628	0,000000	0,000003	0,114142	0,000000	0,000000	0,073690	0,000007	0,127634	0,002742	0,000000	0,010620	0,012464	0,093807	0,009642	0,121106
0,061457	0,081011	0,046687	0,050396	0,085735	0,079893	0,028706	0,049469	0,042390	0,016897	0,101358	0,003784	0,101201	0,012537	0,040833	0,076613
0,061457	0,054202	0,004471	0,091238	0,104013	0,005102	0,068089	0,008829	0,056943	0,149185	0,004553	0,050065	0,007556	0,060425	0,003395	0,002394
0,061457	0,080936	0,046816	0,050396	0,085707	0,079834	0,028795	0,049516	0,042442	0,030388	0,099898	0,015986	0,082103	0,014540	0,065488	0,078162
0,061457	0,023227	0,049179	0,091237	0,044356	0,023858	0,024641	0,094498	0,082023	0,072649	0,042376	0,007211	0,082403	0,008618	0,112746	0,042512
0,061457	0,076842	0,040224	0,061316	0,099067	0,065125	0,038969	0,052207	0,022402	0,028674	0,096668	0,032684	0,098253	0,008594	0,028068	0,082210
0,061457	0,061293	0,084298	0,020472	0,026210	0,108838	0,060891	0,036183	0,035381	0,026726	0,058661	0,111083	0,035312	0,053574	0,087737	0,014123
0,065628	0,107524	0,004399	0,038047	0,080156	0,009268	0,073361	0,003280	0,099081	0,064714	0,014164	0,085660	0,004839	0,038775	0,016889	0,101473
0,061457	0,042357	0,095230	0,020477	0,018235	0,084766	0,096995	0,040799	0,014532	0,025100	0,058531	0,110659	0,076710	0,053780	0,056883	0,013978
0,061457	0,103651	0,010933	0,020474	0,044445	0,024073	0,066259	0,004608	0,108789	0,127480	0,000140	0,071265	0,019816	0,026559	0,016573	0,076201
0,065628	0,049951	0,095320	0,038045	0,037235	0,093290	0,080481	0,071053	0,010264	0,018490	0,073275	0,097597	0,032029	0,080959	0,030699	0,008722
0,061457	0,030975	0,044701	0,091239	0,059658	0,028961	0,032307	0,085658	0,077606	0,084920	0,037824	0,010382	0,084083	0,002412	0,102187	0,047341

b)

Tab.3 b): matriz de renderização resultante para transformação espacial (DSHT)

[0077] A quadratura numérica do termo é muitas vezes abreviada para quadratura e é bastante sinônimo de *integração numérica*, especialmente conforme aplicada a integrais 1-dimensional. integração numérica ao longo de mais de uma dimensão é chamada de cubagem aqui.

[0078] Cenários de aplicação típicos para aplicar ganhos DRC a

sinais HOA estão apresentados na Figura5, conforme descrito acima. Para aplicações de conteúdo mistos, tais como por exemplo HOA mais Objetos de Áudio, aplicação de ganho DRC pode ser realizada em pelo menos duas maneiras para renderização flexível.

[0079] Figura 6 mostra exemplificativamente o processamento de Compressão da Gama Dinâmica (DRC) no lado do decodificador. Na Figura6 a), a DRC é aplicada antes de renderização e mistura. Na Fig 6 b), DRC é aplicada aos sinais de alto-falantes, isto é, após renderização e mistura.

[0080] Em Figura 6a), os ganhos DRC são aplicadas a Objetos de Áudio e HOA separadamente: ganhos DRC são aplicados a Objetos Áudio em um bloco DRC de Objeto de Áudio 610, e os ganhos DRC são aplicados a HOA em um bloco DRC HOA 615. Aqui a realização do bloco DRC HOA bloco 615 corresponde a um daqueles na Figura5. Na Figura 6b), um único ganho é aplicado a todos os canais de sinal de mistura do HOA renderizado e de sinais de Objeto de Áudio renderizados. Aqui nenhuma ênfase espacial e atenuação são possíveis. O ganho DRC relacionado não pode ser criado através da análise do sinal de soma da mistura renderizada, porque traçado do alto-falante do site do consumidor não é conhecido no momento da criação no local de criação de transmissão ou conteúdo. O ganho DRC pode ser derivado analisando-se $\boldsymbol{y}_m \, \epsilon \mathbb{R}^{1\mathrm{x}\tau}$ onde $\boldsymbol{y}_m$ é uma mistura do sinal HOA de ordem zero $\boldsymbol{b}_{\mathrm{w}}$ e a sub-mistura mono de S Objetos de Áudio $\boldsymbol{x}_s$:

$$\boldsymbol{y}_{\mathrm{m}} = \boldsymbol{b}_o + \sum_{\mathrm{s}=1}^{\mathrm{S}} \boldsymbol{x}_{\mathrm{s}} \, .$$

[0081] No que se segue, são descritos mais detalhes sobre a solução divulgada.

[0082] DRC para Conteúdo HOA

[0083] DRC é aplicada ao sinal HOA antes da renderização, ou pode ser combinada com renderização. DRC para HOA pode ser aplicada no domínio do tempo ou no domínio do banco QMF-filtro.

[0084] Para DRC no Domínio do Tempo, o decodificador DRC fornece $(N+1)^2$ valores de ganho $\boldsymbol{g}_{drc} = \left[g_1, .., g_{(N+1)^2}\right]^T$ de acordo com o número de canais de coeficiente HOA do sinal HOA $\boldsymbol{c}$. N é a ordem HOA.

[0085] Ganhos DRC são aplicados aos sinais HOA de acordo com:

$$\boldsymbol{c}_{drc} = \boldsymbol{D}_L^{-1} diag(\boldsymbol{g}_{drc}) \boldsymbol{D}_L \, \boldsymbol{c}$$

onde $\boldsymbol{c}$ é um vetor de amostra única de coeficientes HOA ($\boldsymbol{c} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times 1}$), e $\boldsymbol{D}_L \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times (N+1)^2}$ o seu inverso $\boldsymbol{D}_L^{-1}$ são matrizes relacionadas a uma Transformação Discreta de Harmônicos Esféricos (DSHT) otimizados para fins DRC.

[0086] Em uma modalidade, pode ser vantajoso para diminuir a carga computacional pelas $(N+1)^4$ operações por amostra, para incluir a etapa de renderização e calcular os sinais de alto-falante diretamente por: $\boldsymbol{w}_{drc} = \left(\boldsymbol{D}\, \boldsymbol{D}_L^{-1}\right) \left(diag(\boldsymbol{g}_{drc}) \boldsymbol{D}_L\right) \boldsymbol{c}$, onde $\boldsymbol{D}$ é a matriz de renderização e $\left(\boldsymbol{D}\, \boldsymbol{D}_L^{-1}\right)$ pode ser pré-calculada.

[0087] Se todos os ganhos $\mathbf{g_1}, .., \mathbf{g}_{(N+1)^2}$ tem o mesmo valor de $\mathbf{g_{drc}}$, conforme no modo simplificado, um único grupo de ganho foi utilizado para transmitir o codificador de ganhos DRC. Este caso pode ser apanhado pelo decodificador DRC, porque neste caso não é necessário o cálculo do filtro espacial, para que o cálculo simplifique a:

$$\mathbf{c}_{\mathbf{drc}} = \mathrm{g}_{\mathbf{drc}} \mathbf{c}.$$

[0088] A descrição acima descreve como obter e aplicar os valores

de ganho DRC. No que se segue, é descrito o cálculo de matrizes DSHT para DRC.

[0089] Na sequência, $\boldsymbol{D}_{\mathrm{L}}$ é renomeado para $\boldsymbol{D}_{\mathrm{DSHT}}$. As matrizes para determinar o filtro espacial $\boldsymbol{D}_{DSHT}$ e o seu inverso $\boldsymbol{D}_{DSHT}^{-1}$ são calculadas da seguinte forma:

[0090] Um conjunto de posições esféricas $\mathfrak{D}_{DSHT} = [\boldsymbol{\Omega}_1, \boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{l}}, \ldots, \boldsymbol{\Omega}_{(\mathrm{N}+1)^2}]$ com $\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{l}} = [\theta_l, \phi_l]^T$ e ganhos de quadratura (cubagem) relacionados $\boldsymbol{q} \epsilon \mathbb{R}^{(N+1)^2 \mathrm{x}\, 1}$ são selecionados, indexados pela ordem HOA a N partir das Tabelas 1 a 4. Um modo de matriz $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}$ relacionadas a estas posições é calculado conforme descrito acima. Isto é, o modo de matriz $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}$ compreende vetores modo de acordo $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT} = [\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_1), \ldots, \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{l}}), \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_{(N+1)^2})]$ com com cada $\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{l}})$ sendo um vetor modo que contem harmônicos esféricos de uma direção predefinida $\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{l}}$ com $\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{l}} = [\theta_l, \phi_l]^T$. A direção predefinida depende da ordem HOA N, de acordo com a Tab.1 a 6 (exemplificativamente para 1≤N≤6). Uma primeira matriz protótipo é calculada pela $\tilde{\boldsymbol{D}}_1 = diag(\boldsymbol{q}) \frac{\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}{}^T}{(N+1)^2}$ (a divisão por (N+1)^2 pode ser ignorada devido a uma posterior normalização). Uma decomposição em valores singulares compactos é realizada $\tilde{\boldsymbol{D}}_1 = \boldsymbol{USV}^T$ e uma nova matriz protótipo é calculado por: $\widehat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2 = \boldsymbol{UV}^T$. Esta matriz é normalizada por: $\breve{\boldsymbol{D}}_2 = \frac{\widehat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2}{\left\|\widehat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2\right\|_{fro}}$. Uma fileira-vetor $\boldsymbol{e}$ é calculado por $\boldsymbol{e} = -\frac{\mathbf{1}_L^T \breve{\boldsymbol{D}}_2 - [1,0,0,\ldots,0]}{(\mathrm{N}+1)^2}$, onde $[1,0,0,..,0]$ é uma fileira vetor de $(N+1)^2$ todos os elementos zero, exceto para o primeiro elemento com um valor de um. $\mathbf{1}_L^T \breve{\boldsymbol{D}}_2$

denota a soma das linhas de $\breve{\boldsymbol{D}}_2$. A matriz DSHT otimizada $\boldsymbol{D}_{DSHT}$agora é derivada por: $\boldsymbol{D}_{DSHT} = \breve{\boldsymbol{D}}_2 + [\boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, ..]^T$. verificou-se que, se $-\boldsymbol{e}$ é utilizado em vez de $\boldsymbol{e}$, a invenção fornece resultados um pouco piores, mas ainda utilizáveis.

[0091] Para DRC no domínio banco QMF-filtro, aplica-se o seguinte.

[0092] O decodificador DRC fornece um valor de ganho $g_{ch}(n,m)$ para cada tile de frequência de tempo n,m para $(N+1)^2$ canais espaciais. Os ganhos para o tempo de intervalo n e banda de frequência m são dispostos em $\boldsymbol{g}(n,m) \epsilon \mathbb{R}^{(N+1)^2 \mathrm{x}\, 1}$.

[0093] Multibanda DRC é aplicado no domínio banco QMF Filtros. As etapas de processamento são mostradas na Fig 7. O sinal HOA reconstruído é transformado no domínio espacial por (DSHT inversa): $\boldsymbol{W}_{DSHT} = \boldsymbol{D}_{DSHT}\boldsymbol{C}$, onde $\boldsymbol{C} \epsilon \mathbb{R}^{(N+1)^2 \mathrm{x}\, \tau}$ é um bloco de τ amostras HOA e $\boldsymbol{W}_{DSHT} \epsilon \mathbb{R}^{(N+1)^2 \mathrm{x}\, \tau}$ é um bloco de amostras espaciais correspondentes a granularidade de tempo de entrada do banco de filtros QMF. Em seguida, o banco de filtros de análise QMF é aplicado. Deixe $\widehat{\boldsymbol{w}}_{DSHT}(n,m) \epsilon \mathbb{C}^{(N+1)^2 \mathrm{x}\, 1}$ denotar um vetor de canais espaciais por tile de frequência de tempo (n,m). Em seguida, os ganhos DRC são aplicados: $\breve{\boldsymbol{w}}_{DRC}(n,m) = diag\big(\boldsymbol{g}(n,m)\big)\widehat{\boldsymbol{w}}_{DSHT}(n,m)$.

[0094] Para minimizar a complexidade computacional, o DSHT e renderizando a canais de alto-falantes são combinados: $\boldsymbol{w}(n,m) = \boldsymbol{D}\, \boldsymbol{D}_{DSHT}^{-1} \breve{\boldsymbol{w}}_{DRC}(n,m)$, onde $\boldsymbol{D}$ denota a matriz de renderização HOA. Os sinais de QMF, em seguida, podem ser alimentados ao mixer para posterior processamento.

[0095] A Figura7 mostra DRC para HOA no domínio QMF

combinado com uma etapa de renderização.

[0096] Se apenas um grupo de ganho único para DRC tem sido utilizado este deve ser marcado pelo decodificador DRC porque mais uma vez simplificações computacionais são possíveis. Neste caso, os ganhos no vetor $\boldsymbol{g}(n,m)$ compartilham todos o mesmo valor de $g_{DRC}(n,m)$. O banco de filtros QMF pode ser diretamente aplicado ao sinal HOA e o ganho $g_{DRC}(n,m)$ pode ser multiplicado no domínio do banco de filtros.

[0097] Figura 8 mostra DRC para HOA no domínio QMF (um domínio de filtro de um Filtro de Espelho de Quadratura) combinado com uma etapa de renderização, com simplificações computacionais para o caso simples de um único grupo de ganho DRC.

[0098] Conforme ficou aparente na visão acima, em uma modalidade a invenção refere-se a um método para a aplicação de fatores de ganho de Compressão de Gama Dinâmica a um sinal HOA, o método compreendendo etapas para receber um sinal HOA e um ou mais fatores de ganho, transformando 40 o sinal HOA no domínio espacial, em que um iDSHT é utilizado com uma matriz de transformação obtida a partir de posições esféricas de alto-falantes virtuais e ganhos de quadratura q, e em que um sinal HOA transformado é obtido, multiplicando os fatores de ganho com o sinal HOA transformado, em que um sinal HOA transformado comprimido de gama dinâmica é obtido e transformar o sinal HOA transformado comprimido de gama dinâmica de volta ao domínio HOA sendo um domínio coeficiente e utilizando uma Transformação Discreta de Harmônicos Esféricos (DSHT), em que um sinal HOA comprimido de gama dinâmica é obtido.

[0099] Além disso, a matriz de transformação é calculada de

acordo com $\boldsymbol{D}_{DSHT} = \breve{\boldsymbol{D}}_2 + [\boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, ..]^T$ em que $\breve{\boldsymbol{D}}_2 = \frac{\hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2}{\left\|\hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2\right\|_{fro}}$ é uma versão normalizada de $\hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2 = \boldsymbol{U}\boldsymbol{V}^T$ com U, V obtido a partir de $\tilde{\boldsymbol{D}}_1 = \boldsymbol{U}\boldsymbol{S}\boldsymbol{V}^T = diag(\boldsymbol{q})\frac{\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}}{(N+1)^2}$, com $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}$ estando a matriz de modo transposto dos harmônicos esféricos relacionada com as posições esféricas usadas de alto-falantes virtuais e $\boldsymbol{e}^T$ sendo uma versão transposta de $\boldsymbol{e} = -\frac{\mathbf{1}_L^T\breve{\boldsymbol{D}}_2 - [1,0,0,..,0]}{(N+1)^2}$.

[00100] Além disso, em uma modalidade a invenção refere-se a um dispositivo para a aplicação de fatores de ganho DRC a um sinal HOA, o dispositivo compreende um processador ou um ou mais elementos de processamento adaptados para receber um sinal HOA e um ou mais fatores de ganho, transformando 40 o sinal HOA no domínio espacial, em que um iDSHT é utilizado com uma matriz de transformação obtida a partir de posições esféricas de alto-falantes virtuais e ganhos de quadratura q, e em que um sinal HOA transformado é obtido, multiplicando os fatores de ganho com o sinal HOA transformado, em que um sinal HOA transformado comprimido de gama dinâmica é obtido e transformar o sinal HOA transformado comprimido de gama dinâmica de volta para o domínio HOA sendo um domínio coeficiente e usando um Transformada de Harmônicos Esféricos Discreta (Discrete Spherical Harmonics Transform - DSHT), em que um sinal HOA comprimido de gama dinâmica é obtido. Além disso, a matriz de transformação é calculada de acordo com $\boldsymbol{D}_{DSHT} = \breve{\boldsymbol{D}}_2 + [\boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, ..]^T$ em que $\breve{\boldsymbol{D}}_2 = \frac{\hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2}{\left\|\hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2\right\|_{fro}}$ é uma versão normalizada de $\hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2 = \boldsymbol{U}\boldsymbol{V}^T$ com U, V obtido a partir de $\tilde{\boldsymbol{D}}_1 = \boldsymbol{U}\boldsymbol{S}\boldsymbol{V}^T = diag(\boldsymbol{q})\frac{\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}}{(N+1)^2}$, com $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}$ estando a matriz de modo

transposto dos harmônicos esféricos relacionada com as posições esféricas usadas de alto-falantes virtuais e $\boldsymbol{e}^T$ sendo uma versão transposta de $\boldsymbol{e} = -\frac{\mathbf{1}_L^T \breve{\boldsymbol{D}}_2 - [1,0,0,..,0]}{(N+1)^2}$.

[00101] Além disso, em uma modalidade a invenção refere-se a um meio de armazenamento legível por computador que tem instruções executáveis por computador que, quando executadas em um computador, fazem com que o computador execute um método para a aplicação de fatores de ganho de Compressão de Gama Dinâmica a um sinal Ambisonics de Ordem Superior (HOA), o método compreende a recepção de um sinal HOA e um ou mais fatores de ganho, transformando 40 o sinal HOA no domínio espacial, em que um iDSHT é utilizado com uma matriz de transformação obtida a partir de posições esféricas de altifalantes e ganhos em quadratura virtual q, e em que um sinal HOA transformado é obtido, multiplicando os fatores de ganho com o sinal HOA transformado, em que sinal HOA transformado comprimido de gama dinâmica é obtido, e transformar o sinal HOA transformado comprimido de gama de volta para o domínio HOA sendo um domínio de coeficiente e usando um Transformada de Harmônicos Esféricos Discreta (DSHT), em que é obtido um sinal HOA comprimido de gama dinâmica. Além disso, a matriz de transformação é calculada de acordo $\boldsymbol{D}_{DSHT} = \breve{\boldsymbol{D}}_2 + [\boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, ..]^T$ com em que $\breve{\boldsymbol{D}}_2 = \frac{\tilde{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2}{\left\|\tilde{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2\right\|_{fro}}$ é uma versão normalizada de $\hat{\boldsymbol{D}}_2 = \boldsymbol{U}\boldsymbol{V}^T$ com U, V obtido a partir $\tilde{\boldsymbol{D}}_1 = \boldsymbol{U}\boldsymbol{S}\boldsymbol{V}^T = diag(\boldsymbol{q})\frac{\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}}{(N+1)^2}$ de , com $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}$ estando a matriz de modo transposto dos harmônicos esféricos relacionada com as posições esféricas usadas de alto-falantes virtuais e $\boldsymbol{e}^T$ sendo uma versão transposta de $\boldsymbol{e} = -\frac{\mathbf{1}_L^T \breve{\boldsymbol{D}}_2 - [1,0,0,..,0]}{(N+1)^2}$.

[00102] Além disso, em uma modalidade a invenção refere-se a um método para a realização de DRC em um sinal HOA, o método compreende as etapas de configurar ou determinar um modo, o modo sendo um modo simplificado ou um modo não simplificado, no modo não simplificado, transformar o sinal HOA no domínio espacial, no qual um DSHT inverso é usado, no modo não simplificado, analisar o sinal HOA transformado e, no modo simplificado, analisar o sinal HOA, obtendo, dos resultados da análise referida, um ou mais fatores de ganho que são utilizáveis para compressão dinâmica, em que apenas um fator de ganho é obtido no modo simplificado e no qual dois ou mais fatores de ganho diferente são obtidos no modo não simplificado, no modo simplificado multiplicando o fator de ganho obtido com o sinal HOA, em que um sinal HOA comprimido de ganho é obtido, no modo não simplificado, multiplicando os fatores de ganho obtidos com o sinal HOA transformado, no qual um sinal HOA transformado comprimido de ganho é obtido e transformar o sinal HOA transformado comprimido de ganho de volta ao domínio HOA, em que um ganho de sinal HOA comprimido é obtido.

[00103] Em uma modalidade, o método compreende ainda as etapas de receber uma indicação que indica um modo simplificado ou um modo não simplificado, selecionando um modo não simplificada se a referida indicação indica modo não simplificado e selecionando um modo simplificado, se a referida indicação indica modo simplificado, em que as etapas de transformar o sinal HOA no domínio espacial e transformar o sinal HOA transformado comprimido de gama dinâmica de volta para o domínio HOA é feitos apenas no modo não simplificada, e em que no modo simplificado apenas um fator de ganho é multiplicado com o sinal de HOA.

[00104] Em uma modalidade, o método compreende ainda as etapas de, no modo simplificado, analisar o sinal HOA e no modo não

simplificado analisar o sinal HOA transformado, em seguida, obter, a partir dos resultados da referida análise, um ou mais fatores de ganho que são utilizáveis para a compressão de gama dinâmica, em que, no modo não simplificado, dois ou mais diferentes fatores de ganho são obtidos e no modo simplificado é obtido apenas um fator de ganho, em que no modo simplificado um sinal HOA comprimido de ganho é obtido pela referida operação de multiplicar o fator de ganho obtido com o sinal HOA, e em que, no modo de não simplificado o referido sinal HOA transformado comprimido de ganho é obtido multiplicando os dois ou mais fatores de ganho obtidos com o sinal HOA transformado e em que, no modo não simplificado a referida operação de transformar o sinal HOA para o domínio espacial utiliza uma DSHT inversa.

[00105] Em uma modalidade, o sinal HOA é dividido em sub bandas de frequência, e o(s) fator (es) de ganho é (são) obtido(s) e aplicado(s) a cada sub banda de frequência separada, com ganhos individuais por sub banda. Em uma modalidade, as etapas de analisar o sinal HOA (ou sinal HOA transformado), obtendo-se um ou mais fatores de ganho, multiplicando o(s) fator(es) de ganho obtido(s) com o sinal HOA (ou sinal HOA transformado), e transformando sinal HOA transformado comprimido de ganho de volta para o domínio HOA são aplicadas a cada sub banda de frequência separada, com ganhos individuais por sub banda. Nota-se que a ordem sequencial da divisão do sinal HOA em sub bandas de frequência e a transformação do sinal HOA em domínio espacial pode ser trocada e/ou a ordem sequencial de síntese das sub bandas e transformação dos sinais HOA transformados comprimidos por ganho de volta ao domínio HOA pode ser trocada, independentemente uma da outra.

[00106] Em uma modalidade, o método compreende ainda, antes da referida etapa de multiplicação dos fatores de ganho, uma etapa de

transmissão de sinal HOA transformado em conjunto com os fatores de ganho obtidos e o número destes fatores de ganho.

[00107] Em uma modalidade, a matriz de transformação é computada a partir de uma matriz de modo $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}$ e ganhos em quadratura correspondentes, em que a matriz de modo $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}$ compreende vetores de modo de acordo com $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT} = [\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_1), \ldots, \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_l), \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_{(N+1)^2})]$ sendo cada $\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_l)$ um vetor de modo que contém harmônicos esféricos de um sentido predefinido $\boldsymbol{\Omega}_l$ com $\boldsymbol{\Omega}_l = [\theta_l, \phi_l]^T$. A direção pré-definida depende de uma ordem N de HOA.

[00108] Em uma modalidade, o sinal HOA $\boldsymbol{B}$ é transformado no domínio espacial para obter um sinal HOA transformado $\boldsymbol{W}_{DSHT}$ e o sinal HOA transformado $\boldsymbol{W}_{DSHT}$ é multiplicado pelos valores de ganho $diag(\boldsymbol{g})$ por amostra de acordo com $\boldsymbol{W}_{DSHT} = diag(\boldsymbol{g})\ \boldsymbol{D}_L \boldsymbol{B}$, sendo que o método compreende uma etapa adicional de transformação do sinal HOA transformado em um segundo domínio espacial diferente de acordo com $\boldsymbol{W}_2 = \hat{\boldsymbol{D}} \boldsymbol{W}_{DSHT}$, onde $\hat{\boldsymbol{D}}$ é pré-calculado em uma fase de inicialização de acordo com $\hat{\boldsymbol{D}} = \boldsymbol{D}\ \boldsymbol{D}_L^{-1}$ e onde $\boldsymbol{D}$ é uma matriz de renderização que transforma um sinal HOA em um segundo domínio espacial diferente.

[00109] Em uma modalidade, pelo menos, se $(N+1)^2 < \tau$, com N sendo a ordem HOA e τ sendo um tamanho de bloco de DRC, o método compreende ainda as etapas de transformar 53 o vetor de ganho para o domínio de acordo com $\boldsymbol{G} = \boldsymbol{D}_L^{-1}\ diag(\boldsymbol{g})\ \boldsymbol{D}_L$, com $\boldsymbol{G}$ sendo uma matriz de ganho e DL sendo uma matriz DSHT que define

o referido DSHT, e aplicando a matriz de ganho $\boldsymbol{G}$ aos coeficientes HOA do sinal HOA $\boldsymbol{B}$ de acordo com $\boldsymbol{B}_{DRC} = \boldsymbol{GB}$, em que o sinal HOA comprido com DRC $\boldsymbol{B}_{DRC}$ é obtido.

[00110] Em uma modalidade, pelo menos, se $L < \tau$, Com L sendo o número de canais de saída e τ sendo um tamanho de bloco de DRC, o método compreende ainda os passos de aplicar a matriz de ganho $\boldsymbol{G}$ à matriz de renderizador $\boldsymbol{D}$ de acordo com $\widehat{\boldsymbol{D}} = \boldsymbol{DG}$, em que uma matriz de renderizador comprimida de gama dinâmica $\widehat{\boldsymbol{D}}$ é obtido, e renderizar o sinal HOA com a matriz de renderizador comprimida de gama dinâmica.

[00111] Em uma modalidade, a invenção refere-se a um método para a aplicação de fatores de ganho DRC a um sinal HOA, o método compreende as etapas de recepção de um sinal HOA juntamente com uma indicação e um ou mais fatores de ganho, a indicação indica ou um modo simplificado ou um modo não simplificado, em que apenas um fator de ganho é recebido se a indicação indica o modo simplificado, selecionando ou um modo simplificado ou um modo não simplificada, de acordo com a referida indicação, no modo simplificado multiplicando o fator de ganho com o sinal HOA, em que uma gama dinâmica do sinal HOA comprimido de gama dinâmica é obtido, e no modo não-simplificado transformar o sinal HOA no domínio espacial, em que é obtido um sinal HOA transformado, multiplicando os fatores de ganho com os sinais HOA transformados, em que os sinais de HOA transformados comprimidos de gama dinâmica são obtidos e transformar o sinal HOA comprimido transformado de gama dinâmica de volta para o domínio HOA, em que o sinal HOA comprimido transformado de gama dinâmica é obtido.

[00112] Além disso, em uma modalidade a invenção refere-se a um

dispositivo para a realização de DRC em um sinal HOA, o dispositivo compreende um processador ou um ou mais elementos de processamento adaptados para a fixação ou a determinação de um modo, sendo o modo ou um modo simplificado ou um modo não simplificado, no modo não simplificado transformar o sinal HOA para o domínio espacial, em que uma DSHT inversa é utilizada, no modo não simplificado analisar o sinal HOA transformado, enquanto no modo simplificado analisar o sinal HOA, obtendo-se, a partir dos resultados dessas análises, um ou mais fatores de ganho que são utilizáveis para a compressão da gama dinâmica, em que apenas um fator de ganho é obtido com o modo simplificado e em que dois ou mais diferentes fatores de ganho são obtidos no modo não simplificado, no modo simplificado, multiplicar o fator de ganho obtido com o sinal HOA, em que um sinal HOA comprimido de ganho é obtido, e no modo não simplificado multiplicar os fatores de ganho obtido com o sinal HOA transformado, em que é obtido um sinal HOA transformado comprimido de ganho, e transformar o sinal HOA comprimido transformada de ganho volta para o domínio HOA, em que é obtido um sinal HOA comprimido de ganho.

[00113] Em uma modalidade apenas para o modo não simplificado, um dispositivo para a realização de DRC de um sinal HOA compreende um processador ou um ou mais elementos de processamento adaptados para transformar o sinal HOA ao domínio espacial, analisar o sinal HOA transformado, obtendo-se, a partir dos resultados da referida análise, o os fatores de ganho que são utilizáveis para a compressão da gama dinâmica, multiplicar os fatores obtidos com os sinais HOA transformados, em que sinais HOA transformados comprimidos de ganho são obtidos, e transformar sinais HOA transformados comprimidos de ganho de volta para o domínio HOA, em que sinais HOA comprimidos de ganho são obtidos. Em uma

modalidade, o dispositivo compreende ainda uma unidade de transmissão para a transmissão, antes da multiplicação do fator de ganho obtido ou dos fatores de ganho, do sinal HOA em conjunto com o fator de ganho obtido ou os fatores de ganho.

[00114] Nota-se também que a ordem sequencial da divisão do sinal HOA em sub bandas de frequência e a transformação do sinal HOA em domínio espacial pode ser trocada e/ou a ordem sequencial de síntese das sub bandas e transformação dos sinais HOA transformados comprimidos por ganho de volta ao domínio HOA pode ser trocada, independentemente uma da outra.

[00115] Além disso, em uma modalidade a invenção refere-se a um dispositivo para a aplicação de fatores de ganho de DRC para um sinal HOA, o dispositivo compreende um processador ou um ou mais elementos de processamento adaptados para receber um sinal HOA em conjunto com uma indicação e um ou mais fatores de ganho, a indicação indica ou um modo simplificado ou um modo não simplificado, em que apenas um fator de ganho é recebido se a indicação indica o modo simplificado,

[00116] Ajustar o dispositivo ou para um modo simplificado ou para um modo não simplificado, de acordo com a referida indicação, no modo simplificado multiplicar o fator de ganho com o sinal HOA, em que uma gama dinâmica do sinal HOA comprimido de gama dinâmica é obtido, e no modo não-simplificado transformar o sinal HOA no domínio espacial, em que é obtido um sinal HOA transformado, multiplicar os fatores de ganho com os sinais HOA transformados, em que os sinais de HOA transformados comprimidos de gama dinâmica são obtidos e transformar o sinal HOA comprimido transformado de gama dinâmica de volta para o domínio HOA, em que o sinal HOA comprimido transformado de gama dinâmica é obtido.

[00117] Em uma modalidade, o dispositivo compreende ainda uma

unidade de transmissão para a transmissão, antes da multiplicação dos fatores obtidos, do sinal HOA em conjunto com os fatores de ganho obtidos. Em uma modalidade, o sinal HOA é dividido em sub bandas de frequência e a análise do sinal HOA transformado, obtenção de um ou mais fatores de ganho, multiplicação dos fatores obtidos com os sinais HOA transformados e transformação dos sinais HOA transformados comprimidos de ganho de volta ao domínio HOA são aplicados a cada sub banda de frequência separadamente, com ganhos individuais por sub banda.

[00118] Em uma modalidade do dispositivo para a aplicação de fatores de ganho de DRC para um sinal HOA, o sinal HOA é dividido em uma pluralidade de sub bandas de frequência e obtendo um ou mais fatores de ganho, multiplicar os fatores de ganho obtidos com os sinais HOA ou os sinais HOA transformados, e no modo não simplificado transformar o o sinal HOA transformado comprimido de ganho volta para o domínio HOA é aplicado a cada sub banda de frequência separada, com ganhos individuais por sub banda.

[00119] Além disso, em uma modalidade, onde apenas um modo não simplificado é utilizado, a invenção refere-se a um dispositivo para a aplicação de fatores de ganho DRC a um sinal HOA, o dispositivo compreende um processador ou um ou mais elementos de processamento adaptados para receber um sinal HOA com fatores de ganho, transformando o sinal HOA em domínio espacial (usando iDSHT), em que um sinal HOA transformado é obtido, multiplicando os fatores de ganho com o sinal HOA transformado, em que um sinal HOA transformado comprimido de gama dinâmica é obtido e transformar o sinal HOA transformado comprimido de gama dinâmica de volta para o domínio HOA (isto é, domínio de coeficiente) (usando DSHT), em que um sinal HOA comprimido de gama dinâmica é obtido.

[00120] As seguintes tabelas Tab.4-6 listam posições esféricas de

alto-falantes virtuais para HOA de ordem N com N = 4, 5 ou 6.

[00121] Embora tenha sido mostradas, descritas e destacadas características inovadoras fundamentais da presente invenção, tal como aplicada a modalidades preferenciais da mesma, será entendido que várias omissões e substituições e alterações no aparelho e o método descrito, na forma e nos detalhes dos dispositivos divulgados, e funcionamento destes, poderão ser feitas por aqueles versados na técnica sem se afastar do espírito da presente invenção. Pretende-se expressamente que todas as combinações de tais elementos que realizam substancialmente a mesma função substancialmente da mesma forma para atingir os mesmos resultados estão dentro do escopo da invenção. As substituições de elementos de uma modalidade descrita para outra são também totalmente pretendidas e contempladas.

[00122] Será entendido que a presente invenção foi descrita puramente como um exemplo e modificações de detalhes podem ser feitas sem nos afastarmos do escopo da invenção. Cada característica divulgada na descrição e (quando for apropriado) nas reivindicações e nas figuras pode ser fornecida independentemente ou em qualquer combinação apropriada. As características podem, se for o caso, serem implementadas em hardware, software ou em uma combinação dos dois.

Referências:

[1] “Integration nodes for the sphere”, Jörg Fliege 2010, acessado onlinbe em 10-05-2010 em http://www.mathematik.uni-dortmund.de/lsx/research/projects/fliege/nodes/nodes.html

[2] “A two-stage approach for computing cubature formulae for the sphere”, Jörg Fliege e Ulrike Maier, Relatório Técnico, Fachbereich Mathematik, Universität Dortmund, 1999

Posições N=4

Inclinação \rad	Azimute \rad	Ganho q_i
1,57079633	0,00000000	0,52689274
2,39401407	0,00000000	0,48518011
1,14059283	-1,75618245	0,52688432
1,33721851	0,69215601	0,47027816
1,72512898	-1,33340585	0,48037442
1,17406779	-0,79850952	0,51130478
0,69042674	1,07623171	0,50662254
1,47478735	1,43953896	0,52158458
1,67073876	2,25235428	0,52835300
2,52745842	-1,33179653	0,52388165
1,81037110	3,05783641	0,49800736
1,91827560	-2,03351312	0,48516540
0,27992161	2,55302196	0,50663531
0,47981675	-1,18580204	0,50824199
2,37644317	2,52383590	0,45807408
0,98508365	2,03459671	0,47260252
2,18924206	1,58232601	0,49801422
1,49441825	-2,58932194	0,51745117
2,04428895	0,76615262	0,51744164
2,43923726	-2,63989327	0,52146074
1,10308418	2,88498471	0,52158484
0,78489181	-2,54224201	0,47027748
2,96802845	1,25258904	0,52145388
1,91816652	-0,63874484	0,48036020
0,80829458	-0,00991977	0,50824345

Tab.4:Posições esféricas de alto-falantes virtuais para ordem de HOA N = 4

Posições N = 5

Inclinação \rad	Azimute \rad	Ganho q_i
1,57079633	0,00000000	0,34493574
2,68749293	3,14159265	0,35131373
1,92461621	-1,22481468	0,35358151
1,95917092	3,06534485	0,36442231
2,18883411	0,08893301	0,36437350
0,35664531	-2,15475973	0,33953855
1,32915731	-1,05408340	0,35358417
2,21829206	2,45308518	0,33534647
1,00903070	2,31872053	0,34739607
0,99455136	-2,29370294	0,36437101
1,13601102	-0,46303195	0,33534542
0,41863640	0,63541391	0,35131934
1,78596913	-0,56826765	0,34739591
0,56658255	-0,66284593	0,36441956
2,25292410	0,89044754	0,36437098
2,67263757	-1,71236120	0,36442208
0,86753981	-1,50749854	0,34068122
1,38158330	1,72190554	0,35358401
0,98578154	0,23428465	0,35131950
1,45079827	-1,69748851	0,34739437
2,09223697	-1,85025366	0,33534659
2,62854417	1,70110685	0,34494256
1,44817433	-2,83400771	0,33953463
2,37827410	-0,72817212	0,34068529
0,82285875	1,51124182	0,33534531
0,40679748	2,38217051	0,34493552
0,84332549	-3,07860398	0,36437337

Inclinação \rad	Azimute \rad	Ganho q_i
1,38947809	2,83246237	0,34068522
1,61795773	-2,27837285	0,34494274
2,17389505	-2,58540735	0,35131361
1,65172710	2,28105193	0,35358166
1,67862104	0,57097606	0,33953819
2,02514031	1,70739195	0,34739443
1,12965858	0,89802542	0,36442004
2,82979093	0,17840931	0,33953488
1,67550339	1,18664952	0,34068114

Tab.5: Posições esféricas de alto-falantes virtuais para HOA de ordens N = 5

Posições N = 6

Inclinação \rad	Azimute \rad	Ganho q_i
2,42144792	0,00000000	0,23821175
0,32919895	2,78993083	0,26169552
1,06225899	1,49243160	0,25534085
1,06225899	1,49243160	0,25534085
1,01526896	-2,16495206	0,25092628
1,10570423	-1,59180661	0,25099550
1,47319543	1,14258135	0,26160776
2,15414541	1,88359269	0,24442720
0,20805372	-0,52863458	0,25487678
0,50141101	-2,11057110	0,25619096
1,98041218	0,28912378	0,26288225
0,83752075	-2,81667891	0,25837996
2,44130228	0,81495962	0,26772416

Inclinação \rad	Azimute \rad	Ganho q_i
1,21539727	-1,00788022	0,25534092
2,62944184	-1,58354086	0,26437874
1,86884674	-2,40686906	0,25619091
0,68705554	-1,20612227	0,25576026
1,52325470	-1,98940871	0,26169551
2,39097364	-2,37336381	0,25576025
0,98667678	0,86446728	0,26014219
2,27078506	-3,06771779	0,25099551
2,33605400	2,51674567	0,26455002
1,29371004	2,03656562	0,25576032
0,86334494	2,77720222	0,25092620
1,94118355	-0,37820559	0,26772409
2,10323413	-1,28283816	0,24442725
1,87416330	0,80785741	0,23821179
1,63423157	1,65277986	0,26437876
2,06477636	1,31341296	0,25595469
0,82305807	-0,47771423	0,26437883
2,04154780	-1,85106655	0,25487677
0,61285067	0,33640173	0,24442716
1,08029340	0,10986230	0,25595472
1,60164764	-1,43535015	0,26455000
2,66513701	1,69643796	0,26014228
1,35887781	-2,58083733	0,25838000
1,78658555	2,25563014	0,25487674
1,83333508	2,80487382	0,26169549
0,78406009	2,08860099	0,25099560
2,94031615	-0,07888534	0,26160780
1,34658213	2,57400947	0,25619094

Inclinação \rad	Azimute \rad	Ganho q_i
1,73906669	-0,87744928	0,26014223
0,50210739	1,33550547	0,26455007
2,38040297	-0,75104092	0,25595462
1,41826790	0,54845193	0,26772418
1,77904107	-2,93136138	0,25092628
1,35746628	-0,47759398	0,26160765
1,31545731	3,12752832	0,25838016
2,81487011	-3,12843671	0,25534100

Tab.6: Posições esféricas de alto-falantes virtuais para HOA de ordens N = 6

REIVINDICAÇÕES

1. Método para aplicar compressão de gama dinâmica (DRC) a um sinal de Ambisonics de Ordem Superior (HOA) no domínio do tempo, o método **caracterizado** pelo fato de que compreende:

receber o sinal de HOA e um ou mais ganhos de DRC $\boldsymbol{g}_{drc} = \left[g_1,..,g_{(N+1)^2}\right]^T$, em que N é uma ordem de HOA do sinal de HOA; e

aplicar o um ou mais ganhos de DRC $\boldsymbol{g}_{drc}$ ao sinal de HOA com base em:

$$\boldsymbol{c_{drc}} = \boldsymbol{D_L^{-1}} diag(\boldsymbol{g}_{drc})\boldsymbol{D}_L\, \boldsymbol{c}$$

em que $\boldsymbol{c}$ é um vetor de uma amostra de tempo de coeficientes de HOA ($\boldsymbol{c} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \mathrm{x}\, 1}$) do sinal de HOA, e em que $\boldsymbol{D}_L \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \mathrm{x}\, (N+1)^2}$ e sua inversa $\boldsymbol{D_L^{-1}}$ são matrizes relacionadas a uma Transformação Harmônica Esférica Discreta (DSHT) otimizada para objetivos de DRC.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende ainda renderizar para sinais de alto-falante com base em $\boldsymbol{w_{drc}} = (\boldsymbol{D}\, \boldsymbol{D_L^{-1}})\ (diag(\boldsymbol{g}_{drc})\boldsymbol{D}_L)\, \boldsymbol{c}$, em que D é uma matriz de renderização.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que $(\boldsymbol{D}\, \boldsymbol{D_L^{-1}})$ são pré-calculados.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende ainda:

receber uma indicação indicando um modo simplificado, em que, com base em uma determinação de que o modo simplificado é ativo, os um ou mais ganhos de DRC $\boldsymbol{g}_{drc} = \left[g_1,..,g_{(N+1)^2}\right]^T$ todos têm o mesmo valor, e em que a aplicação do um ou mais ganhos de DRC $\boldsymbol{g}_{drc}$ para o sinal de HOA é baseado em

$$\mathbf{c}_{\mathrm{drc}} = \mathrm{g}_{\mathrm{drc}}\, \mathbf{c}.$$

5. Mídia de armazenamento legível por computador não

transitória **caracterizada** pelo fato de que possui um conjunto de instruções executáveis por computador que, quando executadas em um computador, fazem o computador realizar o método definido na reivindicação 1.

6. Aparelho para aplicar compressão de gama dinâmica (DRC) a um sinal de Ambisonics de Ordem Superior (HOA) no domínio do tempo, o aparelho **caracterizado** pelo fato de que compreende:

um receptor para receber o sinal de HOA e um ou mais ganhos de DRC $\boldsymbol{g}_{drc} = \left[g_1, .., g_{(N+^1)^2}\right]^T$, em que N é uma ordem de HOA do sinal de HOA; e

um processador para aplicar o um ou mais ganhos de DRC $\boldsymbol{g}_{drc}$ ao sinal de HOA com base em:

$$\boldsymbol{c_{drc}} = \boldsymbol{D_L^{-1}} diag(\boldsymbol{g}_{drc}) \boldsymbol{D}_L \, \boldsymbol{c}$$

em que c é um vetor de uma amostra de tempo de coeficientes de HOA ($\boldsymbol{c} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \mathrm{x}\, 1}$) do sinal de HOA, e em que $\boldsymbol{D}_L \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \mathrm{x}\, (N+1)^2}$ e sua inversa $\boldsymbol{D_L^{-1}}$ são matrizes relacionadas a uma Transformação Harmônica Esférica Discreta (DSHT) otimizada para objetivos de DRC.

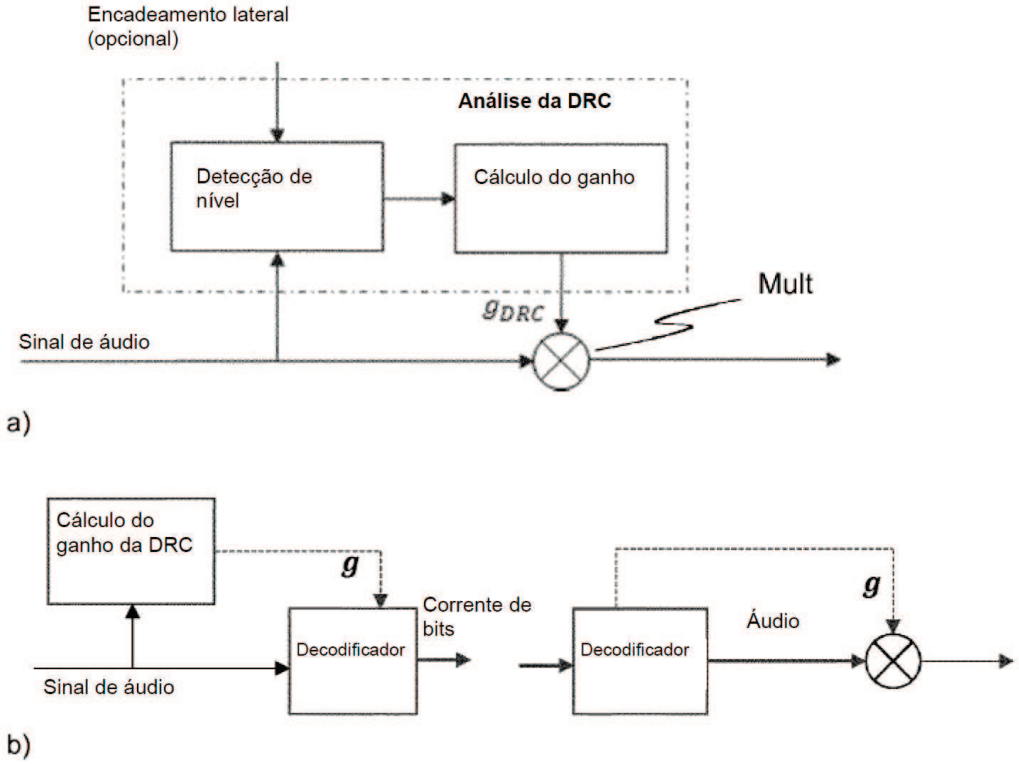

Encadeamento lateral
(opcional)
Análise da DRC
Detecção de nível
Cálculo do ganho
Mult
g_{DRC}
Sinal de áudio
a)
Cálculo do ganho da DRC
g
Corrente de bits
Decodificador
Sinal de áudio
Decodificador
Áudio
g
b)

Fig.1

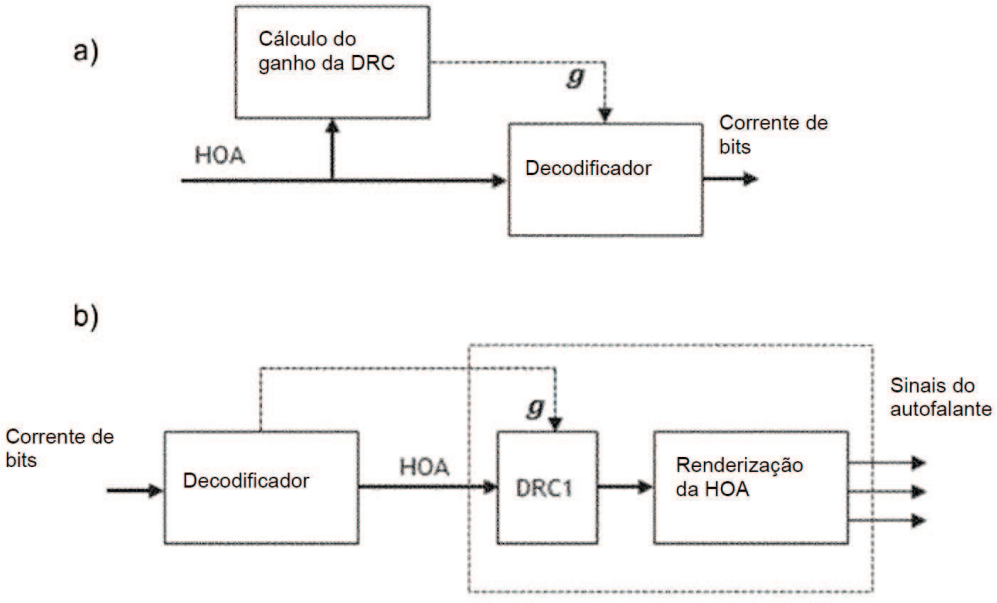

a)
Cálculo do ganho da DRC
g
Corrente de bits
HOA
Decodificador
b)
Sinais do autofalante
g
Corrente de bits
Decodificador
HOA
DRC1
Renderização da HOA

Fig.2

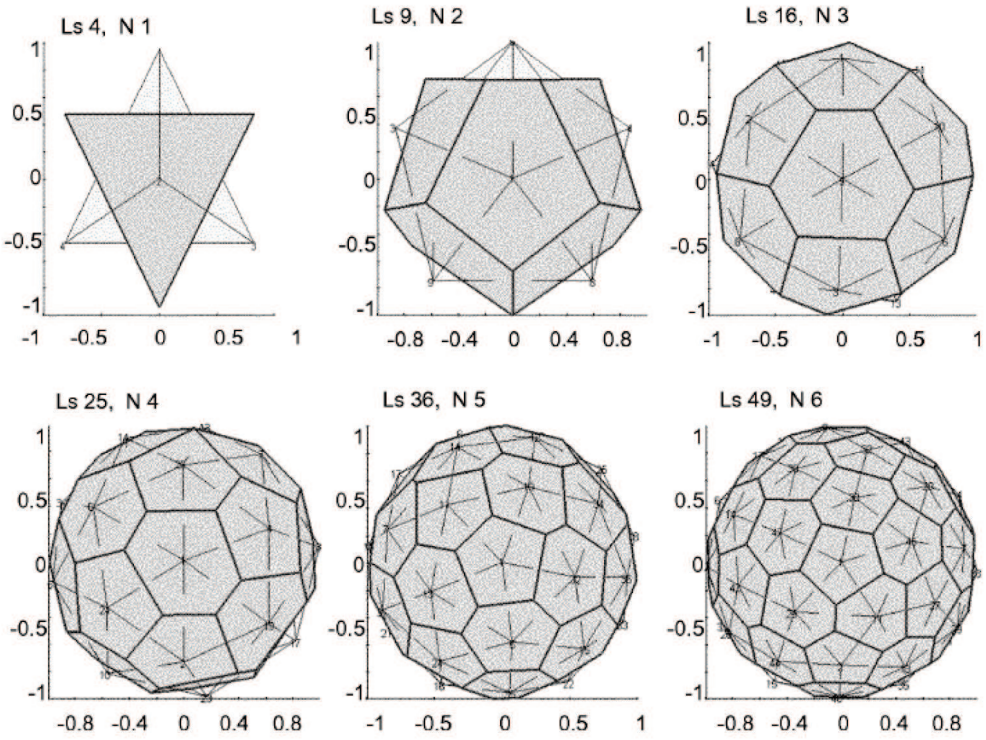

Ls 4, N 1
Ls 9, N 2
Ls 16, N 3
Ls 25, N 4
Ls 36, N 5
Ls 49, N 6

Fig.3

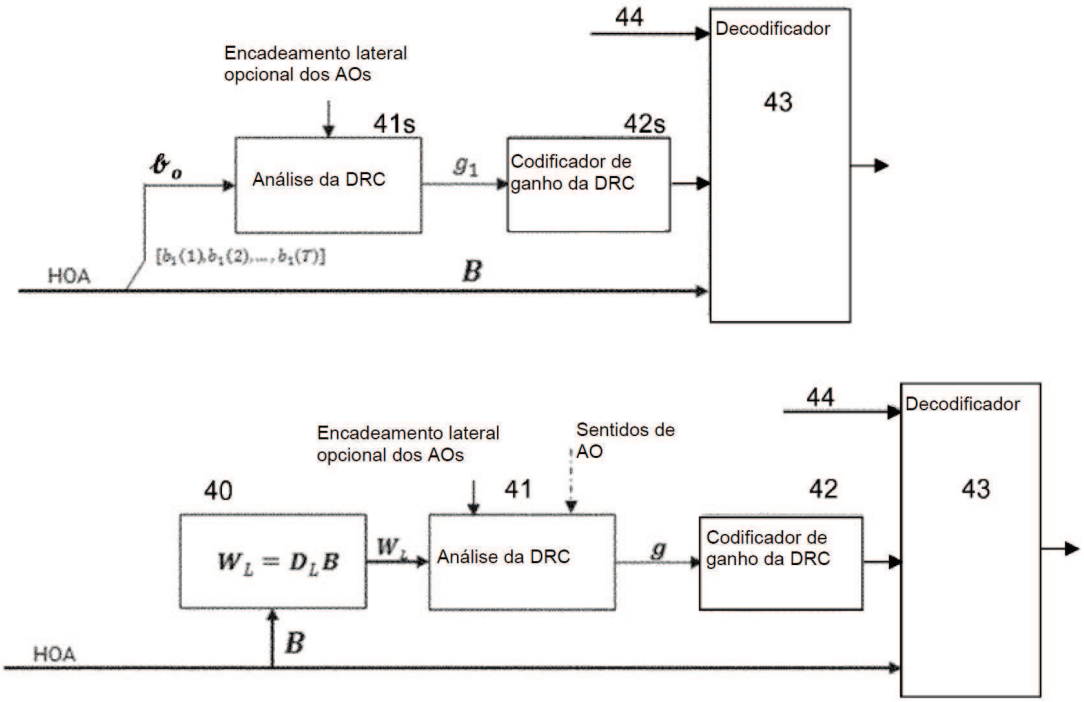

44
Decodificador
43
Encadeamento lateral
opcional dos AOs
41s
42s
$\mathcal{B}_o$
Análise da DRC
g_1
Codificador de
ganho da DRC
$[b_1(1), b_1(2), \ldots, b_1(T)]$
HOA
B
44
Decodificador
Encadeamento lateral
opcional dos AOs
Sentidos de
AO
40
41
42
43
$W_L = D_L B$
W_L
Análise da DRC
g
Codificador de
ganho da DRC
HOA
B

Fig.4

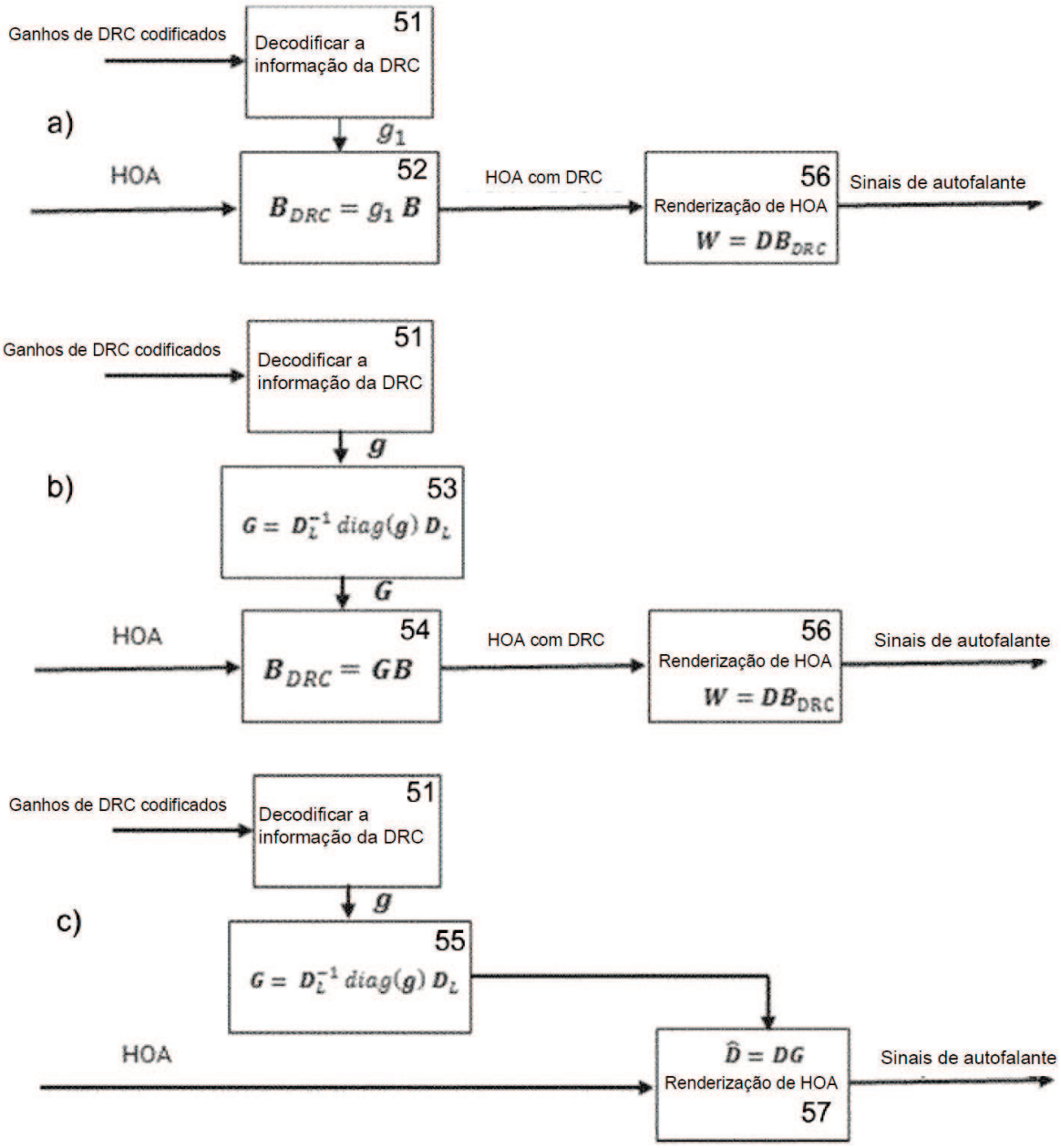

Ganhos de DRC codificados
51
Decodificar a informação da DRC
a)
g_1
HOA
52
$B_{DRC} = g_1 B$
HOA com DRC
56
Renderização de HOA
$W = DB_{DRC}$
Sinais de autofalante
Ganhos de DRC codificados
51
Decodificar a informação da DRC
g
b)
53
$G = D_L^{-1} diag(g) D_L$
G
HOA
54
$B_{DRC} = GB$
HOA com DRC
56
Renderização de HOA
$W = DB_{DRC}$
Sinais de autofalante
Ganhos de DRC codificados
51
Decodificar a informação da DRC
g
c)
55
$G = D_L^{-1} diag(g) D_L$
HOA
$\hat{D} = DG$
Renderização de HOA
57
Sinais de autofalante

Fig.5

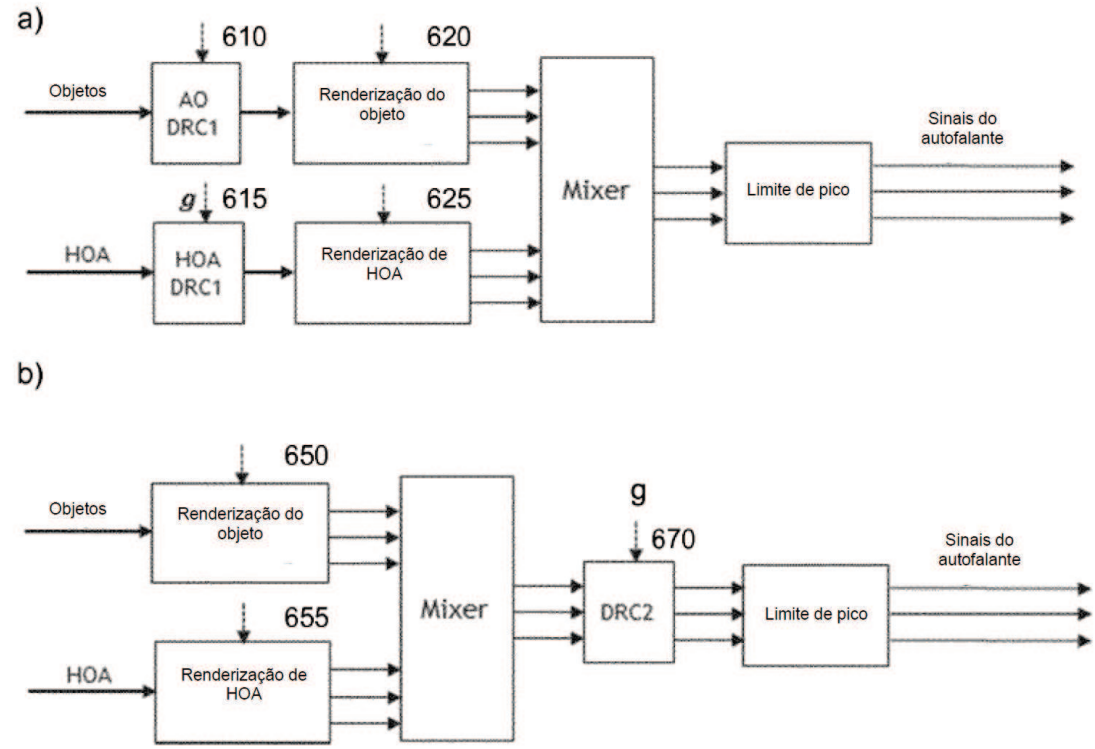

a)
610
620
Objetos
AO
DRC1
Renderização do objeto
Mixer
Limite de pico
Sinais do autofalante
g
615
625
HOA
HOA
DRC1
Renderização de HOA
b)
650
Objetos
Renderização do objeto
Mixer
g
670
DRC2
Limite de pico
Sinais do autofalante
655
HOA
Renderização de HOA

Fig.6

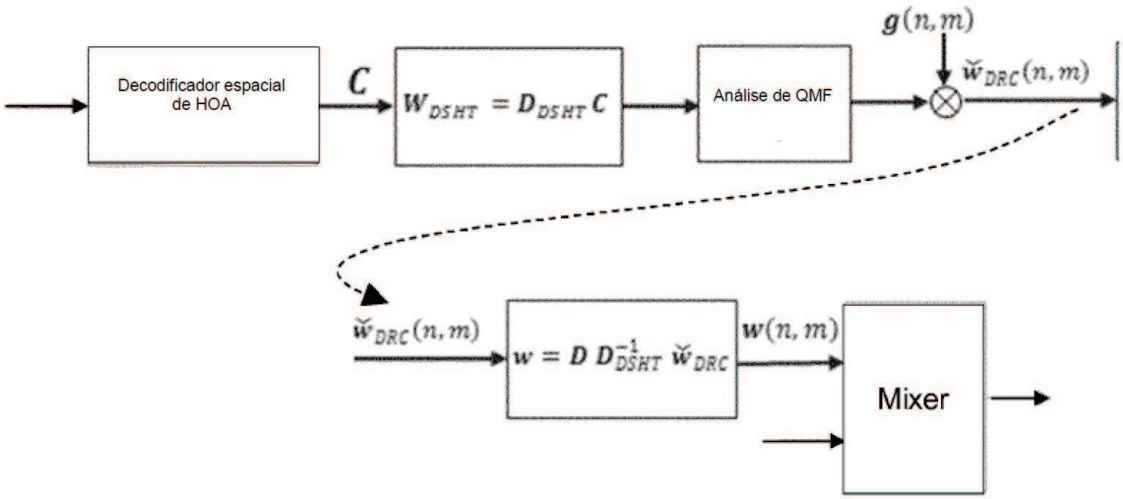

Decodificador espacial de HOA
C
$W_{DSHT} = D_{DSHT}\,C$
Análise de QMF
$g(n,m)$
$\breve{w}_{DRC}(n,m)$
$\breve{w}_{DRC}(n,m)$
$w = D\,D_{DSHT}^{-1}\,\breve{w}_{DRC}$
$w(n,m)$
Mixer

Fig.7

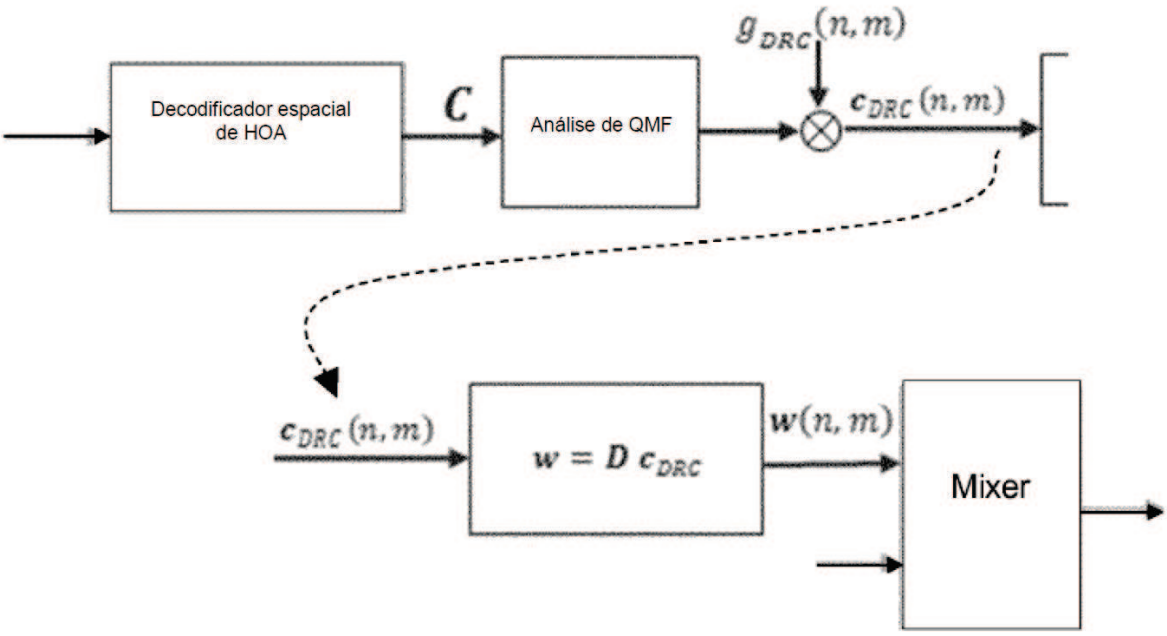

$g_{DRC}(n,m)$
Decodificador espacial de HOA
C
Análise de QMF
$c_{DRC}(n,m)$
$c_{DRC}(n,m)$
$w = D\ c_{DRC}$
$w(n,m)$
Mixer

Fig.8