



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110459231 B

(45) 授权公告日 2023. 07. 14

(21) 申请号 201910918534.5
(22) 申请日 2014.06.24
(65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 110459231 A
(43) 申请公布日 2019.11.15
(30) 优先权数据
 13305986.5 2013.07.11 EP
(62) 分案原申请数据
 201480038940.8 2014.06.24
(73) 专利权人 杜比国际公司
 地址 荷兰阿姆斯特丹
(72) 发明人 斯文·科登 亚历山大·克鲁格
(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
 有限公司 11038
 专利代理师 宋岩

(51) Int.Cl.
 G10L 19/008 (2013.01)
 H04S 3/00 (2006.01)
(56) 对比文件
 JP 2013524564 A, 2013.06.17
 CN 102823277 A, 2012.12.12
 CN 102547549 A, 2012.07.04
 ADRIEN DANIEL 等. Multichannel audio coding based on minimum audible angles. 《PROCEEDINGS OF 40TH INTERNATIONAL CONFERENCE: SPATIAL AUDIO: SENSE THE SOUND OF SPACE》. 2010,
 Erik Hellerud 等. Spatial redundancy in Higher Order Ambisonics and its use for lowdelay lossless compression. 《Acoustics, Speech and Signal Processing, 2009》. 2009,

审查员 孙筱逸

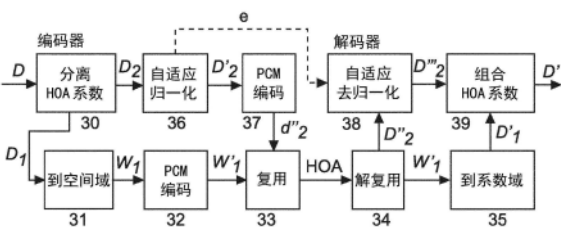
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

产生HOA信号的混合的空间/系数域表示的方法和设备

(57) 摘要

公开了产生HOA信号的混合的空间/系数域表示的方法和设备。存在针对被称为HOA的高阶 Ambisonics 的两种表示：空间域和系数域。本发明从HOA信号的系数域表示产生混合的空间/系数域表示，其中，所述HOA信号的数目是可变的。系数域信号的矢量被分离为具有常数个HOA系数的系数域信号的矢量和具有可变数目的HOA系数的系数域信号的矢量。常数个HOA系数矢量被变换为相应的空间域信号矢量。为了便于高质量编码，在不产生信号不连续性的情况下，对系数域信号的可变数目的HOA系数矢量进行自适应归一化，并将其与空间域信号的矢量复用。



1. 一种用于对高阶高保真度立体声响复制HOA表示进行解码的方法,其特征在于,所述方法包括:

在编码的比特流中接收所述HOA表示的多个PCM编码的系数域信号;

从所述编码的比特流提取先前的增益值;

对所述多个PCM编码的系数域信号进行感知解码以确定归一化的系数域信号;

对于每个归一化的系数域信号:

接收指数边信息;

基于所述指数边信息、所述先前的增益值、以及函数 $f(l)$ 确定变换矢量,所述函数 $f(l)$ 是基于 $f(l) = 0.25\cos\left(\frac{\pi l}{(L-1)}\right) + 0.75$,其中 $l=0,1,2,\dots,L-1$;

基于所述变换矢量的逆和所述归一化的系数域信号来确定输出的去归一化的矢量;以及

输出所述输出的去归一化的矢量。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述变换矢量基于所述先前的增益值和上升至第一值的所述函数 $f(l)$ 的值的相乘来确定,其中所述第一值基于所述指数边信息来确定。

3. 根据权利要求1所述的方法,还包括对来自所述编码的比特流的熵编码的指数边信息进行熵解码以确定所述指数边信息。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述编码的比特流包括帧的序列。

5. 一种非暂时性存储介质,所述非暂时性存储介质包含或者存储或者在它上记录有根据权利要求1解码的数字音频信号。

6. 一种非暂时性计算机可读存储介质,所述非暂时性计算机可读存储介质具有存储在其上的使计算机执行根据权利要求1所述的方法的可执行指令。

7. 一种用于对高阶高保真度立体声响复制HOA表示进行解码的设备,其特征在于,所述设备包括:

第一接收器,用于在编码的比特流中接收所述HOA表示的多个PCM编码的系数域信号;

第一提取器,用于从所述编码的比特流提取先前的增益值;

第一处理单元,用于对所述多个PCM编码的系数域信号进行感知解码以确定归一化的系数域信号;以及

第二处理单元,被配置为对于每个归一化的系数域信号:

接收指数边信息;

基于所述指数边信息、所述先前的增益值、以及函数 $f(l)$ 确定变换矢量,所述函数 $f(l)$ 是基于 $f(l) = 0.25\cos\left(\frac{\pi l}{(L-1)}\right) + 0.75$,其中 $l=0,1,2,\dots,L-1$;

基于所述变换矢量的逆和所述归一化的系数域信号来确定输出的去归一化的矢量;以及

输出所述输出的去归一化的矢量。

8. 根据权利要求7所述的设备,其中所述第二处理单元被配置为基于所述先前的增益值和上升至第一值的所述函数 $f(l)$ 的值的相乘来确定所述变换矢量,其中所述第一值基于所述指数边信息来确定。

9. 根据权利要求7所述的设备, 其中所述第二处理单元还被配置为对来自所述编码的比特流的熵编码的指数边信息进行熵解码以确定所述指数边信息。

10. 根据权利要求7所述的设备, 其中所述编码的比特流包括帧的序列。

产生HOA信号的混合的空间/系数域表示的方法和设备

[0001] 本申请是申请号为201480038940.8,申请日为2014年6月24日,题为“用于从HOA信号的系数域表示产生所述HOA信号的混合的空间/系数域表示的方法和设备”的中国发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种用于从HOA信号的系数域表示产生所述HOA信号的混合的空间/系数域表示的方法和设备,其中,HOA信号的数目能够是可变的。

背景技术

[0003] 被表示为HOA的高阶Ambisonics(高保真度立体声响复制)是对二维或三维声场的数学描述。声场可以通过麦克风阵列捕捉,从合成声源设计,或者可以是这二者的组合。HOA可以被用作针对二维或三维环绕声的传送格式。与基于扩音器的环绕声表示相比,HOA的优点在于在不同扩音器布置上再现声场。因此,HOA适于通用音频格式。

[0004] 通过HOA阶确定HOA的空间分辨率。该阶定义描述声场的HOA信号的数目。存在针对HOA的两种表示,它们被分别称为空间域和系数域。在通常情况下,HOA最初在系数域中表示,并且这种表示可以通过矩阵乘法(或变换)被转换到空间域,如EP 2469742 A2中的描述。空间域包括与系数域中相同的信号数目。然而,在空间域中,每个信号与方向相关,其中,方向均匀地分布在单位球体上。这有利于分析HOA表示的空间分布。系数域表示以及空间域表示都是时间域表示。

发明内容

[0005] 在下文中,基本上,目的在于尽可能地使用空间域用于HOA表示的PCM传输,以针对每个方向提供相同的动态范围。这意味着在空间域中的HOA信号的PCM样本必需被归一化到预定义的值范围中。然而,这种归一化的缺点在于:空间域中的HOA信号的动态范围比系数域中的小。这是由于从系数域信号产生空间域信号的变换矩阵而造成的。

[0006] 在一些应用中,在系数域中传输HOA信号,例如在EP 13305558.2中描述的处理中,在系数域中传输所有信号,因为常数个HOA信号和可变数目的额外HOA信号将被传输。但是,如以上提到的且在EP 2469742A2中所示,系数域中的传输不是很有益的。作为解决方案,可以在空间域中传输常数个HOA信号,并且在系数域中仅传输可变数目的额外HOA信号。在空间域中的额外HOA信号的传输是不可能的,因为时变数目的HOA信号将导致时变的系数到空间域变换矩阵,并且可能在所有的空间域信号中发生不连续性,这对于PCM信号的后续感知编码而言是欠佳的。

[0007] 为了确保这些额外HOA信号的传输而不超过预定义的值范围,可以使用可逆的归一化处理,该处理被设计为防止这种信号不连续性,并且还实现逆参数的高效传输。

[0008] 关于针对PCM编码的两个HOA表示的动态范围和HOA信号的归一化,可以在下文中得出这种归一化应该在系数域中发生还是在空间域中发生。

[0009] 在系数时域中, HOA表示包括连续帧的N个系数信号 $d_n(k)$, $n=0, \dots, N-1$, 其中, k 表示样本索引, n 表示信号索引。

[0010] 这些系数信号被收集在矢量 $d(k) = [d_0(k), \dots, d_{N-1}(k)]^T$, 以获得紧凑的表示。

[0011] 通过在EP 12306569.0中定义的 $N \times N$ 变换矩阵来执行到空间域的变换:

$$[0012] \quad \Psi = \begin{bmatrix} \psi_{0,0} & \cdots & \psi_{0,N-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \psi_{N-1,0} & \cdots & \psi_{N-1,N-1} \end{bmatrix}$$

[0013] 见结合方程(21)和(22)描述的 Ξ_{GRID} 的定义。

[0014] 从 $w(k) = \Psi^{-1}d(k)$ (1) 获得空间域矢量 $w(k) = [w_0(k), \dots, w_{N-1}(k)]^T$, 其中, Ψ^{-1} 是矩阵 Ψ 的逆矩阵。

[0015] 通过 $d(k) = \Psi w(k)$ (2) 执行从空间域到系数域的逆变换。

[0016] 如果在一个域中定义了样本的值范围, 则变换矩阵 Ψ 自动地定义另一个域的值范围。在下文中省略第 k 个样本的项 (k) 。

[0017] 由于实际在空间域中再现HOA表示, 因此在该域中定义值范围、响度和动态范围。由PCM编码的比特分辨率来定义动态范围。在该应用中, “PCM编码”意味着将浮点表示样本转换为定点标记的整数表示样本。

[0018] 对于HOA表示的PCM编码, 必须将N个空间域信号归一化到 $-1 \leq w_n < 1$ 的值范围中, 从而它们可以被扩大到最大PCM值 W_{max} 并被四舍五入为定点整数PCM标记 $w'_n = [w_n W_{\text{max}}]$ (3)。

[0019] 注: 这是一般化的PCM编码表示。可以通过矩阵 Ψ 的无穷范数来计算系数域的样本的值范围, 其中, 矩阵 Ψ 通过 $\|\Psi\|_{\infty} = \max_n \sum_{m=1}^N |\psi_{nm}|$ (4) 来定义, 并且空间域中的最大绝对值 $w_{\text{max}} = 1$ 到 $-\|\Psi\|_{\infty} w_{\text{max}} \leq d_n < \|\Psi\|_{\infty} w_{\text{max}}$ 。由于对于使用的矩阵 Ψ 的定义的 $\|\Psi\|_{\infty}$ 大于‘1’, 因此 d_n 的值范围增加。

[0020] 倒数意味着在系数域中对信号的PCM编码需要通过 $\|\Psi\|_{\infty}$ 的归一化, 因为 $-1 \leq d_n / \|\Psi\|_{\infty} < 1$ 。然而, 该归一化减小了系数域中的信号的动态范围, 这会导致较低的信号-量化噪声比。因此, 优选空间域信号的PCM编码。

[0021] 本发明要解决的问题在于如何使用归一化在系数域中传输空间域的期望的HOA信号的部分, 而不减小系数域中的动态范围。此外, 归一化的信号不应包含信号级跳变, 使得它们可以在没有跳变引起的质量损失的情况下被感知编码。

[0022] 原理上, 本发明的产生方法适于从HOA信号的系数域表示产生所述HOA信号的混合的空间/系数域表示, 其中, 所述HOA信号的数目能够在连续的系数帧中随时间变化, 所述方法包括以下步骤:

[0023] - 将HOA系数域信号的矢量分离为具有常数个HOA系数的系数域信号的第一矢量、和具有随时间可变的数目个HOA系数的系数域信号的第二矢量;

[0024] - 通过将系数域信号的所述矢量乘以变换矩阵的逆矩阵, 来将系数域信号的所述第一矢量变换为空间域信号的相应矢量;

[0025] - 对空间域信号的所述矢量进行PCM编码以得到PCM编码的空间域信号的矢量;

[0026] - 通过归一化因子对系数域信号的所述第二矢量进行归一化, 其中, 所述归一化是

针对系数域信号的所述第二矢量的HOA系数的当前值范围进行的自适应归一化,并且在所述归一化中,用于矢量的HOA系数的可用值范围未被超出,并且在所述归一化中,均匀连续转移函数被应用于当前第二矢量的系数,以将该矢量中的增益从前一第二矢量中的增益连续地改变为后一第二矢量中的增益,并且所述归一化提供用于相应解码器侧的去归一化的边信息;

[0027] -对归一化后的系数域信号的所述矢量进行PCM编码,以得到PCM编码和归一化后的系数域信号的矢量;

[0028] -对PCM编码的空间域信号的所述矢量与PCM编码和归一化后的系数域信号的所述矢量进行复用。

[0029] 原理上,本发明的产生设备适于从HOA信号的系数域表示产生所述HOA信号的混合的空间/系数域表示,其中,所述HOA信号的数目能够在连续的系数帧中随时间变化,所述设备包括:

[0030] -适于将HOA系数域信号的矢量分离为具有常数个HOA系数的系数域信号的第一矢量、和具有随时间可变的数目(K)个HOA系数的系数域信号的第二矢量的装置;

[0031] -适于通过将系数域信号的所述矢量乘以变换矩阵的逆矩阵,来将系数域信号的所述第一矢量变换为空间域信号的相应矢量的装置;

[0032] -适于对空间域信号的所述矢量进行PCM编码以得到PCM编码的空间域信号的矢量的装置;

[0033] -适于通过归一化因子对系数域信号的所述第二矢量进行归一化的装置,其中,所述归一化是针对系数域信号的所述第二矢量的HOA系数的当前值范围进行的自适应归一化,并且在所述归一化中,用于矢量的HOA系数的可用值范围未被超出,并且在所述归一化中,均匀连续转移函数被应用于当前第二矢量的系数,以将该矢量中的增益从前一第二矢量中的增益连续地改变为后一第二矢量中的增益,并且所述归一化提供用于相应解码器侧的去归一化的边信息;

[0034] -适于对归一化后的系数域信号的所述矢量进行PCM编码,以得到PCM编码和归一化后的系数域信号的矢量的装置;

[0035] -适于对PCM编码的空间域信号的所述矢量与PCM编码和归一化后的系数域信号的所述矢量进行复用的装置。

[0036] 原理上,本发明的解码方法适于对编码HOA信号的混合的空间/系数域表示进行解码,其中,所述HOA信号的数目能够在连续的系数帧中随时间变化,并且其中编码HOA信号的所述混合的空间/系数域表示根据上述发明的产生方法而产生,所述解码包括以下步骤:

[0037] -对PCM编码的空间域信号和PCM编码和归一化后的系数域信号的所述复用矢量进行解复用;

[0038] -通过将PCM编码的空间域信号的所述矢量乘以所述变换矩阵,将PCM编码的空间域信号的所述矢量变换为系数域信号的相应矢量;

[0039] -对PCM编码和归一化后的系数域信号的所述矢量进行去归一化,其中,所述去归一化包括:

[0040] --使用接收到的边信息的相应指数 $e_n(j-1)$ 和递归计算的增益值 $g_n(j-2)$ 计算变换矢量 $h_n(j-1)$,其中,用于PCM编码和归一化后的系数域信号的将被处理的最后一矢量的相应

处理的增益值 $g_n(j-1)$ 被保持, j 是HOA信号矢量的输入矩阵的运转索引;

[0041] --将相应的逆增益值应用于PCM编码和归一化后的信号的当前矢量,从而得到PCM编码和去归一化后的信号的相应矢量;

[0042] -将系数域信号的所述矢量与去归一化后的系数域信号的矢量进行组合,从而得到可以具有可变数目的HOA系数的HOA系数域信号的组合矢量。

[0043] 原理上,本发明的解码设备适于对编码HOA信号的混合的空间/系数域表示进行解码,其中,所述HOA信号的数目能够在连续的系数帧中随时间变化,并且其中编码HOA信号的所述混合的空间/系数域表示根据上述发明的产生方法而产生,所述解码设备包括:

[0044] -适于对PCM编码的空间域信号和PCM编码和归一化后的系数域信号的所述复用矢量进行解复用的装置;

[0045] -适于通过将PCM编码的空间域信号的所述矢量乘以所述变换矩阵,将PCM编码的空间域信号的所述矢量变换为系数域信号的相应矢量的装置;

[0046] -适于对PCM编码和归一化后的系数域信号的所述矢量进行去归一化的装置,其中,所述去归一化包括:

[0047] --使用接收到的边信息的相应指数 $e_n(j-1)$ 和递归计算的增益值 $g_n(j-2)$ 计算变换矢量 $h_n(j-1)$,其中,用于PCM编码和归一化后的系数域信号的将被处理的下一矢量的相应处理的增益值 $g_n(j-1)$ 被保持, j 是HOA信号矢量的输入矩阵的运转索引;

[0048] --将相应的逆增益值应用于PCM编码和归一化后的信号的当前矢量,从而得到PCM编码和去归一化后的信号的相应矢量;

[0049] -适于将系数域信号的所述矢量与去归一化后的系数域信号的矢量进行组合,从而得到可以具有可变数目的HOA系数的HOA系数域信号的组合矢量的装置。

附图说明

[0050] 参照附图描述本发明的示例性实施例,其中:

[0051] 图1示出初始系数域HOA表示在空间域中的PCM传输;

[0052] 图2示出HOA表示在系数域和空间域中的组合传输;

[0053] 图3示出使用用于系数域中的信号的按块自适应归一化而进行的HOA表示在系数域和空间域中的组合传输;

[0054] 图4示出针对在系数域中表示的HOA信号($x_n(j)$)的自适应归一化处理;

[0055] 图5示出两个不同增益值之间的平滑变换所使用的转移函数;

[0056] 图6示出自适应去归一化处理;

[0057] 图7示出使用不同指数 e_n 的转移函数 $h_n(1)$ 的FFT频谱,其中,每个函数的最大幅度被归一化为0dB;

[0058] 图8示出三个连续信号矢量的示例转移函数。

具体实施方式

[0059] 关于空间域中的HOA表示的PCM编码,假设(在浮点表示中)满足 $-1 < w_n < 1$,从而可以如图1中所示执行HOA表示的PCM传输。在HOA编码器的输入处的转换器步骤或阶段11使用方程(1)将当前输入信号帧的系数域信号 d 转换为空间域信号 w 。PCM编码步骤或阶段12使用方

程(3)将浮点样本 w 转换为定点标记的PCM编码的整数样本 w' 。在复用器步骤或阶段13,样本 w' 被复用为HOA传输格式。

[0060] 在解复用器步骤或阶段14,HOA解码器对接收到的传输HOA格式的信号 w' 进行解复用,并在步骤或阶段15使用方程(2)将它们再次变换为系数域信号 d' 。该逆变换增加了 d' 的动态范围,从而从空间域到系数域的变换始终包括从整数(PCM)到浮点的格式转换。

[0061] 如果矩阵 Ψ 是随时间变化的(这种情况也即HOA信号的数目或索引针对连续HOA系数序列(即,连续输入信号帧)是随时间变化的),则图1的标准HOA传输将会失败。如上所述,针对这种情况的一个示例是在EP 13305558.2中描述的HOA压缩处理:常数个HOA信号被连续发送并且具有改变信号索引 n 的可变数目的HOA被并行发送。如上所述,所有的信号在系数域中发送,这样是欠佳的。

[0062] 根据本发明,结合图1描述的处理被扩展为如图2中所示。

[0063] 在步骤或阶段20,HOA编码器将HOA矢量 d 分离为两个矢量 d_1 和 d_2 ,其中,针对矢量 d_1 的HOA系数的数目 M 是常数,矢量 d_2 包含可变数目 K 的HOA系数。由于信号索引 n 针对矢量 d_1 是随时间变化的,因此在步骤或阶段21、22、23、24和25(对应于图1的步骤/阶段11至15)中利用在图2的下部信号路径中示出的与 w_1 和 w'_1 相对应的信号在空间域中执行PCM编码。然而,复用器步骤/阶段23得到附加输入信号 d''_2 ,在HOA解码器中的解复用器步骤/阶段24提供不同的输出信号 d''_2 。

[0064] HOA系数的数目或者矢量的大小 K 是随时间变化的,并且发送的HOA信号的索引 n 可以随时间改变。这样防止空间域中的传输,因为需要随时间变化的变换矩阵,这将导致所有感知编码(没有示出感知编码步骤或阶段)的HOA信号中的信号不连续性。但是应该避免这种信号不连续性,因为它们将减小对发送信号的感知编码的质量。因此,将在系数域中发送 d_2 。由于系数域中的信号的更大的值范围,因此在可以在步骤或阶段27中应用PCM编码之前在步骤或阶段26通过因子 $1/\|\Psi\|_\infty$ 对信号进行缩放。然而,这种缩放的缺点在于: $\|\Psi\|_\infty$ 的最大绝对值是最坏情况估计,最大绝对样本值将不会很频繁地出现,因为通常期望的值范围更小。结果,没有高效地使用针对PCM编码的可用分辨率,并且信号-量化噪声比低。

[0065] 在步骤或阶段28中使用因子 $\|\Psi\|_\infty$ 对解复用器步骤/阶段24的输出信号 d''_2 进行逆缩放。在步骤或阶段29中将产生的信号 d'''_2 与信号 d'_1 进行组合,从而产生解码的系数域HOA信号 d' 。

[0066] 根据本发明,可以通过使用对信号的信号自适应归一化来增加系数域中的PCM编码的效率。然而,这种归一化必须是可逆的,并且在样本之间是均匀连续的。在图3中示出所需要的按块自适应处理。第 j 个输入矩阵 $D(j) = [d(jL+0) \cdots d(jL+L-1)]$ 包括 L 个HOA信号矢量 d (在图3中未示出索引 j)。与图2中的处理类似,矩阵 D 被分离为两个矩阵 D_1 和 D_2 。在步骤或阶段31至35中的 D_1 的处理对应于结合图2和图1描述的空间域中的处理。但是系数域信号的编码包括自动适应到信号的当前值范围的按块自适应归一化步骤或阶段36,其后是PCM编码步骤或阶段37。用于对矩阵 D''_2 中每个PCM编码信号进行去归一化所需要的边信息在矢量 e 中存储和传输。矢量 $e = [e_{n_1} \cdots e_{n_K}]^T$ 针对每个信号包含一个值。解码器在接收侧的相应的自适应去归一化步骤或阶段38使用来自发送的矢量 e 的信息对信号 D''_2 至 D'''_2 的归一化进行逆变换。在步骤或阶段39中将产生的信号 D'''_2 与信号 D'_1 进行组合,从而产生解码的系数域

HOA信号D'。

[0067] 在步骤/阶段36中的自适应归一化中,将均匀连续的转移函数应用于当前输入系数块的样本,以将来自最后输入的系数块的增益连续地改变为下一个输入系数块的增益。这种类型的处理需要一个块的延迟,因为必须提前一个输入系数块来检测归一化增益的改变。其优点在于:引入的幅度调制小,从而调制信号的感知编码几乎对去归一化后的信号没有影响。

[0068] 针对 $D_2(j)$ 的每个HOA信号独立地执行自适应归一化的实施。信号由矩阵的行矢量 \mathbf{x}_n^T 表征表示

$$[0069] \quad \mathbf{D}_2(j) = [\mathbf{d}_2(jL+0) \cdots \mathbf{d}_2(jL+L-1)] = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1^T(j) \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n^T(j) \\ \vdots \\ \mathbf{x}_K^T(j) \end{bmatrix},$$

[0070] 其中,n表示发送的HOA信号的索引。 \mathbf{x}_n 被转置,因为其最初是列矢量,而这里需要行矢量。

[0071] 图4更具体地示出步骤/阶段36中的该自适应归一化。处理的输入值是:

[0072] -时间平滑的最大值 $x_{n,\max,sm}(j-2)$,

[0073] -增益值 $g_n(j-2)$,即,被应用于相应信号矢量块 $\mathbf{x}_n(j-2)$ 的最后系数的增益,

[0074] -当前块的信号矢量 $\mathbf{x}_n(j)$,

[0075] -前一块的信号矢量 $\mathbf{x}_n(j-1)$ 。

[0076] 当开始第一块 $\mathbf{x}_n(0)$ 的处理时,通过预定义的值来对递归输入值进行初始化:矢量 $\mathbf{x}_n(-1)$ 的系数可以被设置为零,增益值 $g_n(-2)$ 应该被设置为'1',并且 $x_{n,\max,sm}(-2)$ 应该被设置为预定义的平均幅度值。

[0077] 之后,最后块的增益值 $g_n(j-1)$ 、边信息矢量 $\mathbf{e}(j-1)$ 的相应值 $e_n(j-1)$ 、时间平滑的最大值 $x_{n,\max,sm}(j-1)$ 和归一化的信号矢量 $\mathbf{x}_n'(j-1)$ 是该处理的输出。

[0078] 该处理的目的在于将应用于信号矢量 $\mathbf{x}_n(j-1)$ 的增益值从 $g_n(j-2)$ 连续地改变为 $g_n(j-1)$,从而增益值 $g_n(j-1)$ 将信号矢量 $\mathbf{x}_n(j)$ 标准化归一化到合适的值范围。

[0079] 在第一处理步骤或阶段41,信号矢量 $\mathbf{x}_n(j)=[x_{n,0}(j) \cdots x_{n,L-1}(j)]$ 的每个系数乘以增益值 $g_n(j-2)$,其中, $g_n(j-2)$ 从信号矢量 $\mathbf{x}_n(j-1)$ 标准化归一化处理保持为用于新归一化增益的基础。在步骤或阶段42中使用以下方程(5)从产生的归一化后的信号矢量 $\mathbf{x}_n(j)$ 获得绝对值的最大值 $x_{n,\max}$:

$$[0080] \quad x_{n,\max} = \max_{0 \leq l < L} |g_n(j-2) x_{n,l}(j)| \quad (5)$$

[0081] 在步骤或阶段43,时间平滑被应用于 $x_{n,\max}$,其中,使用接收所述平滑的最大值的前一值 $x_{n,\max,sm}(j-2)$ 来实现所述时间平滑,并且产生当前时间平滑的最大值 $x_{n,\max,sm}(j-1)$ 。这种平滑的目的在于随着时间减弱归一化增益的适应性,从而减小增益改变的数目并因而减小信号的幅度调制。仅在值 $x_{n,\max}$ 在预定义的值范围内的情况下才应用时间平滑。否则,将 $x_{n,\max,sm}(j-1)$ 设置为 $x_{n,\max}$ (即, $x_{n,\max}$ 的值被保持为原样),因为后续的处理必须将 $x_{n,\max}$ 的实际值缩减至预定义的值范围。因此,仅在归一化增益是常数或者在可以在不超出值范围的情况下放大信号 $\mathbf{x}_n(j)$ 时,时间平滑才是激活的。

[0082] 在步骤/阶段43中,如下计算 $x_{n,\max,sm}(j-1)$:

$$[0083] \quad x_{n,\max,sm}(j-1) = \begin{cases} x_{n,\max} & \text{对于 } x_{n,\max} \geq 1 \\ (1-a)x_{n,\max,sm}(j-1) + ax_{n,\max} & \text{其它} \end{cases}, \quad (6)$$

[0084] 其中, $0 < a \leq 1$ 是衰减常数。

[0085] 为了减小矢量 e 的传输的比特率,从当前时间平滑的最大值 $x_{n,\max,sm}(j-1)$ 计算归一化增益,并且该归一化增益被传输为以‘2’为底的指数。因此必须满足

$$[0086] \quad x_{n,\max,sm}(j-1) 2^{e_n(j-1)} \leq 1 \quad (7)$$

[0087] 并且在步骤或阶段44中从 $e_n(j-1) = \left\lfloor \log_2 \frac{1}{x_{n,\max,sm}(j-1)} \right\rfloor$ (8) 获得量化指数 $e_n(j-1)$ 。

[0088] 在信号被再次放大(即总增益的值随时间增加)以开发可用于高效PCM编码的分辨率的时间段中,可以将指数 $e_n(j)$ (进而连续块之间的增益差)限制为小的最大值,例如‘1’。该操作具有两个有益效果。一方面,连续块之间的小增益差通过转移函数仅导致小幅度调制,使得FFT频谱的相邻子带之间的交叉串扰减小(见结合图7的转移函数对感知编码的影响的相关描述)。另一方面,用于对指数进行编码的比特率通过约束其值范围而减小。

[0089] 总最大放大的值 $g_n(j-1) = g_n(j-2)2^{e_n(j-1)}$ (9)可以被限制为例如‘1’。其原因在于:如果系数信号之一展现出在两个连续块之间的大幅度改变,其中,第一个块具有很小的幅度而第二个块具有最大可能的幅度(假设空间域中的HOA表示的归一化),则这两个块之间的很大的增益差将导致通过转移函数的大增益调制,从而导致在FFT频谱的相邻子带之间产生严重的交叉串扰。这对于下文讨论的后续感知编码而言是欠佳的。

[0090] 在步骤或阶段45,将指数值 $e_n(j-1)$ 应用于转移函数,从而得到当前增益值 $g_n(j-1)$ 。对于从增益值 $g_n(j-2)$ 到增益值 $g_n(j-1)$ 的连续变换,使用图5中示出的函数。该函数的计算规则为

$$[0091] \quad f(l) = 0.25 \cos\left(\frac{\pi l}{(L-1)}\right) + 0.75 \quad (10)$$

[0092] 其中, $l=0,1,2,\dots,L-1$ 。对于从 $g_n(j-2)$ 到 $g_n(j-1)$ 的连续衰退,使用实际转移函数矢量 $h_n(j-1) = [h_n(0) \dots h_n(L-1)]^T$ (其中, $h_n(l) = g_n(j-2)f(l)^{-e_n(j-1)}$) (11)。

[0093] 对于 $e_n(j-1)$ 的每个值,由于 $f(0)=1$,因此 $h_n(0)$ 等于 $g_n(j-2)$ 。 $f(L-1)$ 的最后值等于0.5,从而 $h_n(L-1) = g_n(j-2)0.5^{-e_n(j-1)}$ 将导致根据方程(9)的用于 $x_n(j)$ 的归一化所需要的放大 $g_n(j-1)$ 。

[0094] 在步骤或阶段46,通过变换矢量 $h_n(j-1)$ 的增益值对信号矢量 $x_n(j-1)$ 的样本加权以获得

$$[0095] \quad x'_n(j-1) = x_n(j-1) \otimes h_n(j-1) \quad (12)$$

[0096] 其中,‘ \otimes ’运算符表示两个矢量的按矢量元素进行的乘法。该乘法还可以被视为信号 $x_n(j-1)$ 的幅度调制。

[0097] 更具体地,变换矢量 $h_n(j-1) = [h_n(0) \dots h_n(L-1)]^T$ 的系数乘以信号矢量 $x_n(j-1)$ 的

相应系数,其中, $h_n(0)$ 的值是 $h_n(0) = g_n(j-2)$,并且 $h_n(L-1)$ 的值是 $h_n(L-1) = g_n(j-1)$ 。因此,如在图8的示例中所示,转移函数从增益值 $g_n(j-2)$ 连续衰退到增益值 $g_n(j-1)$,其中,图8示出来自针对三个连续块的应用于相应信号矢量 $x_n(j)$ 、 $x_n(j-1)$ 和 $x_n(j-2)$ 的转移函数 $h_n(j)$ 、 $h_n(j-1)$ 和 $h_n(j-2)$ 的增益值。针对下游感知编码的优点在于:在块边缘,应用的增益是连续的。转移函数 $h_n(j-1)$ 使用于 $x_n(j-1)$ 的系数的增益从 $g_n(j-2)$ 连续衰退为 $g_n(j-1)$ 。

[0098] 在图6中示出在解码器或接收器侧的自适应去归一化处理。输入值是PCM编码和归一化后的信号 $x''_n(j-1)$ 、合适的指数 $e_n(j-1)$ 和最后块的增益值 $g_n(j-2)$ 。递归地计算最后块的增益值 $g_n(j-2)$,其中, $g_n(j-2)$ 需要通过还用于编码器中的预定义的值来初始化。输出是来自步骤/阶段61的增益值 $g_n(j-1)$ 和来自步骤/阶段62的去归一化后的信号 $x'''_n(j-1)$ 。

[0099] 在步骤或阶段61,将指数应用于转移函数。为了恢复 $x_n(j-1)$ 的值范围,方程(11)从接收到的指数 $e_n(j-1)$ 计算变换矢量 $h_n(j-1)$,并且递归地计算增益 $g_n(j-2)$ 。用于下一个块的处理的增益 $g_n(j-1)$ 被设置为等于 $h_n(L-1)$ 。

[0100] 在步骤或阶段62,应用逆增益。应用的归一化处理的幅度调制通过

$$x'''_n(j-1) = x''_n(j-1) \otimes h_n(j-1)^{-1} \quad (13)$$

被逆变换,其中, $h_n(j-1)^{-1} = \left[\frac{1}{h_n(0)} \cdots \frac{1}{h_n(L-1)} \right]^T$,并且

且‘ \otimes ’是在编码器或发送器侧使用的按矢量元素进行的乘法。 $x'_n(j-1)$ 的样本不能被 $x''_n(j-1)$ 的输入PCM格式表示,从而去归一化需要转换为更大值范围的格式,例如浮点格式。

[0101] 关于边信息传输,对于指数 $e_n(j-1)$ 的传输而言,不能假设他们的概率是均匀的,因为应用的归一化增益针对相同值范围的连续块而言将是常数。因此,可以将例如示例霍夫曼编码的熵编码应用于指数值以减少需要的数据率。

[0102] 描述的处理的一个缺点可能在于增益值 $g_n(j-2)$ 的递归计算。结果,去归一化处理只能从HOA流的起始开始。

[0103] 该问题的解决方案在于将访问单元添加到HOA格式中,以规则地提供用于计算 $g_n(j-2)$ 的信息。在这种情况下,访问单元需要为每t个块提供指数 $e_{n,access} = \log_2 g_n(j-2)$ (14),从而可以计算 $g_n(j-2) = 2^{e_{n,access}}$,并且可以在每t个块处开始去归一化。

[0104] 通过函数 $h_n(1)$ 的频率响应 $H_n(u) = \sum_{l=0}^{L-1} h_n(l) e^{-\frac{2\pi i l u}{L-1}}$ (15)的绝对值来分析对归一化的信号 $x'_n(j-1)$ 的感知编码的影响。频率响应由如方程(15)中示出的 $h_n(1)$ 的快速傅里叶变换(FFT)来定义。

[0105] 图7示出归一化(到0dB)的大小的FFT频谱 $H_n(i)$,以明确由幅度调制引入的频谱失真。 $|H_n(i)|$ 对于小指数的衰退相对陡峭,而对于较大指数相对平坦。

[0106] 由于在时域中通过 $h_n(1)$ 对 $x_n(j-1)$ 的幅度调制等于在频域中的通过 $H_n(i)$ 的卷积,因此频率响应 $H_n(u)$ 的陡峭衰退减小了 $x'_n(j-1)$ 的FFT频谱的相邻子带之间的交叉串扰。这与 $x'_n(j-1)$ 的后续感知编码高度相关,因为子带交叉串扰会影响信号的估计的感知特性。因此,对于 $H_n(u)$ 的陡峭衰退,针对 $x'_n(j-1)$ 的感知编码假设对于未归一化的信号 $x_n(j-1)$ 也是有效地。

[0107] 这示出对于小指数, $x'_n(j-1)$ 的感知编码几乎等于 $x_n(j-1)$ 的感知编码,并且只要指数大小小,归一化的信号的感知编码就几乎不会影响去归一化后的信号。

[0108] 本发明处理可以通过在发送侧和接收侧的信号处理器或电子电路来执行,或者通

过并行操作和/或在本发明处理的不同方操作的若干处理器或电子电路来执行。

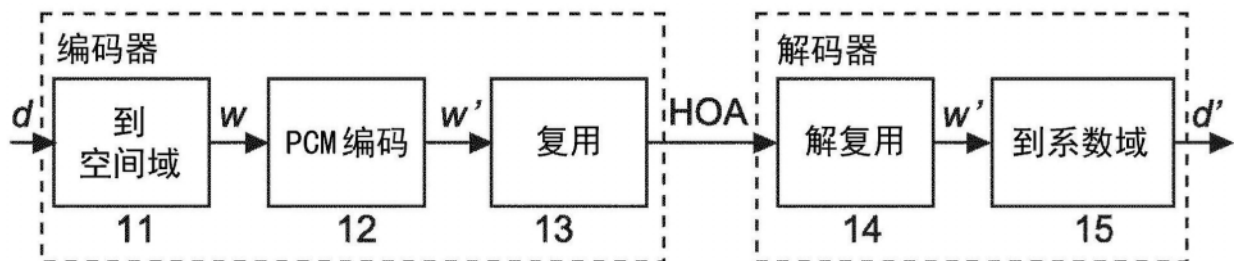


图1

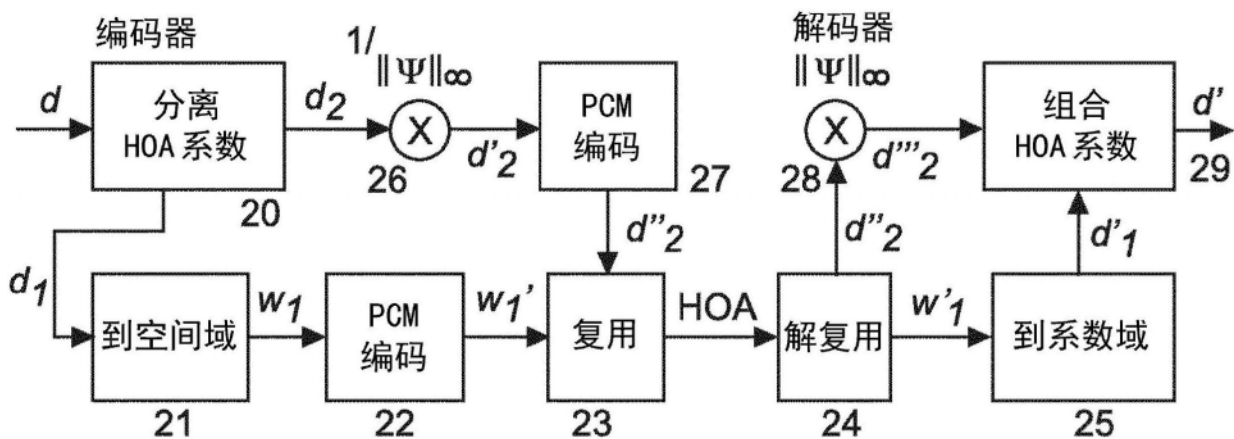


图2

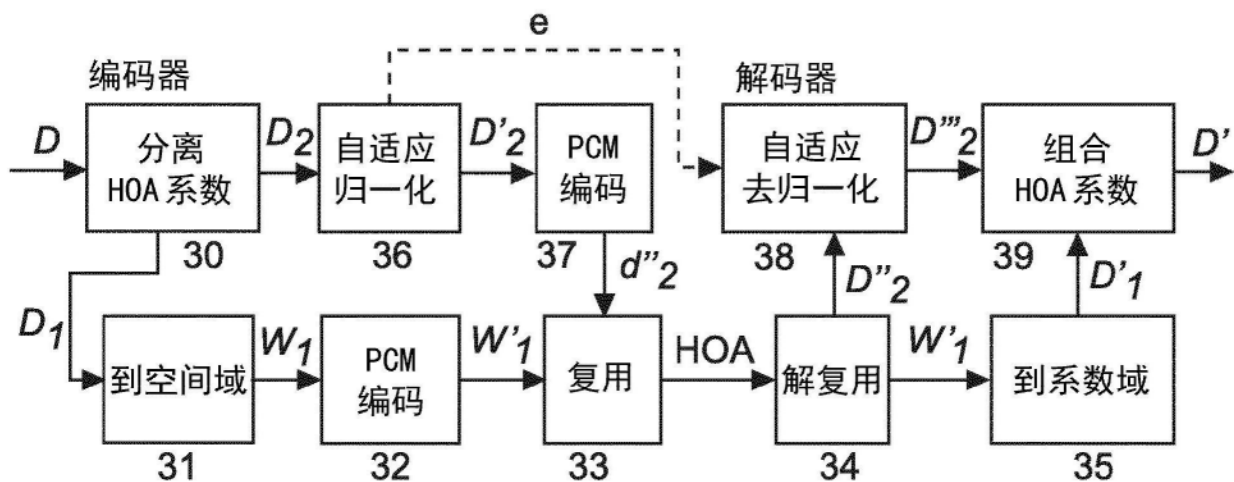


图3

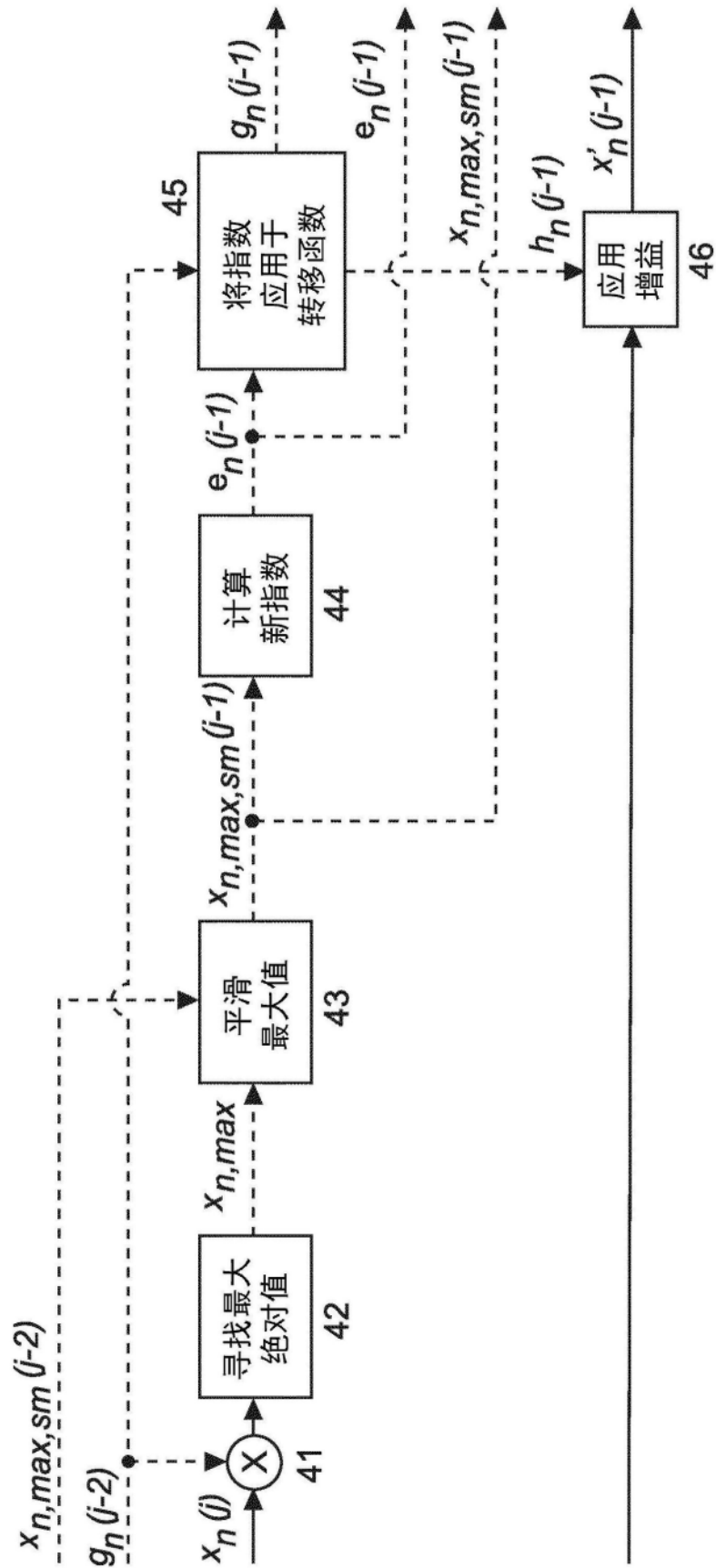


图4

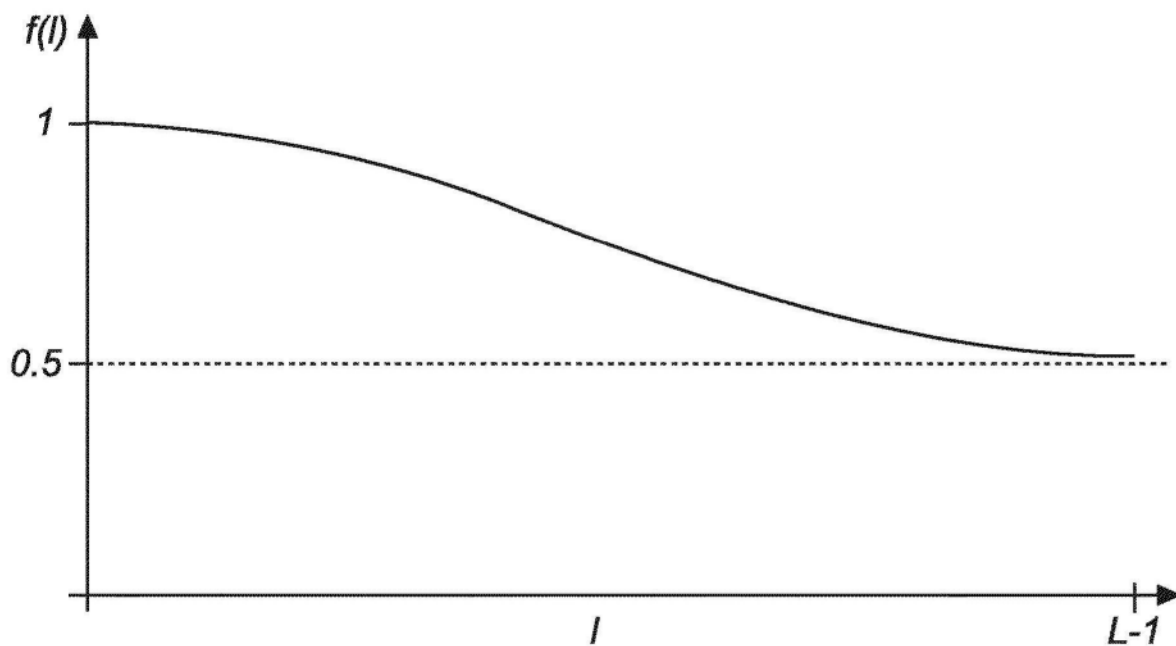


图5

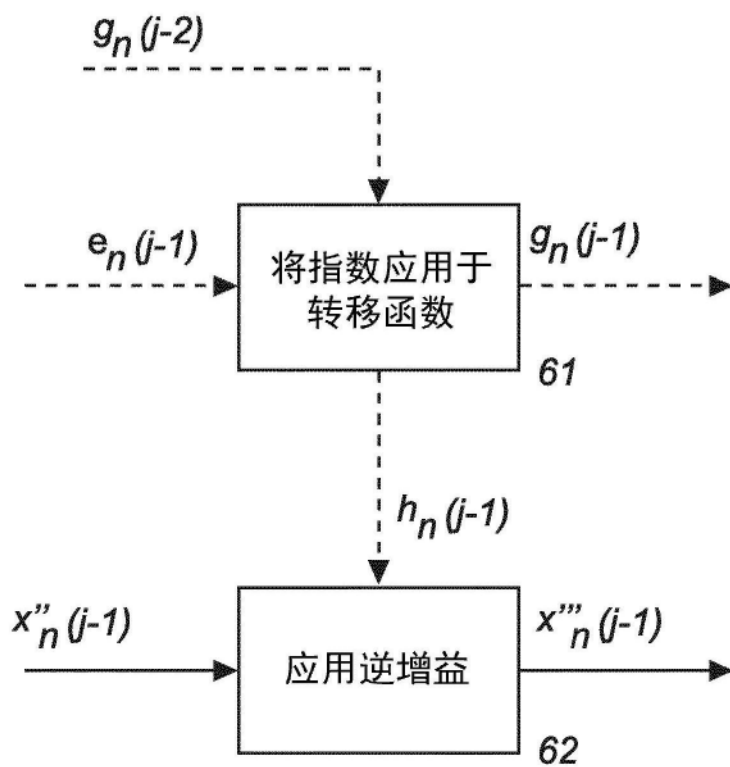


图6

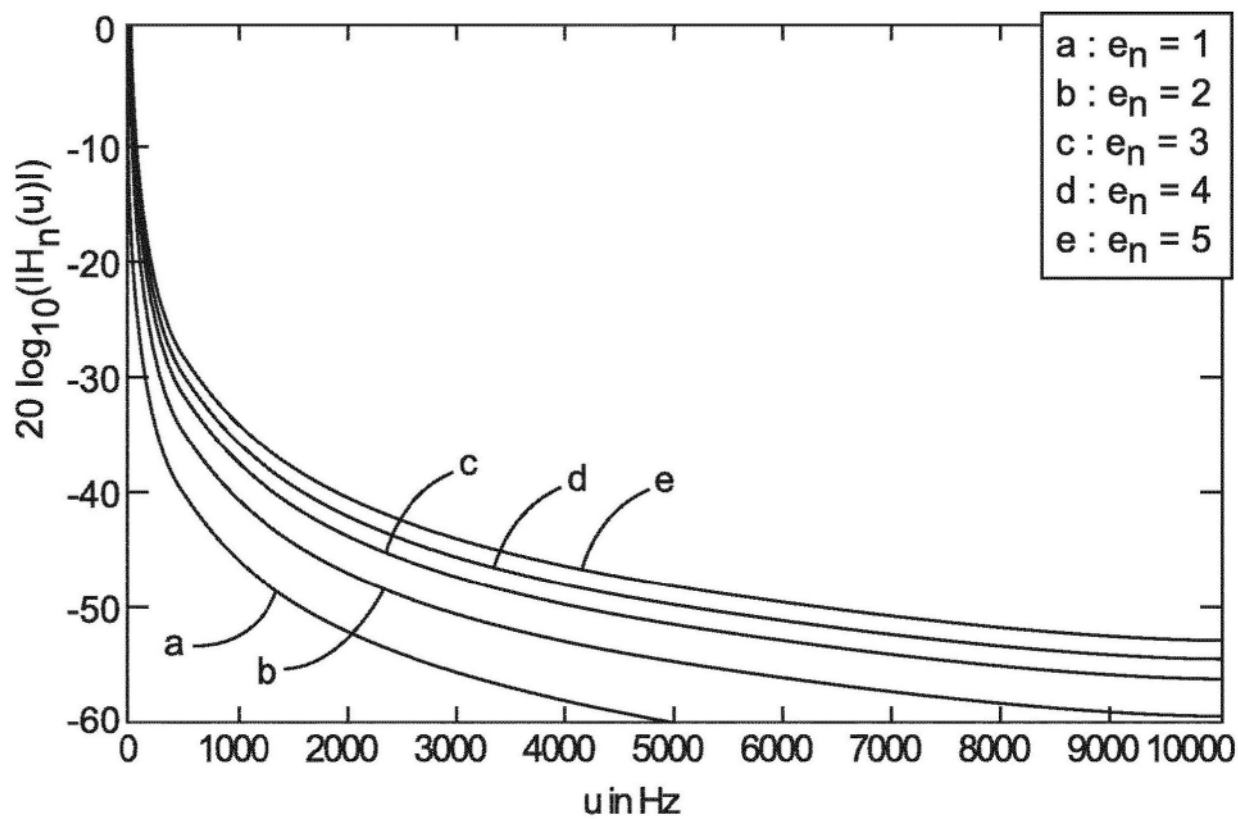


图7

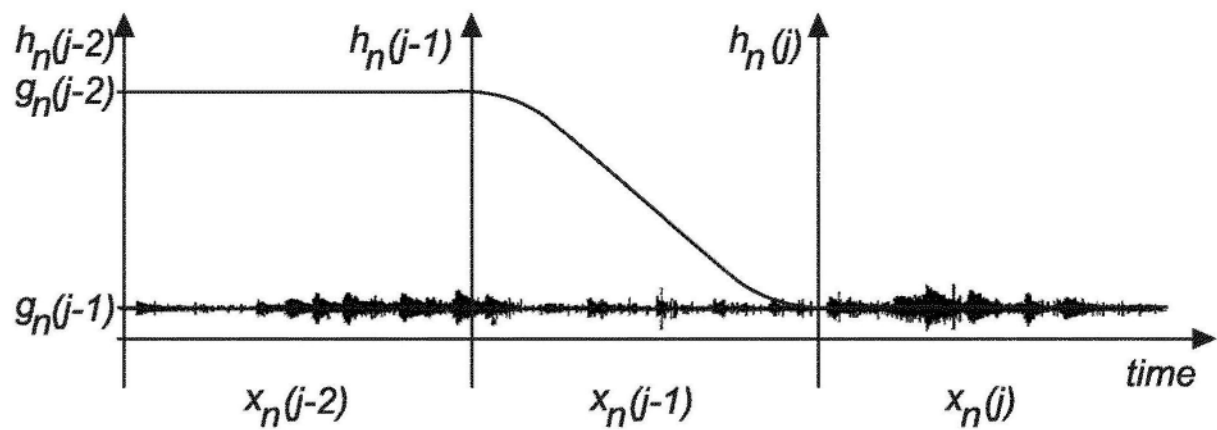


图8