



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I871529 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 02 月 01 日

(21)申請案號：111133302

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 07 月 04 日

(51)Int. Cl. : **G10L19/008 (2013.01)****H04S3/00 (2006.01)**

(30)優先權：2013/07/11 歐洲專利局

13305986.5

(71)申請人：瑞典商杜比國際公司 (瑞典) DOLBY INTERNATIONAL AB (SE)

荷蘭

(72)發明人：科登 斯凡 KORDON, SVEN (DE)；克魯格 亞歷山大 KRUGER, ALEXANDER (DE)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 200621042A

CN 103004182A

EP 2469742A2

WO 2012/059385A1

審查人員：陳守德

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：8 共 30 頁

(54)名稱

用於解碼高階保真立體音響表示之方法、裝置及非暫態電腦可讀取儲存媒體

(57)摘要

本發明係為一種從高階保真立體音響之一係數領域表示產生該高階保真立體音響之一混合空間或係數領域表示之方法，該高階保真立體音響以 HOA 表示，有二表示以用於空間領域及係數領域，其中該 HOA 信號數可為變數。將一係數領域信號向量分離成一具有一 HOA 係數常數之係數領域信號向量，及一具有一 HOA 係數變數之係數領域信號向量。將該常數 HOA 係數向量變換至一對應空間領域信號向量。為促進高品質編碼，不致產生信號中斷，利用該空間領域信號向量，將該係數領域信號之變數 HOA 係數向量進行適應正規化及多工化。

There are two representations for Higher Order Ambisonics denoted HOA: spatial domain and coefficient domain. The invention generates from a coefficient domain representation a mixed spatial/coefficient domain representation, wherein the number of said HOA signals can be variable. A vector of coefficient domain signals is separated into a vector of coefficient domain signals having a constant number of HOA coefficients and a vector of coefficient domain signals having a variable number of HOA coefficients. The constant-number HOA coefficients vector is transformed to a corresponding spatial domain signal vector. In order to facilitate high-quality coding, without creating signal discontinuities the variable-number HOA coefficients vector of coefficient domain signals is adaptively normalised and multiplexed with the vector of spatial domain signals.

指定代表圖：

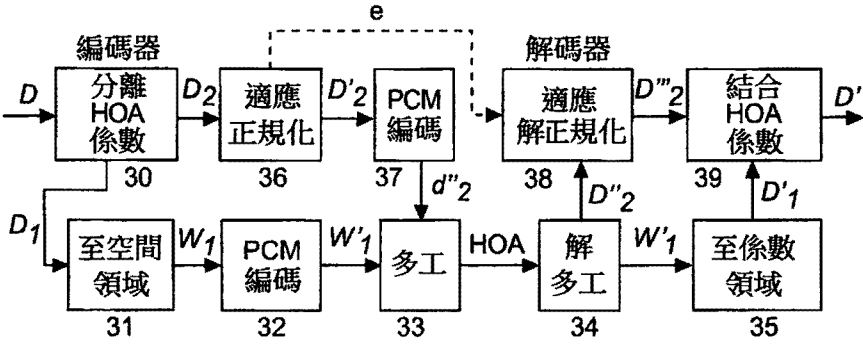


圖 3

符號簡單說明：

30,31,32,33,34,35,36,37,38,39:步驟或階段

$d''_2, D, D_1, D_2, D', D'_1, D'_2$

, D''_2, D'''_2 :係數領域信號向量

e :傳輸向量

W_1, W'_1 :空間領域信號向量

HOA:高階保真立體音響

公告本

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於解碼高階保真立體音響表示之方法、裝置及非暫態電腦可讀取儲存媒體

【英文發明名稱】

METHOD, APPARATUS AND NON-TRANSITORY COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM FOR DECODING A HIGHER ORDER AMBISONICS REPRESENTATION

【中文】

本發明係為一種從高階保真立體音響之一係數領域表示產生該高階保真立體音響之一混合空間或係數領域表示之方法，該高階保真立體音響以 HOA 表示，有二表示以用於空間領域及係數領域，其中該 HOA 信號數可為變數。將一係數領域信號向量分離成一具有一 HOA 係數常數之係數領域信號向量，及一具有一 HOA 係數變數之係數領域信號向量。將該常數 HOA 係數向量變換至一對應空間領域信號向量。為促進高品質編碼，不致產生信號中斷，利用該空間領域信號向量，將該係數領域信號之變數 HOA 係數向量進行適應正規化及多工化。

【 英文 】

There are two representations for Higher Order Ambisonics denoted HOA: spatial domain and coefficient domain. The invention generates from a coefficient domain representation a mixed spatial/coefficient domain representation, wherein the number of said HOA signals can be variable. A vector of coefficient domain signals is separated into a vector of coefficient domain signals having a constant number of HOA coefficients and a vector of coefficient domain signals having a variable number of HOA coefficients. The constant-number HOA coefficients vector is transformed to a corresponding spatial domain signal vector. In order to facilitate high-quality coding, without creating signal discontinuities the variable-number HOA coefficients vector of coefficient domain signals is adaptively normalised and multiplexed with the vector of spatial domain signals.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 3

【本代表圖之符號簡單說明】：

30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39：步驟或階段

$d''_2, D, D_1, D_2, D', D'_1, D'_2, D''_2, D'''_2$ ：係數領域信號向量

e ：傳輸向量

W_1, W'_1 ：空間領域信號向量

HOA：高階保真立體音響

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：
無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於解碼高階保真立體音響表示之方法、裝置及非暫態電腦可讀取儲存媒體

【英文發明名稱】

METHOD, APPARATUS AND NON-TRANSITORY COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM FOR DECODING A HIGHER ORDER AMBISONICS REPRESENTATION

【技術領域】

[0001] 本發明相關從高階保真立體音響(HOA)信號的一係數領域表示產生該高階保真立體音響信號的一混合空間或係數領域表示的方法及裝置，其中該高階保真立體音響的信號數可為變數。

【先前技術】

[0002] 以 HOA 表示的高階保真立體音響係一平面或立體音場的數學描述，該音場可由合成音源設計出的一麥克風陣列加以捕捉，或是兩者的結合。可使用 HOA 作為平面或立體音場的一傳輸格式。對照以揚聲器為基礎的環繞音表示，HOA 的有利點係不同揚聲器配置上的音場再製，因此 HOA 適合一通用音訊格式。

HOA 的空間解析度是由 HOA 位階判定，此位階定義

描述音場的 HOA 信號數，HOA 有二表示，分別稱為空間領域及係數領域。在大部分情形中，HOA 原在係數領域中表示，及此類表示可藉由一矩陣乘法(或變換)轉換成空間領域，如在歐洲專利公開案第 2469742 A2 號所揭露。空間領域係由與係數領域相同的信號數所組成，然而，在空間領域中，各信號係相關一方向，其中該等方向一致地分布在單一球面上，此有助於該 HOA 表示的空間分布分析。係數領域表示以及空間領域表示皆係時間領域表示。

【發明內容】

[0003] 以下，本發明目的基本上用於 HOA(高階保真立體音響)表示的 PCM(極化連續模型)傳輸，盡可能遠至空間領域，為要提供各方向一完全相同的動態範圍。這意謂著該等 HOA 信號在空間領域中的 PCM 樣本必須正規化到一預定值範圍。然而，此類正規化的缺點在於 HOA 信號在空間領域中的動態範圍比在係數領域中小，這是從係數領域信號產生空間領域信號的變換矩陣所造成。

在一些應用中，HOA 信號係在係數領域中傳輸，例如在歐洲專利申請案第 13305558.2 號所揭露的處理中，其中因待傳輸一 HOA 信號常數及一額外 HOA 信號變數，因此所有信號皆在係數領域中傳輸，但如上述歐洲專利公開案第 2469742 A2 號所揭露，在係數領域中的傳輸並不

有利。

作為一解決方法，該 HOA 信號常數可在空間領域中傳輸，及只在係數領域中傳輸具變數的額外 HOA 信號，由於一 HOA 信號時間變數會造成數個時間變量係數至空間領域變換矩陣，因此不可能在空間領域中傳輸該等額外 HOA 信號，在所有空間領域信號中並可發生中斷，其用於 PCM 信號的後續感知編碼係次優的。

[0004] 為確保此等額外 HOA 信號的傳輸不超過一預設值範圍，可使用一可逆正規化處理，其設計用以防止此類信號中斷，其亦達成有效率傳輸該等反演參數。

[0005] 用於 PCM 編碼，關於二 HOA 表示的動態範圍及 HOA 信號的正規化，將在以下導出此類正規化是應發生在係數領域中或在空間領域中。

[0006] 在係數時間領域中，HOA 表示係由 N 個係數信號 $d_n(k)$, $n=0, \dots, N-1$ 的連續訊框所組成，其中 k 表示樣本指標，及 n 表示信號指標，此等係數信號集合在一向量 $d(k)=[d_0(k), \dots, d_{N-1}(k)]^T$ 中，為要得到一緊致(精簡)表示。

如在歐洲專利申請案第 12306569.0 號中所定義，變換到空間領域係由 $N \times N$ 變換矩陣

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

執行，參閱 $\mathcal{E}_{\text{GRID}}$ 相關公式(21)及(22)的定義。

空間領域向量 $w(k)=[w_0(k) \dots w_{N-1}(k)]^T$ 係由

$$w(k)=\Psi^{-1}d(k) \quad (1)$$

得出，其中 Ψ^{-1} 係矩陣 Ψ 的逆矩陣。

$$\text{由 } d(k) = \Psi w(k) \quad (2)$$

執行從空間領域到係數領域的逆變換。

若該等樣本的值範圍係定義在一領域中，則變換矩陣 Ψ 自動定義另一領域的值範圍，以下省略用於第 k 個樣本的用詞 (k) 。

因為 HOA 表示實際上是在空間領域中再製，因此值範圍、音量及動態範圍係在此領域中定義，動態範圍係由 PCM 編碼的位元解析度來定義，在此應用中，“PCM 編碼”意指浮點表示樣本轉換成定點表示法中的整數表示樣本。

用於 HOA 表示的 PCM 編碼，該 N 個空間領域信號必須正規化到 $-1 \leq w_n < 1$ 的值範圍，使它們可放大到最大 PCM 值 W_{max} 及繞轉到定點整數 PCM 表示法

$$w'_n = \lfloor w_n W_{max} \rfloor \quad (3)$$

注意事項：此係一普遍化 PCM 編碼表示。

可由矩陣 Ψ 的無限範數，其由

$$\|\Psi\|_{\infty} = \max_n \sum_{m=1}^N |\psi_{nm}| \quad (4)$$

所定義，及空間領域中的最大絕對值 $w_{max}=1$ ，求出係數領域樣本的值範圍 $-\|\Psi\|_{\infty} w_{max} \leq d_n < \|\Psi\|_{\infty}$ 。用於矩陣 Ψ 用過的定義，由於 $\|\Psi\|_{\infty}$ 的值大於“1”，因此 d_n 的值範圍增大。

反過來意指，由於 $-1 \leq d_n / \|\Psi\|_{\infty} < 1$ ，因此一係數領域信號 PCM 編碼要求藉由 $\|\Psi\|_{\infty}$ 正規化，然而，此正規化縮小係數領域中信號的動態範圍，其會造成一較低的信號至

量化雜訊比，因此一空間領域信號 PCM 編碼應較佳。

[0007] 本發明將解決的問題係如何使用正規化以傳輸係數領域中部分空間領域所要的 HOA 信號，不致縮小係數領域中的動態範圍，此外，該等正規化信號不應包含信號級躍變，以便該等信號可感知地編碼，不致因躍變造成品質損失。

原則上，本發明的產生方法適合從 HOA 信號的一係數領域表示產生該 HOA 信號的一混合空間或係數領域表示，其中該 HOA 的信號數可在連續係數訊框中隨時間變化，該方法包括以下步驟：

- 將一 HOA 係數領域信號向量分離成一第一係數領域信號向量，具有一 HOA 係數常數，及一第二係數領域信號向量，具有隨時間變化的一 HOA 係數變數；
- 藉由該係數領域信號向量與一變換矩陣的逆矩陣相乘，將該第一係數領域信號向量變換到一對應空間領域信號向量；
- 對該空間領域信號向量進行 PCM 編碼，以便得到一 PCM 編碼空間領域信號向量；
- 藉由一正規化因子將該第二係數領域信號向量正規化，其中該正規化係一適應正規化，相關該第二係數領域信號向量的 HOA 係數的一目前值範圍，及在該正規化中，未超過該向量的 HOA 係數的可用值範圍，及在該正規化中，將一致連續的一轉移函數應用到一目前第二向量的係數，為要連續地變動該向量內

的增益，從前一第二向量中的增益變到下一第二向量中的增益，及該正規化提供邊資訊以用於一對應解碼端解正規化；

- 將該正規化係數領域信號向量進行 PCM 編碼，以便得到一 PCM 編碼及正規化係數領域信號向量；
- 對該 PCM 編碼空間領域信號向量及該 PCM 編碼及正規化係數領域信號向量進行多工。

[0008] 原則上，本發明的產生裝置適合從 HOA 信號的一係數領域表示產生該 HOA 信號的一混合空間或係數領域表示，其中該 HOA 的信號數可在連續係數訊框中隨時間變化，該裝置包括：

- 分離構件，調適成將一 HOA 係數領域信號向量分離成一第一係數領域信號向量，具有一 HOA 係數常數，及一第二係數領域信號向量，具有隨時間變化的一 HOA 係數變數；
- 變換構件，調適成藉由該係數領域信號向量與一變換矩陣的逆矩陣相乘，將該第一係數領域信號向量變換到一對應空間領域信號向量；
- PCM 編碼構件，調適成對該空間領域信號向量進行 PCM 編碼，以便得到一 PCM 編碼空間領域信號向量；
- 正規化構件，調適成藉由一正規化因子將該第二係數領域信號向量正規化，其中該正規化係一適應正規化，相關該第二係數領域信號向量的 HOA 係數的目

前值範圍，及在該正規化中，未超過該向量的 HOA 係數的可用值範圍，及該正規化中，將一致連續的一轉移函數應用到一目前第二向量的係數，為要連續地變動該向量內的增益，從前一第二向量中的增益變到下一第二向量中的增益，及該正規化提供邊資訊以用於一對應解碼端解正規化；

- PCM 編碼構件，調適成將該正規化係數領域信號向量進行 PCM 編碼，以便得到一 PCM 編碼及正規化係數領域信號向量；
- 多工構件，調適成對該 PCM 編碼空間領域信號向量及該 PCM 編碼及正規化係數領域信號向量進行多工。

[0009] 原則上，本發明的解碼方法適合將已編碼 HOA 信號的一混合空間或係數領域表示解碼，其中該 HOA 的信號數可在連續係數訊框中隨時間變化，及其中該已編碼 HOA 信號的混合空間或係數領域表示係根據本發明上述產生方法所產生，該解碼包括以下步驟：

- 將該等 PCM 編碼空間領域信號與 PCM 編碼及正規化係數領域信號的多工向量解多工；
- 藉由該 PCM 編碼空間領域信號向量與該變換矩陣相乘，將該 PCM 編碼空間領域信號向量變換到一對應係數領域信號向量；
- 將該 PCM 編碼及正規化係數領域信號向量解正規化，其中該解正規化包括以下步驟：

- 使用接收的邊資訊的一對應指數 $e_n(j-1)$ 及一遞迴求出的增益值 $g_n(j-2)$ ，求出一轉移向量 $h_n(j-1)$ ，其中增益值 $g_n(j-1)$ 維持不變以用於待處理的下一 PCM 編碼及正規化係數領域信號向量的對應處理， j 係一 HOA 信號向量輸入矩陣的一游動指標；
- 將對應逆增益值應用到一目前 PCM 編碼及正規化信號向量，以便得到一對應 PCM 編碼及解正規化信號向量；
- 結合該係數領域信號向量與該解正規化係數領域信號向量，以便得到一 HOA 係數領域信號結合向量，其可具有一 HOA 係數變數。

[0010] 原則上，本發明的解碼裝置適合將已編碼 HOA 信號的一混合空間或係數領域表示解碼，其中該 HOA 的信號數可在連續係數訊框中隨時間變化，及其中該已編碼 HOA 信號的混合空間或係數領域表示係根據本發明上述產生方法所產生，該解碼裝置包括：

- 解多工構件，調適成將該等 PCM 編碼空間領域信號與 PCM 編碼及正規化係數領域信號的多工向量解多工；
- 變換構件，調適用以藉由該 PCM 編碼空間領域信號向量與該變換矩陣相乘，將該 PCM 編碼空間領域信號向量變換到一對應係數領域信號向量；
- 解正規化構件，調適用以將該 PCM 編碼及正規化係

數領域信號向量解正規化，其中該解正規化包括以下步驟：

- 使用接收的邊資訊的一對應指數 $e_n(j-1)$ 及一遞迴求出的增益值 $g_n(j-2)$ ，求出一轉移向量 $h_n(j-1)$ ，其中增益值 $g_n(j-1)$ 維持不變以用於待處理的下一 PCM 編碼及正規化係數領域信號向量的對應處理， j 係一 HOA 信號向量輸入矩陣的一游動指標；
- 將對應逆增益值應用到一目前 PCM 編碼及正規化信號向量，以便得到一對應 PCM 編碼及解正規化信號向量；
- 結合構件，調適用以結合該係數領域信號向量與該解正規化係數領域信號向量，以便得到一 HOA 係數領域信號結合向量，其可具有一 HOA 係數變數。

【圖式簡單說明】

[0011] 將參考附圖說明本發明的數個示範實施例，圖中：

圖 1 繪示一原始係數領域 HOA(高階保真立體音響)表示在空間領域中的 PCM(極化連續模型)傳輸；

圖 2 繪示該 HOA 表示在係數領域及空間領域中的結合傳輸；

圖 3 繪示該 HOA 表示使用係數領域中信號的方塊方向適應正規化在係數領域及空間領域中的結合傳輸；

圖 4 繪示適應正規化處理以用於在係數領域表示的一 HOA 信號 $x_n(j)$ ；

圖 5 繪示一轉移函數，用於二相異增益值之間的一光滑轉移；

圖 6 繪示適應解正規化處理；

圖 7 繪示使用不同指數 e_n 的轉移函數 $h_n(l)$ 的 FFT(快速傅立葉變換)頻譜，其中各函數最大振幅正規化到 0 分貝(dB)；

圖 8 繪示數個示範轉移函數以用於三個連續信號向量。

【實施方式】

[0012] 關於一 HOA(高階保真立體音響)空間領域表示的 PCM(極化連續模型)編碼，假定(在浮點表示中)滿足 $-1 \leq w_n < 1$ ，因此可如圖 1 所示執行一 HOA 表示的 PCM 傳輸。在一 HOA 編碼器的輸入，一轉換器步驟或階段 11 使用公式(1)，將一目前輸入信號訊框的係數領域信號 d 變換到空間領域信號 w 。PCM 編碼步驟或階段 12 使用公式(3)，將浮點樣本 w 轉換到定點表示法的 PCM 編碼整數樣本 w' ，在多工器步驟或階段 13，將樣本 w' 多工成一 HOA 傳輸格式。

在解多工步驟或階段 14 中，HOA 解碼器將該等信號 w' 從接收的傳輸 HOA 格式解多工，及在步驟或階段 15 中使用公式(2)再將它們變換到係數領域信號 d' ，此逆變換

增加 d' 的動態範圍，因此從空間領域變換到係數領域總是包含從整數 (PCM) 到浮點的格式轉換。

[0013] 若矩陣 Ψ 係時間變式，其情況是，若該 HOA 信號數或指標係時間變式以用於連續 HOA 係數順序，即連續輸入信號訊框，則圖 1 的標準 HOA 傳輸將失敗。如上述，用於此情況的一範例係歐洲專利申請案第 13305558.2 號中所揭露的 HOA 壓縮處理：連續地傳輸一 HOA 信號常數，及平行地傳輸具變動信號指標 n 的一 HOA 信號變數，所有信號皆在係數領域中傳輸，其如上述係次優的。

[0014] 根據本發明，相關圖 1 所說明的處理延伸如圖 2 所示，在步驟或階段 20，HOA 編碼器將 HOA 向量 d 分離成二向量 d_1 及 d_2 ，其中用於向量 d_1 的 HOA 係數係常數 M ，及向量 d_2 包含一 HOA 係數變數 K 。因該等信號指標 n 係時間不變量以用於向量 d_1 ，因此在步驟或階段 21, 22, 23, 24 及 25 中，以對應到圖 2 下信號路徑中所示 w_1 及 w'_1 的信號在空間領域中執行 PCM 編碼，對應到圖 1 的步驟或階段 11 至 15。然而，多工步驟或階段 23 得到一外加輸入信號 d''_2 ，及在 HOA 解碼器中的解多工步驟或階段 24 提供一不同輸出信號 d''_2 。

向量 d_2 的 HOA 係數的數或大小 K 係時間變量，及傳輸的 HOA 信號的指標 n 可隨時間變化，這防止一空間領域傳輸，原因是會要求一時間變量變換矩陣，其會在所有感知編碼的 HOA 信號中造成信號中斷(並未繪示一感知編

碼步驟或階段)。但因此類信號中斷會減低傳輸信號的感知編碼品質，因此應該避免。

因此，將在係數領域中傳輸 d_2 ，由於該等係數領域信號的較大值範圍，在步驟或階段 27 應用 PCM 編碼前，在步驟或階段 26 將由因子 $1/\|\Psi\|_\infty$ 縮放該等信號。然而，此類縮放的缺點在於 $\|\Psi\|_\infty$ 的最大絕對值係一最壞情況估算，因正規期待值範圍較小，該最大絕對樣本值將不常發生。結果，未有效率地使用 PCM 編碼的可用解析度，及信號至量化雜訊比係低的。

解多工步驟或階段 24 的輸出信號 d''_2 在步驟或階段 28 中係使用因子 $\|\Psi\|_\infty$ 相反地縮放，作為結果的信號 d'''_2 在步驟或階段 29 與信號 d'_1 結合，形成解碼的係數領域 HOA 信號 d' 。根據本發明，藉由使用信號的一信號適應正規化可增加在係數領域中的 PCM 編碼效率，然而，從樣本到樣本，此類正規化必須是可逆且一致地連續。圖 3 顯示所需的區塊方向適應處理，第 j 個輸入矩陣 $D(j)=[d(jL+0)\dots d(jL+L-1)]$ 包括 L 個 HOA 信號向量 d (圖 3 中未繪示指標 j)。如在圖 2 的處理中，矩陣 D 分離成二矩陣 D_1 及 D_2 ，在步驟或階段 31 至 35 中， D_1 的處理對應到相關圖 2 及圖 1 所述在空間領域中的處理。但該係數領域信號編碼包含一區塊方向的適應正規化步驟或階段 36，其自動地調適到該信號的目前值範圍，之後是 PCM 編碼步驟或階段 37。用於矩陣 D''_2 中各 PCM 編碼信號的解正規化所需的邊資訊係在一向量 e 中儲存及傳遞，向量 $e=$

$[e_{n1} \dots e_{nk}]^T$ 包含每信號一值。在接收端的解碼器的對應適應解正規化步驟或階段 38，使用傳輸的向量 e 來的資訊將該等信號 D''_2 逆轉正規化到 D'''_2 。在步驟或階段 39，形成的信號 D'''_2 與信號 D'_1 結合，形成解碼的係數領域 HOA 信號 D' 。

[0015] 在步驟或階段 36 的適應正規化中，將一致連續的一轉移函數應用到目前輸入係數區塊的該等樣本，為使前一輸入係數區塊來的增益到不斷地變動下一輸入係數區塊的增益。因必須在一輸入係數領域區塊前面偵測到該正規化的一增益，因此這類處理需要一區塊的延遲，有利點在於引入的振幅調變係小的，因此該調變信號的一感知編碼在該解正規化信號上幾乎不具衝擊。

[0016] 關於適應正規化的實施，用於 $D_2(j)$ 的各 HOA 信號係獨立地執行，該等信號係由該矩陣

$$D_2(j) = [d_2(jL+0) \dots d_2(jL+L-1)] = \begin{bmatrix} x_1^T(j) \\ \vdots \\ x_n^T(j) \\ \vdots \\ x_K^T(j) \end{bmatrix}$$

的列向量 x_n^T 表示，其中 n 表示該等傳輸 HOA 信號的指標，因 x_n 原是一欄向量，但在此需要一行向量，因此將其轉置。

[0017] 圖 4 詳細描繪步驟或階段 36 中的此適應正規化，該處理的輸入值係：

- 暫時光滑最大值 $x_{n,max,sm}(j-2)$ ，
- 增益值 $g_n(j-2)$ ，即已應用到對應信號向量區塊 $x_n(j-2)$

的最後係數的增益，

- 目前區塊 $x_n(j)$ 的信號向量，
- 前一區塊 $x_n(j-1)$ 的信號向量。

當開始第一區塊 $x_n(0)$ 的處理時，該等遞迴輸入值係由數個預定值初始化：向量 $x_n(-1)$ 的係數可設成零，增益值 $g_n(-2)$ 應設成‘1’，及 $x_{n,max,sm}(-2)$ 應設成一預定平均振幅值。

然後，最後區塊 $g_n(j-1)$ 的增益值、邊資訊向量 $e(j-1)$ 的對應值 $e_n(j-1)$ 、暫時光滑最大值 $x_{n,max,sm}(j-1)$ 及正規化信號向量 $x'_n(j-1)$ 係該處理的輸出。

此處理的目的為要使應用到信號向量 $x_n(j-1)$ 的增益值不斷地從 $g_n(j-2)$ 變動到 $g_n(j-1)$ ，以便增益值 $g_n(j-1)$ 可將信號向量 $x_n(j)$ 正規化到適當值範圍。

在第一處理步驟或階段 41，信號向量 $x_n(j)=[x_{n,0}(j)\dots x_{n,L-1}(j)]$ 的各係數乘以增益值 $g_n(j-2)$ ，其中使 $g_n(j-2)$ 避開信號向量 $x_n(j-1)$ 正規化處理，作為基礎以用於新的一正規化增益。在步驟或階段 42 中，使用公式(5)自形成的正規化信號向量 $x_n(j)$ 得出該等絕對值的最大值 $x_{n,max}$ ：

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

在步驟或階段 43 中，使用一遞迴濾波器接收該光滑最大值的前一值 $x_{n,max,sm}(j-2)$ ，將一暫時光滑應用到 $x_{n,max}$ ，及形成一目前暫時光滑最大值 $x_{n,max,sm}(j-1)$ ，此類光滑的目的為要隨時間經過衰減該正規化增益的適應，其

減少矩陣變動次數且因此減低該信號的振幅調變。若該值 $x_{n,max}$ 在一預定值範圍內，則只應用暫時光滑，否則 $x_{n,max,sm}(j-1)$ 要設成 $x_{n,max}$ (即 $x_{n,max}$ 的值保持原狀)，原因是後續處理必須將 $x_{n,max}$ 的實際值衰減到該預定值範圍。因此，暫時光滑只在正規化增益不變或可將信號 $x_n(j)$ 放大而不離開該值範圍時才作用。

在步驟或階段 43 中求出 $x_{n,max,sm}(j-1)$ 如下：

$$x_{n,max,sm}(j-1) = \begin{cases} x_{n,max} & \text{用於 } x_{n,max} \geq 1 \\ (1-a)x_{n,max,sm}(j-1) + ax_{n,max} & \text{否則} \end{cases}, \quad (6)$$

其中 $0 < a \leq 1$ 係該衰減常數。

[0018] 為要減低位元率以用於向量 e 的傳輸，正規化增益係由目前暫時光滑最大值 $x_{n,max,sm}(j-1)$ 求出，並傳輸作為底‘2’的一指數，因此在步驟或階段 44 必須滿足

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

$$\text{，並由} \quad e_n(j-1) = \left\lfloor \log_2 \frac{1}{x_{n,max,sm}(j-1)} \right\rfloor \quad (8)$$

得出量子化指數 $e_n(j-1)$ 。

在數個期間，其中為要利用可用解析度以用於有效率 PCM 編碼，再放大該信號 (即總增益值隨時間經過而增加)，可限制指數 $e_n(j)$ (及藉此限制連續區塊之間的增益差) 到小的一最大值，例如‘1’。此操作具有二有利效果，在一方面，在連續區塊之間的小增益差導致只有小振幅調變通過該轉移函數，造成 FFT 頻譜的相鄰子頻帶之間的雜訊減少 (參閱圖 7 對轉移函數在感知編碼上的衝擊的相關說明)。另一方面，用以編碼該指數的位元率係藉由限制

其值範圍而減低。

總最大放大率的值

$$g_n(j-1) = g_n(j-2)2^{e_n(j-1)} \quad (9)$$

例如可限制到‘1’，理由如下：若該等係數信號中的一者在二連續區塊之間呈現一大振幅變化，其中一第一區塊具有極小振幅及第二者具有最高可能振幅(假定 HOA 在空間領域表示的正規化)，在此二區塊之間的極大增益差將導致大振幅調變通過該轉移函數，在 FFT 頻譜的相鄰子頻帶之間造成嚴重雜訊，這用於以下討論的一後續感知編碼會是次優的。

[0019] 在步驟或階段 45 中，將指數 $e_n(j-1)$ 應用到一轉移函數，以便得到一目前增益值 $g_n(j-1)$ ，用於從增益值 $g_n(j-2)$ 到增益值 $g_n(j-1)$ 的一連續轉移，使用圖 5 所示的函數，用於該函數的計算規則係

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

其中 $l=0, 1, 2, \dots, L-1$ 。使用具有

$$h_n(l) = g_n(j-2) f(l)^{-e_n(j-1)} \quad (11)$$

的實際轉移函數向量 $h_n(j-1)=[h_n(0)\dots h_n(L-1)]^T$ ，以用於從 $g_n(j-2)$ 到 $g_n(j-1)$ 的連續衰退。用於 $e_n(j-1)$ 的各值，由於 $f(0)=1$ ，因此 $h_n(0)$ 的值等於 $g_n(j-2)$ 。 $f(L-1)$ 的最終值等於 0.5，因此

$$h_n(L-1) = g_n(j-2)0.5^{-e_n(j-1)}$$

將自公式(9)形成所需的放大率 $g_n(j-1)$ 以用於 $x_n(j)$ 的

正規化。

[0020] 在步驟或階段 46 中，信號向量 $x_n(j-1)$ 的樣本係由轉移向量 $h_n(j-1)$ 的增益值加權，為要得到

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

其中 '⊗' 運算子代表二向量的一向量元素方向相乘，此相乘亦可視為代表信號 $x_n(j-1)$ 的一振幅調變。

[0021] 更詳細地，轉移向量 $h_n(j-1) = [h_n(0) \dots h_n(L-1)]^T$ 的係數乘以信號向量 $x_n(j-1)$ 的對應係數，其中 $h_n(0)$ 的值係 $h_n(0) = g_n(j-2)$ ，及 $h_n(L-1)$ 的值係 $h_n(L-1) = g_n(j-1)$ 。因此，如圖 8 的範例所繪示，該轉移函數不斷地從增益值 $g_n(j-2)$ 衰退到增益值 $g_n(j-1)$ ，其顯示轉移函數 $h_n(j)$ 、 $h_n(j-1)$ 及 $h_n(j-2)$ 來的數個增益值，其應用到對應信號向量 $x_n(j)$ 、 $x_n(j-1)$ 及 $x_n(j-2)$ 以用於三個連續區塊。與一下游感知編碼相關的有利點在於，在區塊邊界，應用的增益係連續不斷的：轉移函數 $h_n(j-1)$ 使增益持續地從 $g_n(j-2)$ 衰退到 $g_n(j-1)$ 以用於 $x_n(j-1)$ 的係數。

[0022] 圖 6 中顯示在解碼或接收端的適應解正規化處理，數個輸入值係 PCM 編碼及正規化信號 $x''_n(j-1)$ 、適當指數 $e_n(j-1)$ ，及最終區塊 $g_n(j-2)$ 的增益值。最終區塊 $g_n(j-2)$ 的增益值係遞迴地求出，其中 $g_n(j-2)$ 必須由亦一預定值初始化，其已在該編碼器中使用過。該等輸出係來自步驟或階段 61 的增益值 $g_n(j-1)$ 及來自步驟或階段 62 的解正規化信號 $x'''_n(j-1)$ 。

在步驟或階段 61 中，將該指數應用到該轉移函數，

為回復 $x_n(j-1)$ 的值範圍，公式(11)自接收的指數 $e_n(j-1)$ 求出轉移向量 $h_n(j-1)$ ，及遞迴求出的增益 $g_n(j-2)$ ，用於下一區塊處理的增益 $g_n(j-1)$ 設成等於 $h_n(L-1)$ 。

在步驟或階段 62 中，應用逆增益，該正規化處理所應用的振幅調變由

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

逆轉，其中 $h_n(j-1)^{-1} = \left[\frac{1}{h_{n(0)}} \dots \frac{1}{h_{n(L-1)}} \right]^T$ 與 ' $\otimes$ ' 係向量元素方向相乘，其已在編碼或傳輸端使用過的。 $x'_n(j-1)$ 的樣本無法由 $x''_n(j-1)$ 的輸入 PCM 格式表示，因此解正規化需要一較大值範圍的格式轉換，例如像浮點格式。

[0023] 關於邊資訊傳輸，用於該等指數 $e_n(j-1)$ 的傳輸，因應用的正規化增益會不變以用於相同值範圍的連續區塊，因此無法假定該等指數的可能性係一致。因此可將熵編碼，例如像霍夫曼(Huffman)編碼，應用到該等指數值以減低所需的資料傳輸率。

所述處理的一缺點可能是增益值 $g_n(j-2)$ 的遞迴計算，因此解正規化處理只能從 HOA 流的開端開始。

此問題的解決方法係將數個存取單元加入 HOA 格式中以提供資訊用以規律地求出 $g_n(j-2)$ ，在此情況中，該存取單元必須提供該等指數

$$e_{n,access} = \log_2 g_n(j-2) \quad (14)$$

以用於每第 t 個區塊，因此可求出 $g_n(j-2) = 2^{e_{n,access}}$ ，

並在每第 t 個區塊開始解正規化。

[0024] 在正規化信號 $x'_n(j-1)$ 的感知編碼上的衝擊係

藉由函數 $h_n(l)$

$$\text{的頻率響應 } H_n(u) = \sum_{l=0}^{L-1} h_n(l) e^{-\frac{2\pi i l u}{L-1}} \quad (15)$$

的絕對值來分析，如公式(15)所示，該頻率響應係由 $h_n(l)$ 的快速傅立葉變換(FFT)來定義。圖 7 顯示該正規化(到 0 分貝)長度 FFT 頻譜 $H_n(u)$ ，以求振幅調變引起的譜紊亂清晰， $|H_n(u)|$ 的衰減較陡以用於小指數，及用於較大指數達到平坦。由於 $x_n(j-1)$ 在時間領域中藉由 $h_n(l)$ 的振幅調變，係同等於在係數領域中藉由 $H_n(u)$ 的一卷積，因此頻率響應 $H_n(u)$ 的一陡衰減減低 $x'_n(j-1)$ 的 FFT 頻譜相鄰子頻帶之間的雜訊。因該子頻帶雜訊在該信號的估計感知特徵上具有影響，因此這與 $x'_n(j-1)$ 的一後續感知編碼具高度相關性，因此，用於 $H_n(u)$ 的一陡衰減，用於 $x'_n(j-1)$ 的感知編碼假說用於未正規化的信號 $x_n(j-1)$ 亦有效。

[0025] 這顯示出 $x_n(j-1)$ 的一感知編碼以用於小指數，幾乎同等於 $x'_n(j-1)$ 的感知編碼，及只要該指數的大小是小的，正規化信號的感知編碼在解正規化信號上幾乎不具影響。

[0026] 本發明的處理可藉由在傳輸端及接收端的單個處理器或電子電路來實施，或藉由數個處理器或電子電路串聯操作及/或在本發明的處理的不同零件上操作。

【符號說明】

[0027]

11, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30,

31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 61,

62：步驟或階段

$d, d_1, d_2, d', d'_1, d'_2, d''_2, d'''_2, D, D_1, D_2, D', D'_1, D'_2, D''_2,$

D'''_2 ：係數領域信號向量

e ：傳輸向量

$w, w_1, w', w'_1, W_1, W'_1$ ：空間領域信號向量

HOA：高階保真立體音響

【發明申請專利範圍】

【請求項 1】一種用於解碼高階保真立體音響(HOA)表示的方法，所述方法包含：

在已編碼位元流中接收所述 HOA 表示的複數個 PCM 編碼及正規化係數領域信號；

從所述已編碼位元流中提取先前的增益值；

感知地解碼所述複數個 PCM 編碼及正規化係數領域信號以確定正規化係數領域信號；

對於每個正規化係數領域信號：

接收指數邊資訊；

基於所述指數邊資訊、所述先前的增益值和函數 $f(l)$ 來確定轉移向量，所述函數 $f(l)$ 係基於：

$$f(l) = 0.25 \cos\left(\frac{\pi l}{L-1}\right) + 0.75, \text{ 其中 } l = 0, 1, 2, \dots, L-1;$$

透過將所述轉移向量與所述正規化係數領域信號相乘來確定輸出解正規化向量；以及

將所述輸出解正規化向量輸出。

【請求項 2】如請求項 1 的方法，其中所述轉移向量係基於所述先前的增益值與所述函數 $f(l)$ 的值的乘積而確定的，所述函數 $f(l)$ 的值被提升至第一值，其中所述第一值係基於所述指數邊資訊來確定。

【請求項 3】如請求項 1 的方法，還包含將來自所述已編碼位元流的熵編碼的指數邊資訊進行熵解碼以確定所述指數邊資訊。

【請求項 4】如請求項 1 的方法，其中所述已編碼位元

流包含訊框序列。

【請求項 5】一種非暫態儲存媒體，其含有或儲存、或者已在其上記錄根據請求項 1 解碼的數位音訊信號。

【請求項 6】一種非暫態電腦可讀取儲存媒體，其上儲存有可執行指令以使電腦執行如請求項 1 的方法。

【請求項 7】一種用於解碼高階保真立體音響(HOA)表示的設備，所述設備包含：

第一接收器，其用於在已編碼位元流中接收所述 HOA 表示的複數個 PCM 編碼及正規化係數領域信號；

第一提取器，其用於從所述已編碼位元流提取先前的增益值；

第一處理單元，其用於對所述複數個 PCM 編碼及正規化係數領域信號進行感知解碼以確定正規化係數領域信號；以及

第二處理單元，其配置成對於每個正規化係數領域信號：

接收指數邊資訊；

基於所述指數邊資訊、所述先前的增益值和函數 $f(l)$ 來確定轉移向量，所述函數 $f(l)$ 係基於：

$$f(l) = 0.25 \cos\left(\frac{\pi l}{L-1}\right) + 0.75, \text{ 其中 } l = 0, 1, 2, \dots, L-1;$$

透過將所述轉移向量與所述正規化係數領域信號相乘來確定輸出解正規化向量；以及

將所述輸出解正規化向量輸出。

【請求項 8】如請求項 7 的設備，其中所述第二處理單

元係配置成基於所述先前的增益值與所述函數 $f(l)$ 的值的乘積而確定所述轉移向量，所述函數 $f(l)$ 的值被提升至第一值，其中所述第一值係基於所述指數邊資訊來確定。

【請求項 9】如請求項 7 的設備，其中所述第二處理單元還配置成將來自所述已編碼位元流的熵編碼的指數邊資訊進行熵解碼以確定所述指數邊資訊。

【請求項 10】如請求項 7 的設備，其中所述已編碼位元流包含訊框序列。

【發明圖式】

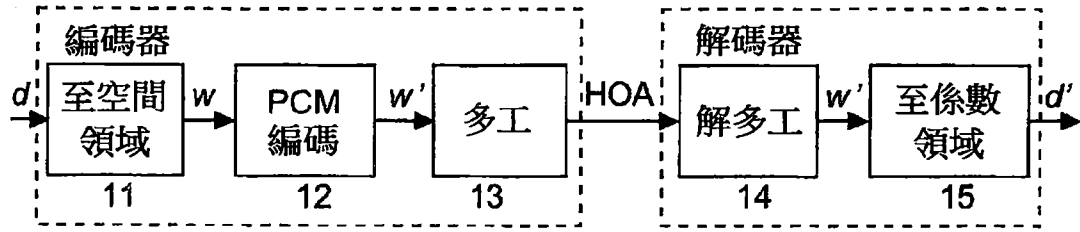


圖 1

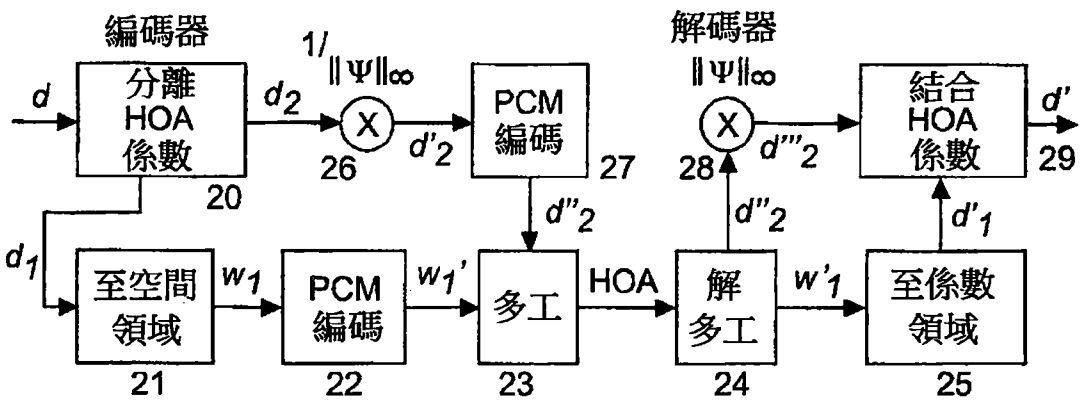


圖 2

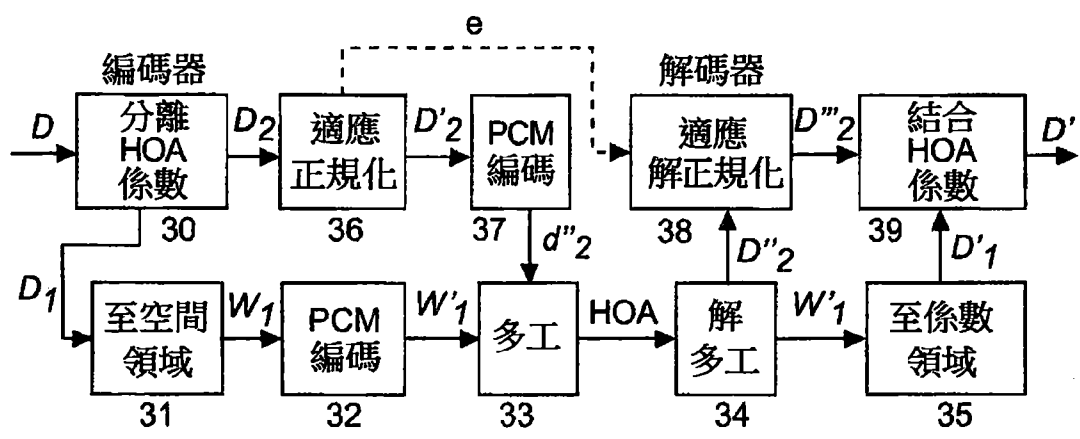


圖 3

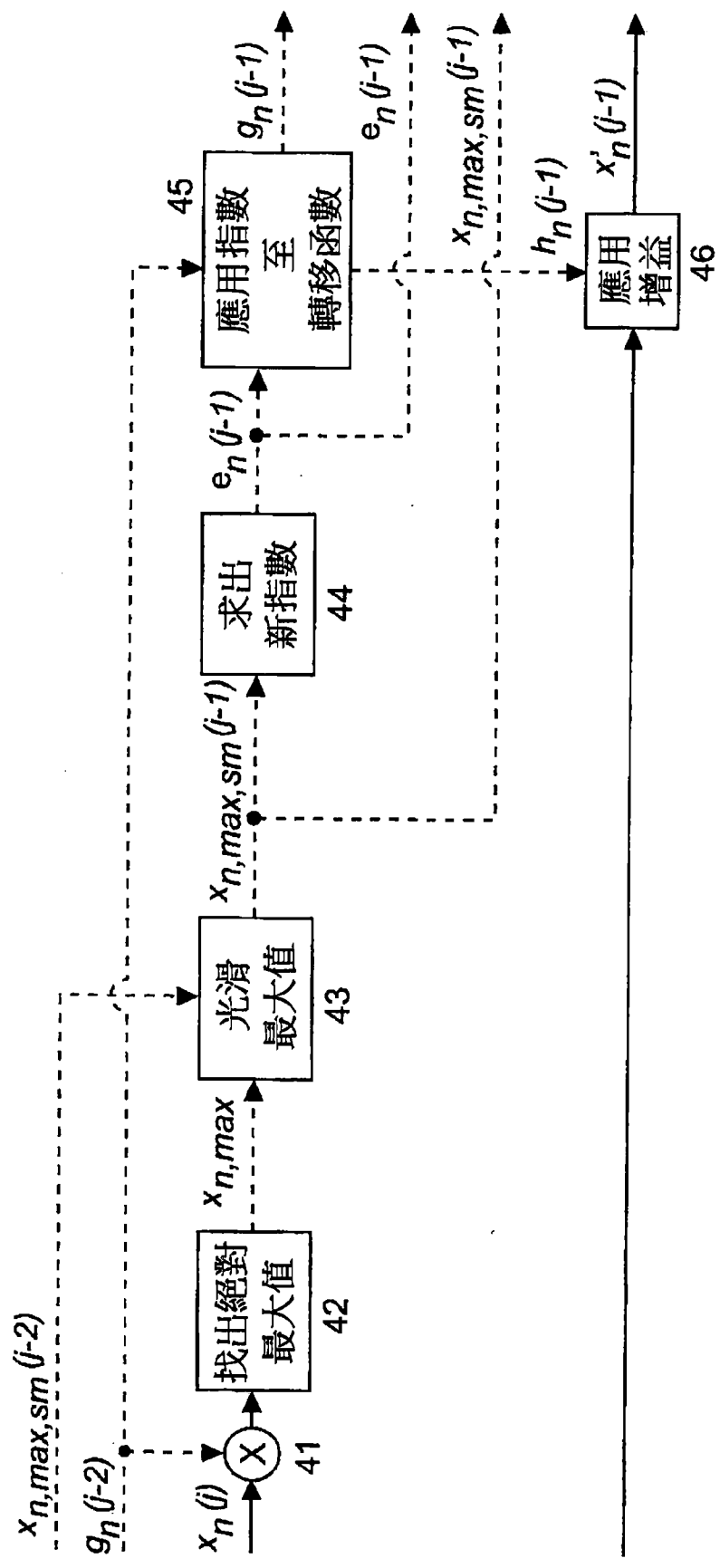


圖 4

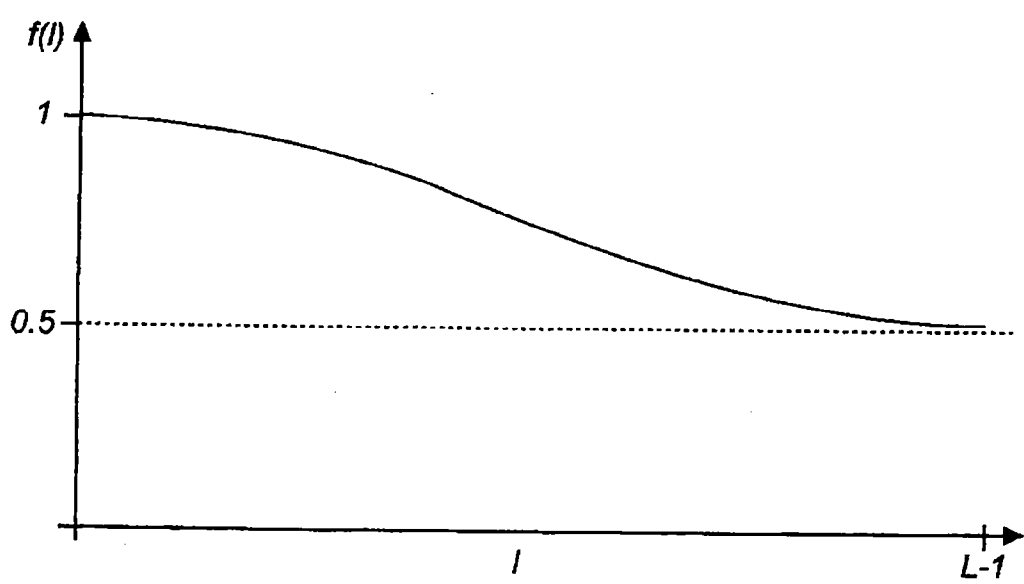


圖 5

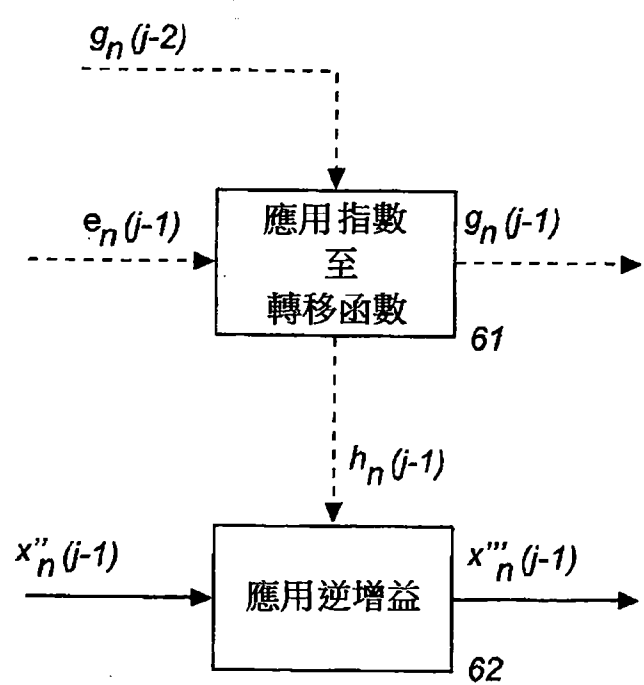


圖 6

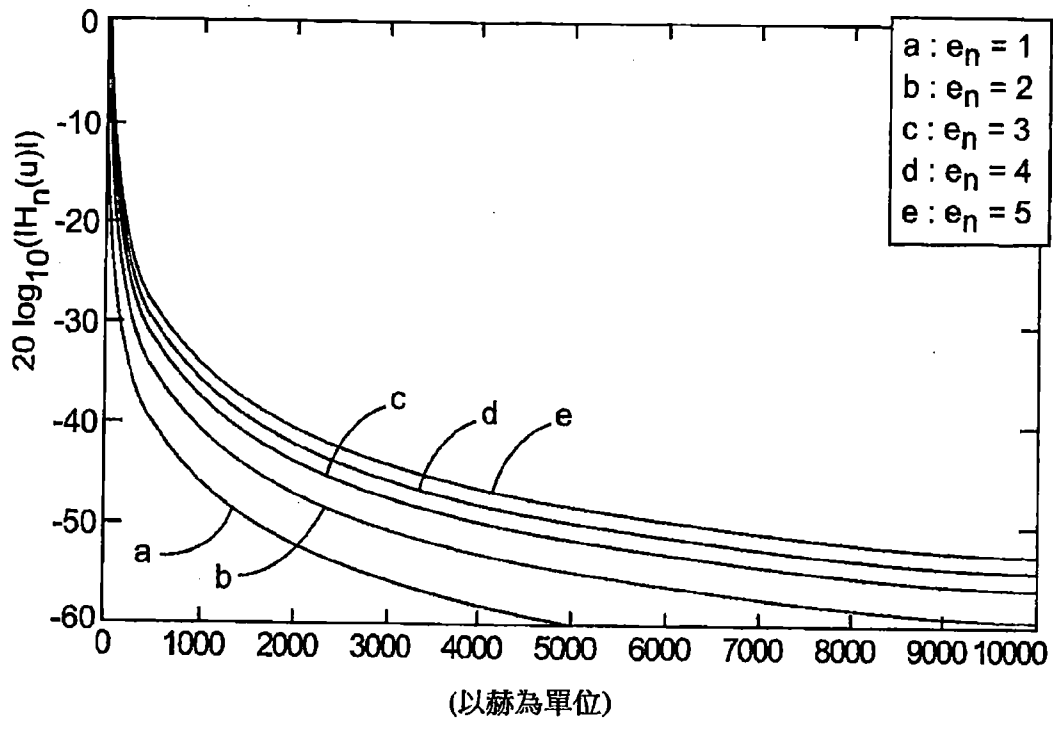


圖 7

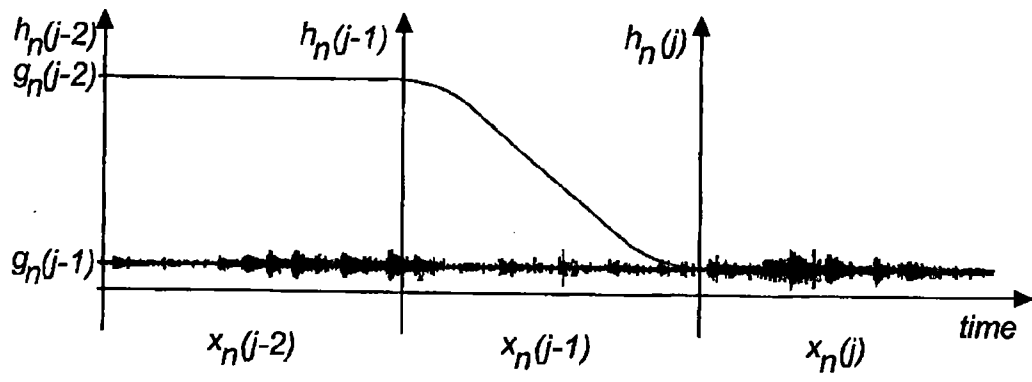


圖 8