



(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 I415117 B

(45)公告日：中華民國 102 (2013) 年 11 月 11 日

(21)申請案號：098145015

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 25 日

(51)Int. Cl. : G10L21/02 (2013.01)

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：白明憲 BAI, MINGSIAN R. (TW)；何克男 HUR, KER NAN (TW)；劉嫻婷 LIOU, YING TING (TW)

(74)代理人：詹銘文；蕭錫清

(56)參考文獻：

TW 200921645A

H. Song, J. Liu, "First-Order Differential Microphone Array for Robust Speech Enhancement," Language and Image Processing, 2008.

C. Kim, K. Kumar, B. Raj, and R. M. Stern, "Signal Separation for Robust Speech Recognition Based on Phase Difference Information Obtained in the Frequency Domain," in INTERSPEECH-2009, pages 2495-2498, Sept. 2009.

審查人員：黃衍勳

申請專利範圍項數：34 項 圖式數：8 共 0 頁

(54)名稱

使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法及其裝置

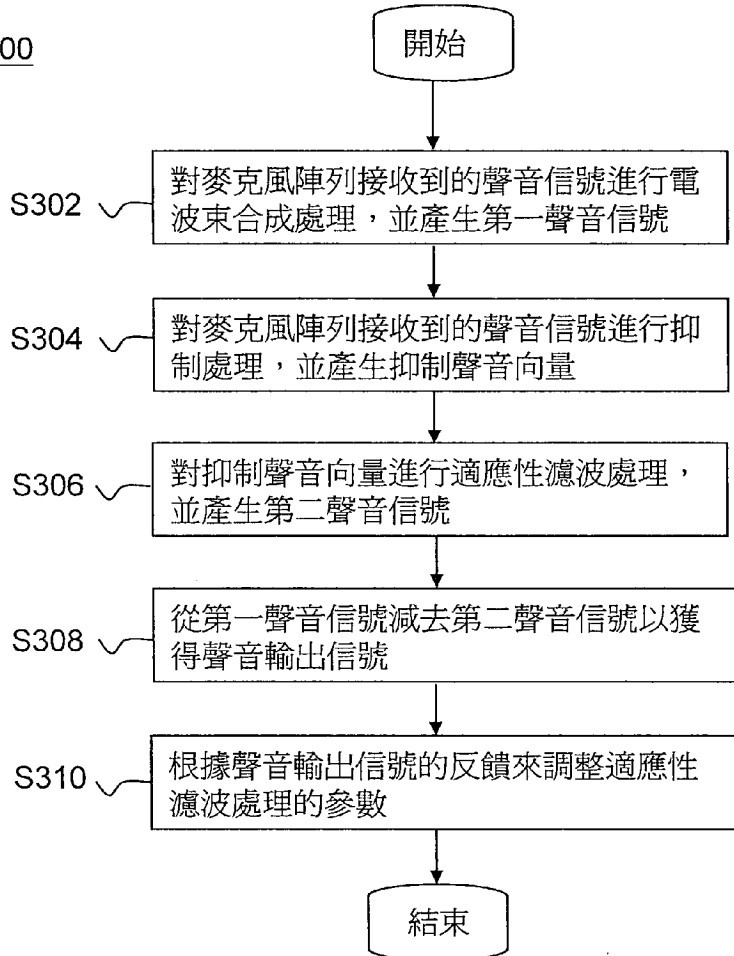
DEREVERBERATION AND NOISE REDUTION METHOD FOR MICROPHONE ARRAY AND APPARATUS USING THE SAME

(57)摘要

一種使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法及其裝置。所述之麥克風陣列接收由一聲音源發出的多個聲音信號。所述之消除殘響與減低噪音方法包括，首先，對接收到的聲音信號進行電波束合成處理，並產生第一聲音信號。另外，將聲音信號進行抑制處理，並產生抑制聲音向量。然後，對抑制聲音向量進行適應性濾波處理，並產生第二聲音信號。此外，從第一聲音信號減去第二聲音信號以獲得聲音輸出信號，其中，根據聲音輸出信號的反饋來調整適應性濾波處理的參數。

A dereverberation and noise reduction method for a microphone array and an apparatus using the same are proposed. The microphone array receives a plurality of audio signals from a sound source. The dereverberation and noise reduction method includes following procedures. First, the received audio signals are processed by beamforming and a first sound signal is produced. Besides, the received audio signals are processed by suppression and a suppression sound vector is produced. Then, suppression sound vector is further processed by an adaptive filtering and a second sound signal is produced. In addition, the second signal is subtracted from the first sound signal so as to acquire a sound output signal, wherein parameters of the adaptive filtering are adjusted according to feedback of the sound output signal.

300



S302~S310 . . . 根據本發明之第二示範實施例所提供之用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法的各步驟

圖 3

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98145015

※申請日：98 12 25

※IPC 分類：G10L 24/02 (~~2005.01~~)
(2013.01)

一、發明名稱：

使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法及其裝置
DEREVERBERATION AND NOISE REDUTION METHOD
FOR MICROPHONE ARRAY AND APPARATUS USING THE
SAME

二、中文發明摘要：

一種使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法及其裝置。所述之麥克風陣列接收由一聲音源發出的多個聲音信號。所述之消除殘響與減低噪音方法包括，首先，對接收到的聲音信號進行電波束合成處理，並產生第一聲音信號。另外，將聲音信號進行抑制處理，並產生抑制聲音向量。然後，對抑制聲音向量進行適應性濾波處理，並產生第二聲音信號。此外，從第一聲音信號減去第二聲音信號以獲得聲音輸出信號，其中，根據聲音輸出信號的反饋來調整適應性濾波處理的參數。

三、英文發明摘要：

A dereverberation and noise reduction method for a microphone array and an apparatus using the same are proposed. The microphone array receives a plurality of audio signals from a sound source. The dereverberation and noise reduction method

includes following procedures. First, the received audio signals are processed by beamforming and a first sound signal is produced. Besides, the received audio signals are processed by suppression and a suppression sound vector is produced. Then, suppression sound vector is further processed by an adaptive filtering and a second sound signal is produced. In addition, the second signal is subtracted from the first sound signal so as to acquire a sound output signal, wherein parameters of the adaptive filtering are adjusted according to feedback of the sound output signal.

四、指定代表圖：

(一) 本案之指定代表圖：圖 3

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

S302~S310：根據本發明之第二示範實施例所提供之用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法的各步驟

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

includes following procedures. First, the received audio signals are processed by beamforming and a first sound signal is produced. Besides, the received audio signals are processed by suppression and a suppression sound vector is produced. Then, suppression sound vector is further processed by an adaptive filtering and a second sound signal is produced. In addition, the second signal is subtracted from the first sound signal so as to acquire a sound output signal, wherein parameters of the adaptive filtering are adjusted according to feedback of the sound output signal.

四、指定代表圖：

(一) 本案之指定代表圖：圖 3

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

S302~S310：根據本發明之第二示範實施例所提供之用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法的各步驟

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於麥克風陣列裝置，且特別是有關於一種使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法及其裝置。

【先前技術】

隨著無線通訊技術的進步，行動電話已逐漸成為現代生活中不可缺少的一個溝通工具。然而，在駕駛汽車時手持行動電話交談易導致駕駛者分心並可能進而造成意外事故。因此，具有免持聽筒的行動電話，逐漸廣為駕駛者所接受。

雖然，具有免持聽筒的行動電話，在車廂內使用可以減少駕駛者分心的狀況，但是一般現有之免持聽筒行動電話的收音麥克風是裝設於駕駛者的前方，例如：方向盤上或車廂內擋風玻璃附近。由於收音麥克風的裝設位置通常與駕駛者有一段距離，收音麥克風通常不僅接收到駕駛者的語音，同時也會接收到其他干擾噪音，例如：汽車引擎噪音、行進時所產稱生的空氣風切噪音、汽車行進時的輪胎噪音、傳動系統噪音以及車體與汽車主要元件之間的震動噪音等等。另外，車廂內為密閉空間，當駕駛者說話時也容易在此密閉空間內產生迴響(或作殘響)。與駕駛者對話的遠端會同時聽到這些干擾噪音與殘響，導致整體通訊品質低落。因此，如何於密閉空間內接收語音並有效消除殘響與減低噪音便成為一個重要的議題。

【發明內容】

根據本發明之示範實施例，本發明提供使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法及其裝置。所述之消除殘響與減低

噪音方法及其裝置根據量測聲音源至麥克風陣列而得的系統響應，以獲得反濾波處理與阻擋矩陣的參數，並使用所獲得之反濾波處理與阻擋矩陣的參數，在一個廣義旁葉消除器 (Generalized side-lobe canceller) 的架構內，對所接收到的聲音信號進行抑制殘響與消除噪音的處理。此外，所述之消除殘響與減低噪音方法及其裝置還使用適應性濾波處理進一步消除所接收到之聲音信號中的其餘旁葉部份，並有效降低輸出聲音信號的總體能量。

根據本發明的示範實施例，本發明提出一種消除殘響與減低噪音方法，適用於一個單進多出之麥克風陣列上。所述之單進多出之麥克風陣列包括多個麥克風，且每一麥克風各自接收到由一個聲音源發出的多個聲音信號的其中之一，其中，每一聲音信號各自經歷介於聲音源與單進多出之麥克風陣列之間的一個系統響應的增益。所述之系統響應是藉由預先量測而獲得的，且表示為一系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ ，而每一聲音信號所經歷的增益實質上並非完全相同。所述之消除殘響與減低噪音方法包括下列步驟。首先，對麥克風陣列所接收到的聲音信號進行一個電波束合成 (Beamforming) 處理，並產生第一聲音信號。電波束合成處理讓每一聲音信號的主葉 (Main-lobe) 部份通過並減低每一聲音信號的多個旁葉 (Side-lobe) 部份。所述之電波束合成處理使用反濾波矩陣 $\mathbf{C}$ 的運算，而反濾波矩陣 $\mathbf{C}$ 與系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 的關係表示如下列等式(1)：

$$\mathbf{C}^T = \alpha \mathbf{H}^H \quad \text{等式(1)}$$

，其中， α 為一實數純量且 α 大於零， $\mathbf{C}^T$ 為反濾波矩陣的轉置矩陣 (Transpose matrix)，且 $\mathbf{H}^H$ 為系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 的赫密特矩陣 (Hermitian matrix)。另外，對麥克風陣列所接收到的聲音

信號，並產生抑制聲音向量。抑制處理讓聲音信號的旁葉部份通過並減低聲音信號的主葉部份，且抑制處理為進行阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 的運算，而阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 表示如下列等式(2)：

$$\mathbf{h}^H \mathbf{B} = 0 \quad \text{等式(2)}$$

，其中， $\mathbf{h}^H$ 為聲音源至每一麥克風之間的頻率響應矩陣的赫密特矩陣。然後，對抑制聲音向量進行適應性濾波處理，並產生第二聲音信號。另外，從第一聲音信號減去第二聲音信號以獲得聲音輸出信號，並且適應性濾波處理根據聲音輸出信號的反饋來調整適應性濾波處理的多個參數。

根據本發明的示範實施例，本發明另提供一種消除殘響與減低噪音方法，適用於單進多出之麥克風陣列上。所述之單進多出之麥克風陣列包括多個麥克風，且每一麥克風各自接收到由一個聲音源發出的多個聲音信號的其中之一。每一聲音信號各自經歷介於聲音源與單進多出之麥克風陣列之間的一個系統響應的增益，而系統響應藉由預先量測而獲得一個系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ ，且每一聲音信號所經歷的增益實質上並非完全相同。所述之消除殘響與減低噪音方法包括下列步驟。首先，對麥克風陣列所接收到的聲音信號進行第一信號處理，並產生第一聲音信號。第一信號處理讓聲音信號的主葉部份通過並減低聲音信號的多個旁葉部份，而第一信號處理為進行反濾波矩陣 $\mathbf{C}$ 的運算。所述之反濾波矩陣 $\mathbf{C}$ 與系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 的關係表示如下列等式(3)：

$$\mathbf{C}^T = \alpha \mathbf{H}^H \quad \text{等式(3)}$$

，其中， α 為一實數純量且 α 大於零， $\mathbf{C}^T$ 為反濾波矩陣的轉置矩陣，且 $\mathbf{H}^H$ 為系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 的赫密特矩陣。另外，對麥克風陣列所接收到的聲音信號進行第二信號處理，並產生抑制

聲音向量。第二信號處理讓聲音信號的旁葉部份通過並減低聲音信號的主葉部份。然後，對抑制聲音向量進行第三信號處理，並產生第二聲音信號。此外，從第一聲音信號減去第二聲音信號以獲得聲音輸出信號，而適應性濾波處理藉由根據聲音輸出信號的反饋來調整第三信號處理的多個參數。

根據本發明的示範實施例，本發明再提供一種消除殘響與減低噪音方法，適用於單進多出之麥克風陣列上。所述之單進多出之麥克風陣列包括多個麥克風，且每一麥克風各自接收到由一個聲音源發出的多個聲音信號的其中之一。每一聲音信號各自經歷介於聲音源與單進多出之麥克風陣列之間的系統響應的增益，而系統響應為藉由預先量測而獲得且表示為系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ ，並且每一聲音信號所經歷的增益實質上並非完全相同。所述之消除殘響與減低噪音方法包括下列步驟。首先，對麥克風陣列所接收到的聲音信號進行第一信號處理，並產生第一聲音信號。第一信號處理讓聲音信號的主葉部份通過並減低聲音信號的多個旁葉部份。另外，對麥克風陣列所接收到的聲音信號進行第二信號處理，並產生抑制聲音向量。第二信號處理讓聲音信號的旁葉部份通過並減低聲音信號的主葉部份，並且第二信號處理為進行阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 的運算，而阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 表示如下列等式(4)：

$$\mathbf{h}^H \mathbf{B} = 0 \quad \text{等式(4)}$$

，其中， $\mathbf{h}^H$ 為聲音源至每一麥克風之間的頻率響應矩陣的赫密特矩陣。然後，對抑制聲音向量進行第三信號處理，並產生第二聲音信號。此外，從第一聲音信號減去第二聲音信號以獲得聲音輸出信號，並且第三信號處理根據聲音輸出信號的反饋來調整第三信號處理的多個參數。

根據本發明的示範實施例，本發明另提供一種消除殘響與減低噪音裝置，適用於單進多出之麥克風陣列上。所述之單進多出之麥克風陣列包括多個麥克風，且每一麥克風各自接收到由一個聲音源發出的多個聲音信號的其中之一。每一聲音信號各自經歷介於聲音源與單進多出之麥克風陣列之間之系統響應的增益，系統響應藉由預先量測而獲得系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ ，而每一聲音信號所經歷的增益實質上並非完全相同。所述之消除殘響與減低噪音裝置包括固定電波束合成單元、阻擋矩陣處理單元、多輸入消除單元與運算單元。固定電波束合成單元，對麥克風陣列所接收到的聲音信號進行電波束合成處理，並產生第一聲音信號。電波束合成處理讓聲音信號的主葉部份通過並減低聲音信號的多個旁葉部份，並且電波束合成處理使用反濾波矩陣 $\mathbf{C}$ 的運算，而反濾波矩陣 $\mathbf{C}$ 與系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 的關係表示如下列等式(5)：

$$\mathbf{C}^T = \alpha \mathbf{H}^H \quad \text{等式(5)}$$

，其中， α 為一實數純量且 α 大於零， $\mathbf{C}^T$ 為反濾波矩陣的轉置矩陣，且 $\mathbf{H}^H$ 為系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 的赫密特矩陣。阻擋矩陣處理單元，對麥克風陣列所接收到的聲音信號進行抑制處理，並產生抑制聲音向量。抑制處理讓聲音信號的旁葉部份通過，並減低聲音信號的主葉部份。所述之抑制處理為進行阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 的運算，而阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 表示如下列等式(6)：

$$\mathbf{h}^H \mathbf{B} = 0 \quad \text{等式(6)}$$

，其中， $\mathbf{h}^H$ 為聲音源至每一麥克風之間的頻率響應矩陣的赫密特矩陣。多輸入消除單元，耦接至阻擋矩陣處理單元，接收抑制聲音向量並對抑制聲音向量進行適應性濾波處理，以及產生第二聲音信號。此外，運算單元，耦接至固定電波束合成單

元以及多輸入消除單元。運算單元包括第一運算輸入端、第二運算輸入端與運算輸出端。第一運算輸入端接收第一聲音信號，第二運算輸入端接收第二聲音信號，而運算單元從第一聲音信號減去第二聲音信號以獲得聲音輸出信號，並輸出聲音輸出信號至運算輸出端。此外，多輸入消除單元藉由接收聲音輸出信號的反饋來調整多輸入消除單元的多個參數。

基於上述，本發明之示範實施例提供使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法及其裝置。消除殘響與減低噪音方法對接收到的聲音信號進行電波束合成處理，同時對聲音信號進行抑制處理以及進行適應性濾波處理。最後將電波束合成處理後的信號減去適應性濾波處理後的信號以獲得聲音輸出信號。另外，適應性濾波處理的參數為根據聲音輸出信號的反饋來調整的。此外，消除殘響與減低噪音方法及其裝置可消除所接收到之聲音信號中的旁葉部份，並有效降低輸出聲音信號的總體能量。

下文特舉本發明之示範實施例，並配合所附圖式作詳細說明如下，以讓上述特徵和優點能更明顯易懂。

【實施方式】

現在將詳細參照所揭露之示範實施例，所述之示範實施例多繪示於附圖中，附帶一提的是，整個附圖中相同的參考標記用於表示相同或相似的元件。

根據本發明之示範實施例，本發明提供一種使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法及其裝置。所述之消除殘響與減低噪音方法及其裝置根據量測聲音源至麥克風陣列而得的系統響應，以獲得反濾波處理與阻擋矩陣的參數，並使用所獲

得之反濾波處理與阻擋矩陣的參數，在一個廣義旁葉消除器 (Generalized sidelobe canceller) 的架構內，對所接收到的聲音信號進行抑制殘響與消除噪音的處理。另外，所述之消除殘響與減低噪音方法及其裝置還使用適應性濾波處理進一步消除所接收到之聲音信號中的其餘旁葉部份，並有效降低輸出聲音信號的總體能量。除此之外，下述之所有示範實施例僅是用以說明，並非用以限定本發明。

首先請參照圖 1，圖 1 是根據本發明之示範實施例所繪示用於通訊裝置之麥克風陣列裝置的運作環境示意圖。本發明之示範實施例所提供使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法及其裝置可應用在上述之麥克風陣列裝置的運作環境運作環境 100。此運作環境 100 包括聲音源 102、近端通訊裝置 120、通訊連結 130、遠端通訊裝置 142 與聲音播放裝置 144。

請繼續參照圖 1，近端通訊裝置 120 還包括麥克風陣列裝置 122 與通訊收發器 124。麥克風陣列裝置 122 包括多個麥克風且麥克風陣列裝置 122 藉由空間通道 110 接收語音信號，例如當使用者說話時，接收說話者的語音信號。而此空間通道為多路徑的空間通道。在本示範實施例中，麥克風陣列裝置 122 的麥克風 1221、麥克風 1222 或麥克風 122 m 可為全向性麥克風。但本發明並非限定於上述，麥克風陣列裝置 122 的麥克風 1221、麥克風 1222 或麥克風 122 m 還可以為其他形式的麥克風裝置。麥克風陣列裝置 122 還包括信號處理單元(未繪示)並進行對應的語音信號處理，例如本發明之示範實施例所提供之使用在麥克風陣列的消除殘響與減低噪音方法。

請繼續參照圖 1，通訊收發器 124 提供雙向或單向的通訊功能，例如：將所處理過後的語音信號藉由通訊連結 130 傳送

至遠端通訊裝置 142，而所述之通訊連結 130 可以是無線通訊連結、有線電話線連結或光纖通訊連結。遠端通訊裝置 142 接收到語音信號後，則轉送至聲音播放裝置 144 進行後續的語音播放動作。本發明並非限定於此，本發明之示範實施例所提供使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法及其裝置還可以應用在語音辨識功能。另外，本發明之示範實施例所提供使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法及其裝置也可以應用在汽車免持聽筒行動電話、視訊會議通訊裝置、免持聽筒(擴音式)語音會議通訊裝置與網際網路語音電話(Voice over IP, VoIP)裝置等等。本發明之示範實施例所提供使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法及其裝置主要在處理麥克風陣列裝置 122 所接收的語音信號，將語音信號中的殘響消除與噪音減低，使得聲音播放裝置 144 播放出的聲音品質達到可接收的程度。以下將以圖 2 繼續介紹麥克風陣列裝置 122 內之麥克風陣列與相關之聲音濾波裝置的運作環境以及運作原理。

圖 2 是根據本發明之第一示範實施例所繪示麥克風陣列與聲音濾波裝置的運作環境示意圖。在此運作環境 200 中，麥克風陣列裝置 122 為一個單進多出(Single input multiple output, SIMO)的麥克風陣列架構，且包括 m 個麥克風裝置，例如：麥克風 1221、麥克風 1222 至麥克風 122 m ，其中， m 為麥克風的總數且為大於零的正整數。這些 m 個麥克風裝置接收從聲音源 102 而來的聲音輸入信號 $x(k)$ ，但是聲音信號會經過多個空間通道而傳導至 m 個麥克風裝置之每一個麥克風。在圖 2 中，空間通道 1101、空間通道 1102 至空間通道 110 m 分別代表由聲音源 102 至麥克風 1221、麥克風 1222 至麥克風 122 m 的空間通道，而每一空間通道所施予聲音信號的增益都並非完全相

同。

請繼續參照圖 2，每一個麥克風所接收到的聲音信號分別為聲音信號 $p_1(k)$ 、聲音信號 $p_2(k)$ 至聲音信號 $p_m(k)$ 。而這些接收到的聲音信號 $p_1(k)$ 、聲音信號 $p_2(k)$ 至聲音信號 $p_m(k)$ 會進一步被聲音濾波裝置 126 處理，而聲音濾波裝置 126 處理也包括 m 個濾波器以相對應地處理所接收到的聲音信號。換言之，濾波器 1261、濾波器 1261 至濾波器 126 m 分別處理所接收到的聲音信號 $p_1(k)$ 、聲音信號 $p_2(k)$ 至聲音信號 $p_m(k)$ 。最後，聲音濾波裝置 126 將處理過後的多個聲音信號在通訊連結 140 整合為聲音輸出信號 $y(k)$ 。所述的通訊連結 140 可以包括上述之通訊連結 130 以及遠端通訊裝置 142。

以上值得注意的是，聲音輸入信號 $x(k)$ 、聲音信號 $p_1(k)$ 、聲音信號 $p_2(k)$ 、聲音信號 $p_m(k)$ 與聲音輸出信號 $y(k)$ 皆為時域 (time domain) 中所代表的聲音信號。若是由頻域 (frequency domain) 的觀點來看，聲音源所產生的音頻訊號可以用 $x(\omega)$ 來表示，聲音輸出信號可以用 $y(\omega)$ 來表示。聲音源 102 至麥克風 1221、麥克風 1222 至麥克風 122 m 之空間通道的系統響應 (plant)，可以用系統響應矩陣 $\mathbf{H}(\omega)$ 來表示。此系統響應矩陣 $\mathbf{H}(\omega)$ 可以利用頻譜分析儀在指定之密閉空間，例如：車廂內或密閉房間內，透過頻譜分析儀量測而獲得。聲音輸入信號、系統響應矩陣以及各聲音信號之間的關係可以用以下等式 (1) 至等式 (3) 來表示：

$$\mathbf{p} = \mathbf{H}q \quad \text{等式(1)}$$

，其中，

$$\mathbf{p} = [p_1(\omega) \cdots p_m(\omega)]^T \quad \text{等式(2)，}$$

$$\mathbf{H} = [H_1(\omega) \cdots H_m(\omega)]^T \quad \text{等式(3)。}$$

另外，從頻域的觀點來看，聲音濾波裝置 126 處理的濾波器 1261、濾波器 1261 至濾波器 126 m 可以用以下等式(4)來表示：

$$\mathbf{C} = [c_1(\omega) \cdots c_m(\omega)]^T \quad \text{等式(4)}。$$

在經過特定的矩陣運算後，可以求得一個搭配麥克風矩陣裝置 122 之反濾波器(未繪示)的頻率響應矩陣 $\mathbf{C}(\omega)$ ，其中，反濾波器的頻率響應矩陣 $\mathbf{C}(\omega)$ 與系統響應矩陣 $\mathbf{H}(\omega)$ 的關係表示如下列等式(5)：

$$\mathbf{C}^T = \alpha \mathbf{H}^H \quad \text{等式(5)}$$

，其中，以上等式(1)中省略 $\mathbf{C}(\omega)$ 與 $\mathbf{H}(\omega)$ 的函數部份， α 為一實數純量且 α 大於零， $\mathbf{C}^T$ 為該反濾波矩陣的轉置矩陣(Transpose matrix)，且 $\mathbf{H}^H$ 為該系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 的赫密特矩陣(Hermitian matrix)。

在本示範實施例中，以上所述之反濾波器，當其反濾波矩陣的轉置矩陣實數純量 α 表示為下列等式(6)時，可稱為等值反濾波器(Equivalent source inverse filter)：

$$\alpha = (\|\mathbf{H}\|_2^2)^{-1} \quad \text{等式(6)}$$

，其中， $\|\mathbf{H}\|_2^2$ 為該系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 之歐式範數(2-norm)的一平方值。

在本示範實施例中，以上所述之反濾波器，當其反濾波矩陣的轉置矩陣實數純量 α 為 1 時，可稱為相位共軛(phase-conjugated)濾波器，此為頻域的觀點而定義的。但是，從時域的觀點來看，即為時間翻轉(time-reversed)濾波器，因為是將系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 在時域的脈衝響應(Impulse response)翻轉而得的。然而，在實際運作上，聲音信號經過時間翻轉濾波器處理後，尚需要經過反快速傅立葉轉換(Inverse Fast

Fourier Transform, IFFT)以及適當的時域平移處理，以達成一個有限脈衝響應(Finite impulse response, FIR)的濾波器。在此值得注意的是，時間翻轉濾波器原本為非因果系統(non-causal system)，故必須要有適當的時域平移處理，以實作為因果系統(causal system)。

以上所述之反濾波器還可以搭配廣義旁葉消除器(Generalized sidelobe canceller)的架構，以進一步消除殘響與減低噪音，並有效降低聲音輸出信號的整體能量。以下將以圖 3 至圖 6 對反濾波器搭配廣義旁葉消除器(Generalized sidelobe canceller)的架構(或簡稱為 SIMO-ESIF 結合 GSC 架構)作進一步的說明。

圖 3 是根據本發明之第二示範實施例所繪示用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法的流程圖。請參照圖 3，消除殘響與減低噪音方法 300 開始於步驟 302。在步驟 302 中，對麥克風陣列所接收到的聲音信號進行電波束合成處理，並產生第一聲音信號。其中，電波束合成處理讓聲音信號的主葉(Main-lobe)部份通過並減低聲音信號的多個旁葉(Side-lobe)部份，而電波束合成處理使用反濾波矩陣 C 的運算，其中，該反濾波矩陣 C 與該系統響應矩陣 H 的關係表示如第一實施例中所述之等式(5)。在電波束合成處理之後，消除殘響與減低噪音方法 300 還可以對經由電波束合成處理後的聲音信號進行反快速傅立葉轉換處理，以及對經由電波束合成處理與反快速傅立葉轉換處理後的聲音信號進行適當時域平移處理以產生第一聲音信號。步驟 302 完成後，繼續進行步驟 304。

在步驟 304 中，對麥克風陣列所接收到的聲音信號進行抑制處理，並產生抑制聲音向量。步驟 304 完成後，繼續進行步

驟 306。所述之抑制處理讓每一聲音信號的旁葉部份通過並減低每一聲音信號的主葉部份，而抑制處理為進行阻擋矩陣 **B** 的運算，其中阻擋矩陣 **B** 表示如下列等式(7)：

$$\mathbf{h}^H \mathbf{B} = 0 \quad \text{等式(7)}$$

，其中， $\mathbf{h}^H$ 為聲音源 102 至每一麥克風之間的頻率響應矩陣 **h** 的赫密特矩陣。另外，當聲音源 102 至每一麥克風之間的頻率響應矩陣的赫密特矩陣 $\mathbf{h}^H$ 表示如下等式(8)時，該阻擋矩陣 **B** 表示如下等式(9)：

$$\mathbf{h}^H = [a_1, a_2, \dots, a_n] \quad \text{等式(8)，}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} -a_2 & -a_3 & \dots & -a_n \\ a_1 & a_1 & \dots & a_1 \\ 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad \text{等式(9)}$$

，其中， $a_1, a_2, \dots, a_n$ 為聲音源 102 至每一麥克風之間的頻率響應值， $a_1, a_2, \dots, a_n$ 為實數，且 n 為這些麥克風的總數。步驟 304 完成後，繼續進行步驟 306。

在步驟 306 中，對抑制聲音向量進行適應性濾波處理，並產生第二聲音信號。在本示範實施例中，所述之適應性濾波處理使用一種最小平均平方演算法(Least Mean Square method)來處理上述之抑制聲音向量。另外，所述之最小平均平方演算法如下等式(10)-等式(13)所示：

$$y(k) = b(k - L_1) - \sum_{n=0}^{N-1} \mathbf{W}_n^T(k) \mathbf{Z}_n(k) \quad \text{等式(10)，}$$

$$\mathbf{W}_n(k+1) = \mathbf{W}_n(k) + \mu \times y(k) \mathbf{Z}_n(k) \quad \text{等式(11)}$$

，其中，

$$\mathbf{W}_n(k) = [w_{n,0}(k), w_{n,1}(k), \dots, w_{n,M_2-1}(k)]^T \quad \text{等式(12)，}$$

$$Z_n(k) = [z_n(k), z_n(k-1), \dots, z_n(k-M_2+1)]^T \quad \text{等式(13)}$$

，其中， $y(k)$ 為當時間為 k 時的聲音輸出信號， $b(k)$ 為當時間為 k 時的第一聲音信號， L_1 為聲音輸出信號與第一聲音信號之間的時間延遲， $W(k)$ 為當時間為 k 時第三信號處理所使用的一個適應性濾波矩陣， $Z(k)$ 為當時間為 k 時的抑制聲音向量， M_2 為適應性濾波處理的長度，且 M_2 會影響消除殘響與減低噪音方法的整體運作效率，而 μ 為步階大小。所述之聲音輸出信號與第一聲音信號之間的時間延遲 L_1 將會在以下其他示範實施例中會進一步說明。步驟 306 完成後，繼續進行步驟 308。在步驟 308 中，從第一聲音信號減去第二聲音信號以獲得聲音輸出信號。

步驟 308 完成後，繼續進行步驟 310。在步驟 310 中，根據聲音輸出信號的反饋來調整適應性濾波處理的多個參數。步驟 308 完成後，消除殘響與減低噪音方法 300 到此結束。

在此值得注意的是，本發明並不限定於上述。以上步驟 302 至步驟 310 可以循環性的運作，且步驟 302 至步驟 310 中的任一個步驟可以與另一步驟同時運作。舉例來說，當步驟 302 進行時，其他步驟如步驟 306 與步驟 308 可以於同時進行。在介紹完第二示範實施例所提供之麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法 300 後，以下將參照圖 4 至圖 6 介紹其他可能使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音裝置的系統架構。

圖 4 是根據本發明之第二示範實施例所繪示用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音裝置的系統架構圖。請參照圖 4，消除殘響與減低噪音裝置 400 包括固定電波束合成單元 402、阻擋矩陣處理單元 410、多輸入消除單元 420 與運算單元 406。另外，消除殘響與減低噪音裝置 400 還包括信號傳遞連結

404、信號傳遞連結 408、信號傳遞連結 412 與聲音輸出信號反饋連結 430。在此值得注意的是，信號傳遞連結 404、信號傳遞連結 408、信號傳遞連結 412 在本示範實施例中為並列埠，可同時傳送多個聲音信號或信號向量值。

請參照圖 4，在本示範實施例中，固定電波束合成單元(Fixed beamformer unit)402，從信號傳遞連結 404 接收多個聲音信號 $x(k)$ ，對麥克風陣列所接收到的聲音信號進行電波束合成處理，並產生第一聲音信號。所述之電波束合成處理讓聲音信號的主葉部份通過以及減低聲音信號的多個旁葉部份，並且電波束合成處理使用反濾波矩陣 C 的運算。另外，反濾波矩陣 C 與系統響應矩陣 H 的關係表示如前述第一示範實施例中的等式(5)。阻擋矩陣處理單元 410，從信號傳遞連結 408 接收多個聲音信號 $x(k)$ ，對麥克風陣列所接收到的聲音信號進行抑制處理，並產生抑制聲音向量 $Z(k)$ 。所述之抑制處理讓聲音信號的旁葉部份通過，並減低聲音信號的主葉部份。另外，所述之抑制處理為進行阻擋矩陣 B 的運算，而阻擋矩陣 B 表示如前述之等式(7)。

多輸入消除單元(Multiple-input canceller unit)420，耦接至阻擋矩陣處理單元 410，從信號傳遞連結 412 接收抑制聲音向量 $Z(k)$ 並對抑制聲音向量進行適應性濾波處理，以及產生第二聲音信號。在本示範實施例中，多輸入消除單元 420 可以使用適應性濾波器陣列(Adaptive filter array)來達到多輸入消除之功效，然而本發明並不限定於此。另外，運算單元 406，耦接至固定電波束合成單元 404 與適應性濾波器陣列 420。運算單元 406 包括第一運算輸入端、第二運算輸入端與運算輸出端。第一運算輸入端接收第一聲音信號，第二運算輸入端接收第二

聲音信號，而運算單元從第一聲音信號減去第二聲音信號以獲得聲音輸出信號 $y(k)$ ，並輸出聲音輸出信號至運算輸出端 $y(k)$ 。再者，多輸入消除單元 420 藉由接收聲音輸出信號的反饋來調整適應性濾波器陣列 420 的多個參數。另外，因為消除殘響與減低噪音裝置 400 具有上方與下方兩個信號處理的路徑，在此藉由前述之聲音輸出信號與第一聲音信號之間的時間延遲 L_1 使得第一聲音信號與第二聲音信號可以同步抵達運算單元 406。舉例來說，當取樣速率(Sampling rate)為 8kHz 時，時間延遲 L_1 可以設定為 250 個取樣點，亦即轉換為時間後為 31.25 毫秒。

另外，在此值得一提的是，在本發明的其他示範實施例中，上述之固定電波束合成單元 402 可以是相位共軛濾波器(phase conjugated filter)，或是具有反濾波(inverse filtering)處理功效的反濾波器。以下將以圖 5 與圖 6 來分別介紹這兩種不同的系統架構。

圖 5 是根據本發明之第三示範實施例所繪示用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音裝置的系統架構圖。請參照圖 5，在本示範實施例中，消除殘響與減低噪音裝置 500 與消除殘響與減低噪音裝置 400 相類似，唯一不同處是原來的固定電波束合成單元 402 用反濾波器 502 來實現，而反濾波器 502 具有前述之等式(5)與等式(6)的特徵，尤其反濾波器 502 於等式(5)中之實數純量 α 不等於 1。其他部份例如：阻擋矩陣處理單元 510、適應性濾波器陣列 520、運算單元 506、信號傳遞連結 504、信號傳遞連結 508、信號傳遞連結 512 與聲音輸出信號反饋連結 530 則分別與前述之阻擋矩陣處理單元 410、適應性濾波器陣列 420、運算單元 406、信號傳遞連結 404、信號傳

遞連結 408、信號傳遞連結 412 與聲音輸出信號反饋連結 430 相同。

圖 6 是根據本發明之第四示範實施例所繪示用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音裝置的系統架構圖。請參照圖 6，在本示範實施例中，消除殘響與減低噪音裝置 600 與消除殘響與減低噪音裝置 400 相類似，唯一不同處是原來的固定電波束合成單元 402 用相位共軛濾波器 602 來實現，而相位共軛濾波器 602 即為前述第一示範實施例中所提到的相位共軛濾波器，且具有前述之等式(5)與等式(6)的特徵。其他部份例如：阻擋矩陣處理單元 610、適應性濾波器陣列 620、運算單元 506、信號傳遞連結 504、信號傳遞連結 508、信號傳遞連結 512 與聲音輸出信號反饋連結 530 則分別與前述之阻擋矩陣處理單元 410、適應性濾波器陣列 420、運算單元 406、信號傳遞連結 404、信號傳遞連結 408、信號傳遞連結 412 與聲音輸出信號反饋連結 430 相同。

在介紹完上述各示範實施例所提供之使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音裝置後，以下將參照圖 7 至圖 8 概略介紹麥克風陣列所接收之聲音信號的指向性增益以及固定電波束合成裝置的系統響應。

圖 7 是根據本發明之示範實施例所繪示麥克風陣列所接收之聲音信號的指向性增益示意圖。請參照圖 7，在指向性增益示意圖中，橫軸為聲音信號的成分進入麥克風陣列裝置 122 的進入方向(或作進入角度)，而縱軸為各聲音信號成分將經歷的增益值。如圖 7 所示，麥克風陣列所接收到的聲音信號包括主葉部份 710、旁葉部份 704、旁葉部份 706、旁葉部份 722 與旁葉部份 724 等。其他聲音信號成分因為進入麥克風陣列裝

置 122 的角度超過 90 度，故在此省略。上述之各示範實施例所提供之使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法 300 或使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音裝置 400~600 即設計用以過濾進入麥克風陣列裝置 122 的聲音信號，使旁葉部份 704、旁葉部份 706、旁葉部份 722 與旁葉部份 724 被過濾掉，而留下主葉部份 702。虛線 710 所示為取樣速率較低時(例如：2kHz)，經過濾後所留下的聲音信號成分。

圖 8 是根據本發明之示範實施例所繪示阻擋矩陣處理單元之指向性增益的示意圖。請參照圖 8，舉例來說，曲線 802 與曲線 804 合在一起時代表阻擋矩陣處理單元 410 對進入麥克風陣列裝置 122 之聲音信號的增益曲線。如圖 8 所示，阻擋矩陣處理單元 410 對進入角度為 0 度的聲音信號有近於-20dB 的增益，隨著聲音信號的進入角度逐漸增大，其對聲音信號的增益也逐漸增加。據此，阻擋矩陣處理單元 410 可以讓聲音信號的旁葉部份通過，而減低聲音信號的主葉部份。

以下將以表 1 介紹第三示範實施例與第四示範實施例所提供之使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音裝置 500 與 600 的處理效果。

表 1

	反濾波器		時間翻轉濾波器 (相位共軛濾波器)	
	SIMO	GSC	SIMO	GSC
SNR _I (dB)	7.51	7.51	7.51	7.51
SNR _A (dB)	16.43	16.76	16.06	16.74
SNR _G (dB)	8.92	9.25	8.56	9.23
SDI(dB)	3.56	3.56	1.47	3.56

請參照表 1，要說明的是，表 1 所比較的是反濾波器與相位共軛濾波器在兩種不同架構(僅使用 SIMO 麥克風陣列的架構以及 SIMO 結合 GSC 架構)下的輸入聲音信號訊噪比(Signal-to-noise ratio, SNR)、輸出聲音信號訊噪比、訊噪比增益值(SNR Gain, SNRG)以及語音失真指標參數(Speech-distortion index)。

輸入聲音信號訊噪比的計算方式如下等式(14)：

$$SNR_1(dB) = 10 \log \frac{E\{x_1^2\}}{E\{v_1^2\}} \quad \text{等式(14)}$$

，其中， $E(x)$ 為期望值函數， x_1 代表第一個麥克風接收到的聲音信號，而 v_1 代表第一個麥克風接收到的噪音信號。

輸出聲音信號訊噪比的計算方式如下等式(15)：

$$SNR_A(dB) = 10 \log \frac{E\{c^T * x\}^2}{E\{c^T * v\}^2} \quad \text{等式(15)}$$

，其中， x 代表輸入聲音信號向量，而 v 代表噪音信號向量， c^T 為反濾波矩陣之系統響應的轉置矩陣或相位共軛濾波器之系統響應的轉置矩陣。

訊噪比增益值的計算方式如下等式(16)：

$$SNRG(dB) = SNR_A - SNR_1 \quad \text{等式(16)}$$

，亦即訊噪比增益值為輸出聲音信號訊噪比與輸入聲音信號訊噪比之間的差值。

語音失真指標參數的計算方式如下等式(17)：

$$SDI(dB) = 10 \log \frac{E\{x_1^2\}}{E\{x_1 - c^T * v\}^2} \quad \text{等式(17)}$$

如表 1 所示反濾波器與相位共軛濾波器在 SIMO 結合 GSC 架構下，兩者的輸出聲音信號訊噪比參數都較在 SIMO 架構下有所提昇，而訊噪比增益值也是呈現相類似的提昇狀態。另外，相位共軛濾波器在 SIMO 架構下的語音失真指標參數比在 SIMO 結合 GSC 架構下相對較好，而反濾波器在兩種不同之架構下都有相對較多之語音失真的狀況，但是仍在可以接受的範圍內。

綜上所述，根據本發明之多個示範實施例，本發明提供使用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法及其裝置。消除殘響與減低噪音方法對接收到的聲音信號進行電波束合成處理，同時對聲音信號進行抑制處理以及進行適應性濾波處理。最後將電波束合成處理後的信號減去適應性濾波處理後的信號以獲得聲音輸出信號。另外，適應性濾波處理的參數為根據聲音輸出信號的反饋來調整的。再者，消除殘響與減低噪音方法及其裝置，可消除所接收到之聲音信號中的旁葉部份，抑制殘響與消除噪音，並有效降低輸出聲音信號的總體能量。此外，消除殘響與減低噪音方法及其裝置在搭配廣義旁葉消除器的架構時，可增加麥克風陣列的指向性與訊噪比參數。

雖然已以示範實施例揭露如上，然其並非用以限定可實施方式，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離所揭露實施例之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，故保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

圖 1 是根據本發明之示範實施例所繪示用於通訊裝置之

麥克風陣列裝置的運作環境示意圖。

圖 2 是根據本發明之第一示範實施例所繪示麥克風陣列與聲音濾波裝置的運作環境示意圖。

圖 3 是根據本發明之第二示範實施例所繪示用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音方法的流程圖。

圖 4 是根據本發明之第二示範實施例所繪示用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音裝置的系統架構圖。

圖 5 是根據本發明之第三示範實施例所繪示用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音裝置的系統架構圖。

圖 6 是根據本發明之第四示範實施例所繪示用在麥克風陣列之消除殘響與減低噪音裝置的系統架構圖。

圖 7 是根據本發明之示範實施例所繪示麥克風陣列所接收之聲音信號的指向性增益示意圖。

圖 8 是根據本發明之示範實施例所繪示阻擋矩陣處理單元之指向性增益的示意圖。

【主要元件符號說明】

102：聲音源	402：固定電波束合成單元
110：空間通道	410、510、610：阻擋矩陣處理單元
120：近端通訊裝置	420、520、620：多輸入消除單元(適應性濾波器陣列)
122：麥克風陣列裝置	406、506、606：運算單元
124：通訊收發器	404、408、412、504、508、512、604、608、612：信號傳遞連結
130：通訊連結	430、530、630：聲音輸出信號反饋連結
142：遠端通訊裝置	
144：聲音播放裝置	
1101、1102、...、110 m ：空間通道	
1221、1222、...、122 m ：麥克	

風

1261、1262、...、126 m ：濾波
器

140：通訊連結

S302~S310：根據本發明之第
二示範實施例所提供之用在
麥克風陣列之消除殘響與減
低噪音方法的各步驟

702：聲音信號之主葉部份

704、706、722、724：聲音信
號之旁葉部份

710：聲音信號之主葉部份與
部份旁葉部份

802、804：阻擋矩陣處理單元
對進入麥克風陣列裝置之聲
音信號的增益曲線

七、申請專利範圍：

1. 一種消除殘響與減低噪音方法，適用於一單進多出之麥克風陣列上，其中，該單進多出之麥克風陣列包括多個麥克風，且各該些麥克風各自接收到由一聲音源發出的多個聲音信號的其中之一，其中，各該些聲音信號各自經歷介於聲音源與該單進多出之麥克風陣列之間的一系統響應的增益，該系統響應藉由預先量測而獲得且表示為一系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ ，而各該些聲音信號所經歷的增益實質上並非完全相同，該消除殘響與減低噪音方法包括：

對該麥克風陣列接收到的該些聲音信號進行一電波束合成(Beamforming)處理，並產生一第一聲音信號，其中，該電波束合成處理讓該些聲音信號的一主葉(Main-lobe)部份通過並減低該些聲音信號的多個旁葉(Side-lobe)部份，而該電波束合成處理使用一反濾波矩陣 $\mathbf{C}$ 的運算，其中，該反濾波矩陣 $\mathbf{C}$ 與該系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 的關係表示如下列等式(1)：

$$\mathbf{C}^T = \alpha \mathbf{H}^H \quad \text{等式(1)}$$

，其中， α 為一實數純量且 α 大於零， $\mathbf{C}^T$ 為該反濾波矩陣的一轉置矩陣(Transpose matrix)，且 $\mathbf{H}^H$ 為該系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 的一赫密特矩陣(Hermitian matrix)；

對該麥克風陣列接收到的該些聲音信號進行一抑制處理，並產生一抑制聲音向量，其中，該抑制處理讓該些聲音信號的該些旁葉部份通過並減低該些聲音信號的該主葉部份，而該抑制處理為進行一阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 的運算，其中該阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 表示如下列等式(2)：

$$\mathbf{h}^H \mathbf{B} = 0 \quad \text{等式(2)}$$

，其中， $\mathbf{h}^H$ 為該聲音源至各該些麥克風之間的一頻率響

應矩陣 $\mathbf{h}$ 的一赫密特矩陣；

對該抑制聲音向量進行一適應性濾波處理，並產生一第二聲音信號；以及

從該第一聲音信號減去該第二聲音信號以獲得一聲音輸出信號，其中，該適應性濾波處理根據該聲音輸出信號的一反饋來調整該適應性濾波處理的多個參數。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，在該電波束合成處理之後，該消除殘響與減低噪音方法更包括：

對經由該電波束合成處理後的該些聲音信號進行一反快速傅立葉轉換(Inverse Fast Fourier Transform)處理；以及

對經由該電波束合成處理與該反快速傅立葉轉換處理後的該些聲音信號進行一適當時域平移處理以產生該第一聲音信號。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該實數純量 α 為 1。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該實數純量 α 表示為下列等式(3)：

$$\alpha = (\|\mathbf{H}\|_2^2)^{-1} \quad \text{等式(3)}$$

，其中， $\|\mathbf{H}\|_2^2$ 為該系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 之歐式範數(2-norm)的一平方值。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該聲音源至各該些麥克風之間的該頻率響應矩陣的該赫密特矩陣 $\mathbf{h}^H$ 表示如下等式(4)時，該阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 表示如下等式(5)：

$$\mathbf{h}^H = [a_1, a_2, \dots, a_n] \quad \text{等式(4)，}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \frac{-a_2}{a_1} & \frac{-a_3}{a_1} & \dots & \frac{-a_n}{a_1} \\ 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad \text{等式(5)}$$

，其中， $a_1、a_2 \cdots a_n$ 為該聲音源至各該些麥克風之間的一頻率響應值， $a_1、a_2 \cdots a_n$ 為實數，且 n 為該些麥克風的一總數。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該適應性濾波處理使用一最小平均平方演算法 (Least Mean Square method) 來處理該抑制聲音向量。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該最小平均平方演算法如下等式(6)-等式(9)所示：

$$y(k) = b(k - L_1) - \sum_{n=0}^{N-1} \mathbf{W}_n^T(k) \mathbf{Z}_n(k) \quad \text{等式(6)，}$$

$$\mathbf{W}_n(k+1) = \mathbf{W}_n(k) + \mu \times y(k) \mathbf{Z}_n(k) \quad \text{等式(7)}$$

，其中，

$$\mathbf{W}_n(k) = [w_{n,0}(k), w_{n,1}(k), \dots, w_{n,M_2-1}(k)]^T \quad \text{等式(8)，}$$

$$\mathbf{Z}_n(k) = [z_n(k), z_n(k-1), \dots, z_n(k-M_2+1)]^T \quad \text{等式(9)，}$$

$y(k)$ 為當時間為 k 時的該聲音輸出信號， $b(k)$ 為當時間為 k 時的該第一聲音信號， L_1 為該聲音輸出信號與該第一聲音信號之間的時間延遲， $\mathbf{W}(k)$ 為當時間為 k 時該第三信號處理所使用的一適應性濾波矩陣， $\mathbf{Z}(k)$ 為當時間為 k 時的該抑制聲音向量， M_2 為該適應性濾波處理的一長度且影響該消除殘響與減低噪音方法的整體運作效率，且 μ 為步階大小。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，各該些麥克風包括全向性麥克風。

9. 一種消除殘響與減低噪音方法，適用於一單進多出之麥克風陣列上，其中，該單進多出之麥克風陣列包括多個麥克風，且各該些麥克風各自接收到由一聲音源發出的多個聲音信號的其中之一，其中，各該些聲音信號各自經歷介於聲音源與該單進多出之麥克風陣列之間的一系統響應的增益，該系統響應藉由預先量測而獲得且表示為一系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ ，而各該些聲音信號所經歷的增益實質上並非完全相同，該消除殘響與減低噪音方法包括：

對該麥克風陣列接收到的該些聲音信號進行一第一信號處理，並產生一第一聲音信號，其中，該第一信號處理讓該些聲音信號的一主葉部份通過並減低該些聲音信號的多個旁葉部份，而該第一信號處理為進行一反濾波矩陣 $\mathbf{C}$ 的運算，其中，該反濾波矩陣 $\mathbf{C}$ 與該系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 的關係表示如下列等式(1)：

$$\mathbf{C}^T = \alpha \mathbf{H}^H \quad \text{等式(1)}$$

，其中， α 為一實數純量且 α 大於零， $\mathbf{C}^T$ 為該反濾波矩陣的一轉置矩陣(Transpose matrix)，且 $\mathbf{H}^H$ 為該系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 的一赫密特矩陣(Hermitian matrix)；

對該麥克風陣列接收到的該些聲音信號進行一第二信號處理，並產生一抑制聲音向量，其中，該第二信號處理讓該些聲音信號的該些旁葉部份通過並減低該些聲音信號的該主葉部份；

對該抑制聲音向量進行一第三信號處理，並產生一第二聲音信號；以及

從該第一聲音信號減去該第二聲音信號以獲得一聲音輸出信號，其中，該適應性濾波處理藉由根據該聲音輸出信號的

一反饋來調整該第三信號處理的多個參數。

10. 如申請專利範圍第9項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該第二信號處理為進行一阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 的運算，其中該阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 表示如下列等式(2)：

$$\mathbf{h}^H \mathbf{B} = 0 \quad \text{等式(2)}$$

，其中， $\mathbf{h}^H$ 為該聲音源至各該些麥克風之間的一頻率響應矩陣的一赫密特矩陣。

11. 如申請專利範圍第10項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，在該第一信號處理之後，該消除殘響與減低噪音方法更包括：

對經由該第一信號處理後的該些聲音信號進行一反快速傅立葉轉換處理；以及

對經由該第一信號處理與該反快速傅立葉轉換處理後的該些聲音信號進行一適當時域平移處理以產生該第一聲音信號。

12. 如申請專利範圍第9項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該實數純量 α 為1。

13. 如申請專利範圍第9項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該實數純量 α 表示為下列等式(3)：

$$\alpha = \left(\|\mathbf{H}\|_2^2 \right)^{-1} \quad \text{等式(3)}$$

，其中， $\|\mathbf{H}\|_2^2$ 為該系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 之歐式範數(2-norm)的一平方值。

14. 如申請專利範圍第10項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該聲音源至各該些麥克風之間的該頻率響應矩陣的該赫密特矩陣 $\mathbf{h}^H$ 表示如下等式(4)時，該阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 表示如下等式(5)：

$$\mathbf{h}^H = [a_1, a_2, \dots, a_n] \quad \text{等式(4)}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} -a_2 & -a_3 & \dots & -a_n \\ a_1 & a_1 & \dots & a_1 \\ 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad \text{等式(5)}$$

，其中， $a_1、a_2 \cdots a_n$ 為該聲音源至各該些麥克風之間的一頻率響應值， $a_1、a_2 \cdots a_n$ 為實數，且 n 為該些麥克風的一總數。

15. 如申請專利範圍第 9 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該第三信號處理使用一最小平均平方演算法(Least Mean Square method)來處理該抑制聲音向量。

16. 如申請專利範圍第 15 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該最小平均平方演算法如下等式(6)-等式(9)所示：

$$y(k) = b(k - L_1) - \sum_{n=0}^{N-1} \mathbf{W}_n^T(k) \mathbf{Z}_n(k) \quad \text{等式(6)，}$$

$$\mathbf{W}_n(k+1) = \mathbf{W}_n(k) + \mu \times y(k) \mathbf{Z}_n(k) \quad \text{等式(7)}$$

，其中，

$$\mathbf{W}_n(k) = [w_{n,0}(k), w_{n,1}(k), \dots, w_{n,M_2-1}(k)]^T \quad \text{等式(8)，}$$

$$\mathbf{Z}_n(k) = [z_n(k), z_n(k-1), \dots, z_n(k-M_2+1)]^T \quad \text{等式(9)，}$$

$y(k)$ 為當時間為 k 時的該聲音輸出信號， $b(k)$ 為當時間為 k 時的該第一聲音信號， L_1 為該聲音輸出信號與該第一聲音信號之間的時間延遲， $\mathbf{W}(k)$ 為當時間為 k 時該第三信號處理所使用的一適應性濾波矩陣， $\mathbf{Z}(k)$ 為當時間為 k 時的該抑制聲音向量， M_2 為該適應性濾波處理的一長度且影響該消除殘響與減低噪音方法的整體運作效率，且 μ 為步階大小。

17. 如申請專利範圍第9項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，各該些麥克風包括全向性麥克風。

18. 一種消除殘響與減低噪音方法，適用於一單進多出之麥克風陣列上，其中，該單進多出之麥克風陣列包括多個麥克風，且各該些麥克風各自接收到由一聲音源發出的多個聲音信號的其中之一，其中，各該些聲音信號各自經歷介於聲音源與該單進多出之麥克風陣列之間的一系統響應的增益，該系統響應藉由預先量測而獲得且表示為一系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ ，而各該些聲音信號所經歷的增益實質上並非完全相同，該消除殘響與減低噪音方法包括：

對該麥克風陣列接收到的該些聲音信號進行一第一信號處理，並產生一第一聲音信號，其中，該第一信號處理讓該些聲音信號的一主葉部份通過並減低該些聲音信號的多個旁葉部份；

對該麥克風陣列接收到的該些聲音信號進行一第二信號處理，並產生一抑制聲音向量，其中，該第二信號處理讓該些聲音信號的該些旁葉部份通過並減低該些聲音信號的該主葉部份，而該第二信號處理為進行一阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 的運算，其中該阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 表示如下列等式(1)：

$$\mathbf{h}^H \mathbf{B} = 0 \quad \text{等式(1)}$$

，其中， $\mathbf{h}^H$ 為該聲音源至各該些麥克風之間的一頻率響應矩陣的一赫密特矩陣；

對該抑制聲音向量進行一第三信號處理，並產生一第二聲音信號；以及

從該第一聲音信號減去該第二聲音信號以獲得一聲音輸出信號，其中，該第三信號處理根據該聲音輸出信號的一反饋

來調整該第三信號處理的多個參數。

19. 如申請專利範圍第 1 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，而該第一信號處理為進行一反濾波矩陣 $\mathbf{C}$ 的運算，其中，該反濾波矩陣 $\mathbf{C}$ 與該系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 的關係表示如下列等式(1)：

$$\mathbf{C}^T = \alpha \mathbf{H}^H \quad \text{等式(2)}$$

，其中， α 為一實數純量且 α 大於等於零， $\mathbf{C}^T$ 為該反濾波矩陣的一轉置矩陣(Transpose matrix)，且 $\mathbf{H}^H$ 為該系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 的一赫密特矩陣(Hermitian matrix)。

20. 如申請專利範圍第 18 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，在該第一信號處理之後，該消除殘響與減低噪音方法更包括：

對經由該第一信號處理後的該些聲音信號進行一反快速傅立葉轉換處理；以及

對經由該第一信號處理與該反快速傅立葉轉換處理後的該些聲音信號進行一適當時域平移處理以產生該第一聲音信號。

21. 如申請專利範圍第 19 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該實數純量 α 為 1。

22. 如申請專利範圍第 19 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該實數純量 α 表示為下列等式(3)：

$$\alpha = (\|\mathbf{H}\|_2^2)^{-1} \quad \text{等式(3)}$$

，其中， $\|\mathbf{H}\|_2^2$ 為該系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 之歐式範數(2-norm)的一平方值。

23. 如申請專利範圍第 18 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該聲音源至各該些麥克風之間的該頻率響應矩

陣的該赫密特矩陣 $\mathbf{h}^H$ 表示如下等式(4)時，該阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 表現如下等式(5)：

$$\mathbf{h}^H = [a_1, a_2, \dots, a_n] \quad \text{等式(4)}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \frac{-a_2}{a_1} & \frac{-a_3}{a_1} & \dots & \frac{-a_n}{a_1} \\ 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad \text{等式(5)}$$

，其中， $a_1, a_2, \dots, a_n$ 為該聲音源至各該些麥克風之間的一頻率響應值， $a_1, a_2, \dots, a_n$ 為實數，且 n 為該些麥克風的一總數。

24. 如申請專利範圍第 18 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該第三信號處理使用一最小平均平方演算法 (Least Mean Square method) 來處理該抑制聲音向量。

25. 如申請專利範圍第 24 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該最小平均平方演算法如下等式(6)-等式(9)所示：

$$y(k) = b(k - L_1) - \sum_{n=0}^{N-1} \mathbf{W}_n^T(k) \mathbf{Z}_n(k) \quad \text{等式(6)，}$$

$$\mathbf{W}_n(k+1) = \mathbf{W}_n(k) + \mu \times y(k) \mathbf{Z}_n(k) \quad \text{等式(7)}$$

，其中，

$$\mathbf{W}_n(k) = [w_{n,0}(k), w_{n,1}(k), \dots, w_{n,M_2-1}(k)]^T \quad \text{等式(8)，}$$

$$\mathbf{Z}_n(k) = [z_n(k), z_n(k-1), \dots, z_n(k-M_2+1)]^T \quad \text{等式(9)，}$$

$y(k)$ 為當時間為 k 時的該聲音輸出信號， $b(k)$ 為當時間為 k 時的該第一聲音信號， L_1 為該聲音輸出信號與該第一聲音信號之間的時間延遲， $\mathbf{W}(k)$ 為當時間為 k 時該第三信號處理所使用的一適應性濾波矩陣， $\mathbf{Z}(k)$ 為當時間為 k 時的該抑制聲音向量， M_2 為該適應性濾波處理的一長度且影響該消除殘響

與減低噪音方法的整體運作效率，且 μ 為步階大小。

26. 如申請專利範圍第 18 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，各該些麥克風包括全向性麥克風。

27. 一種消除殘響與減低噪音裝置，適用於一單進多出之麥克風陣列上，其中，該單進多出之麥克風陣列包括多個麥克風，且各該些麥克風各自接收到由一聲音源發出的多個聲音信號的其中之一，其中，各該些聲音信號各自經歷介於聲音源與該單進多出之麥克風陣列之間的一系統響應的增益，該系統響應藉由預先量測而獲得且表示為一系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ ，而各該些聲音信號所經歷的增益實質上並非完全相同，該消除殘響與減低噪音裝置包括：

一固定電波束合成單元，對該麥克風陣列接收到的該些聲音信號進行一電波束合成(Beamforming)處理，並產生一第一聲音信號，其中，該電波束合成處理讓該些聲音信號的一主葉(Main lobe)部份通過並減低該些聲音信號的多個旁葉(Side lobe)部份，而該電波束合成處理使用一反濾波矩陣 $\mathbf{C}$ 的運算，其中，該反濾波矩陣 $\mathbf{C}$ 與該系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 的關係表示如下列等式(1)：

$$\mathbf{C}^T = \alpha \mathbf{H}^H \quad \text{等式(1)}$$

，其中， α 為一實數純量且 α 大於零， $\mathbf{C}^T$ 為該反濾波矩陣的一轉置矩陣(Transpose matrix)，且 $\mathbf{H}^H$ 為該系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 的一赫密特矩陣(Hermitian matrix)；

一阻擋矩陣處理單元，對該麥克風陣列接收到的該些聲音信號進行一抑制處理，並產生一抑制聲音向量，其中，該抑制處理讓該些聲音信號的該些旁葉部份通過並減低該些聲音信號的該主葉部份，而該抑制處理為進行一阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 的運算，

其中該阻擋矩陣 **B** 表示如下列等式(2)：

$$\mathbf{h}^H \mathbf{B} = 0 \quad \text{等式(2)}$$

，其中， $\mathbf{h}^H$ 為該聲音源至各該些麥克風之間的一頻率響應矩陣的一赫密特矩陣；

一多輸入消除單元，耦接至該阻擋矩陣處理單元，接收該抑制聲音向量並對該抑制聲音向量進行一適應性濾波處理，以及產生一第二聲音信號；以及

一運算單元，耦接至該固定電波束合成單元以及該多輸入消除單元，其中，該運算單元包括一第一運算輸入端、一第二運算輸入端與一運算輸出端，其中，該第一運算輸入端接收該第一聲音信號，該第二運算輸入端接收該第二聲音信號，而該運算單元從該第一聲音信號減去該第二聲音信號以獲得一聲音輸出信號，並輸出聲音輸出信號至該運算輸出端，其中，該多輸入消除單元藉由接收該聲音輸出信號的一反饋來調整該多輸入消除單元的多個參數。

28. 如申請專利範圍第 27 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該固定電波束合成單元更包括：

一反快速傅立葉轉換(Inverse Fast Fourier Transform)處理單元，對經由該電波束合成處理後的該些聲音信號進行一反快速傅立葉轉換處理；以及

對經由該電波束合成處理與該反快速傅立葉轉換處理後的該些聲音信號進行一適當時域平移處理以產生該第一聲音信號。

29. 如申請專利範圍第 27 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該實數純量 α 為 1。

30. 如申請專利範圍第 27 項所述之該消除殘響與減低噪

音方法，其中，該實數純量 α 表示為下列等式(3)：

$$\alpha = (\|\mathbf{H}\|_2^2)^{-1} \quad \text{等式(3)}$$

，其中， $\|\mathbf{H}\|_2^2$ 為該系統響應矩陣 $\mathbf{H}$ 之歐式範數(2-norm)的一平方值。

31. 如申請專利範圍第 27 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該聲音源至各該些麥克風之間的該頻率響應矩陣的該赫密特矩陣 $\mathbf{h}^H$ 表示如下等式(4)時，該阻擋矩陣 $\mathbf{B}$ 表示如下等式(5)：

$$\mathbf{h}^H = [a_1, a_2, \dots, a_n] \quad \text{等式(4)，}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \frac{-a_2}{a_1} & \frac{-a_3}{a_1} & \dots & \frac{-a_n}{a_1} \\ 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad \text{等式(5)}$$

，其中， $a_1, a_2, \dots, a_n$ 為該聲音源至各該些麥克風之間的一頻率響應值， $a_1, a_2, \dots, a_n$ 為實數，且 n 為該些麥克風的一總數。

32. 如申請專利範圍第 27 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該多輸入消除單元使用一最小平均平方演算法 (Least Mean Square method) 來處理該抑制聲音向量。

33. 如申請專利範圍第 32 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，該最小平均平方演算法如下等式(6)-等式(9)所示：

$$y(k) = b(k - L_1) - \sum_{n=0}^{N-1} \mathbf{w}_n^T(k) \mathbf{Z}_n(k) \quad \text{等式(6)，}$$

$$\mathbf{w}_n(k+1) = \mathbf{w}_n(k) + \mu \times y(k) \mathbf{Z}_n(k) \quad \text{等式(7)}$$

，其中，

$$\mathbf{W}_n(k) = [w_{n,0}(k), w_{n,1}(k), \dots, w_{n,M_2-1}(k)]^T \quad \text{等式(8),}$$

$$\mathbf{Z}_n(k) = [z_n(k), z_n(k-1), \dots, z_n(k-M_2+1)]^T \quad \text{等式(9),}$$

$y(k)$ 為當時間為 k 時的該聲音輸出信號， $b(k)$ 為當時間為 k 時的該第一聲音信號， L_1 為該聲音輸出信號與該第一聲音信號之間的時間延遲， $\mathbf{W}(k)$ 為當時間為 k 時該第三信號處理所使用的一適應性濾波矩陣， $\mathbf{Z}(k)$ 為當時間為 k 時的該抑制聲音向量， M_2 為該多輸入消除單元的一長度且影響該消除殘響與減低噪音裝置的整體運作效率，且 μ 為步階大小。

34. 如申請專利範圍第 27 項所述之該消除殘響與減低噪音方法，其中，各該些麥克風包括全向性麥克風。

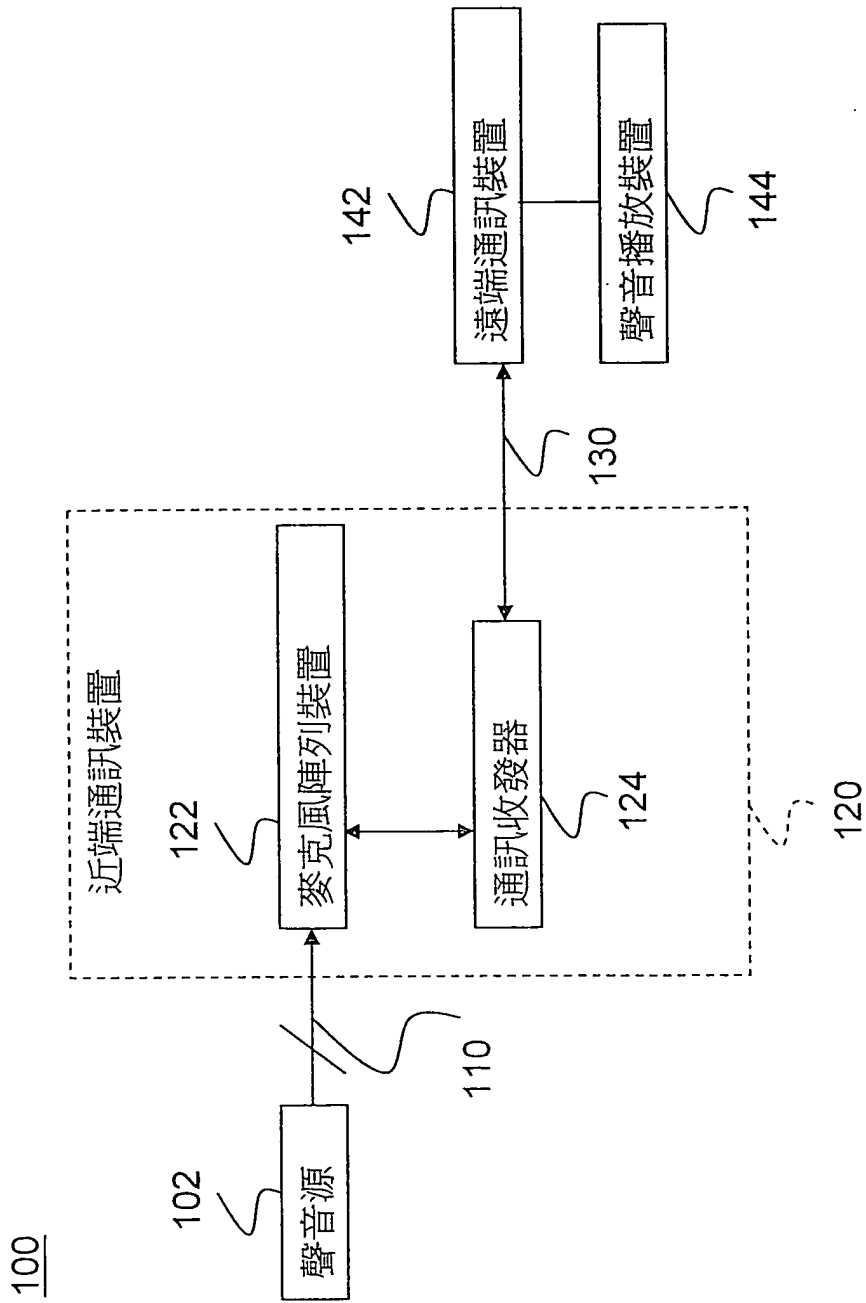


圖 1

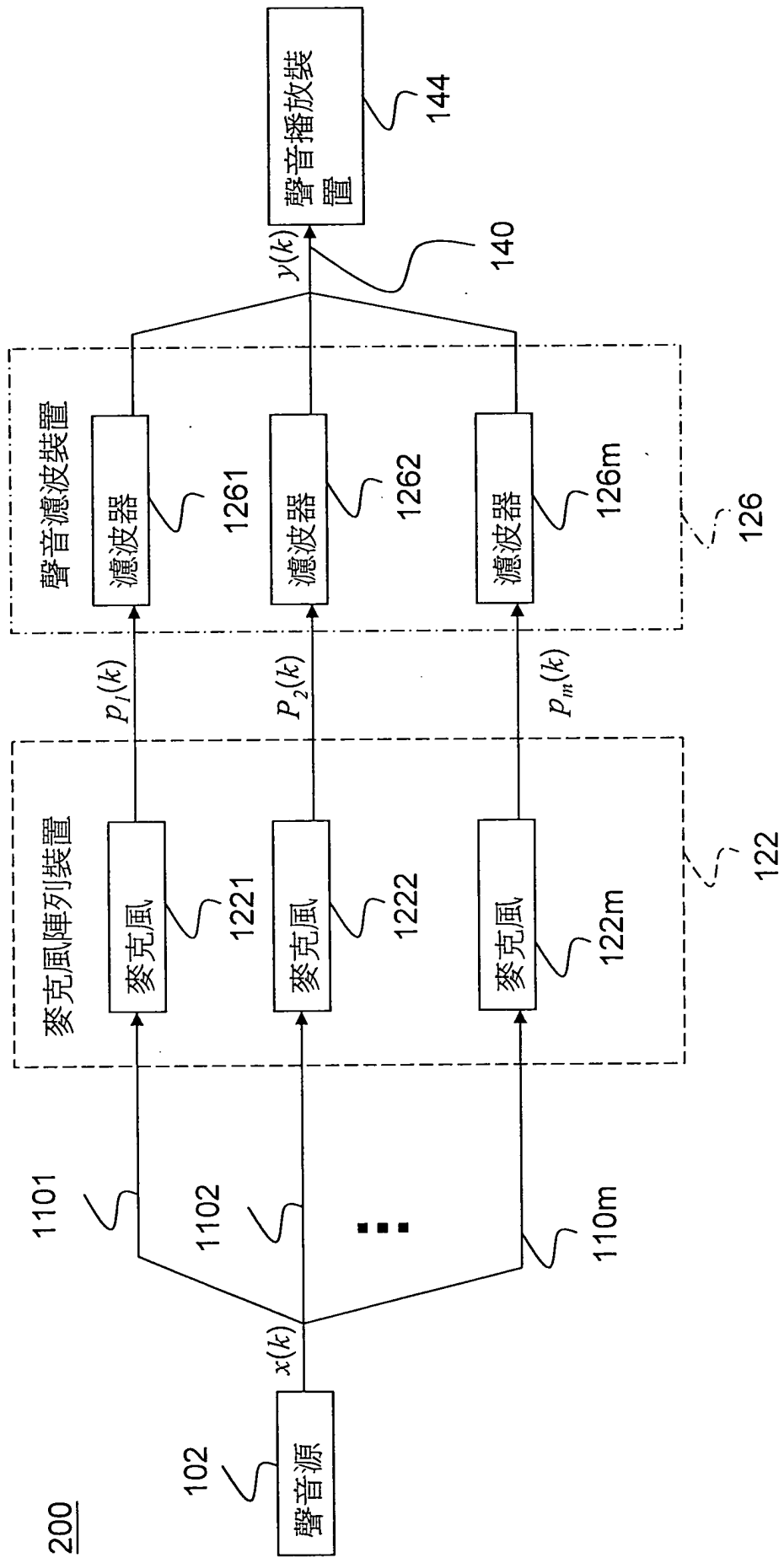


圖 2

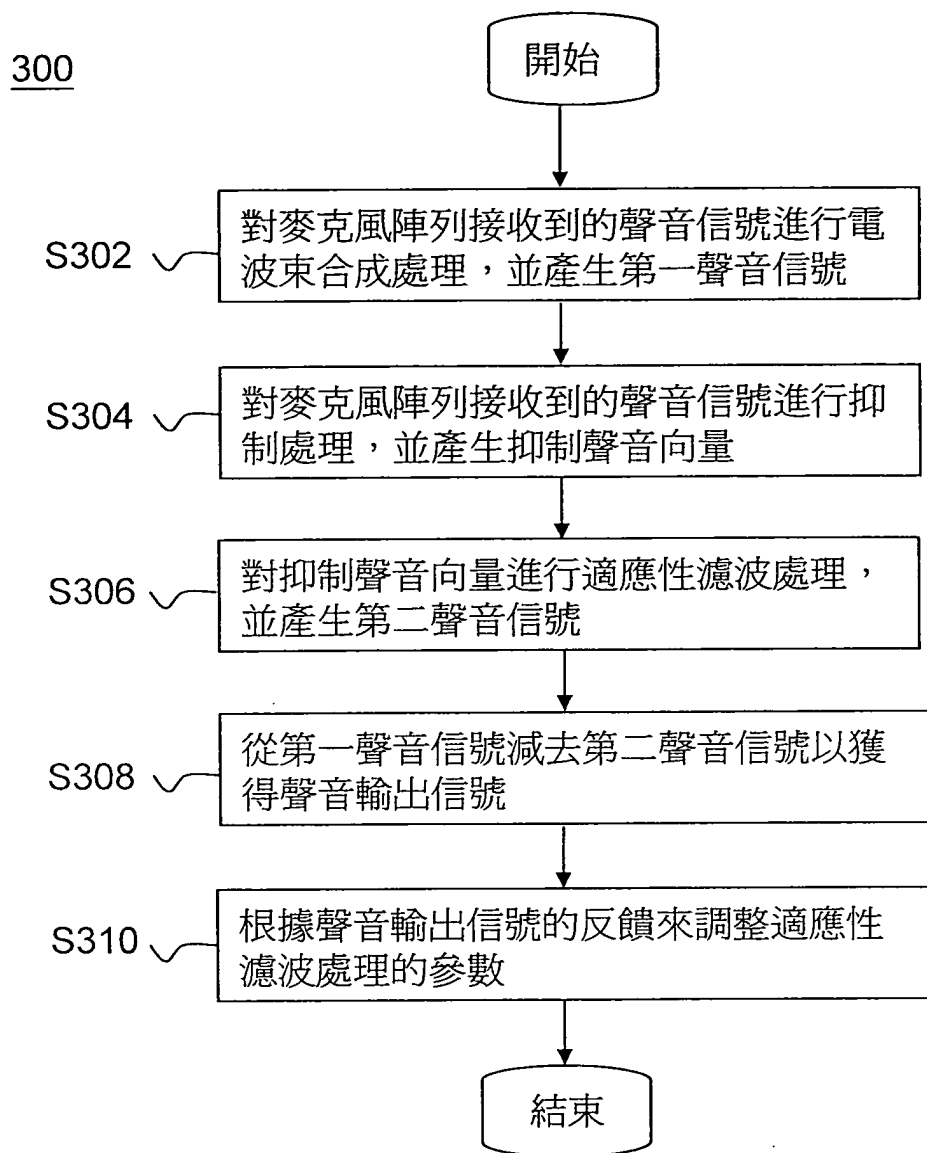


圖 3

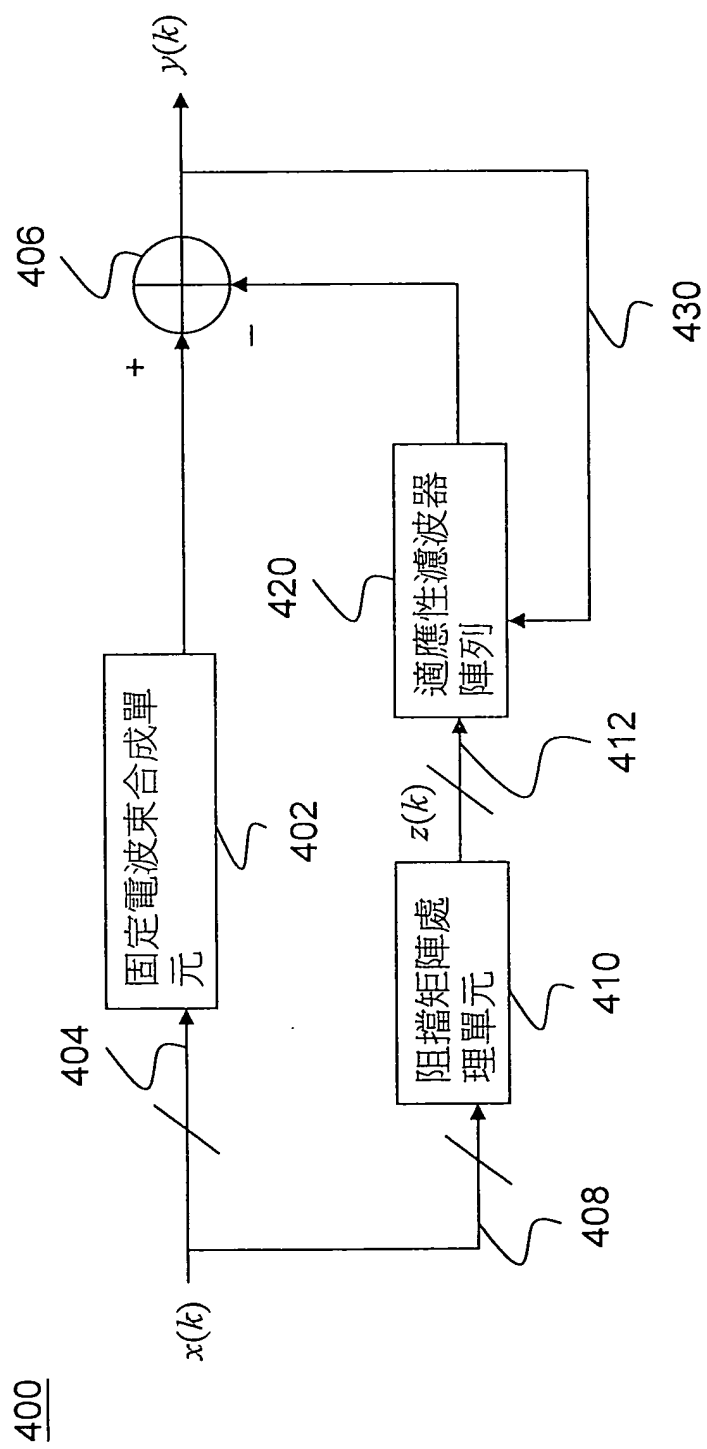


圖 4

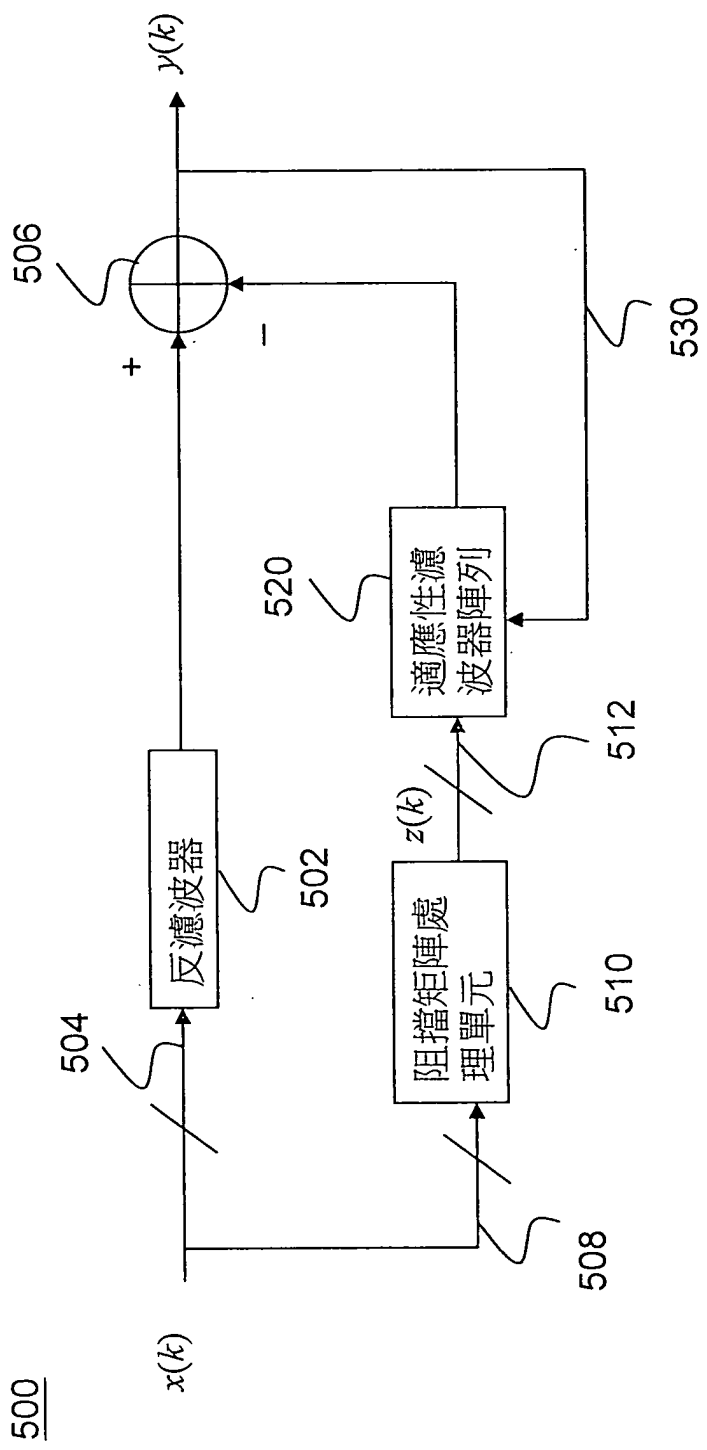


圖 5

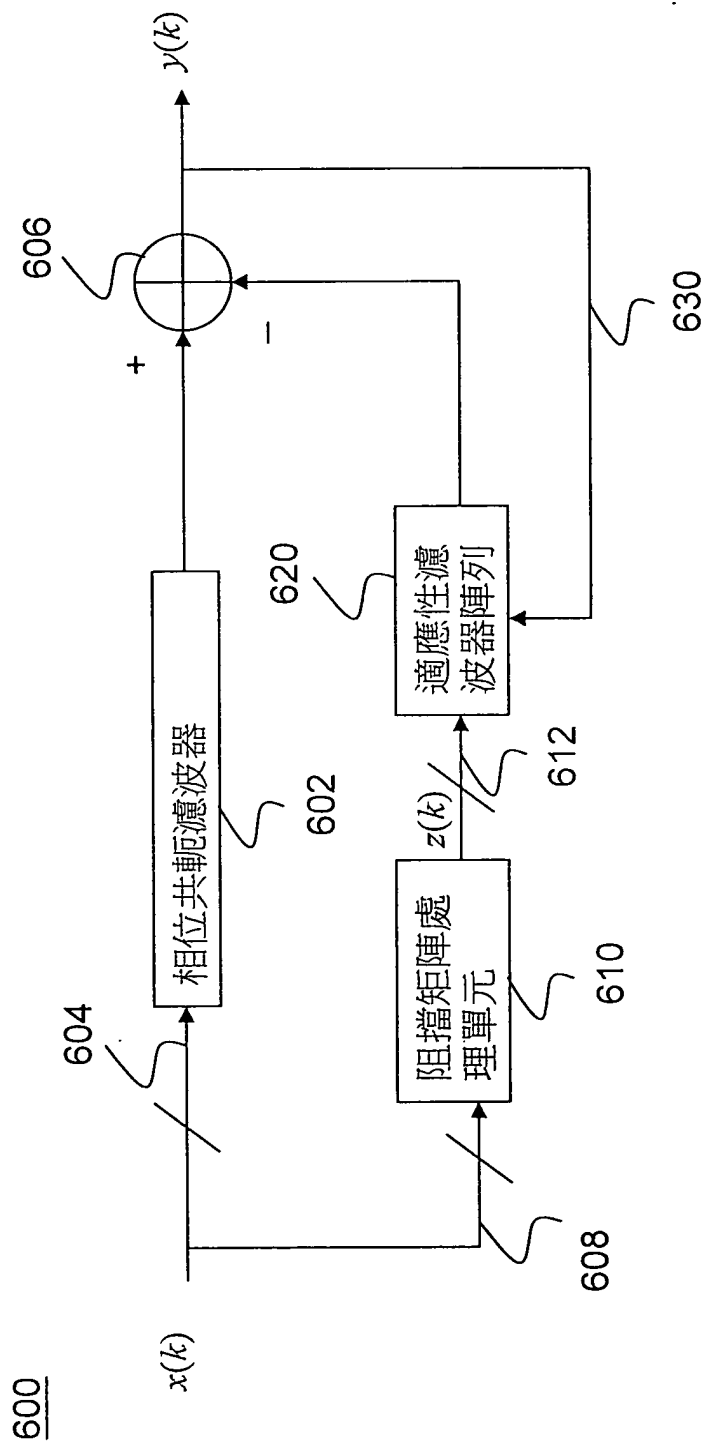


圖 6

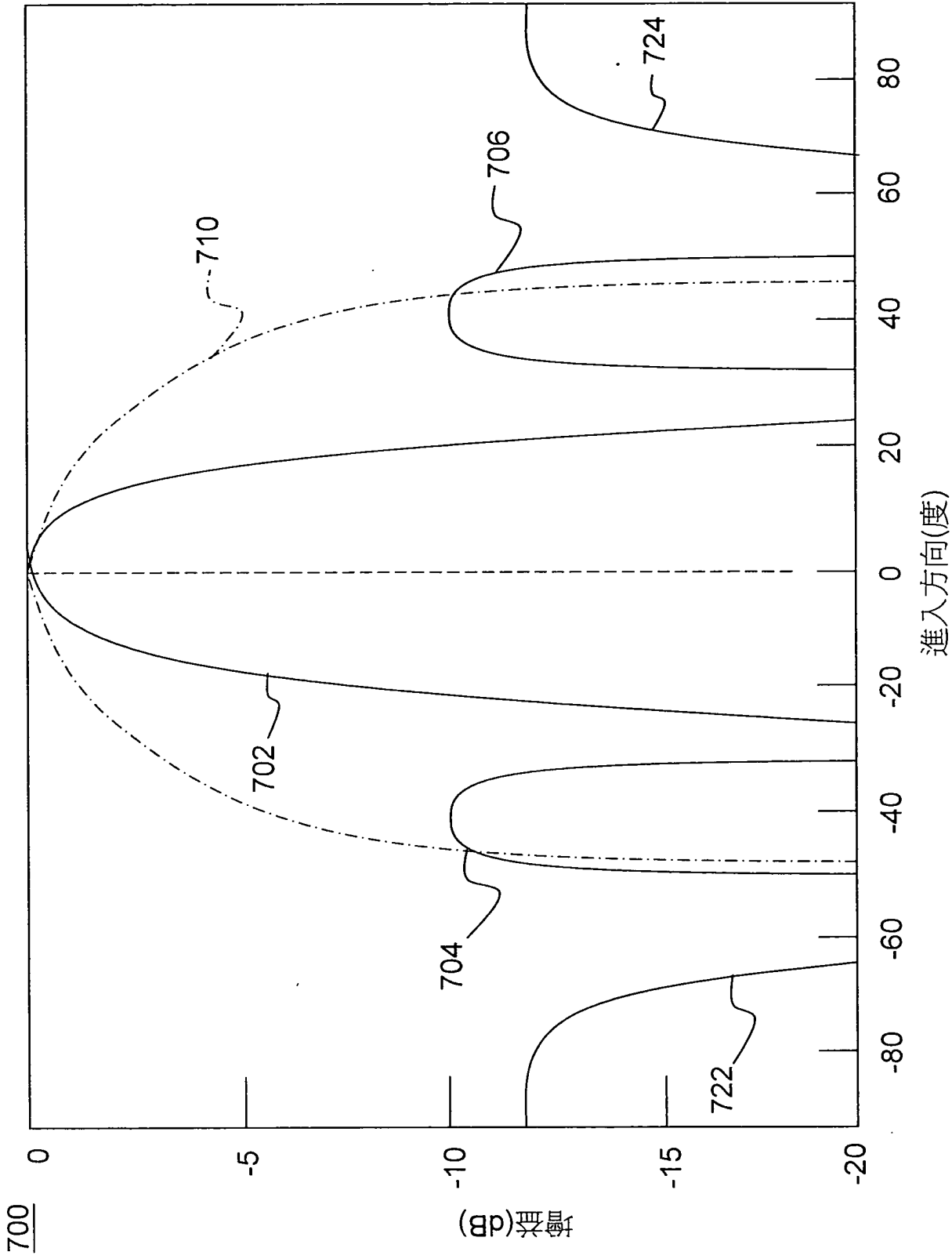


圖 7

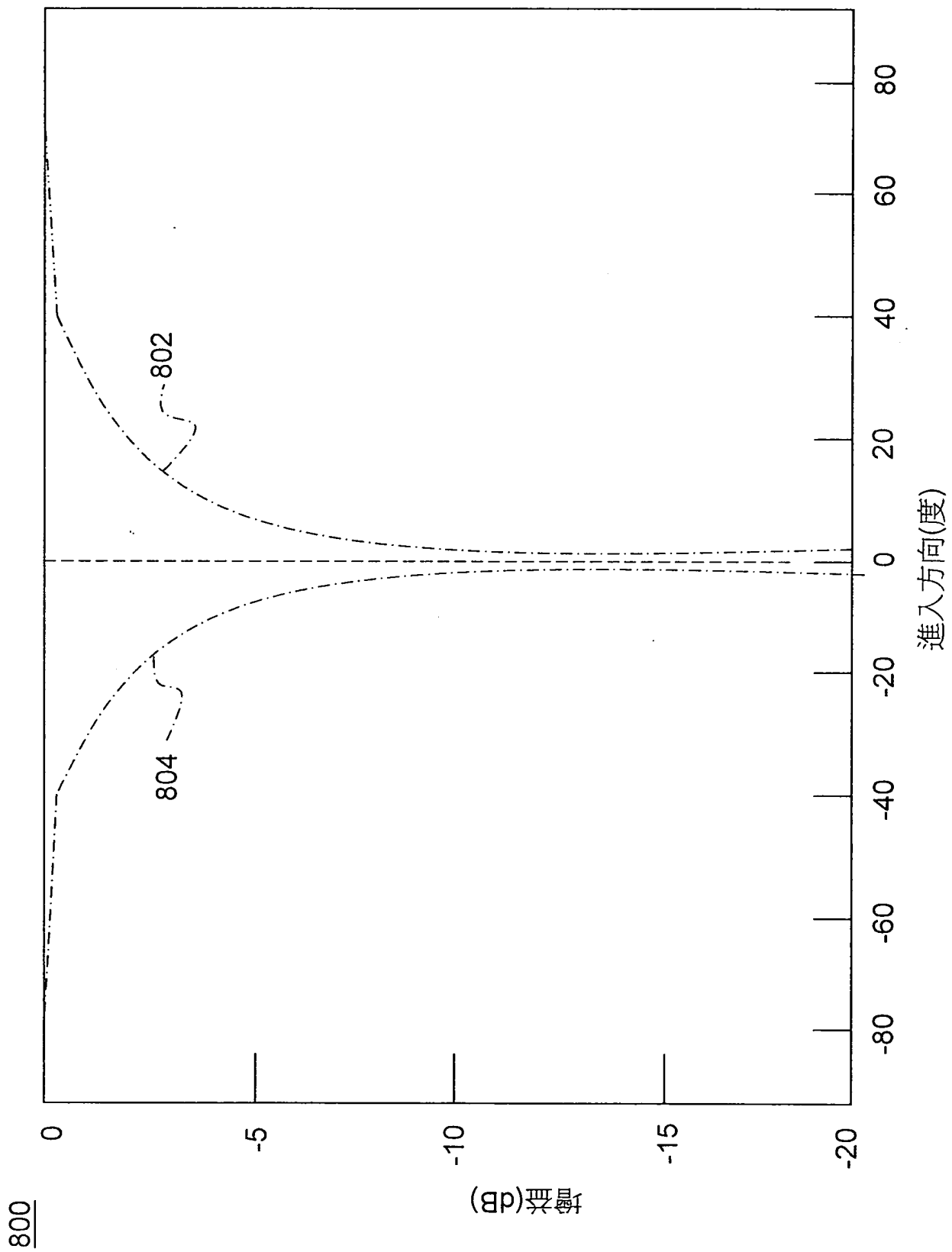


圖 8