



(21) 申請案號：104100211

(22) 申請日：中華民國 104 (2015) 年 01 月 06 日

(51) Int. Cl. : **H04R1/22 (2006.01)**

(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

國立清華大學 (中華民國) NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY (TW)

新竹市光復路 2 段 101 號

(72) 發明人：白明憲 BAI, MINGSIAN R. (TW)；陳科宏 CHEN, KE HORNG (TW)；鄭當耀
JHENG, TANG YAO (TW)

(74) 代理人：陳昭誠

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：7 共 27 頁

(54) 名稱

揚聲器之頻率響應補償系統

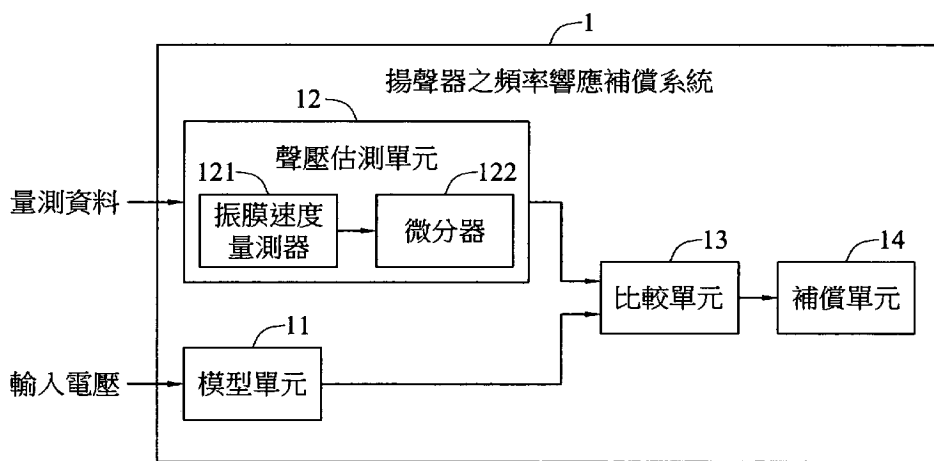
COMPENSATOR SYSTEM FOR FREQUENCY RESPONSE OF LOUDSPEAKER

(57) 摘要

一種揚聲器之頻率響應補償系統，包括：模型單元係依據輸入電壓，產生理想聲壓，在未有感測器下，聲壓估測單元可根據揚聲器內之音圈的電壓和電流估測出揚聲器之振膜速度並依據振膜速度計算出揚聲器所在聲場之聲壓，在有感測器下，則可感測揚聲器所在聲場之聲壓，比較單元計算理想聲壓及聲場之聲壓以得到差值，補償單元以該差值調整該揚聲器之頻率響應。

A compensating system for frequency response of loudspeaker, comprising: a model unit for producing desired sound pressure based upon input voltage. Without sensors, a sound pressure estimation unit for estimating the cone velocity of the loudspeaker according to the voltage and current of a voice coil of the loudspeaker and calculating a sound pressure of a sound field around the loudspeaker according to the voice coil; with sensors, the sensors can sense the sound pressure of the sound field, a comparing unit for comparing the desired sound pressure and the sound pressure of the sound field to get the difference, and a compensation unit for adjusting the frequency response of the loudspeaker based on the difference.

指定代表圖：



符號簡單說明：

1 . . . 揚聲器之頻率響應補償系統

11 . . . 模型單元

12 . . . 聲壓估測單元

121 . . . 振膜速度量測器

122 . . . 微分器

13 . . . 比較單元

14 . . . 補償單元

第1圖

發明摘要

※申請案號：104100211

※申請日：104. 1. 06

※IPC分類：

H04R 1/22 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

揚聲器之頻率響應補償系統

COMPENSATOR SYSTEM FOR FREQUENCY RESPONSE
OF LOUDSPEAKER

【中文】

一種揚聲器之頻率響應補償系統，包括：模型單元係依據輸入電壓，產生理想聲壓，在未有感測器下，聲壓估測單元可根據揚聲器內之音圈的電壓和電流估測出揚聲器之振膜速度並依據振膜速度計算出揚聲器所在聲場之聲壓，在有感測器下，則可感測揚聲器所在聲場之聲壓，比較單元計算理想聲壓及聲場之聲壓以得到差值，補償單元以該差值調整該揚聲器之頻率響應。

【英文】

A compensating system for frequency response of loudspeaker, comprising: a model unit for producing desired sound pressure based upon input voltage. Without sensors, a sound pressure estimation unit for estimating the cone velocity of the loudspeaker according to the voltage and current of a voice coil of the loudspeaker and calculating a sound pressure of a sound field around the loudspeaker according to the voice coil; with sensors, the sensors can sense the sound pressure of the sound field, a comparing unit for comparing the desired sound pressure and the sound pressure of the sound field to get the difference, and a compensation unit for adjusting the frequency response of the loudspeaker based on the difference.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 1 揚聲器之頻率響應補償系統
- 11 模型單元
- 12 聲壓估測單元
- 121 振膜速度量測器
- 122 微分器
- 13 比較單元
- 14 補償單元

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

揚聲器之頻率響應補償系統

COMPENSATOR SYSTEM FOR FREQUENCY RESPONSE
OF LOUDSPEAKER

【技術領域】

本發明係關於一種揚聲器之頻率響應補償技術，詳而言之，係關於一種透過量測或估測振膜速度以補償揚聲器及環境聲場之揚聲器之頻率響應補償系統。

【先前技術】

由於消費電子裝置的小型化，揚聲器的發展趨勢是微小和輕薄，如此不僅使揚聲器的大小受到限制，同時，導致揚聲器中容易引起失真 (distortion)，在此情況下，許多研究提出揚聲器補償方式，藉此減少非線性失真，例如，有研究提出自適應式控制以補償揚聲器的非線性特性。

關於房間響應的改善，在一般情況下，因為揚聲器膜片不能產生低於機械響應頻率的足夠體積速度 (volume velocity)，故動圈式 (moving coil) 揚聲器在低頻範圍內呈現較差的響應，基於頻率響應的增強對於聲音訊號的再現是很重要的關鍵下，改善頻率響應變得十分重要，一種提升低頻響應的方法是增加揚聲器的半徑範圍，然而效率的增加是無法如預期的大，因為揚聲器的質量 (mass) 也隨著半徑增加而增大，另一種改善揚聲器響應的方法是使

用定量反饋技術（quantitative feedback technique，QFT），在此方法中，模型匹配方法是容易發生開環（open-loop）的問題。另外，其他傳統方法還有電子補償，此類音頻系統都配備有均衡器（equalizer）以增強低音輸出，在此情況下，僅有低頻響應的幅度增加，而非所有頻率響應。由上可知，透過改善頻率響應，特別是透過電子的補償手段，將有助於聲音訊號的再現。

因此，如何找出一種揚聲器之頻率響應補償技術，可針對固定係數或自適應式演算法以提供揚聲器的前置的補償，特別是還滿足有感測器或無感測器的不同情境，實已成目前本領域技術人員所追求的目標。

【發明內容】

鑒於上述習知技術之缺點，本發明之目的係提供一種補償系統，可提供以估測手段或利用自適應式演算法，在有感測器或無感測器下，提供對揚聲器或環境聲場的不同補償，以使低頻增益增加及使頻率響應變平整。

為達成前述目的及其他目的，本發明提出一種揚聲器之頻率響應補償系統，包括模型單元、聲壓估測單元、比較單元以及補償單元，其中，該模型單元係依據輸入電壓，產生理想聲壓，該聲壓估測單元包括根據該揚聲器內之音圈的電壓和電流以估測出該揚聲器之振膜速度之振膜速度量測器，以及依據該振膜速度計算出該揚聲器所在聲場之聲壓之微分器，該比較單元計算該理想聲壓及該聲場之聲壓以得到差值，該補償單元以該差值調整該揚聲器之頻率

響應。

於一實施例中，該揚聲器之係數為固定者，該補償單元係依據該差值調整該輸入電壓。

於另一實施例中，該補償單元更包括用於以摺積方式調整該揚聲器之係數之自適應式演算法。

於再一實施例中，利用該自適應式演算法調整該揚聲器之頻率響應係包括離線操作和線上操作。

本發明還提出一種揚聲器之頻率響應補償系統，其包含模型單元、感測單元、比較單元以及補償單元，其中，該模型單元係依據輸入電壓，產生理想聲壓，該感測單元係用於感測該揚聲器所在聲場之聲壓，該比較單元係計算該理想聲壓及該聲場之聲壓以得到差值，以及該補償單元係以該差值調整該揚聲器之頻率響應。

於一實施例中，該揚聲器之係數為固定者，該補償單元係依據該差值調整該輸入電壓。

於另一實施例中，該補償單元更包括用於以摺積方式調整該揚聲器之係數之自適應式演算法。

於再一實施例中，利用該自適應式演算法調整該揚聲器之頻率響應係包括離線操作和線上操作。

相較於先前技術，本發明所提出之揚聲器之頻率響應補償系統，提供有感測單元和無感測單元的不同執行方案，在有感測單元下，可將感測單元所感測之聲壓作為補償判斷時的依據，若無感測單元下，則透過估測揚聲器之音圈的電壓和電流以計算出揚聲器所在聲場之聲壓，再

者，不管是否有感測器，兩者方案還可與揚聲器之係數為固定或可變相搭配，亦即僅考量揚聲器的補償，可採用揚聲器之係數為固定的選擇，若還要考量揚聲器之所在聲場環境，則可選擇自適應式演算法來調整揚聲器之係數。由上可知，將有四種不同情況的來執行揚聲器之頻率響應的補償，且透過上述不同補償方案，將提供揚聲器較佳的頻率響應補償效果。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係顯示本發明之揚聲器之頻率響應補償系統一實施例的系統架構圖；

第 2 圖係顯示本發明之揚聲器之頻率響應補償系統另一實施例的系統架構圖；

第 3 圖係顯示本發明所述之自適應式濾波器的示意圖；

第 4A-4C 圖係顯示本發明所述之不同狀態下前饋補償系統的示意圖；

第 5 圖係顯示包含揚聲器和用戶麥克風之設備(plant)的示意圖；

第 6A 和 6B 圖係顯示本發明所述之顯示動圈式揚聲器之類比電路的示意圖；以及

第 7 圖係顯示不具感測單元之揚聲器補償的示意圖。

【實施方式】

以下係藉由特定的實施例說明本發明之實施方式，熟悉此技術之人士可由本說明書所揭示之內容輕易地瞭解本

發明之其他特點與功效。本發明亦可藉由其他不同的具體實施例加以施行或應用。

為了使低頻增益增加和頻率響應變平整，本發明提出兩個前饋補償方法，兩種方法分別為具有感測器的自適應式揚聲器補償以及不具感測器的自適應式揚聲器補償，每種方法都包含線上和離線操作，具感測器補償的麥克風用於接收估計訊號，自適應式濾波系統則更新補償器以產生最佳的訊號。

在無感測器的補償揚聲器和房間響應時，估計揚聲器振膜速度（cone velocity）是必要的，揚聲器振膜速度一直被認為是揚聲器補償的一個重要參數，振膜速度的直接存取需要感測器，例如加速度計或雷射振動計，但可能導致揚聲器的不希望質量負擔，揚聲器保護可利用限制通過估計振膜速度的輸出電壓來達成，另一種應用是圓頂特性（dome）的補償，Klippe 音響分析系統量測輸入電流以評估最大音圈峰位移（voice coil peak displacement）。在本發明中，無感測器的補償是量測揚聲器的電壓來估計振膜速度，並由振膜速度獲得的聲壓，最後，利用自適應式演算法來補償聲壓。

在每一個操作的補償方法，都設計成使用模型匹配並在數位訊號處理器（DSP）來實現。數位訊號處理器在定點演算法（fixed-point algorithm）中實施，定點演算法為本領域的技術人員所熟知，故本發明省略說明，另外，本發明中還提出使用基於自適應式演算法的模型匹配程序，

其特性是原理簡單並且易於應用。

參閱第 1 圖，其係說明本發明之揚聲器之頻率響應補償系統一實施例的系統架構圖。如圖所示，揚聲器之頻率響應補償系統 1 係包括：模型單元 11、聲壓估測單元 12、比較單元 13 以及補償單元 14，可透過量測音圈之電壓和電流以得到如何補償的依據。

模型單元 11 係依據輸入電壓，產生理想聲壓，這裡所述之理想聲壓即是指預期聲壓，若能達到此標準即呈現良好的頻率響應。

聲壓估測單元 12 包括振膜速度量測器 121 和微分器 122，聲壓估測單元 12 接收量測資料以進行聲壓的估測。詳言之，振膜速度量測器 121 是用於根據該揚聲器內之音圈的電壓和電流（電壓除以電流即為阻抗）以估測出該揚聲器之振膜速度，上述電壓可直接量測得到，電流可在音圈上串上已知電阻值的電阻，透過跨壓除以電阻值以得到電流，振膜速度量測器 121 可依據音圈的電壓和電流來估計振膜速度。於具體實施例中，聲壓估測單元 12 可為聲壓估測器或聲壓估測元件。

在取得振膜速度後，可由微分器 122 依據振膜速度以計算出揚聲器所在聲場之聲壓，此為透過振膜速度估測方式來推得聲壓，以供後續比較聲壓與理想聲壓的差異。

比較單元 13 係計算模型單元 11 之理想聲壓與聲壓估測單元 12 所取得之聲場之聲壓兩者的差值，此目的在於比較所估測到之聲壓與理想聲壓之間的差值，如此，可作為

後續補償時的參考。於具體實施例中，比較單元 13 可為比較器。

補償單元 14 係以上述差值調整揚聲器之頻率響應，也就是說，可將差值傳回補償單元 14，藉此判定需做何種補償調整。於具體實施例中，補償單元 14 可為補償器。

於本實施例具體實施時，模型單元 11、聲壓估測單元 12 或補償單元 14 可以濾波器來實現。

上述的實施例是指，未具有感測器下的揚聲器之頻率響應的補償，在此情況下，揚聲器之係數為固定不變，補償單元 14 可依據該差值調整輸入電壓。

另外，若考量揚聲器所在聲場時，則可提供自適應式的補償調整，亦即補償單元 14 內具有自適應式演算法，該自適應式演算法可用於以摺積（convolution）方式調整揚聲器之係數，藉此同時補償揚聲器和聲場環境。

參閱第 2 圖，其係說明本發明之揚聲器之頻率響應補償系統另一實施例的系統架構圖。如圖所示，揚聲器之頻率響應補償系統 2 係包括：模型單元 21、感測單元 22、比較單元 23 以及補償單元 24，其可透過感測器感測聲壓，以決定如何補償的依據。

模型單元 21 係依據輸入電壓，產生理想聲壓，這裡所述之理想聲壓即是指預期聲壓，若能達到此標準即呈現良好的頻率響應。

感測單元 22 用於感測該揚聲器所在聲場之聲壓。與第 1 圖所示的實施例不同，本實施例是採用感測器來感測聲

壓，故無需量測音圈的電壓和電流。於具體實施例中，感測單元 22 可為麥克風。

比較單元 23 係計算模型單元 21 之理想聲壓與感測單元 22 所取得之聲場之聲壓兩者的差值，通過比較所估測到之聲壓與理想聲壓之間的差值，可作為後續補償時的參考。

補償單元 24 係以上述差值調整揚聲器之頻率響應，也就是說，可將差值傳回補償單元 24，藉此判定需做何種補償調整。

於本實施例具體實施時，模型單元 21、感測單元 22 或補償單元 24 也可以濾波器來實現。如前所述，本實施例是指，在具有感測器下的揚聲器之頻率響應的補償，在此情況下，揚聲器之係數為固定不變，補償單元 24 可依據該差值調整輸入電壓。

另外，若考量揚聲器所在聲場時，則可提供自適應式的補償調整，亦即補償單元 24 內具有自適應式演算法，該自適應式演算法可用於以摺積（convolution）方式調整揚聲器之係數，藉此同時補償揚聲器和聲場環境。

另外，在利用自適應式演算法調整該揚聲器之頻率響應時，可提供離線操作和線上操作的兩種情境。詳細內容，如本發明的第 4B 和 4C 圖所示。

下面將以更多具體實施的電路示意圖，說明不同情況需求或配置下，用於調整揚聲器係數或補償房間響應之各種機制。

首先，第 3 圖所示為自適應式濾波器，有些訊號傳播

系統是時變且未知的，而自適應式濾波器對於這些應用是有用的，自適應式系統自動修改自己特性來完成某些目標。如圖所示， $d(n)$ 是期望訊號， $y(n)$ 是由輸入訊號 $x(n)$ 驅動的數位濾波器的輸出訊號，誤差訊號 $e(n)$ 是期望訊號 $d(n)$ 和輸出訊號 $y(n)$ 之間的差值 (difference)，自適應式演算法的目的是為了調整數位濾波器的係數，以最小化誤差訊號 $e(n)$ 的均方值，數位濾波器可以有限脈衝響應 (FIR) 濾波器來實現。

第 4A-4C 圖係顯示一種不同狀態下的前饋補償系統，其中，第 4A 圖說明具有感測器的揚聲器補償，第 4B 圖說明若系統為線性非時變，在離線操作下的揚聲器補償，第 4C 圖說明在線上操作下的揚聲器補償。

為了找出補償器 $c(n)$ 在離線操作下的脈衝響應，可採用自適應式濾波系統。 $h(n)$ 是設備 (plant) 的脈衝響應，設備包含一揚聲器和一用戶麥克風，如第 5 圖所示，模型 $m(n)$ 是根據設備 $h(n)$ 而設計，模型的第一共振頻率低於 $h(n)$ ，因此，在低頻的幅度增強，期望訊號 $d(n)$ 衍生自輸入訊號 $x(n)$ 和模型 $m(n)$ ，如下式所示：

$$d(n) = m(n) * x(n) \quad (1)$$

其中，“*”表示摺積運算，假設系統為線性非時變 (linear timeinvariant, LTI)，設備 $h(n)$ 和補償器 $c(n)$ 的位置可改變，如第 4B 圖所示，輸出信號 $y(n)$ 自下列估計途徑衍生出：

$$x'(n) = h(n) * x(n) \quad (2)$$

$$y(n) = c(n) * x'(n) \quad (3)$$

其中， $x'(n)$ 為來自設備 $h(n)$ 的輸出訊號， $y(n)$ 為來補償器 $c(n)$ 的輸出訊號，誤差訊號 $e(n)$ 可被定義為：

$$e(n) = d(n) - y(n) \quad (4)$$

為了最小化該誤差訊號，自適應式演算法更新補償器 $c(n)$ 的係數，更新方程式定義為：

$$c(n+1) = c(n) + \mu e(n)x'(n) \quad (5)$$

其中， μ 為步長 (step size)，因此，可得到在離線操作下的補償器 $c(n)$ 。

在離線操作中所得到的補償器 $c(n)$ 是固定的，實際上，設備是時變，因此，還提出線上操作，如第 4C 圖所示。在線上操作中，由麥克風 $y(n)$ 接收到的訊號追蹤到期望訊號 $d(n)$ 。

$$d(n) = m(n) * x(n) \quad (6)$$

模型 $m(n)$ 產生期望訊號 $d(n)$ 。

$$x'(n) = c(n) * x(n) \quad (7)$$

來自補償器的輸出訊號 $x'(n)$ 被傳送至揚聲器，該訊號由揚聲器傳送至麥克風且由麥克風接收，來自麥克風的訊號 $y(n)$ 被接收後，誤差訊號 $e(n)$ 可被定義為：

$$e(n) = d(n) - y(n) \quad (8)$$

為了最小化該誤差訊號，提出的自適應式演算法：

$$c(n+1) = c(n) + \mu e(n)x(n) \quad (9)$$

補償器 $c(n)$ 的係數是自動地更新。

下面將進一步說明揚聲器的電器-機械-聲學 (EMA)

模型。

第 6A 和 6B 圖係顯示動圈式揚聲器的類比電路，其中，第 6A 圖說明電器和機械領域的等效電路，第 6B 圖說明從機械領域映射具有阻抗的電器的等效電路。

於第 6A 圖所示，亦即聲學端映射至機械端與機械端組合之等效阻抗，其中， Z_{MA} 為聲學端映射至機械端與機械端組合之等效阻抗，圖中左邊代表揚聲器之電端，右邊代表揚聲器之機械端，機械端將力等效成電路中的電壓，揚聲器振膜速度等效為電流，中間部分則為迴旋器 (Gyrator)，關係式如下：

$$f(s) = \phi i(s) \quad (10)$$

其中， $Z_E(s)$ 表示在電域中的阻抗，其中， s 是拉氏轉換的變數 (Laplace operator)， $i(s)$ 是電流， $Z_{vc}(s)$ 是從訊號源 $e_s(s)$ 觀查到的等效阻抗，在電器和機械領域之間的元件為迴旋器 (gyrator)。 ϕ 是力因數 (force factor)，其被定義為 $\phi = Bl$ 。 $f(s)$ 是由電流 $i(s)$ 所造成的洛倫茲力 (Lorentz factor)。

$Z_{MA}(s)$ 是從聲學端的反射阻抗與機械領域的阻抗的等效阻抗包容。因此，

$$Z_{mot}(s) = \frac{\phi^2}{Z_{MA}(s)} \quad (11)$$

其中， $Z_{mot}(s)$ 是動態抗阻， $u(s)$ 表示揚聲器振膜速度。在第 6B 圖中， $Z_{vc}(s)$ 可被寫為：

$$Z_{vc}(s) = Z_E(s) + Z_{mot}(s) \quad (12)$$

振膜速度 $u(s)$ 和電壓訊號 $e_g(s)$ 之間的關係在建立速度估計器有著重要的地位，從第 6B 圖可知，電流 $i(s)$ 可被寫為：

$$i(s) = \frac{e_g(s)}{Z_{VC}(s)} \quad (13)$$

在第 6A 圖中，洛倫茲力（Lorentz factor）可被寫為 $f(s) = Z_{mot}(s)u(s)$ ，因此，以方程式(13)替代方程式(10)，可得到：

$$\phi \frac{e_g(s)}{Z_{VC}(s)} = Z_{mot}(s)u(s) \quad (14)$$

因此，可取得 $u(s)$ 對 $e_g(s)$ 的比率，且 $H_{eu}(s)$ 可被定義為：

$$H_{eu}(s) = \frac{u(s)}{e_g(s)} = \frac{Z_{mot}(s)}{\phi Z_{VC}(s)} = \frac{Z_{VC}(s) - Z_E(s)}{\phi Z_{VC}(s)} = \frac{1}{\phi} \left(1 - \frac{Z_E(s)}{Z_{VC}(s)} \right) \quad (15)$$

透過上式，只要量測揚聲器的端電壓即可估測振膜速度 $u(s)$ ，亦即 $H_{eu}(s)$ 由 $e_g(s)$ 到 $u(s)$ 的轉換函數，由平面圓形的揚聲器在無限擋板映射的軸上壓力，因此，振膜速度 $u(s)$ 與聲壓的關係式如下：

$$p(r) = \frac{\rho_0}{2\pi} j\omega u \frac{e^{-jkr}}{r} \quad (16)$$

其中， ρ_0 是空氣的密度， r 是從揚聲器到觀測點的距離，且 $k = \omega/c$ ，其中， c 是聲音的速度。為了定義轉換函數，這裡假設 $r = 1\text{m}$ ，在方程式(16)中的 $e^{-s(l/c)}$ 表示由從活塞到觀測點的傳播時間延遲所引起的相位延遲，由於 $e^{-s(l/c)}$ 具有統一振幅，與其大小值無關，故在定義聲壓轉換函數時被省略。

$$p(s) = Ksu(s) \quad (17)$$

其中， $K = \rho_0/2\pi$ ，聲壓可由振膜速度計算得到。

速度 $H_{ca}(s)$ 和微分器 Ks 可結合至濾波器 $\hat{H}(s)$ ，濾波器 $\hat{H}(s)$ 可被離散化並轉換成 FIR 濾波器 $\hat{h}(n)$ ，第 7 圖顯示這樣的揚聲器。

$$d(n) = m(n) * x(n) \quad (18)$$

其中， $d(n)$ 為期望訊號， $x(n)$ 為輸入訊號，以及 $m(n)$ 為模型。

$$x'(n) = c(n) * x(n) \quad (19)$$

其中， $c(n)$ 為補償器， $x'(n)$ 為揚聲器的終端電壓並被傳送至 FIR 濾波器 $\hat{h}(n)$ 。

$$y(n) = \hat{h}(n) * e_g(n) \quad (20)$$

其中， $y(n)$ 為估計訊號，誤差訊號可定義為：

$$e(n) = d(n) - y(n) \quad (21)$$

為了最小化該誤差訊號，所提出的自適應式演算法，其更新方程式為

$$c(n+1) = c(n) + \mu e(n)x(n) \quad (22)$$

其中， μ 為步長。

本發明可在 C6416 開發板上，以自適應式演算法及數位訊號處理方法來實現，可從電腦將播放音樂送入 C6416 開發板中，經過程式運算後，可得到揚聲器之振膜速度，該振膜速度可推估出聲場之聲壓，可再利用自適應式演算法得到理想聲場之聲壓而予以播放。具體實施時，可利用三個濾波器：模型單元、聲壓估測單元以及補償單元，模型單元運算產生理想聲壓之訊號，聲壓估測單元計算產生

振膜速度值並且以此計算出聲場之聲壓，利用該理想聲壓之訊號與該聲場之聲壓的比較進行自適應式演算法之處理，如此可得到一補償器之係數而成為 FIR 濾波器，此補償器即為揚聲器之補償器。

綜上所述，本發明所提出之揚聲器之頻率響應補償系統，提供有感測器和無感測器的不同執行方案，可將感測器感測到之聲壓作為補償判斷時的依據，若無感測器，則透過估測揚聲器之音圈的電壓和電流以計算出揚聲器所在聲場之聲壓，無論有無感測器，兩者方案還可與揚聲器之係數為固定或可變等情況相搭配，也就是說，採用揚聲器之係數為固定的選擇，僅就揚聲器的補償考量，若還要考量揚聲器之所在聲場環境，則可選擇自適應式演算法來調整揚聲器之係數。由上可知，本發明提出四種不同情況的來執行揚聲器之頻率響應的補償，且透過上述不同補償方案，將提供揚聲器較佳的頻率響應補償效果。

上述實施例僅例示性說明本發明之原理及其功效，而非用於限制本發明。任何熟習此項技藝之人士均可在不違背本發明之精神及範疇下，對上述實施例進行修飾與改變。因此，本發明之權利保護範圍，應如後述之申請專利範圍所列。

【符號說明】

- 1、2 揚聲器之頻率響應補償系統
- 11、21 模型單元
- 12 聲壓估測單元

- 121 振膜速度量測器
- 122 微分器
- 13、23 比較單元
- 14、24 補償單元
- 22 感測單元

申請專利範圍

1. 一種揚聲器之頻率響應補償系統，包括：
 - 模型單元，係依據輸入電壓，產生理想聲壓；
 - 聲壓估測單元，其包括：
 - 振膜速度量測器，係根據該揚聲器內之音圈的電壓和電流以估測出該揚聲器之振膜速度；及
 - 微分器，係依據該振膜速度計算出該揚聲器所在聲場之聲壓；
 - 比較單元，係計算該理想聲壓及該聲場之聲壓以得到差值；以及
 - 補償單元，係以該差值調整該揚聲器之頻率響應。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之揚聲器之頻率響應補償系統，其中，該揚聲器之係數為固定者，該補償單元係依據該差值調整該輸入電壓。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之揚聲器之頻率響應補償系統，其中，該補償單元更包括用於以摺積方式調整該揚聲器之係數之自適應式演算法。
4. 如申請專利範圍第 3 項所述之揚聲器之頻率響應補償系統，其中，利用該自適應式演算法調整該揚聲器之頻率響應係於線上操作或離線操作下執行。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之揚聲器之頻率響應補償系統，其中，該模型單元、該聲壓估測單元或該補償單元為濾波器。
6. 一種揚聲器之頻率響應補償系統，包括：

模型單元，係依據輸入電壓，產生理想聲壓；

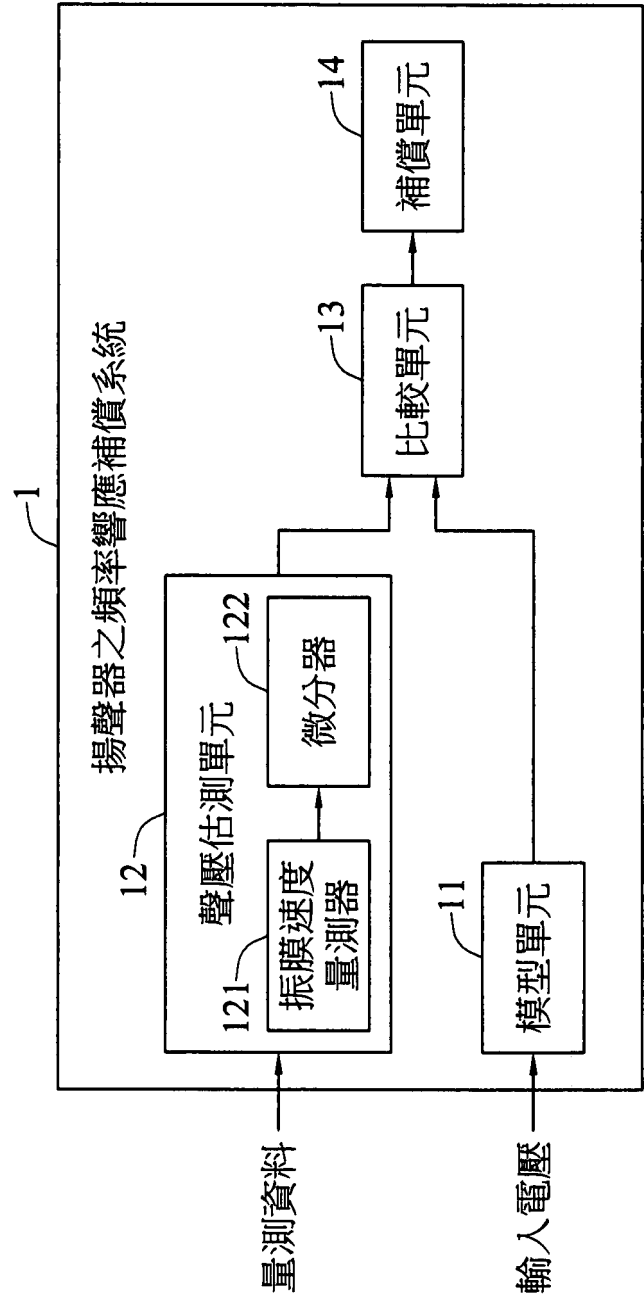
感測單元，係用於感測該揚聲器所在聲場之聲壓；

比較單元，係計算該理想聲壓及該聲場之聲壓以得到差值；以及

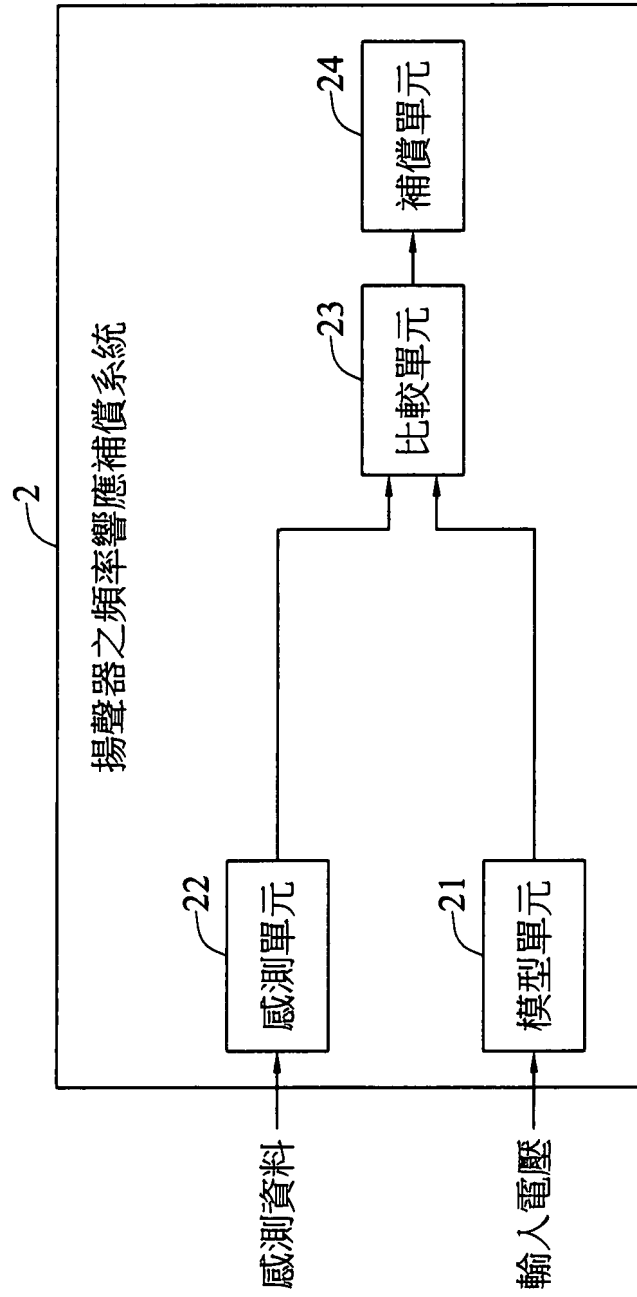
補償單元，係以該差值調整該揚聲器之頻率響應。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述之揚聲器之頻率響應補償系統，其中，該感測單元為麥克風。
8. 如申請專利範圍第 6 項所述之揚聲器之頻率響應補償系統，其中，該揚聲器之係數為固定者，該補償單元係依據該差值調整該輸入電壓。
9. 如申請專利範圍第 6 項所述之揚聲器之頻率響應補償系統，其中，該補償單元更包括用於以摺積方式調整該揚聲器之係數之自適應式演算法。
10. 如申請專利範圍第 9 項所述之揚聲器之頻率響應補償系統，其中，利用該自適應式演算法調整該揚聲器之頻率響應係於線上操作或離線操作下執行。

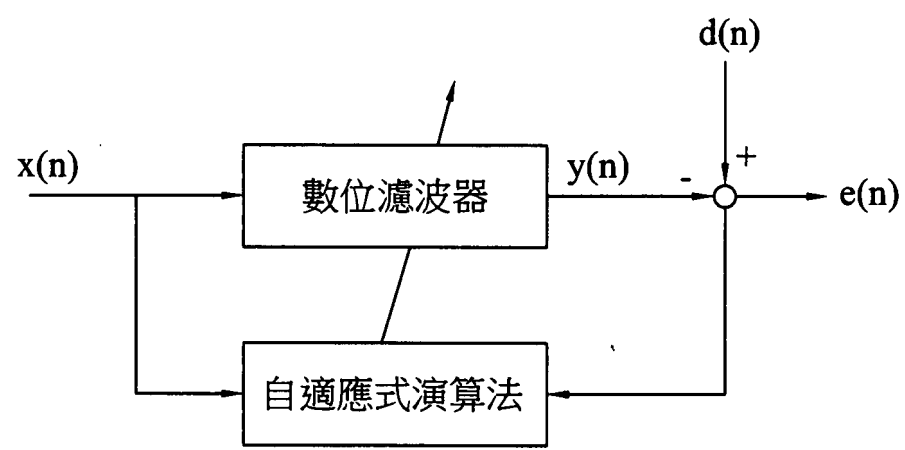
圖式



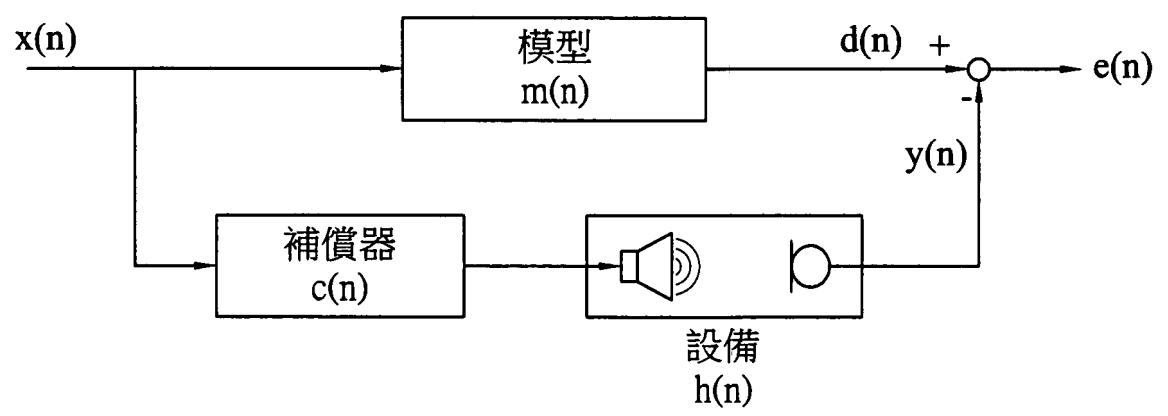
第1圖



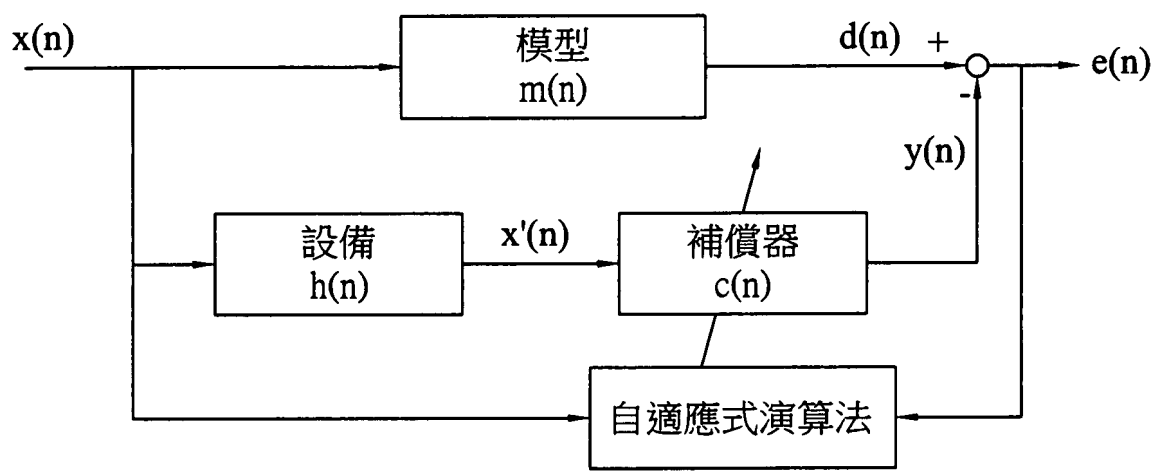
第2圖



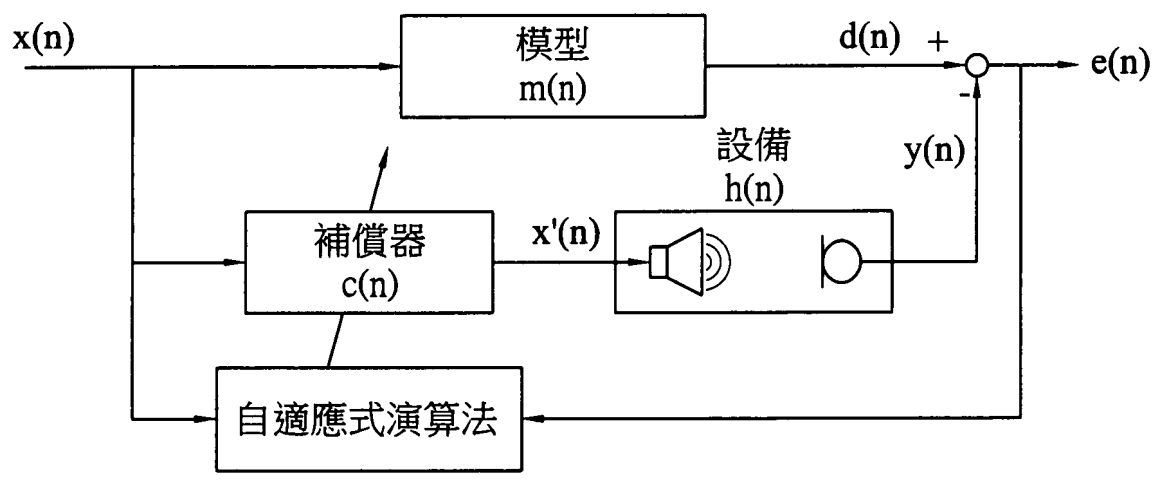
第3圖



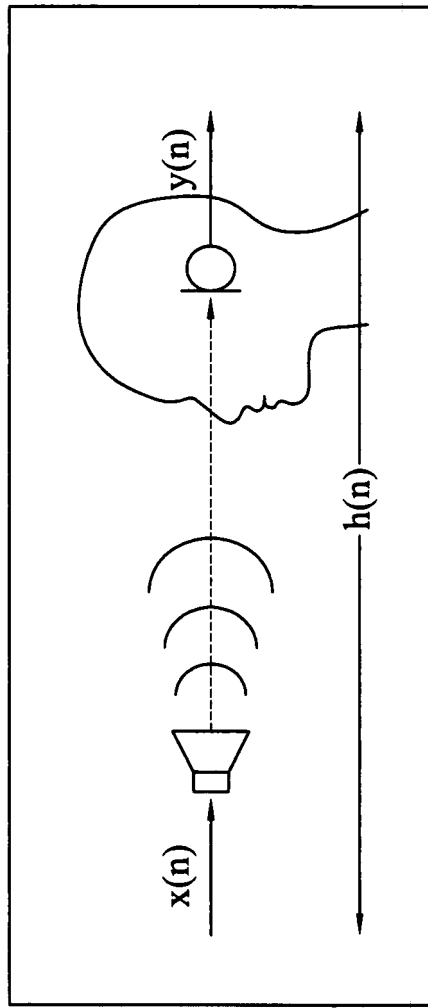
第4A圖



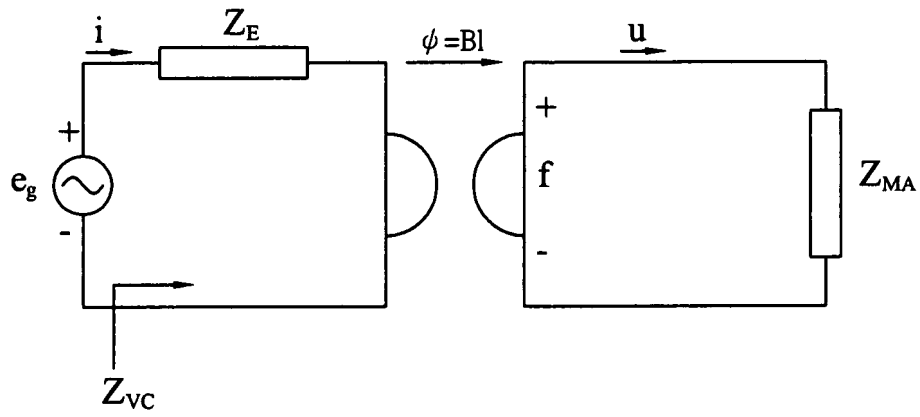
第4B圖



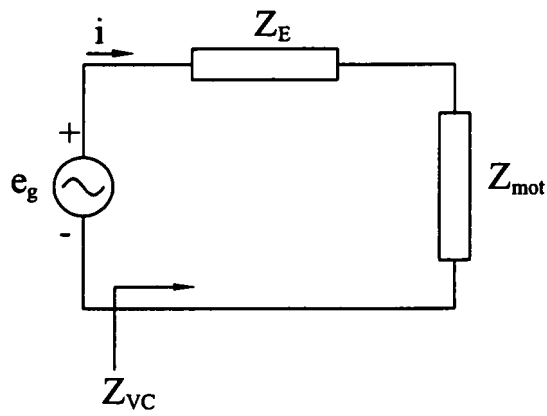
第4C圖



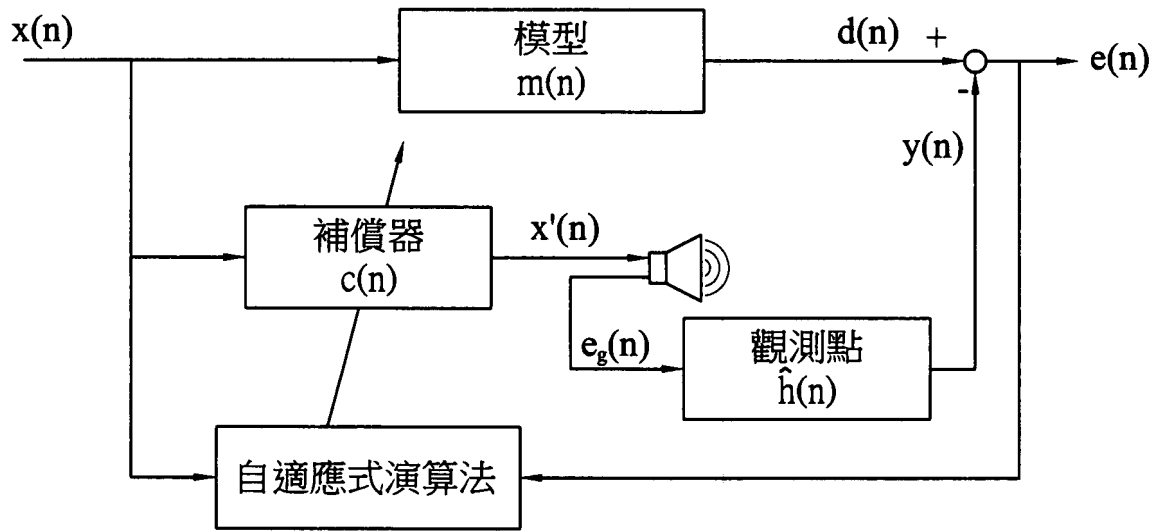
第5圖



第6A圖



第6B圖



第7圖