



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101874412 A

(43) 申请公布日 2010. 10. 27

(21) 申请号 200880117457. 3

地址 丹麦斯门乌姆

(22) 申请日 2008. 09. 30

(72) 发明人 T·B· 埃尔梅迪布 J· 赫尔格伦

(30) 优先权数据

(74) 专利代理机构 北京金信立方知识产权代理有限公司 11225

07117805. 7 2007. 10. 03 EP

代理人 黄威

(85) PCT申请进入国家阶段日

(51) Int. Cl.

2010. 05. 24

H04R 25/00(2006. 01)

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2008/063065 2008. 09. 30

(87) PCT申请的公布数据

W02009/043842 EN 2009. 04. 09

(71) 申请人 奥迪康有限公司

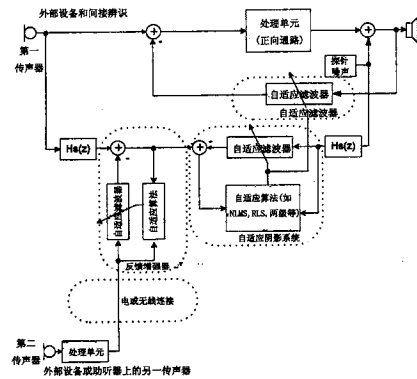
权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图 7 页

(54) 发明名称

具有预测和抵消声反馈的反馈布置的助听器系统、方法及使用

(57) 摘要

本发明涉及具有电反馈抵消通路的助听器系统,电反馈抵消通路通过将声反馈的估计量从放大器部分的输入侧上的信号减去而补偿输出变换器和输入变换器之间的声反馈,电反馈抵消通路包括用于提供可变滤波函数的自适应滤波器。本发明还涉及补偿助听器系统中的声反馈的方法及其使用。本发明的目标是提供用于估计助听器中的声/机械反馈的备选方案。该问题得以解决,因为助听器系统包括实质上由第一电输入信号的直接部分组成(即没有声反馈)的第二电输入信号,及其中该第二电输入信号用于影响优选增强反馈抵消通路的自适应滤波器的滤波函数。优选地,本发明系统包括用于产生第二电输入信号的第二输入变换器,第二输入变换器空间上位于来自输出变换器的声信号在给定频率的振幅小于第一输入变换器位置处的振幅的位置处,及其中第二输入变换器的电信号用于调节自适应滤波器的滤波函数。优选地,信号通路包括在表征反馈通路时使用的电探针信号的发生器。本发明可用在双耳助听器系统中或连同包括第二电输入信号的其它电子设备一起使用,例如,第二电输入信号由与助听器的第一传声器分开定位的传声器产生。



1. 一种助听器系统,包括:

a) 用于将声信号转换为第一电输入信号的第一输入变换器,第一电输入信号包括直接部分和声反馈部分;

b) 用于从电输出信号产生声信号的输出变换器;

c) 形成在输入变换器和输出变换器之间的电信号通路,电信号通路包括信号处理单元,信号处理单元包括用于使能输入信号的随频率而变的增益的放大器部分,放大器部分具有输入变换器和放大器部分之间的信号通路输入侧及放大器部分和输出变换器之间的信号通路输出侧;

d) 信号通路的输出侧和输入侧之间的电反馈抵消通路,用于通过将声反馈的估计量从放大器部分的输入侧上的信号减去而补偿输出变换器和输入变换器之间的声反馈,所述电反馈抵消通路包括用于提供可变滤波函数的自适应滤波器;

所述助听器系统还适于提供实质上由所述第一电输入信号的直接部分组成的第二电输入信号,当助听器系统处于使用状态时,反馈抵消通路的自适应滤波器适于使用源自第二电输入信号的信号影响优选增强其滤波函数。

2. 根据权利要求1的助听器系统,其中所述电反馈抵消通路的自适应滤波器包括用于提供随频率而变的滤波函数的可变滤波器部分和用于控制所述随频率而变的滤波函数的特征的控制部分。

3. 根据权利要求1或2的助听器系统,其中基于第二电输入信号的信号从来自第一输入变换器的反馈校正的输入信号减去,及所得信号馈给电反馈抵消通路的自适应滤波器的控制部分并用于调节自适应滤波器的滤波函数。

4. 根据权利要求1-3任一所述的助听器系统,还包括用于将声信号转换为第二电输入信号的第二输入变换器,第二输入变换器位于声信号实质上没有来自输出变换器的声反馈的位置处。

5. 根据权利要求1-4任一所述的助听器系统,还包括用于产生在表征声反馈通路时使用的探针信号的探针信号发生器。

6. 根据权利要求5的助听器系统,其中所述探针信号馈给自适应滤波器的控制部分并用于调节自适应滤波器的滤波函数。

7. 根据权利要求4-6任一所述的助听器系统,包括补偿从第一到第二输入变换器及从第二输入变换器到助听器系统的信号处理部分的信号的延迟。

8. 根据权利要求1-7任一所述的助听器系统,包括第二自适应滤波器形式的反馈增强器单元,用于估计从声源分别到第一和第二输入变换器及从第二输入变换器到反馈增强器的通路之间的差。

9. 根据权利要求4-8任一所述的助听器系统,其中第一和第二输入变换器位于两个物理上分开的机身中。

10. 根据权利要求1-9任一所述的助听器系统,包括第一和第二听力仪器,佩戴者的每一耳朵一个听力仪器,其中第一输入变换器形成第一听力仪器的一部分,及第二输入变换器是第二听力仪器的输入变换器。

11. 根据权利要求1-9任一所述的助听器系统,其中第二输入变换器是助听器与其通信的一些其它设备的传声器。

12. 根据权利要求 1-11 任一所述的助听器系统,第二电输入信号馈给反馈增强器单元以从第二电输入信号准备导出信号从而影响优选增强电反馈抵消通路的自适应滤波器的滤波函数。

13. 补偿助听器系统中的声反馈的方法,包括:

a) 提供用于将声信号转换为第一电输入信号的第一输入变换器,第一电输入信号包括直接部分和声反馈部分;

b) 提供用于从电输出信号产生声信号的输出变换器;

c) 在输入变换器和输出变换器之间提供电信号通路,该信号通路包括信号处理单元,信号处理单元包括用于使能输入信号的随频率而变的增益的放大器部分,放大器部分具有输入变换器和放大器部分之间的信号通路输入侧及放大器部分和输出变换器之间的信号通路输出侧;

d) 在信号通路的输出侧和输入侧之间提供电反馈抵消通路,用于通过将声反馈的估计量从放大器部分的输入侧上的信号减去而补偿输出变换器和输入变换器之间的声反馈,该电反馈抵消通路包括用于提供可变滤波函数的自适应滤波器;

f) 提供实质上没有来自输出变换器的声反馈的第二电输入信号;

g) 实现:第二电输入信号用于影响优选增强反馈抵消通路的自适应滤波器的滤波函数。

14. 根据权利要求 13 的方法,包括 h1) 实现:第二电输入信号由用于将声信号转换为电信号的第二输入变换器产生,及第二输入变换器位于来自输出变换器的声信号的振幅被衰减(优选被完全消除)的位置处,例如,相比于第一输入变换器处的水平,衰减 10 以上的因子,如 100 以上,如 1000 以上。

15. 根据权利要求 13 或 14 的方法,包括 h2) 提供在表征反馈通路时使用的电探针信号的发生器,其中探针信号馈给自适应滤波器并用于调节自适应滤波器的滤波函数。

16. 根据权利要求 13-15 任一所述的方法,其中对从第一到第二输入变换器及回到助听器系统的信号处理部分的信号的延迟进行补偿。

17. 根据权利要求 13-16 任一所述的方法,提供第二自适应滤波器,用于估计从声源分别到第一和第二输入变换器及回到助听器系统的信号处理部分的通路之间的差。

18. 根据权利要求 13-17 任一所述的方法,其中来自第二输入变换器的信号无线传输如按流传输给助听器系统的信号处理部分。

19. 根据权利要求 1-12 任一所述的助听器系统的使用。

20. 一种助听器系统,包括:

a) 用于将声信号转换为第一电输入信号的第一输入变换器,第一电输入信号包括直接或外部部分和声反馈部分;

b) 用于从电输出信号产生声信号的输出变换器;

c) 形成在输入变换器和输出变换器之间的电信号通路,其包括信号处理单元,信号处理单元包括用于使能输入信号的随频率而变的增益的放大器部分,放大器部分具有输入变换器和放大器部分之间的信号通路输入侧及放大器部分和输出变换器之间的信号通路输出侧;

d) 信号通路的输出侧和输入侧之间的电反馈抵消通路,用于通过将声反馈的估计量从

放大器部分的输入侧上的信号减去而补偿输出变换器和输入变换器之间的声反馈,该电反馈抵消通路包括用于提供可变滤波函数的自适应滤波器;

e) 反馈增强器单元,提供用于改善自适应滤波器进行的反馈抵消通路估计的输出信号,反馈增强器单元的输出构成第一电输入信号的直接或外部部分的估计;

所述助听器系统还适于提供第二电输入信号,所述第一电输入信号的直接或外部部分可从第二电输入信号进行估计,第二电输入信号连接到反馈增强器单元。

具有预测和抵消声反馈的反馈布置的助听器系统、方法及使用

技术领域

[0001] 本发明涉及助听器,尤其涉及具有改进的反馈抵消的助听器系统,该系统可选地包括用于表征反馈通路的电探针信号的发生器。

[0002] 本发明还涉及补偿助听器系统中的声反馈的方法及根据本发明的助听器系统的使用。

背景技术

[0003] 下面的现有技术说明涉及本发明的应用领域之一即数字助听器中的声反馈抵消。众所周知,由于助听器中的声反馈(通常来自外部泄漏通路)和/或机械振动引起的振荡可在环路增益大于1(或对数表示中的0dB)的任何频率发生,换言之,正向增益大于泄漏衰减及环绕环路的相移是 360° 的整数倍。图1a示出了助听器系统的示意性图示,该助听器系统包括用于从环境接收声输入(如话音)的输入变换器(在此由传声器图示)、模数转换器AD、处理部分 $K(z)$ 、数模转换器DA、和用于产生给助听器佩戴者的声输出的输出变换器

[0004] (在此由扬声器图示)。系统的有意的信号通路(或正向通路)及组成由虚线边框包围。指示了从输出变换器到输入变换器的随频率(f)而变的(“外部”、无意的)声反馈通路 $G_{FB}(f)$ 。

[0005] 例如,反馈减少可通过下述行为实现:

[0006] - 降低各频率下的增益,其中满足上面的条件;或

[0007] - 控制环绕环路的相位响应以确保各频率下为负(而不是正)反馈,其中增益足够大以导致振荡;或

[0008] - 对从放大器的输入到输出的信号进行移频,使得给定频率下的振荡不能容易地建立;或

[0009] - 添加具有目标在于抵消外部泄漏通路的增益和相位响应的有意反馈信号。

[0010] 本申请涉及后面性质的反馈减少(参见图1b,其中 $y(n)$ 为数字输入信号, $u(n)$ 为数字输出信号, $K(z)$ 表示包括输入信号的放大器和处理器的助听器的电信号通路(也称为正向通路), $G_{FB}(f)$ 表示声/机械反馈通路,及 $\hat{G}(z)$ 表示声反馈(反馈抵消通路)的电估计量)。

[0011] 反馈抵消系统在本领域众所周知,包括在反馈抵消通路中使用自适应滤波器的系统。这种类型的现有技术系统的例子如图1c中所示。图1c的组成和信号与图1b的一样,但图1b中的组成 $\hat{G}(z)$ 表示声反馈的估计量,而在图1c中例示为包括可变滤波器部分 $\hat{G}(z)$ 和算法或估计部分(算法)(如用于确定可变滤波器部分 $\hat{G}(z)$ 的滤波器系数的最小均方(LMS)滤波器算法)的自适应滤波器。数字探针信号如探针噪声(参见图1c中来自“探针信号”发生器的信号 $r(n)$)可用在助听器系统中以改善从助听器的扬声器到同一助听器的传声器的反馈通路的确定。在图1c的实施例中,探针信号 $r(n)$ 添加到来自数字处理部分

$K(z)$ 的数字输出信号 $u(n)$, 及信号 $u(n)+r(n)$ 馈给输出变换器并用作自适应滤波器的可变滤波器部分 $\hat{G}(z)$ 的输入。算法或估计部分将探针信号 $r(n)$ 和给放大器 / 处理模块 $K(z)$ 的数字输入信号 (在图中也称为 $\epsilon(n)$ (误差信号)) 接收为自适应滤波器的估计部分的输入。这即为已知的间接辨识方法。

[0012] 图 2 示出了包括反馈抵消的助听器系统的信号通路的更一般的布置, 其中指出了间接辨识方案 ($k_r = 1, k_u = 0$, 使用数字输出中的探针信号) 和直接辨识方案 ($k_r = 0, k_u = 1$, 不使用数字输出信号中的探针信号)。作为备选, $k_r = k_u = 1/2$, 表示相等量的探针信号 $r(n)$ 和数字输出信号 $u(n)$ 用作算法部分 LMS 的输入。其它中间变体可由图 2 的布置实施 (通过使 k_u 和 k_r 中的每一个在 0 和 1 之间变化)。使用间接 ($k_r = 1, k_u = 0$) 和直接 ($k_r = 0, k_u = 1$) 方法的系统辨识为常识, 例如在下述文献中描述: U. Forssell, L. Ljung, Closed-loop Identification Revisited-Updated Version, **Linköping University**, Sweden, LiTH-ISY-R-2021, 1 April 1998。在间接辨识情形下, 优选助听器用户听不见探针信号。探针信号的反馈部分在助听器的传声器处连同周围声音和处理后的周围声音的反馈一起接收。因此, 传声器接收的信号将是周围 (及合乎需要) 的信号和来自输出的 (不合需要的) 反馈信号 (包括探针噪声) 的混合。

[0013] 反馈通路的估计质量取决于传声器的探针信号水平和其它信号水平之间的比。传声器信号中的非源自探针噪声的部分将干扰自适应滤波器的适应及在下面将称为“干扰信号”。干扰信号水平越低, 则可实现越好 (越准确) 的估计或越快的适应。

[0014] US 5, 680, 467 描述了具有声反馈补偿电路的助听器, 包括用于噪声插入的噪声发生器及用于反馈信号适应的可调数字滤波器, 前述适应包括滤波器系数的统计评估。

[0015] US 7, 013, 015 描述了用于减少助听器装置中以反馈为条件的振荡的系统, 其中第一传声器和隔开的第二传声器的传声器信号相互比较。当在两传声器信号中检测到同一频率的振荡时, 这些振荡被确定为有用的 (非反馈) 声音信号。相反, 仅在传声器信号之一中存在的振荡为以反馈为条件的振荡并采取适当的措施抑制。

[0016] US 6, 549, 633 描述了在每一单元中具有信号处理器的双耳助听器, 其中提供表示实际和模拟声音处理通道的差反馈信号的残留反馈信号并用于区分具有相似特性的噪声和信息声音信号。

[0017] WO 2007/098808 描述了一种助听器, 具有: 多个传声器、从传声器信号形成空间信号的方向处理装置、用于估计给每一传声器和处理装置的反馈信号以基于方向和反馈信息应用不超出所得最大增益限制的增益从而形成听力损失补偿信号的估计装置。

发明内容

[0018] 本发明的目标是提供估计助听器中的声 / 机械反馈的备选方案。本发明的另一目标是相比于现有技术提高反馈估计的质量。本发明实施例的又一目标是改善传声器信号中的非源自探针信号的部分的估计。本发明的另一目标是提供更准确的估计和 / 或更快的适应。

[0019] 前述一个或多个目标由所附权利要求中限定的及下面描述的发明实现。

[0020] 本发明的目标由助听器系统实现, 包括:

[0021] a、用于将声信号转换为第一电输入信号的第一输入变换器, 第一电输入信号包括

直接部分和声反馈部分；

[0022] b、用于从电输出信号产生声信号的输出变换器；

[0023] c、形成在输入变换器和输出变换器之间的电信号通路，其包括信号处理单元，信号处理单元包括用于使能输入信号的随频率而变的增益的放大器部分，放大器部分具有输入变换器和放大器部分之间的信号通路输入侧及放大器部分和输出变换器之间的信号通路输出侧；

[0024] d、信号通路的输出侧和输入侧之间的电反馈抵消通路，用于通过将声反馈的估计量从放大器部分的输入侧上的信号减去而补偿输出变换器和输入变换器之间的声反馈，该电反馈抵消通路包括用于提供可变滤波函数的自适应滤波器。

[0025] 根据本发明的助听器系统还适于提供实质上由所述第一电输入信号的直接部分组成的第二电输入信号，当助听器系统处于使用状态时，反馈抵消通路的自适应滤波器适于使用源自第二电输入信号的信号影响优选增强其滤波函数。

[0026] 术语“优选增强其滤波函数”在本说明书中意为提供改善的声反馈通路估计，例如实现更快的适应和 / 或在真实和估计的声反馈通路之间具有更小的偏差。

[0027] 术语电输入信号的“直接部分”意为所涉及信号的“外部部分”（与反馈部分相反）。

[0028] 在实施例中，第二电输入信号馈给反馈增强器单元以从第二电输入信号准备导出信号从而影响优选增强电反馈抵消通路的自适应滤波器的滤波函数。反馈增强器单元的輸出构成第一电输入信号的直接（或外部）部分的估计。这具有提高声反馈通路的估计质量的优点（例如通过提供改善的信噪比）。在特定实施例中，反馈增强器单元包括第二自适应滤波器，用于估计从源分别到第一和第二输入变换器及从第二输入变换器到反馈增强器的通路中的差。

[0029] 在实施例中，助听器系统适于实现：第二电输入信号表示来自 TV 的声音或任何其它声音信号（如以无线方式直接传输给助听器），当助听器系统处于使用状态时，其也可（同时）呈现为第一输入变换器处的声输入。

[0030] 在特定实施例中，助听器系统还包括用于将声信号转换为第二电输入信号的第二输入变换器，第二输入变换器位于声信号实质上没有来自输出变换器的声反馈的位置处，及其中反馈抵消通路的自适应滤波器适于使用源自第二输入变换器的第二电输入信号影响优选增强其滤波函数。

[0031] 这具有改善源自助听器（辨识信号）的输出的传声器信号部分的估计的优点。

[0032] 在本说明书中，第二电输入信号“实质上由第一电输入信号的直接（或外部）部分组成”意为第一电输入信号的直接（或外部）部分可从第二电输入信号导出（或预测）（例如，由于信号的直接或外部部分的声源为空间上似固定的声源），例如其经已知或确定的传递函数（例如主要由第一和第二输入变换器相对于环境中的声源的距离确定）实现。在实施例中，从第一到第二输入变换器的传递函数（意为包括从源到第一输入变换器和从源到第二输入变换器的传递函数的差）由自适应滤波器或类似组件估计。在实施例中，第二电输入信号实质上由直接声输入的已滤波版本组成（即考虑外部声通路差和可能的来自第二输入变换器的无线传输）。

[0033] 在实施例中，反馈抵消通路的系统根据直接辨识方法进行布置（即没有任何探针

信号发生器)。

[0034] 在优选实施例中,本发明系统还包括在表征反馈通路时使用的电探针信号的发生器。在实施例中,反馈抵消通路的系统根据间接辨识方法进行布置。

[0035] 在实施例中,第二输入变换器位于来自输出变换器的、给定频率(如实质上所有相关频率)的声信号小于第一输入变换器位置处的信号的位置处。优选地,在第二输入变换器的位置处来自输出变换器的声级为 3dB,如 5dB,如 10dB,如比第一输入变换器处低 20dB,如比第一输入变换器处低 30dB,如比第一输入变换器处低 40dB。

[0036] 在实施例中,助听器系统为体戴式或能够为体戴式。在实施例中,第一和第二输入变换器及输出变换器位于同一物理机身中。在实施例中,助听器系统包括至少两个物理上分开的机身,这些机身能够通过有线或无线传输(声、超声、电或光)而相互通信。在实施例中,第一输入变换器位于第一机身中,及第二输入变换器位于助听器系统的第二机身中。在实施例中,第一输入变换器连同输出变换器一起位于第一机身中,及第二输入变换器位于第二机身中。在实施例中,第一输入变换器位于第一机身中,及输出变换器位于第二机身中。在实施例中,第二输入变换器位于第三机身中。术语“两个物理上分开的机身”在本说明书中意为两个机身具有分开的物理外壳,可能机械上不连接或仅由用于信号的声、电或光传播的一根或多根波导连接。

[0037] 在实施例中,输入变换器为传声器。在实施例中,输出变换器为扬声器(也称为接收器)。

[0038] 在实施例中,包括信号处理单元的集成处理电路也包括电反馈通路的自适应滤波器。在实施例中,集成处理电路包括探针信号发生器。在实施例中,集成处理电路包括助听器系统的位于同一物理机身中并由用户(如听力受损人员)佩戴在耳朵处或耳道中的部分的所有数字零件。

[0039] 在实施例中,信号通路包括多个组成或功能模块,及电反馈抵消通路从信号通路中的一组成或功能模块的输出延伸到信号通路中的一组成或功能模块的输入,信号通路部分通过包括从第一电输入信号导出的信号的放大器的反馈通路形成环路。在实施例中,信号通路包括 A/D 转换器(用于将来自输入变换器的模拟输出信号转换为数字信号)及 D/A 转换器(用于将数字信号转换为给输出变换器的模拟输入信号)。在实施例中,电反馈抵消通路从 D/A 转换器(或接收器)的输入信号延伸到 A/D 转换器的输出信号(即从扬声器的数字输入到传声器的数字输出)。

[0040] 在实施例中,自适应滤波器(如图 1b 中的 $\hat{G}(z)$)包括可变滤波器部分(在图 1c、2、3 中也称为 $\hat{G}(z)$)和控制部分(图 1c、3 中的“算法”或图 2 中的 LMS),用于估计可变滤波器部分的滤波器系数和控制可变滤波器部分。术语“控制部分”在本说明书中与术语“更新或算法或估计部分”可互换地使用。

[0041] 在实施例中,探针信号添加到信号通路输出侧上的信号通路信号(即在信号通路的放大部分之后)。优选地,探针信号添加到电反馈抵消通路并馈给自适应滤波器。在实施例中,包括探针信号的数字输出信号(图 1c、3 中的信号 $u(n)+r(n)$)馈给电反馈抵消通路的自适应滤波器(如馈给可变滤波器部分(图 1c、3 中的 $\hat{G}(z)$)以使能随频率而变的滤波函数)。优选地,输出信号 $u(n)$ 和探针信号 $r(n)$ 实质上无关联(理想地,探针信号 $r(n)$)

应实质上与第一输入变换器的数字输入信号的直接部分 $v(n)$ 无关联（即无声反馈），参见图 2）。术语“探针信号”或“探针噪声信号”在本申请中可互换地使用，两个术语均指产生的信号，该信号用于提供关于声反馈通路的信息及用于使助听器佩戴者不再苦恼且频率和 / 或振幅特性相比于给助听器的“自然”声音输入足够不同以使能在助听器系统输入侧进行某些类的区分。例如，这通过基于人类听觉系统的模型（心理声学模型）对探针噪声信号进行整形而实现。探针信号的水平 and / 或频率优选适应人耳的灵敏度（或针对佩戴所涉及助听器的个体定制，或针对一般“标准人员”定制）。探针噪声信号的产生可基于来自信号通路输出侧的信号（如图 1c、3 中的 $u(n)$ ），可选地，与心理声学模型（即基于人类听觉灵敏度系统的模型，其考虑人耳的特性及人脑感知声音的特性）结合。适当的探针噪声信号的例子在 US 5,680,467 中给出（如该文献的图 4 和 5 中所示的伪随机信号发生器）。在实施例中，探针信号由随机信号发生器产生（可能使水平适应特定用户，如上所述）。

[0042] 在实施例中，探针信号（图 1c、3 中的 $r(n)$ 或图 2 中针对 $k_r = 1$ 、 $k_u = 0$ 的情形）馈给自适应滤波器（如馈给自适应滤波器的算法或估计部分）并用于调节自适应滤波器的滤波函数（间接辨识）。

[0043] 在实施例中，来自处理模块的输出信号（图 2 中的 $u(n)$ ， $k_r = 0$ 、 $k_u = 1$ ）馈给自适应滤波器（如馈给自适应滤波器的算法或估计部分）并用于调节自适应滤波器的滤波函数（直接辨识）。

[0044] 在实施例中，声反馈通路的估计量（即，例如自适应滤波器的可变滤波器部分（图 3 中的 $\hat{G}(z)$ ）的输出）被从第一输入变换器的数字输入信号减去并馈给信号处理单元。在实施例中，由第一电输入信号的直接（或外部）部分的估计量（由反馈增强器单元的输出提供，图 3 中的 $H_{est}(z)$ ）减去的该“误差”信号（图 3 中的 $\epsilon(n)$ ）馈给自适应滤波器（如馈给自适应滤波器的算法或估计部分）并用于调节自适应滤波器的滤波函数。作为备选，第一电输入信号的直接（或外部）部分的估计量可由反馈抵消通路的自适应滤波器直接使用（参见图 4、5）于调节滤波函数（即估计反馈通路）。

[0045] 自适应滤波器可以是 FIR 滤波器或 IIR 滤波器。在实施例中，自适应滤波器是数字滤波器，包括用于使能随频率而变的滤波函数的可变滤波器部分及用于控制随频率而变的滤波函数的特性的控制部分（或更新或算法或估计部分）。在本说明书中，术语“滤波函数”意为使能根据给定准则对输入信号进行随频率而变的整形的函数。因此，术语“可变滤波函数”意指确定输入信号的整形的准则可变化（即随时间而变）。“整形”意为控制具体频率范围的电信号的振幅或水平和 / 或相位。在实施例中，自适应滤波器的控制部分（算法）基于某些类的数学算法找滤波器系数（将用于更新可变滤波器部分）。在实施例中，算法是最小均方（LMS）算法或递归均方（RLS）算法或其它适当的预测误差方法。在特定实施例中，自适应滤波器的控制部分基于投影方法，其在反馈估计中使用探针噪声时特别有利（例如参见 U. Forssell, L. Ljung, Closed-loop Identification Revisited-Updated Version, **Linköping** University, Sweden, LiTH-ISY-R-2021, 1 April 1998, pp. 19, ff.）。在实施例中，可变滤波器部分的滤波器系数在数字信号处理单元的每一时间瞬间从控制部分进行更新，可选地，根据预定方案进行，例如至少每当反馈通路估计量已变化时进行更新。自适应滤波器和适当的算法在下述文献中描述：Ali H. Sayed, Fundamentals of Adaptive Filtering, John Wiley & Sons, 2003, ISBN 0-471-46126-1, 例如参见 chapter 5 on

Stochastic-Gradient Algorithms, pages 212-280 或 Simon Haykin, Adaptive Filter Theory, Prentice Hall, 3rd edition, 1996, ISBN 0-13-322760-X, 例如参见 Part 3 on Linear Adaptive Filtering, chapters 8-17, pages 338-770。

[0046] 使用间接辨识方法的反馈抵消系统很少在助听器运行期间使用,这是由于因噪声不应干扰用户/为用户听见的限制引起的差的误差信号 SNR(参见图 1c 中的 $\varepsilon(n)$, 外部信号和感兴趣的(误差)信号的比)。一些系统在初始验配助听器期间使用间接方法(其中关键参数或选项针对特定用户的需要进行调节)。一些系统在助听器打开时(在已关闭如关闭整夜之后)使用间接方法以估计反馈通路的“静态”部分或调节关键参数。

[0047] 因此,需要一种在间接检测结构中使用的、包括探针信号发生器的反馈抵消系统(参见图 1c、2($k_r = 1, k_u = 0$)、3、4),该方法在助听器正常运行的同时改善了误差信号的 SNR。本发明的实施例利用“干扰信号”(即外部信号或声反馈信号中的非源自探针噪声信号的部分)存在于第一和第二输入变换器(图 3、4 中的第一传声器或传声器 1 及第二传声器或传声器 2)上而探针信号(理想情况下)仅存在于第一输入变换器(第一传声器或传声器 1)上的特性。从而,可能基于来自第二输入变换器的信号预测第一输入变换器上的干扰信号(如果干扰信号空间上似固定),及无需去除探针信号即可降低干扰信号(进而增加 SNR)。为使用空间信息/特性及抵消单一反馈通路,需要两个传声器和两个并行运行的自适应系统,一个预测第一输入变换器处来自第二输入变换器的输入,一个抵消反馈通路。该新的空间布置令人惊讶地表明(误差信号的)SNR 有非常大的增加,从而在间接辨识布置(参见图 3、4)中使用特别有利。然而,其也可有利地与直接辨识布置(参见图 5)一起使用以降低参考信号(助听器的输出)和干扰信号之间的相关性。

[0048] 根据本发明的实施例,干扰信号即(第一)输入变换器信号的非源自探针信号的部分可从第二或另外的输入变换器(如传声器)信号进行估计,其实质上没有探针信号并从(第一)输入变换器信号减去。在实施例中,第二输入变换器的电信号被滤波并从反馈校正的输入信号减去及馈给反馈抵消通路的自适应滤波器的控制部分(图 3a 中的“算法”)和用于调节如图 3 中所示的自适应滤波器的滤波函数(例如通过确定可变滤波器部分中使用的滤波器系数)。在实施例中,另外的(如第二)输入变换器为比第一变换器更远离输出收发器但与第一变换器均为同一助听器的部分(即计划在同一耳朵处使用)的输入变换器。在实施例中,另外的(如第二)输入变换器为助听器可与其通信的一些其它装置的传声器。具体地,校正信号可基于双耳装置中的另一助听器的传声器信号。在实施例中,第二或另外的输入变换器为能够与助听器有线或无线通信的移动电话或一些其它通信装置(如助听器的远程控制单元或体戴式音频选择装置)的传声器,如下面的图 3、4、5 所示。在实施例中,另一装置(包括第二输入变换器)可经无线通信标准如蓝牙(参见图 3 中的“无线传输”)与助听器通信。在特定实施例中,另一装置为体戴式或能够由佩戴助听器的人佩戴在身体上(在此,助听器意为“包括接收器的助听器系统的部分”)。

[0049] 在实施例中,对从第一到第二或另外的输入变换器及回到助听器系统的信号处理部分的信号的时延进行补偿。例如,这可通过插入延迟元件实现,其适当延迟向反馈通路的自适应滤波器的控制部分(图 1c 中的算法)提供输入的信号,即图 1c 中的信号 $r(n)$ 和 $\varepsilon(n)$, 例如如图 3b 中所示。

[0050] 在实施例中,(除了反馈抵消通路的(第一)自适应滤波器之外)助听器系统还

包括第二自适应滤波器,用于借助于来自助听器系统的第二输入变换器的第二电输入信号估计第一输入变换器的第一电输入信号。第二自适应滤波器,表示图 4、5 中的“反馈增强器”的实施例,可插入在第二输入变换器和电反馈抵消通路之间的电通路中(参见图 3a 中的 $H_{est}(z)$ 或图 3b 中的 $H_{est}(z)$ 和算法)以估计从声源分别到第一输入变换器及第二输入变换器的声传递函数(为简单起见,在图 3a 中示为 $H(f)$)和从第二输入变换器到第二自适应滤波器(包括无线链路)的输入的传递函数之间的差。在实施例中,对应的电信号在馈给电反馈抵消通路的自适应滤波器的控制部分(图 3 中的算法)之前从来自第一输入变换器的反馈校正(及可能适当延迟)的输入信号(图 3 中的 $\epsilon(n)$)减去。时延用于补偿从第一到第二或另外的输入变换器并回到助听器系统的信号处理部分(图 4、5 中的反馈增强器)的信号的延迟。优选地,相应的时延插入在电反馈抵消通路的自适应滤波器的输入通路中。作为备选,来自反馈增强器的输出可独自使用为电反馈抵消通路的自适应滤波器的控制部分的输入(即直接馈给图 4 中的自适应阴影系统模块,无需像图 3 中那样从反馈校正的输入信号减去)。

[0051] 在实施例中,来自第二或另外的输入变换器的信号实时按流传给助听器的信号处理部分。例如,这可通过可用的无线技术实现,例如来自 Nordic Semiconductor (Oslo, Norway) 的、用于音频流传输的 nRF24Z1 收发器。在实施例中,来自第二输入变换器的信号的一个或多个所选频率范围或频带按流传给具有助听器的信号处理部分的系统部分(包括电反馈抵消通路的自适应滤波器)。这具有节约传输带宽因而节约功率的优点,这是关键参数。在实施例中,只有相当低的频带或频率范围按流传输。在实施例中,按流传输的频带选自 20Hz 和 4kHz 之间的频率范围,如从 500Hz 到 3000Hz,如从 1kHz 到 2kHz。

[0052] 另一方面,提供另一助听器系统。

[0053] 如上所述的、“具体实施方式”中详细描述的和权利要求中限定的助听器系统的结构特征可与下面概述的另一助听器系统结合。下面所述的另一助听器系统的实施例具有与上述相应助听器系统一样的优点。

[0054] 前述另一助听器系统包括:

[0055] a) 用于将声信号转换为第一电输入信号的第一输入变换器,第一电输入信号包括直接或外部部分和声反馈部分;

[0056] b) 用于从电输出信号产生声信号的输出变换器;

[0057] c) 形成在输入变换器和输出变换器之间的电信号通路,其包括信号处理单元,信号处理单元包括用于使能输入信号的随频率而变的增益的放大器部分,放大器部分具有输入变换器和放大器部分之间的信号通路输入侧及放大器部分和输出变换器之间的信号通路输出侧;

[0058] d) 信号通路的输出侧和输入侧之间的电反馈抵消通路,用于通过将声反馈的估计量从放大器部分的输入侧上的信号减去而补偿输出变换器和输入变换器之间的声反馈,该电反馈抵消通路包括用于提供可变滤波函数的自适应滤波器;

[0059] e) 反馈增强器单元,提供用于改善自适应滤波器进行的反馈抵消通路估计的输出信号,反馈增强器单元的输出构成第一电输入信号的直接或外部部分的估计;

[0060] 本发明助听器系统还适于提供第二电输入信号,所述第一电输入信号的直接或外部部分可从第二电输入信号进行估计,第二电输入信号连接到反馈增强器单元。

[0061] 此外,本发明提供补偿助听器系统中的声反馈的方法。

[0062] 如上所述的、下面详细描述、及权利要求中限定的助听器系统的特征(当适当转换为过程特征时)可与下面所述的方法结合。

[0063] 本发明方法包括:

[0064] a) 提供用于将声信号转换为第一电输入信号的第一输入变换器,第一电输入信号包括直接或外部部分和声反馈部分;

[0065] b) 提供用于从电输出信号产生声信号的输出变换器;

[0066] c) 在输入变换器和输出变换器之间提供电信号通路,该信号通路包括信号处理单元,信号处理单元包括用于使能输入信号的随频率而变的增益的放大器部分,放大器部分具有输入变换器和放大器部分之间的信号通路输入侧及放大器部分和输出变换器之间的信号通路输出侧;

[0067] d) 在信号通路的输出侧和输入侧之间提供电反馈抵消通路,用于通过将声反馈的估计量从放大器部分的输入侧上的信号减去而补偿输出变换器和输入变换器之间的声反馈,该电反馈抵消通路包括用于提供可变滤波函数的自适应滤波器;

[0068] f) 提供实质上由第一电输入信号的直接或外部部分构成的第二电输入信号;

[0069] g) 实现:第二电输入信号用于影响优选增强反馈抵消通路的自适应滤波器的滤波函数。

[0070] 本发明方法具有与相应助听器系统一样的优点。

[0071] 在优选实施例中,第二电输入信号表示来自电视机的声音或任何其它声音信号,其也呈现为第一输入变换器处的声输入。在实施例中,第二电输入信号传输自物理上分开的设备,例如电视机或其它娱乐设备、移动电话、个人数字助理、适于从音频选择设备接收的多个音频信号选择音频信号的音频选择设备。

[0072] 在特定实施例中,本发明方法包括 h1) 第二电输入信号由用于将声信号转换为电信号的第二输入变换器产生,及第二输入变换器位于来自输出变换器的声信号的振幅被衰减(优选被完全消除)的位置处,例如,相比于第一输入变换器处的水平,衰减 2、5 或 10 以上的因子,如 100 以上,如 1000 以上。

[0073] 在实施例中,第二电输入信号传输自包括第二输入变换器的设备,例如移动电话、个人数字助理、或适于从音频选择设备接收的多个音频信号选择音频信号的音频选择设备。

[0074] 在实施例中,本发明方法包括 h2) 提供在表征反馈通路时使用的电探针信号的发生器。在实施例中,探针信号馈给反馈抵消通路的自适应滤波器并用于调节自适应滤波器的滤波函数。

[0075] 在实施例中,对从产生第二电输入信号的设备或部件如包括第二输入变换器的设备到助听器系统的信号处理部分的信号的延迟进行补偿。

[0076] 在实施例中,提供用于估计第二输入变换器的通路的第二自适应滤波器。在实施例中,(除了反馈抵消通路的(第一)自适应滤波器之外)还提供第二自适应滤波器,用于估计从声源分别到第一和第二输入变换器及回到第一自适应滤波器的声通路之间的差。

[0077] 在实施例中,来自第二输入变换器的信号按流传输给助听器系统的信号处理部分。

[0078] 此外,本发明还提供如上所述的、下面详细描述、及权利要求中限定的本发明助听器系统的使用。其使用具有与相应助听器系统一样的优点。

[0079] 本发明的进一步的目标通过从属权利要求和本发明的详细描述中限定的实施方式实现。

[0080] 除非明确指出,在此所用的单数形式的含义均包括复数形式。应当进一步理解,在说明书中使用的术语“包括”和/或“包含”表明存在所述的特征、整数、步骤、操作、元件和/或部件,但不排除存在或增加一个或多个其他特征、整数、步骤、操作、元件、部件和/或其组合。应当理解,当元件被称为“连接”或“耦合”到另一元件时,可以是直接连接或耦合到其他元件,也可以存在中间插入元件。此外,如在此使用的“连接”或“耦合”可包括无线连接或耦合。如在此所用的术语“和/或”包括一个或多个列举的相关项目的任何及所有组合。

附图说明

[0081] 下面参考附图、结合优选实施例更充分地阐释本发明,其中:

[0082] 图 1 示出了助听器系统的多个示意性图示。图 1a 示出了正向通路和声反馈通路;图 1b 示出了助听器系统的信号通路和传递函数(包括外部泄露(或声反馈)通路),包括具有目标在于抵消外部泄露通路的增益和相位的有意反馈信号;及图 1c 示出了图 1b 中的助听器系统的数字信号,其中自适应滤波器使用在反馈通路中,还包括用于估计反馈通路的探针信号发生器。

[0083] 图 2 示出了包括反馈抵消的助听器系统的数字信号通路的更一般的布置,其中指明了间接辨识($k_r = 1$)和直接辨识($k_r = 0$)方案及中间变体(通过使 k_r 和 k_u 在 0 和 1 之间独立变化实现)。

[0084] 图 3 示出了根据本发明的、使用间接辨识和来自外部设备的(第二)传声器输入的助听器系统的实施例,在图 3a 中来自外部设备的信号通路包括反馈增强器单元,其在图 3b 中为自适应滤波器的形式。

[0085] 图 4 示出了根据本发明实施例的使用间接辨识的助听器系统的示意图,其中包括来自外部设备的第二传声器信号。图 4a 示出了在助听器主体中(如助听器的 BTE 机身或 ITE 机身中)具有双传声器装置的实施例;图 4b 示出了助听器主体中的单一传声器连同外部设备的传声器一起使用的实施例。

[0086] 图 5 示出了根据本发明实施例的使用直接辨识的助听器系统的示意图,其中包括来自外部设备的第二传声器信号。

[0087] 为清晰起见,这些附图均为示意性及简化的图,它们只给出了对于理解本发明必要的细节,而省略其他细节。

[0088] 通过下面给出的详细描述,本发明进一步的适用范围将显而易见。然而,应当理解,在详细描述和具体例子表明本发明优选实施例的同时,它们仅为说明目的给出,因为,对于本领域的技术人员来说,通过这些详细说明在本发明精神和范围内做出各种变化和修改是显而易见的。

具体实施方式

[0089] 图 1a 为具有正向通路的助听器系统的示意性图示,包括用于从环境接收声输入

的传声器、AD 转换器、处理部分 $K(z)$ 、DA 转换器和用于产生给助听器佩戴者的声输出的扬声器。该系统的有意信号通路和部件由虚线框线包围。指明了从扬声器到传声器的（外部、无意、随频率而变 (f) 的）声反馈通路 $G_{FB}(f)$ 。在图 1a 中，来自声反馈通路的声输入指示为“声反馈”，及来自声环境中的其它源的声输入标注为“直接声输入”（在图 1b 和 1c 中也类似）。

[0090] 图 1b 示出了现有技术助听器系统的信号通路和传递函数（包括外部泄露通路），包括具有目标在于抵消外部泄露通路的增益和相位响应 $\hat{G}(z)$ 的有意电反馈信号。图 1c 示出了图 1b 中的现有技术助听器系统，其中反馈通路包括具有算法部分和可变滤波器部分 $\hat{G}(z)$ 的自适应滤波器。

[0091] 在图 1b 和 1c 中， $y(n)$ 是数字输入信号（例如来自连接到输入变换器如传声器的 A/D 转换器，即包括反馈部分和直接部分）， $u(n)$ 是数字输出信号（如给连接到输出变换器如扬声器的 D/A 转换器）， $K(z)$ 表示包括输入信号放大器的助听器的信号通路（也称为正向通路）。 $G_{FB}(f)$ （图 1b）和“声反馈”（图 1c）分别表示声 / 机械反馈通路。 $\hat{G}(z)$ （图 1b）和“算法”+ $\hat{G}(z)$ （图 1c）分别指示表示声反馈估计的电反馈通路（反馈抵消通路）。 $r(n)$ （图 1c 中）为可选引入信号通路中的、将要包括在数字输出信号 ($u(n)+r(n)$) 中和电反馈中的探针信号（在此目标在于改善声反馈的估计）。 $y(n)$ 是来自环境的（合乎需要的或目标）声音信号与（不合乎需要的）声反馈信号的和，及 $\epsilon(n)$ （误差信号）是该信号的校正版本（即 $\epsilon(n)$ 是 $y(n)$ 减去来自反馈抵消通路的声反馈信号的估计量），其连同探针信号 $r(n)$ （参考信号）一起馈给自适应滤波器的算法部分（及放大器部分 $K(z)$ ）以估计可变滤波器部分 $\hat{G}(z)$ 的滤波器系数。

[0092] 图 2 示出了包括反馈抵消的助听器系统的数字信号通路的更一般的布置，其中指明了间接辨识 ($k_r = 1, k_u = 0$) 和直接辨识 ($k_r = 0, k_u = 1$) 方案。除了在图 2 中自适应滤波器的控制部分（在图 1c 中称为“算法”）称为 LMS（在此指用于确定可变滤波器部分的滤波器系数的校正因子的最小均方滤波器算法）之外，图 2 的部件和信号与图 1c 的一样。根据 k_u 和 k_r 值为 0 或 1（或之间的任何值），其可由给 k 发生器的输入 I_k 选择（在图 2 中分别为 $I_{kr}, I_{ku}, k_u, k_r = [0; 1]$ ），控制部分 LMS 接收从放大器或处理部分 $K(z)$ 的数字输出及从探针信号给自适应滤波器的控制部分的输入，写成一般形式为 $k_u \cdot u(n) + k_r \cdot r(n)$ （即对于 $k_r = 0$ （及 $k_u = 1$ ），等于 $u(n)$ ；对于 $k_r = 1$ （及 $k_u = 0$ ），等于 $r(n)$ ），及接收从给放大器或处理部分 $K(z)$ 的校正输入信号到自适应滤波器的控制部分的输入，在图中称为 $\epsilon(n)$ （误差信号）。声反馈通路的数字电当量称为 $G_0(z)$ ，及第一输入变换器的声源的数字输入信号（没有声反馈信号）称为 $v(n)$ 。探针信号发生器的探针信号 $r(n)$ 可以是一个预先确定的信号如随机信号，或其可以在多个预定探针信号之中选择或通过定义探针信号算法的特殊关键字而产生，可选地，根据助听器系统的与当前声环境、用户听力情形特征、人类听觉系统模型等有关的一个或多个参数进行。给可变滤波器部分 $\hat{G}(z)$ 的输入基于来自放大器或处理部分 $K(z)$ 和来自探针信号发生器的数字输出，即等于 $u(n) + k_r \cdot r(n)$ ，其中探针信号发生器的输出与在 0 和 1 之间的 k_r 值有关。换言之，给可变滤波器部分 $\hat{G}(z)$ 的输入包括数字输出信号 $u(n)$ 与探针噪声信号的加权量覆盖或叠加。

[0093] 图 3 示出了根据本发明的、使用间接辨识和来自外部设备的传声器输入的助听器系统的实施例,来自外部设备的信号通路包括反馈增强器单元。

[0094] 图 3a 示出了根据本发明的助听器系统的实施例,包括至少两个分开的物理机身,第一机身为包括图 1c 中所示部件(包括第一输入变换器)的听力仪器,及第二机身(“其它设备”)包括传声器(第二传声器)形式的第二输入变换器。第二传声器可以是一对双耳听力仪器的一部分并位于与第一传声器相对的另一耳朵上的仪器中。作为备选,其可位于另一优选体戴式设备中,该设备位于第一输入变换器附近并通过无线或有线连接与(或可与)第一输入变换器连接。在此,无线连接(“无线传输”)如蓝牙或感应链路由在此用于传输第二传声器的(由 AD 转换器)数字化的信号的(另一设备中的)传输单元(Tx)和用于在听力仪器中接收信号的无线接收器单元(Rx)指示。第二传声器优选应相对于第一传声器定位以使来自听力仪器的接收器的声反馈在第二传声器处的作用最小化。在实施例中,当由用户佩戴时,助听器系统适于实现:在第二输入变换器位置处的声输入信号(“声输入*”)实质上没有声反馈。通常,针对从第一到第二传声器的声信号的传递函数 $H(f)$ (f = 频率)存在,如图 3a 中所示(即声输入*表示由传递函数 $H(f)$ 修改后的声输入,其中声输入包括直接部分和反馈部分)。反馈增强器单元 $H_{est}(z)$ 尝试估计从第一到第二传声器及从第二传声器到反馈增强器单元的声通路之间的差。在来自第一输入变换器的反馈校正的输入信号(图 3a 中的 $\epsilon(n)$) 馈给电反馈抵消通路的自适应滤波器的控制部分(图 3 中的“算法”)之前从其减去对应的电信号。优选地,第一和第二传声器之间的距离(当通信可行时)小于 5m,如在 2-3m 的范围内,如小于 1m,如小于 0.5m,如小于 0.3m,如小于 0.2m。在实施例中,第一和第二传声器之间的距离(当通信可行时)大于 2mm,如大于 5mm,如大于 10mm(如在 2mm 到 20mm 的范围中),如大于 0.2m,如在 0.2m 到 1m 的范围中。在实施例中,第一和第二传声器之间的距离(当通信可行时)小于 30m,如小于 20m,如小于 10m。

[0095] 图 3b 示出了图 3a 中所示的实施例,其中反馈增强器单元(图 3a 中的 $H_{est}(z)$)由第二自适应滤波器($H_{est}(z)$,图 3b 中的“算法”)实施。由听力仪器(包括“听力仪器”所述虚线框线内的部件)接收的、来自第二传声器的(可能预处理的)数字化电信号用作给第二自适应滤波器的控制(算法)部分和可变滤波器部分($H_{est}(z)$)的输入。来自可变滤波器部分($H_{est}(z)$)的输出从来自第一输入变换器的反馈校正的输入信号(图 3b 中的 $\epsilon(n)$) 减去并馈给反馈抵消通路的自适应滤波器和第二自适应滤波器的控制部分(“算法”)。

[0096] 优选地,插入对从第一到第二(在此为外部的)传声器及回到助听器系统的信号处理部分(在此为反馈增强器单元)的信号的延迟的补偿。例如,这可通过插入对向反馈通路的自适应滤波器的控制部分(图 3a、3b 中的“算法”)提供输入的信号进行适当延迟的延迟部件实现,即延迟图 3a、3b 中的信号 $r(n)$ 和 $\epsilon(n)$ 。这在图 3b 中由延迟部件 d 图示。

[0097] 图 3a、3b 中所示实施例的电反馈通路的自适应滤波器的控制部分(算法)优选可实施为图 4b 中详细示出的自适应阴影系统。

[0098] 图 4 示出了根据本发明实施例的使用间接辨识的助听器系统的示意图,其中包括来自外部设备的第二传声器信号。

[0099] 图 4a 示出了包括用于佩戴在用户耳朵之中或之处的听力仪器(助听器)的助听器系统,听力仪器包括两个传声器(从而改善方向感知),每一传声器具有分开的、包括自适应滤波器的电反馈通路,每一自适应滤波器包括控制部分(自适应阴影系统,其在图 4b

中进一步详细示出)和可变滤波器部分(自适应滤波器)。探针噪声发生器将探针噪声信号添加到来自处理单元(正向通路)的输出信号,其馈给接收器以将声输出信号呈现给听力仪器的佩戴者。探针信号还用作反馈通路的自适应滤波器的控制部分(自适应阴影系统)的输入。包括处理单元的外部设备(外部相对于包括第一输入变换器的物理机身而言,助听器的第一输入变换器在此为两个传声器的形式)的(第二)输入变换器(在此为传声器)电连接(如无线)到听力仪器的两个反馈增强器单元。反馈增强器单元插入在电传声器输入信号和两个电反馈通路中的每一通路的自适应滤波器的控制部分之间的通路中。

[0100] 图 4b 示出了根据本发明的助听器系统的另一实施例。自适应反馈增强器(“反馈增强器”)试图在第一传声器和第二传声器之间产生最小误差信号,从而增强给系统辨识模块的探针噪声,其在该框图中称为自适应阴影系统。正向通路包括适于补偿具体佩戴者的听力损失的处理单元(“处理单元(正向通路)”)。模块 $H_s(z)$ 补偿从声源到第一传声器和第二传声器及回到反馈增强器单元的传递函数的一些差异(如“静态”部分,包括时延)。反馈增强器试图通过控制自适应滤波器使增强器的输出最小化,从而增强源自助听器输出的探针噪声部分的信号。自适应阴影系统试图使反馈通路的自适应滤波器的输出和反馈增强器的输出之间的误差最小化,从而估计反馈通路。自适应滤波器是通过使用来自自适应阴影系统的反馈通路估计量进行反馈抵消的滤波器。

[0101] 可选地,可省略探针噪声发生器,适当处理单元的输出直接用作反馈抵消通路的自适应滤波器的输入(参见图 5)。

[0102] 图 5 示出了根据本发明实施例的使用直接辨识的助听器系统的示意图,其中包括来自外部设备的第二传声器信号。该实施例与图 4a 的等效,只是其不包含探针噪声发生器,这样,处理单元(正向通路)的输出直接馈给听力仪器的反馈通路的自适应滤波器。

[0103] 优选地,插入对从第二(如外部)传声器到助听器系统的信号处理部分的信号的延迟的补偿(同样参见图 4b 实施例中的 $H_s(z)$ 模块)。

[0104] 本发明由独立权利要求的特征限定。从属权利要求限定优选实施例。权利要求中的任何附图标记不意于限定其范围。

[0105] 一些优选实施例已经在上述内容中进行了说明,但是应当强调的是本发明不受这些实施例的限制,而是可以权利要求限定的主题内的其它方式实现。

[0106] 参考文献:

[0107] ● US 5,680,467 (GN Danavox) 21 October 1997

[0108] ● US 7,013,015 (Siemens Audiologische Technik) 28 November 2002

[0109] ● US 6,549,633 (Widex) 26 August 1999

[0110] ● U. Forssell, L. Ljung, Closed-loop Identification Revisited-Updated Version, **Linköping** University, Sweden, LiTH-ISY-R-2021, 1 April 1998

[0111] ● Ali H. Sayed, Fundamentals of Adaptive Filtering, John Wiley & Sons, 2003, ISBN 0-471-46126-1

[0112] ● Simon Haykin, Adaptive Filter Theory, Prentice Hall, 3rd edition, 1996, ISBN 0-13-322760-X

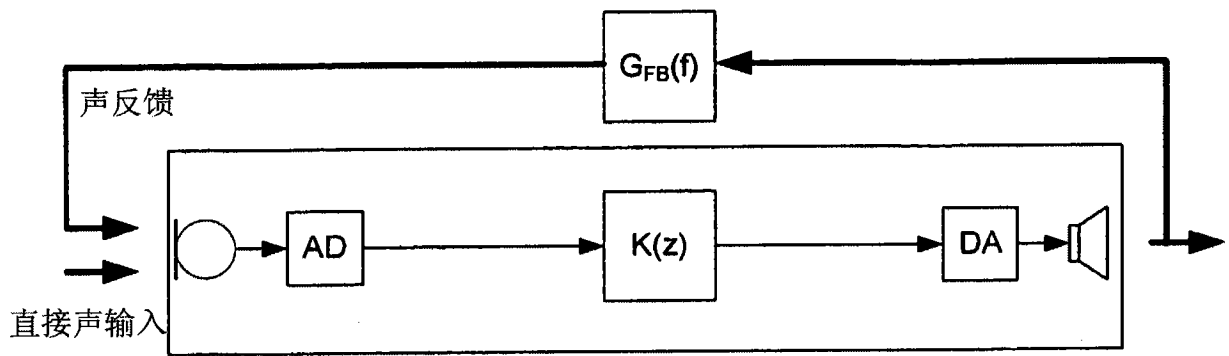


图 1a

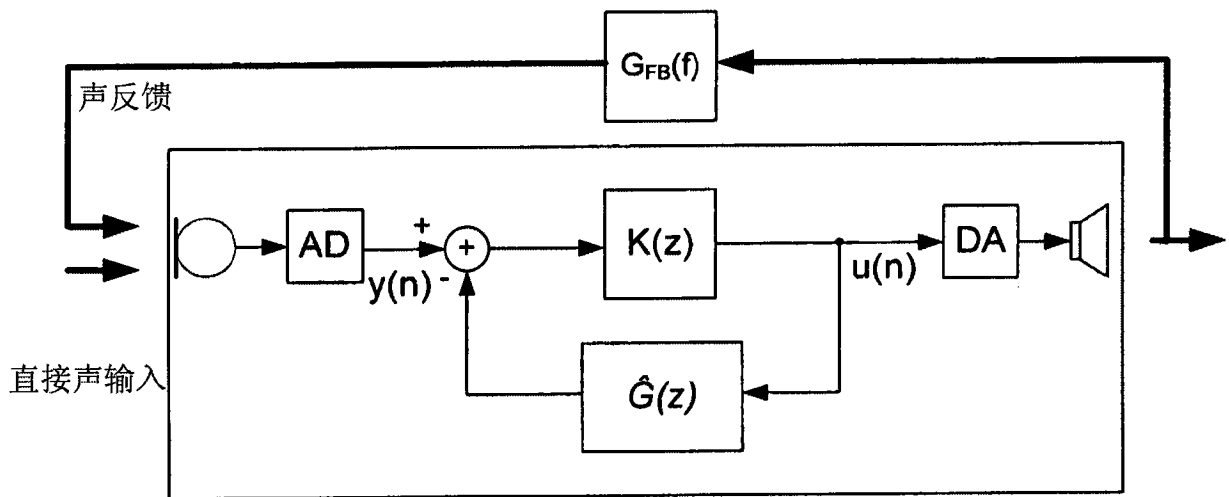


图 1b

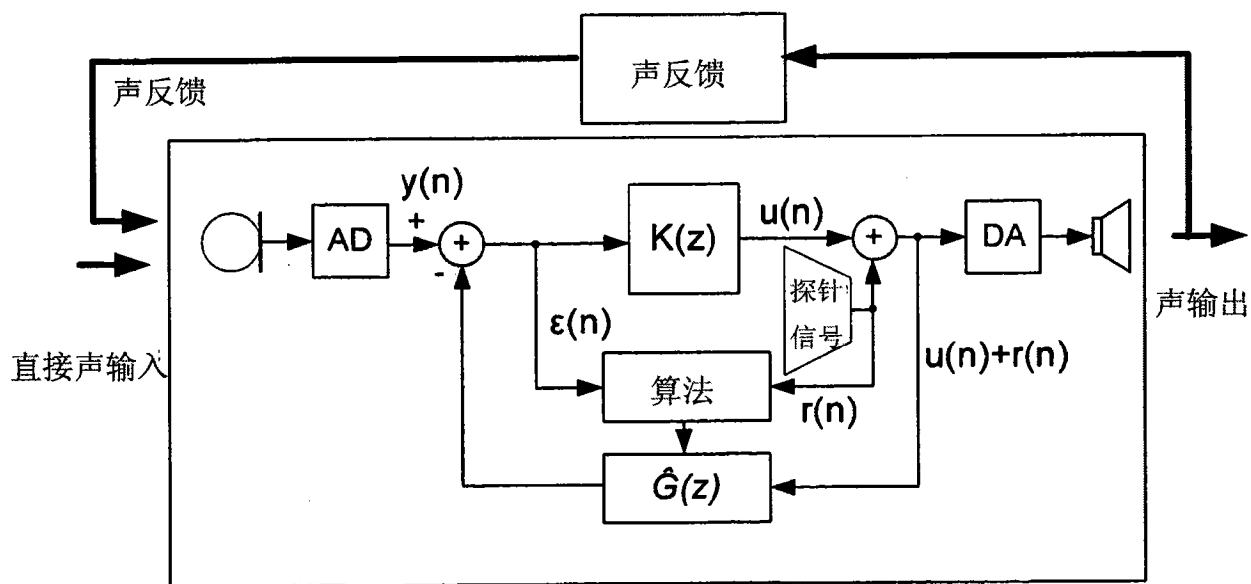


图 1c

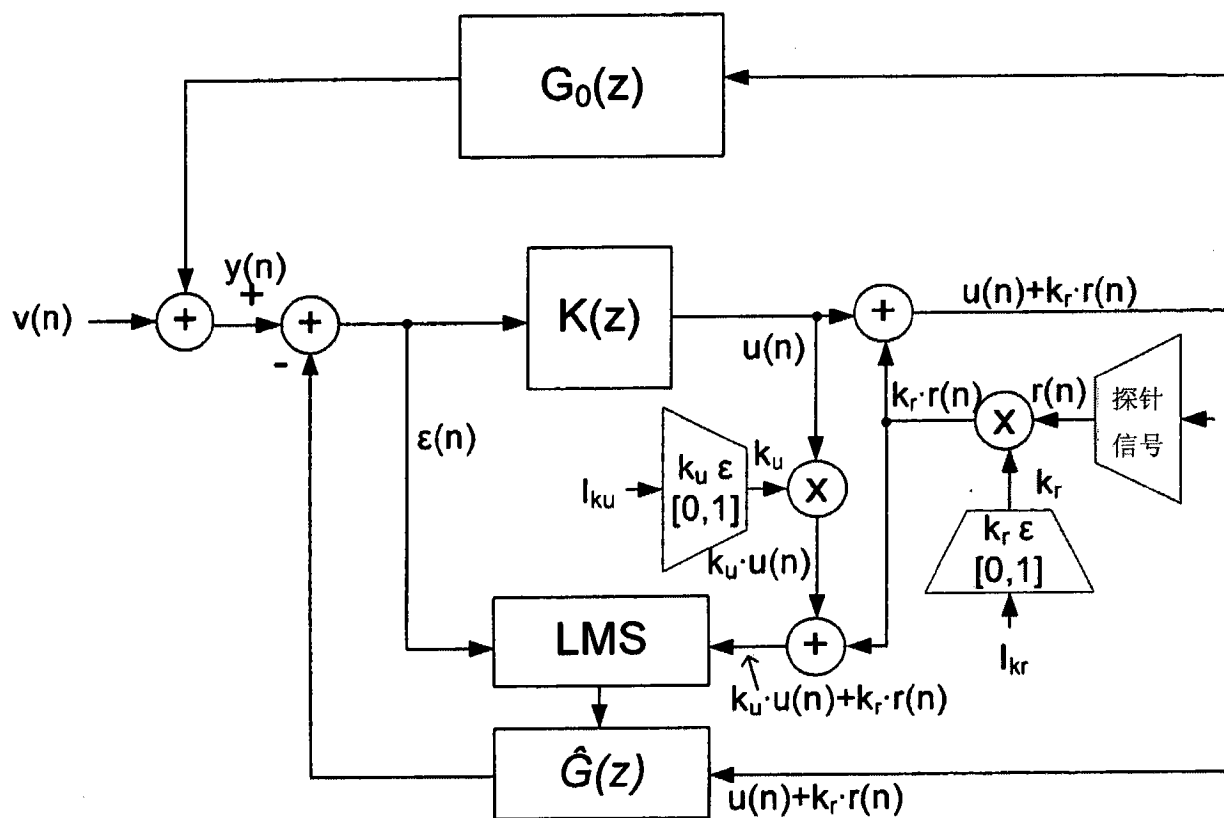


图 2

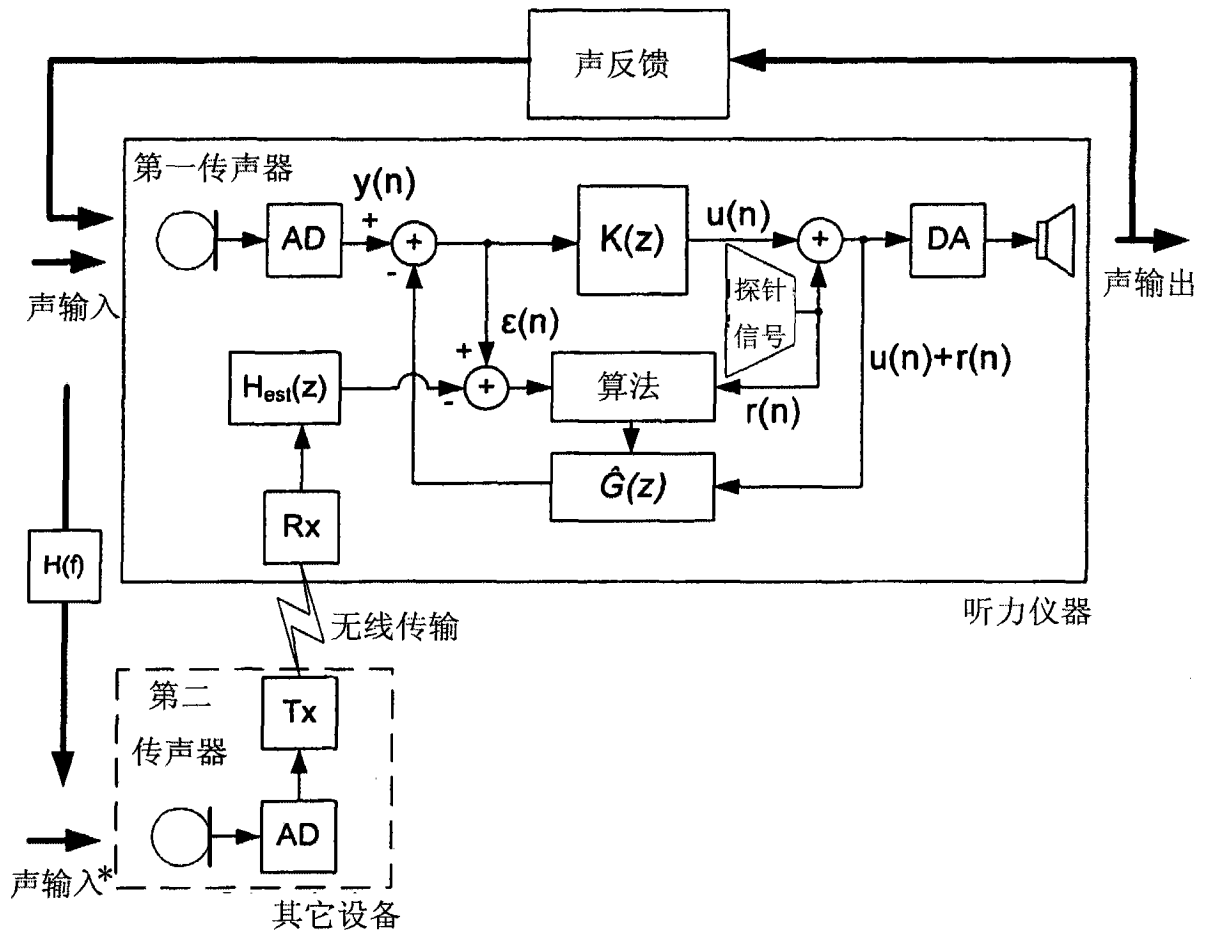


图 3a

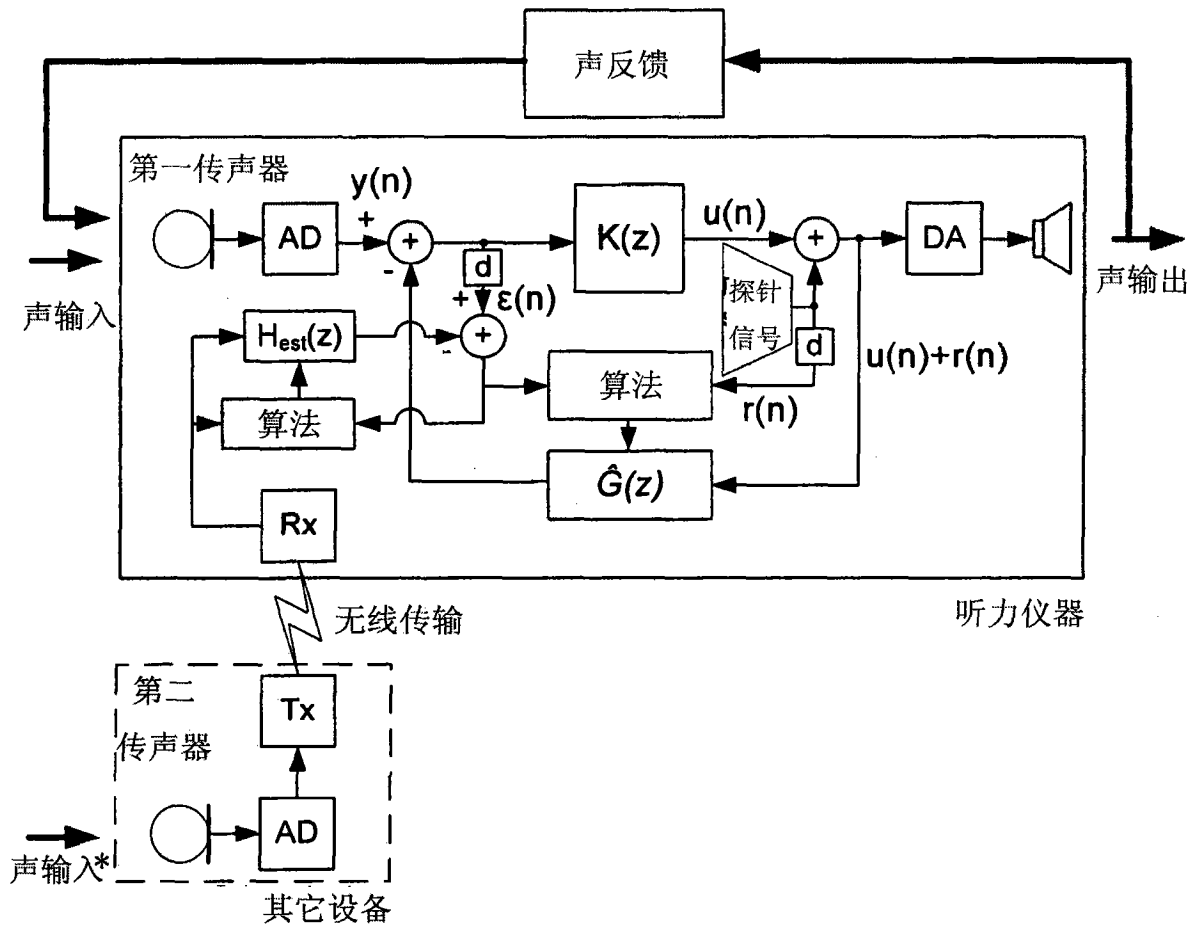


图 3b

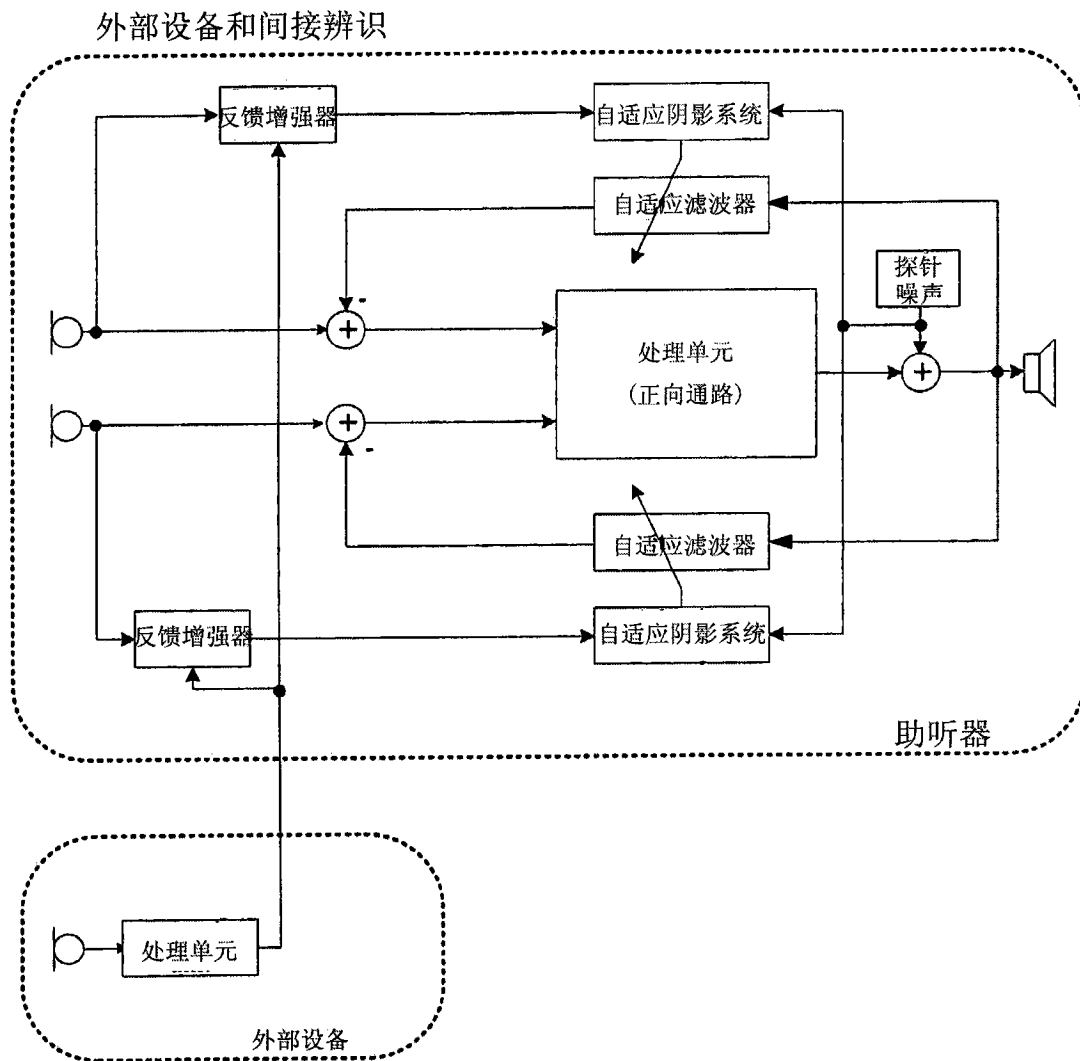


图 4a

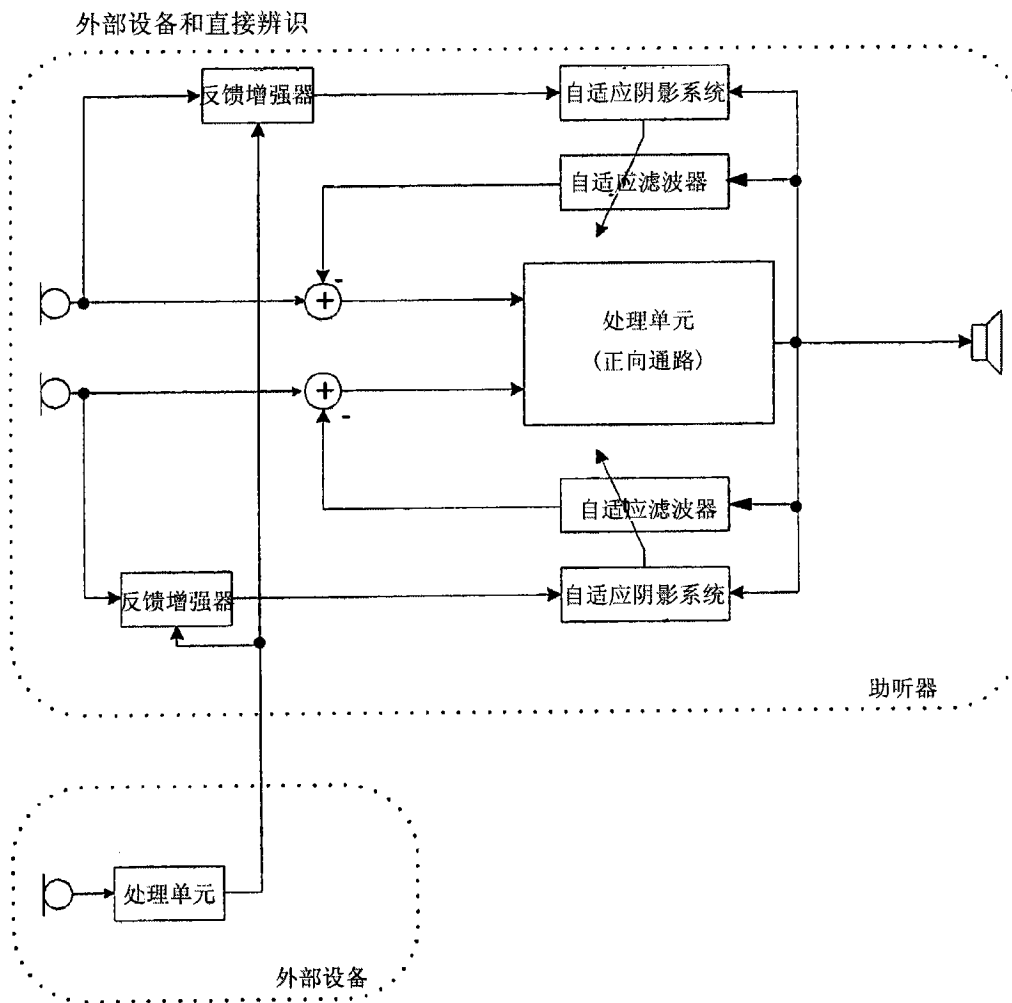


图 5