[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04R 25/00 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680051542.5

[43] 公开日 2009 年 2 月 4 日

[11] 公开号 CN 101361403A

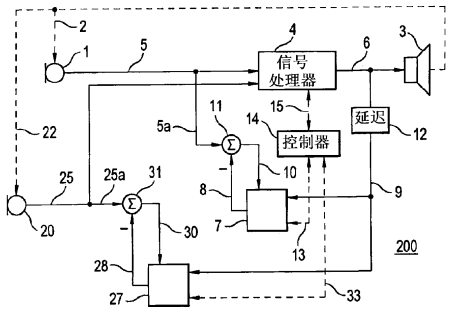
[22] 申请日 2006.3.3
[21] 申请号 200680051542.5
[86] 国际申请 PCT/EP2006/060433 2006.3.3
[87] 国际公布 WO2007/098808 英 2007.9.7
[85] 进入国家阶段日期 2008.7.22
[71] 申请人 唯听助听器公司
地址 丹麦维尔路斯
[72] 发明人 K·T·柯林克伯
P·M·诺尔加德 H·彭托皮丹弗
T·V·西德
[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司
代理人 赵蓉民
权利要求书 6 页 说明书 15 页 附图 5 页

[54] 发明名称

助听器及在助听器中利用增益限制的方法

[57] 摘要

展现了带有多个麦克风的助听器，其包含用于将声音转换成第一音频信号的第一麦克风、用于将声音转换成第二音频信号的第二麦克风、用于根据混合比将第一和第二音频信号相结合从而形成空间信号的定向处理装置、用于估计进入第一麦克风的第一声学反馈信号和进入第二麦克风的第二声学反馈信号的估计装置、用于通过应用不超过最终的最大增益限制的增益来处理所述空间信号从而形成听力损失补偿信号的处理装置、其中最终的最大增益限制得自第一和第二声学反馈信号和混合比；以及用于将听力损失补偿信号转换成声学输出的输出换能器。



1. 一种助听器，其包含：

用于将声音转换成第一音频信号的第一麦克风；

用于将声音转换成第二音频信号的第二麦克风；

用于根据混合比将所述第一音频信号和所述第二音频信号相结合以形成空间信号的定向处理装置；

用于估计进入所述第一麦克风的第一声学反馈信号和进入所述第二麦克风的第二声学反馈信号的估计装置；

用于通过应用不超过最终的最大量增益限制的增益来处理所述空间信号以形成听力损失补偿信号的处理装置；其中所述最终的最大量增益限制是从所述第一声学反馈信号和第二声学反馈信号以及所述混合比得到的；和

用于将所述听力损失补偿信号转换成声学输出的输出换能器。

2. 根据权利要求 1 所述的助听器，其中所述估计装置包含用于所述第一和第二麦克风分支中每一个的自适应滤波器，每个自适应滤波器适于通过最小化在所述听力损失补偿信号和所述各自的音频信号之间的互相关性而产生所述各自的声学反馈信号。

3. 根据权利要求 1 或者 2 所述的助听器，其中所述估计装置进一步适于估计来自所述第一和第二声学反馈信号的各自的第一和第二最大量增益限制，并且所述处理装置进一步适于通过插值所述第一和第二最大量增益限制得到所述最终的最大量增益限制。

4. 根据权利要求 1 或者 2 所述的助听器，其中所述处理装置进一步适于通过根据所述混合比插值所述估计声学反馈信号来计算最终的声学反馈信号，并且根据所述最终的声学反馈信号与所述听力损失补偿信号的比率确定所述最终的最大量增益限制。

5.根据权利要求 4 所述的助听器，其中所述处理装置适于通过应用下面的公式计算所述最终的最大量增益：

$$\max gain = -\left|\frac{X(j\omega)}{Y_0(j\omega)}\right|_{dB} - M_{dB}(j\omega) = -\left|\frac{c_1X_1(j\omega) - c_2X_2(j\omega)}{Y_0(j\omega)}\right|_{dB} - M_{dB}(j\omega)$$

其中：最大增益 maxgain 代表所述最终的最大量增益限制；

X_1 代表所述第一声学反馈信号的估计；

X_2 代表所述第二声学反馈信号的估计；

c_1, c_2 代表根据在最终的声学反馈信号：$X= c_1X_1- c_2X_2$ 中的所述混合比的系数；

Y_0 代表所述听力损失补偿信号；

M 代表以分贝为单位的安全余量。

6.根据任一前述权利要求所述的助听器，其进一步包含用于将声音转换成附加音频信号的至少一个附加麦克风，每个附加麦克风带有反馈通路，所述估计装置适于对所述反馈通路估计进入所述附加麦克风的附加声学反馈信号，其中所述定向处理装置适于根据所述混合比基于所述附加音频信号形成所述空间信号，并且所述处理装置适于根据所述混合比从所述附加声学反馈信号得到所述最大量增益限制。

7.根据权利要求 1 和 3 到 6 之中任一项所述的助听器，其中所述最大量增益限制根据所述第一声学反馈信号和第二声学反馈信号的值以及所述当前混合比获得，所述第一声学反馈信号和第二声学反馈信号的值在所述助听器调试过程中即可获得。

8.一种助听器包含：

用于将声音转换成第一音频信号的第一麦克风；

用于将声音转换成第二音频信号的第二麦克风；

估计装置，其用于估计进入所述第一麦克风的第一声学反馈信号从而产生第一估计反馈信号和估计进入所述第二麦克风的第二声学反馈信号从而产生第二估计反馈信号；

结合装置，其用于将所述第一音频信号与所述第一估计反馈信号相结合并且将所述第二音频信号与所述第二估计反馈信号相结合从而形成第一和第二经反馈补偿的音频信号；

处理装置，其用于根据混合比将所述第一和第二经反馈补偿的音频信号相结合从而通过应用不超过最终的最大量增益限制的增益形成听力损失补偿信号；其中所述最终的最大量增益限制从所述第一和第二估计反馈信号以及所述混合比获得；和

用于将所述听力损失补偿信号转换成声学输出的输出换能器。

9.根据权利要求8所述的助听器，其进一步包含：

自适应定向控制器，其通过调整所述混合比来控制所述处理装置，从而提供所述听力损失补偿信号的空间适应性。

10.根据权利要求8或者9所述的助听器，进一步包含：

用于将所述第一音频信号和所述第二音频信号相结合从而形成第一空间信号的第一定向处理装置；

用于将所述第一音频信号和所述第二音频信号相结合从而形成第二空间信号的第二定向处理装置；

其中所述结合装置适于将所述第一空间信号与所述第一估计反馈信号相结合并且将所述第二空间信号与所述第二估计反馈信号相结合，从而形成第一和第二经反馈补偿的空间信号；并且

所述处理装置适于将所述第一和第二经反馈补偿的空间信号相结合从而形成所述听力损失补偿信号。

11.根据权利10所述的助听器，其中所述第一定向处理装置形成具有固定的双向特性的所述第一空间信号，而其中所述第二定向处理装置形成具有固定的全向特性的所述第二空间信号。

12.根据权利10或者11所述的助听器，其中所述处理装置适于应用下面的公式计算所述最终的最大量增益：

$$\max gain = -\left|\frac{X(j\omega)}{Y_0(j\omega)}\right|_{dB} \approx -\left|(1-\alpha)\left|\frac{X_1(j\omega)}{Y_0(j\omega)}\right| + \alpha\left|\frac{X_2(j\omega)}{Y_0(j\omega)}\right|\right|_{dB}$$

其中：最大增益 maxgain 代表所述最终的最大量增益限制；

X_1代表所述第一声学反馈信号的估计；

X_2代表所述第二声学反馈信号的估计；

α 是根据在最终的声学反馈信号：$X=(1-\alpha)X_1-\alpha X_2$中的混合比在范围 0,…,1 的标量；

Y_0代表所述听力损失补偿信号。

13. 根据任一前述权利要求所述的助听器，进一步包含将所述第一和第二音频信号转换成多个频带的频带分离音频信号的滤波装置，并且其中所述助听器适于在每个所述频带独立地进一步处理所述频带分离音频信号。

14. 根据权利要求13所述的助听器，其中所述处理装置适于通过应用下面的公式计算所述最终的最大量增益：

$$\max gain_i \approx -\left|(1-\alpha)\frac{|X_{1i}|}{|Y_{0i}|} + \alpha\frac{|X_{2i}|}{|Y_{0i}|}\right|_{dB} - M_{dBi}$$

其中：最大增益 maxgain 代表所述最终的最大量增益限制；

X_{1i}代表在频带 i 的所述第一声学反馈信号的估计；

X_{2i}代表在频带 i 的所述第二声学反馈信号的估计；

α 是根据在最终的声学反馈信号：$X_i=(1-\alpha)X_{1i}-\alpha X_{2i}$ 中的所述混合比在范围 0,…,1 的标量；

Y_{0i}代表在频带 i 的所述听力损失补偿信号。

M_{dBi}代表在频带 i 的以分贝为单位的安全余量。

15. 在助听器中处理来自第一和第二麦克风的信号的方法，其包括：

将来自所述第一和所述第二麦克风的输入信号转换成第一和第二音频信号；

根据混合比将所述第一和所述第二音频信号结合从而形成空间信号；

估计进入所述第一麦克风的第一声学反馈信号和进入所述第二麦克风的第二声学反馈信号；

通过应用不超过最大量增益限制的增益处理所述空间信号从而形成听力损失补偿信号；其中所述最大量增益限制从所述第一和第二声学反馈信号以及所述混合比得到；以及

将所述听力损失补偿信号转换成声学输出。

16. 根据权利要求 15 的方法，其中所述方法是使所述助听器适于具体使用者的调试程序的一部分，其进一步包含通过使用所述助听器的编程界面将所述第一和第二声学反馈信号的特性存储在所述助听器中的步骤。

17. 根据权利要求 15 或者 16 的方法，进一步包含以下步骤：调整所述混合比从而通过自动地最小化所述声学输出或者通过使用者的调整提供所述听力损失补偿信号的适应性。

18. 根据权利要求 15 到 17 中任一项所述的方法，其中通过应用下面的公式得到所述最大量增益限制：

$$\max gain = -\left|\frac{X(j\omega)}{Y_0(j\omega)}\right|_{dB} - M_{dB}(j\omega) = -\left|\frac{c_1X_1(j\omega) - c_2X_2(j\omega)}{Y_0(j\omega)}\right|_{dB} - M_{dB}(j\omega)$$

其中：最大增益 maxgain 代表所述最大量增益限制；

X_1 代表所述第一声学反馈信号的估计；

X_2 代表所述第二声学反馈信号的估计；

c_1, c_2 代表根据在最终的声学反馈信号：$X= c_1X_1- c_2X_2$ 中的所述混合比的系数；

Y_0 代表所述听力损失补偿信号；

M 代表以分贝为单位的安全余量。

19. 根据权利要求 15 到 18 中任一项所述的方法，其中来自所述第一和第二麦克风的所述信号被滤波成频带分离信号，并且在不同的频带中被独立地处理。

20. 根据权利要求 15 到 19 中任一项所述的方法，其中通过以下步骤得到所述最大量增益限制：

根据所述混合比插值所述估计声学反馈信号来计算最终的声学反馈信号；以及

从所述最终的声学反馈信号与所述听力损失补偿信号的比率确定所述最大量增益限制。

21. 一种包含可执行程序编码的计算机程序，当其在计算机上执行时，执行根据权利要求 15 到 20 之一的方法。

22. 一种含有可执行程序编码的计算机程序产品，当其在计算机上执行时，执行根据权利要求 15 到 20 之一的方法。

助听器及在助听器中利用增益限制的方法

技术领域

【0001】本发明涉及助听器和在助听器中利用增益限制的方法。本发明更具体地涉及包括多个麦克风的助听器，其适于依据麦克风信号的混合比插值得到最大增益限制，并且还更具体地涉及：为了减小由声学反馈产生的干扰进一步并入反馈抵消的助听器，以及其各自的方法。

背景技术

【0002】助听器设计中的公知的问题是，调整最大量的可能的增益量，利用最大量的可能的增益量，声学输入信号可以被放大以产生听力损失补偿信号，而不出现由声学反馈或者其他的声学干扰引起的伪迹（artifact）。这在包括多个麦克风分支的助听器中特别是一个问题，其中每个麦克风分支都具有一个提供反馈通路的麦克风。因此，为了避免反馈回路接近产生不期望的和令人烦恼的声音的稳定性边界，经常需要增益安全余量。

【0003】WO-A-94/09604公开了具有数字式电子声学反馈补偿的助听器，其包含补偿电路。电路监控回路增益并调节助听器放大，使得回路增益小于常数K。自适应滤波器促使输入和来自助听器的输出之间的相关性最小，并且通过从反馈抵消滤波器中得到增益并且也可能是相位特性，该自适应滤波器可用于给出声学反馈通路中的衰减的测量。

【0004】WO-A-02/25996公开了带有抑制声学反馈的自适应滤波器的助听器。自适应滤波器可用作独立的测量系统，从而在已处理的声学输入信号不失真的情况下估计声学反馈信号。参考图1，其相当详细地解释了如何确定在声学反馈通路中的增益估计。麦克风1受控于从接收器3经由反馈通路2传送的声学反馈。除了期望的信号，这个反馈信号作为输入信号5被传送到信号处理器4。在信号处理器4中处理之后，处理器输出信号6被传送到接收器3以便转换为声学输出信号。自适应滤波器7促使输入5a

（通常称作U）和输出6(通常称作参考信号Y)之间的互相关性最小，并因而产生声学反馈信号的估计8。通过这个滤波器的传递函数的分析，能够获得反馈通路中的增益估计。自适应滤波器促使所谓的误差信号10（ε）最小，该误差信号10通过在减法器11中从输入信号5a减去估计8而产生。

【0005】在这些现有技术文件中，进一步阐述了这些数据如何被用来确定回路增益，然后对可用于多个被估计频带的每个频带的可用增益设定上限。

【0006】而且，US 6498858 B2 公开了反馈抵消如何可以被应用于带有两个全向性的麦克风的系统。

【0007】然而，这些公布没有一个公开了如何能在多麦克风系统中确定最大增益值。

【0008】WO-A-99/26453 公开了带有两个麦克风和定向处理的助听器的反馈补偿系统，其中每个麦克风信号在定向控制器中处理之前被独立反馈补偿。在定向处理之前独立地补偿每个麦克风信号需要大量的处理，并且承担反馈信号的不完全补偿导致残留反馈信号成分存在的风险，残留的反馈信号成分可能干扰定向控制器的功能。

【0009】因此，需要改进的助听器和在多麦克风助听器中利用增益限制的改进的技术。

发明内容

【0010】特别考虑到提出的需求和现有技术的缺陷，因此本发明的一个目的是提供助听器和在助听器中处理来自多个麦克风的信号的方法。

【0011】特别地本发明的一个目的是提供包括多个麦克风、输入换能器或者输入传感器以及将定向处理能力和增益限制能力相结合的处理装置的助听器。本发明的进一步目的是提供在助听器中使用改进的增益限制处理来自多个麦克风的输入信号的相应的方法。

【0012】本发明的另一个目的仍然是提供包括多个麦克风、输入换能器或者输入传感器以及将定向处理能力与反馈补偿和增益限制能力相结合的处理装置的助听器。本发明的进一步的目的是提供在助听器中使用改进的增益限制处理来自多个麦克风的输入信号的相应的方法。

【0013】本发明的另一个目的仍是提供包括产生输入信号的多个麦克风、输入换能器或者输入传感器的助听器，其中在定向控制器中处理输入信号，并且其中在没有不利影响定向控制器功能的情况下执行反馈补偿和增益限制。

【0014】发明的一个目的是提供助听器，其中总的增益限制可以由助听器的处理装置执行，并且其中例如作为处理器负载或者门计数被估计的整个系统的复杂性相对较低。

【0015】根据本发明的第一方面，提供一种助听器，其具有将声音转换为第一音频信号的第一麦克风、将声音转换为第二音频信号的第二麦克风、根据混合比结合第一和第二音频信号从而形成空间信号的定向处理装置、用于估计进入第一麦克风的第一声学反馈信号和进入第二麦克风的第二声学反馈信号的估计装置、通过应用不超过最终的最大增益限制的增益来处理所述空间信号从而形成听力损失补偿信号的处理装置、其中最终的最大量增益限制从第一和第二声学反馈信号和混合比得到；以及用于将听力损失补偿信号转换为声学输出的输出换能器。

【0016】提供的助听器能够通过依据输入音频信号的混合比插值第一和第二声学反馈信号来为整个系统确定最终的最大增益限制。根据本发明实施例，处理装置适于确定在每个麦克风分支的声学反馈信号的最大增益值，并且其中最终的最大量增益限制是根据混合比插值在每个分支中确定的最大增益值得到的。

【0017】根据本发明的进一步的方面，提供助听器，其包含将声音转换为第一音频信号的第一麦克风、将声音转换为第二音频信号的第二麦克风、用于估计进入第一麦克风的第一声学反馈信号从而产生第一估计反馈信号和估计进入第二麦克风的第二声学反馈信号从而产生第二估计反馈信号的估计装置、将第一音频信号与第一估计反馈信号相结合并将第二音频信号与第二估计反馈信号结合从而形成第一和第二经反馈补偿的音频信号的结合装置、根据混合比将第一和第二经反馈补偿的音频信号相结合从而通过应用不超过最终的最大量增益限制的增益形成听力损失补偿信号的处理装置、其中最终的最大量增益限制得自第一和第二估计反馈信号和混合比；以及将听力损失补偿信号转换为音频输出的输出换

能器。

【0018】提供的助听器能够提供通过结合装置的输入音频信号的定向处理和通过处理装置的反馈补偿和增益限制，处理装置通过应用取决于结合装置所应用的混合比的最终的最大量增益限制计算听力损失补偿信号。

【0019】根据实施例，反馈抵消可以应用到至少两个输入传感器，根据定向处理装置，一个传感器具有全向性，而另一个具有双向特性。最终的定向特性通过以期望的混合比混合来自每个优选的固定定向传感器的两个输出信号获得，其中一个固定的传感器优选地是全向性的。混合比可以由应用自适应信号电平最小化技术的自适应定向控制器确定。

【0020】根据本发明的进一步的方面，提供在助听器中处理来自第一和第二麦克风的信号的方法，其中该方法包含以下步骤：将来自第一和第二麦克风的输入信号转换为第一和第二音频信号、根据混合比将第一和第二音频信号相结合从而形成空间信号、估计进入第一麦克风的第一声学反馈信号和进入第二麦克风的第二声学反馈信号、通过应用不超过最终的最大量增益限制的增益来处理空间信号从而形成听力损失补偿信号；其中最终的最大量增益限制是从第一和第二声学反馈信号和混合比得到的，以及将听力损失补偿信号转换为音频输出。

【0021】可以视作真正的优点的是，根据本发明的助听器、系统和方法提供了在任何给定情况自动地调整助听器或者系统可以应用的增益量的能力。这意味着根据本发明实施例，助听器能够在助听器的操作过程中的任何时间调整由当前计算的声学反馈信号和它们之间的混合比得到的可能的最大量增益限制。

【0022】根据进一步的方面，该发明提供了如权利要求21和22所叙述的计算机程序和计算机程序产品。

【0023】该发明的进一步的特定变化由进一步的从属权利要求限定。

【0024】本发明的其他的方面和优势从下面的详细阐述中并结合以实例的方式说明发明原理的附图将变得更明显。

附图说明

【0025】通过下面的详细阐述联系附图很容易理解本发明，其中相同的参考数字代表相同的结构元件，其中：

【0026】图1是根据现有技术的助听器的示意方框图。

【0027】图2是根据本发明的第一实施例的助听器的示意方框图。

【0028】图3是根据本发明的第二实施例的助听器的示意方框图。

【0029】图4是根据本发明实施例的定向控制器的示意方框图。

【0030】图5是根据本发明实施例的信号结合器控制器的示意方框图。

【0031】图6是根据本发明实施例的输入控制器的示意方框图。

【0032】图7是根据本发明实施例的方法的流程图。

具体实施方式

【0033】当根据本发明实施例阐述本发明时，将用到下面所阐述的术语。

【0034】输入传感器：通常定向性的或者非定向性的麦克风可用作输入传感器。如何能够经由增益和/或相位调整处理器/电路将两个（或者更多）全向性（即非定向性）麦克风的输出相结合来产生定向性传感器特性（定向性麦克风）是普遍公知的。

【0035】最大增益和最大量增益限制：在不出现反馈谐振的情况下可以应用的增益的上限。可以从计算的限制中减去一些安全余量（例如，12分贝）。

【0036】$|X|_{dB}$：这个数学算子是转换成对数值的简写，即$|X|_{dB}=20\log|X|$。

【0037】插值（interpolation）：在这个文本的上下文中，从“权重结合”的意义上说使用术语“插值”，它可以是该词的其他解释的总称。该术语的确切含义应由这个文本的阐述推断。

【0038】现在参考图2，其示出了根据本发明第一个实施例的助听器200，其能够确定在声学反馈通路中的增益估计。助听器包含作为输入传感器的两个麦克风1和20，每个麦克风产生传送到信号处理器4的音频信号5和25。信号处理器4包含用于根据混合比结合音频信号5和25从而形成空间信号的定向处理装置和用于从空间信号形成听力损失补偿信号的处理装置。然后听力损失补偿信号作为处理器输出信号6被传送到接收器或者输出换能器3，用以转换为声学输出信号。声学输出信号产生麦克风1、20

的每个麦克风分支的反馈通路2、22。对于每个麦克风分支，自适应滤波器7、27促使各自的输入信号5a、25a（通常称作U）和处理器输出信号6（通常称作参考信号Y）之间的互相关性最小，并产生声学反馈信号的估计8、28。通过分析每个滤波器7、27的传递函数，能够获得每个反馈通路2、22中的增益估计。自适应滤波器7、27促使所谓的误差信号10、30（ε）最小，该误差信号10、30是通过在减法器11、31中从输入信号5a中减去估计8、28产生的。可以通过确定如在各滤波器7、27的输入和输出信号之间的比率的参数来估计声学反馈量。该领域的技术人员可以例如从WO-A-02/25996的公开中了解实施这种滤波器的方法。然后估计的声学反馈信号被提供给信号处理器，用以考虑定向处理装置在产生当前空间信号时所应用的混合比，计算最大量增益限制。

【0039】根据图2中所示的实施例，控制器14作为进一步的估计装置被提供，并且控制器14适于估计到达第一麦克风1的第一声学反馈通路的衰减和到达第二麦克风20的第二声学反馈通路的衰减。控制器适于通过确定提交到控制器14的每个自适应滤波器7、27的参数（由虚线13、33示出）来估计衰减。基于接收的参数，控制器14计算每个反馈通路的最大增益值，然后将其提交到信号处理器4（由虚线15示出）。然后信号处理器4中的处理装置通过应用被调整到不超过最终最大增益限制的增益来处理空间信号。最终的最大增益限制是根据定向处理装置产生具有期望的定向特性的当前空间信号所应用的混合比，通过最大增益值的插值而得到。

【0040】也很重要的是认识到，根据图2中所示的实施例，输入信号5、25未减去估计的反馈信号便传送到信号处理器4。这是图2中所示的实施例的一个重要的优点，因为滤波器7、27的输出信号8、28没有被送入从麦克风1、20到输出换能器3的主要的信号通路。

【0041】根据实施例，输入传感器1、20可以是两个全向性麦克风或者是两个定向性麦克风。来自传感器的输出信号被传送到信号处理器4，在处理器4中这些信号被结合从而产生空间滤波信号。根据公知的“延迟和相减”技术，这种结合一般由信号处理器4的定向处理装置完成。结合过程的概括阐述为：

$$U_{空间} = c_1 U_1 - c_2 U_2 \qquad (1)$$

例如，每个输入信号（U_1，U_2）乘以复数（c_1, c_2），并且空间滤波信号（$U_{空间}$）是通过从一个修改的信号中减去另一个修改的信号而产生。通常，系数选作[c_1, c_2]=[1， α]， α是大小1和某个适当的角度。

【0042】结合过程可以被手动地（可调整地）或者自动地（自适应地）控制。已知自适应控制能够与输出最小化技术一起执行。根据利用自适应定向控制系统的实施例，提供有自适应空间滤波器，其系数通过自适应控制系统计算，例如，通过LMS信号最小化方法计算。根据利用可调整的定向控制系统的实施例，根据输入到可调整的控制系统的输入（例如，由使用者旋转控制轮，等等）来选择滤波器的系数。

【0043】每个自适应滤波器7、27产生进入各自的传感器分支5、25的声学反馈信号的估计。基于滤波器系数或者在滤波器中信号8、9、28的输入-输出比率的计算因此能够提供在每个反馈通路2、22中的衰减的估计。根据下面的阐述已知这个衰减可以估计最大增益。由于反馈信号（X_1，X_2）与来自助听器的输出信号(Y_0)的比率代表在每个音频反馈通路中的增益（相反的是：衰减），所以可以根据下面的公式计算一组最大增益：

$$\left[-\left|\frac{X_1(jw)}{Y_0(jw)}\right|_{dB},-\left|\frac{X_2(jw)}{Y_0(jw)}\right|_{dB}\right] \quad (2)$$

【0044】为了简化这个估计，计算由下面的公式取代：

$$\left[-\left|\frac{|X_1(jw)|}{|Y_0(jw)|}\right|_{dB},\left|\frac{|X_2(jw)|}{|Y_0(jw)|}\right|_{dB}\right] \quad (3)$$

【0045】根据实施例，使用具有i个频带的带分离结构的助听器，这一计算可以由每个频带中的信号源估计取代：

$$[\max gain_{1i},\ \max gain_{2i}]=\left[-\left|\frac{|X_{1i}|}{|Y_{0i}|}\right|_{dB},\left|\frac{|X_{2i}|}{|Y_{0i}|}\right|_{dB}\right] \quad (4)$$

【0046】在判定最终的最大增益时，应该考虑到在作为定向处理装置的结合器的输出中的最终反馈信号将是：

具有反馈成分$X=c_1X_1-c_2X_2$的$U=c_1(U_1+X_1)-c_2(U_2+X_2)$。因此，在结合器的输出上所视的最大增益可被计算为：

$$[\max gain]=\left[-\left|\frac{X(jw)}{Y_0(jw)}\right|\right]_{dB}=-\left|\frac{c_1X_1(jw)-c_2X_2(jw)}{Y_0(jw)}\right|_{dB} \quad (5)$$

【0047】根据本发明实施例，助听器包含多于两个助听器。因此，最终的声学反馈信号$X(jw)$可以根据下面的公式计算：

$$x(jw)=c_1X_1(jw)+c_2X_2(jw)+c_3X_3(jw)+... \quad (6)$$

【0048】也可根据定向处理装置为了产生定向或者空间滤波信号结合信号的方式确定系数组$c_1, ..., c_n$。

【0049】根据实施例，为了减小应用接近最大增益的增益值时发生的伪迹，利用某安全余量（M_{dB}）。根据实施例由于在一些频带比其他频带更有可能出现高反馈电平，所以安全余量取决于频率。因此：

$$[\max gain]=\left[-\left|\frac{X(jw)}{Y_0(jw)}\right|\right]_{dB}-M_{dB}(jw)=-\left|\frac{c_1X_1(jw)-c_2X_2(jw)}{Y_0(jw)}\right|_{dB}-M_{dB}(jw) \quad (7)$$

【0050】M_{dB}的典型值在0分贝到12分贝的范围。

【0051】虽然这个表达式对实时估计的要求很高，但是通过假定根据实施例的两个估计(X_1，X_2)是相同的，可以获得一些简化。这对于接近放置的麦克风和/或对于相对的低频带可能是相当好的估计。减小系统负载的其他的方式将舍弃对最大增益估计的实时更新的要求，因此以较低速度操作，例如500毫秒的间隔。自然地，这种测量可应用于发明的所有实施例。

【0052】根据实施例，在通过其他的测量确定反馈信号的估计可能不正确的情况中，可以暂停最大增益的更新，并在下一次更新之前使用得到的最大量增益限制的当前值。

【0053】根据另一个实施例，在助听器的加电的过程中，可以在最大增益估计系统完全运行之前，维持储存的最大增益限制值并将其用于听力损失补偿信号的计算。

【0054】根据另一个实施例，最大增益限制得自曾在调试所述助听器和当前混合比的过程中得到的第一和第二声学反馈信号的值。然后仅需要将第一和第二声学反馈信号作为，例如，在调试期过程中或者以或多或少的规则的间隔有规律地执行的反馈测试的一部分估计。然而，当前混合比由当前定向特性确定，并且根据实施例可以连续地计算当前混合比。

【0055】对于参考信号Y，可以使用信号处理器输出信号6。根据另一个实施例并如图2中所示，经由在延迟单元12中的延迟从处理器输出信号6得到滤波输入信号9。

【0056】整个的结构可以是全部或者部分频带分离，即自适应滤波器7、27的其中之一或者信号处理器4，或者两者可以工作在各个频带。技术人员公知如何实现这个操作。

【0057】现在参考图3，其示出根据本发明第二实施例的助听器300。它包含麦克风阵列302、输入处理器303、主信号处理器304、输出换能器305以及用于产生反馈补偿信号307a、307b和经估计的反馈信号330a、330b的反馈信号估计器306。反馈补偿信号307a、307b是经估计的反馈信号，将反馈补偿信号307a、307b从反馈信号估计器306的输出338a、338b传递到输入处理器303上的补偿输入310a、310b。麦克风阵列302包含两个麦克风308a、308b，每个麦克风经由各自的连接309a、309b被连接到输入处理器。输入处理器根据混合比结合来自麦克风308a、308b的两个声学输入信号从而形成空间信号328。输入处理器303的第一输出311连接到主信号处理器304的输入312以传送空间信号328，而作为听力损失补偿信号314的主信号处理器304输出信号被馈送到输出换能器305的输入和反馈信号估计器306的输入315。反馈信号估计器306在反馈信号估计器的控制输入317a、317b接收来自输入处理器303的第二输出318a、318b的经反馈补偿的信号316a、316b。主信号处理器从反馈信号估计器306接收经估计的反馈信号330a、330b，并且经由连接333从输入处理器303接收混合比。通过应用不超过从混合比333和经估计的反馈信号330a、330b得到的最终最大量增益限制的增益，从空间信号328计算得出助听器补偿信号314。图3也示出了存在于输出换能器305和每个麦克风308a、308b之间的声学反馈通路X1、X2。输出换能器优选地是普通类型的助听器接收器。

【0058】根据实施例，输入换能器308a、308b是全向性麦克风。在其他实施例中，一些或者全部麦克风可替代地是定向性麦克风，其因此被包含在麦克风阵列中。技术人员也公知用于助听器的麦克风阵列可以包括多于两个麦克风。但是，从需要在阵列中包含这种附加麦克风的电路的增加的复杂性角度，考虑到使用多于两个麦克风的成本，目前仅带有两

个麦克风308a，308b的实施例是优选的。

【0059】助听器 300 可以是多频带类型，也就是，它适于将整个音频频谱划分为单独处理的几个频带。在这种助听器中，几个频带或者可能全部频带可以包括根据本发明的输入处理器 303，借此可以获得定向性系统的改进的功能性。可替代地，根据本发明的输入处理器 3 可以被用作多频带系统的单一频带前端。

【0060】现在参考图 4，其示出了根据本发明实施例的更详细的带有两个定向控制器 Dir1，Dir2 的双输入通道的处理器 303。每一个定向控制器都接收来自麦克风 308a、308b 的声学输入信号 309a、309b。根据实施例，先于定向控制器的输入信号的处理包括从两个麦克风输出得到信号、数字化然后通过麦克风适配系统适配。每个定向控制器产生固定的定向特性。在这些定向控制器中的处理之后，信号可经过在放大器（LFB）中的低频提升。更多细节将参考图 6 在下面阐述。

【0061】这样产生的信号然后在由各自的加法器 323a，323b 实现的结合装置中与相应的反馈补偿信号 307a，307b 结合。根据实施例，反馈补偿信号 307a，307b 是进一步被处理的经估计的反馈信号，其被加法器从定向控制器 Dir1，Dir2 的输出中减去。这些相应的反馈补偿信号可以通过与在图 3 的中所说明的反馈信号估计器 306 类似的估计装置产生。

【0062】经反馈补偿的信号316a，316b可用作（多个）反馈信号估计器的（多个）控制输入并且可以在信号结合器335中处理。自适应控制器324自适应地控制这个结合器335，使得成本函数（例如输出信号333的信号功率）被最小化。当控制结合器335时，自适应控制器还通过调整在输入到结合器的两个经反馈补偿的信号316a，316b之间的混合比来确定空间信号328的定向特性。调整的混合比然后也作为信号333被供应到主信号处理器304从而计算最大量增益限制。根据实施例的信号结合器335的优选的设计在图5中详细示出。

【0063】定向控制器Dir1和Dir2被设计为实现定向控制器的各输出信号在结合器335中的结合将根据它们结合的混合比产生定向特性。自适应控制324动态地调节信号结合器335的结合比率，以便产生将助听器麦克风系统接收的环境噪声最小化的结合输出信号。优选地，定向控制器Dir1，

Dir2中的第一定向控制器适于产生双定向特性，而第二定向控制器产生全向特性。

【0064】这种布置避免将自适应受控和经均衡的定向控制器的复杂且时变元件并入到需要被反馈信号估计器估计的反馈通路的部分，因此减少了对反馈估计器的功能需求。在图 4 的实施例中，固定定向控制器被布置在处理链的最开始，然后是低频提升器，然后是反馈补偿加法器，但是期望的自适应定向特性在随后的阶段通过多个这种系统的输出的加权混合来获得。因此定向控制器的自适应部分被放置在被反馈估计器估计的反馈通路部分之外。

【0065】在这个实施例的变化中，可以利用多于两个定向控制器 Dir1，Dir2。为了这个目的，信号结合器 335 被修改为结合相应数目的输入信号。因此，自适应控制器 324 最优化控制信号结合器 335 的向量，从而成本函数被最小化，这与标量（scalar）被最小化的两个定向控制器的情况相反。这种方法在现有技术中很容易利用，并且被认为是技术人员所公知的。但是，由于使用多于两个定向控制器需要产生多于两个反馈补偿信号，因此目前优选只应用两个定向控制器。

【0066】在图 5 中，示出了信号结合器 335 的实施例。在这个信号结合器中，优选的操作方式是，假设第一定向信号 316a 展示双向特性(Dir1)，而假设第二定向信号 316b 展示全向特性(Dir2)。通过在第一加法器 337a 中从双向性信号 316a 中减去自适应衰减信号，根据公式 12（见下）将获得带有期望的定向特性的自适应受控空间信号 328，其中自适应衰减信号得自根据受控放大器 336 的第二加法器 337b 的放大的输出信号。这样，结合器能够根据广泛范围的定向灵敏度图案有效地输出空间信号。更多阐述可以在 WO-A-02/085066 中找到。

【0067】在这个实施例中使用的双向特性是通过从前麦克风的信号中减去后麦克风的信号而产生，这对技术人员是显而易见的。

【0068】现在参考图 6，其示出图 4 所示实施例的输入处理器 303 的细节。图 6 示出麦克风 308a，308b，适配放大器 319b，适配控制器 325 和定向控制器 Dir1，Dir2。每个定向控制器包括一组第一加法电路 339a，339b，相位延迟器件 340a，340b 和第二加法装置 341a，341b。这样，每个定向

控制器根据各固定灵敏度图案输出信号，并且定向性的匹配通过适当处理定向控制器输出的信号在更后面处理获得（见图 4）。

【0069】现在将详细阐述结合器 335 如何结合来自固定定向传感器 Dir1、Dir2 的经反馈补偿的信号 316a，316b 而产生输出信号 328（U'）。

【0070】在优选的实施例中，定向特性 Dir1 是双定向特性，而定向特性 Dir2 是全定向特性。在这种情况，系数$[c_1, c_2]=[(1-\alpha), \alpha]$是优选的。

【0071】因此，在这个实施例中，根据$U'=(1-\alpha)U'_1-\alpha U'_2$通过结合在一个分支 316a 中的一个信号$U'_1$的形式与在另一个分支 16b 中的另一个信号$U'_2$的成比例的形式，而完成结合，（α 是范围在 0…1 的标量），其中所需的延迟已在定向传感器（Dir1，Dir2）中实现。

【0072】在判定最终的最大增益时，应该考虑到，如果根据未应用反馈补偿的实施例，那么结合器 335 的输出中的最终的反馈信号将是：

$$U_{空间}=(1-\alpha)(U_1+X_1)-\alpha(U_2+X_2) \quad (8)$$

其具有反馈成分 $X=(1-\alpha)X_1-\alpha X_2$。

【0073】因此，在结合器335的输出上所视的最大增益可被计算为：

$$\max gain=-\left|\frac{X(j\omega)}{Y_0(j\omega)}\right|_{dB}-M_{dB}(j\omega)=-\left|\frac{(1-\alpha)X_1(j\omega)-\alpha X_2(j\omega)}{Y_0(j\omega)}\right|_{dB}-M_{dB}(j\omega) \quad (9)$$

【0074】但是，估计这个表达式是昂贵的。假设信号是完全无关联的，那么安全的估计可以计算为：

$$\max gain=-\left|\frac{X(j\omega)}{Y_0(j\omega)}\right|_{dB}\approx-\left|(1-\alpha)\left|\frac{X_1(j\omega)}{Y_0(j\omega)}\right|+\alpha\left|\frac{X_2(j\omega)}{Y_0(j\omega)}\right|\right|_{dB} \quad (10)$$

也就是，在每个分支中的最大增益的插值。

【0075】在频带分离的形式中，根据特别优选的实施例，其最大增益将是：

$$\max gain_i\approx-\left|(1-\alpha)\left|\frac{X_{1i}}{Y_{0i}}\right|+\alpha\frac{|X_{2i}|}{|Y_{0i}|}\right|_{dB}-M_{dBi} \quad (11)$$

【0076】考虑到进行了如图 3 和图 4 中所说明的反馈抵消，来自结合器 335 的空间滤波输出信号将是：

$$U_{空间}=(1-\alpha)(U'_1+X_1)-\alpha(U'_2+X_2) \quad (12)$$

其中，$U'_1 = U_1 - X_1$，X_1是在麦克风308a的第一分支中的估计的反馈信号，而$U'_2 = U_2 - X_2$，X_2是在麦克风308b的第二分支中的估计的反馈信号。

【0077】根据经验，反馈抵消的影响是增益余量增加大约20分贝。因此，最大增益的安全余量（M_{dB}）可以设定在，例如，-8分贝（由于在前面的实施例中提到的安全余量，-20分贝抵消+12分贝），这样最大量可用增益设定在8分贝，其高于以自适应滤波器的计算为基础的最大增益估计。

【0078】关于在第一实施例中提到安全余量，由于上述无关联的信号的假设可以提供保守的低的估计，所以在第二实施例中的安全余量可以设定在负值，例如-3分贝，这样M_{dB}=-23分贝。

【0079】进一步，由于声学反馈很少出现在低频带，所以根据实施例的对于那些频带，最大增益估计可以被忽略。

【0080】根据本发明的第三实施例，上面图4中所示的输入传感器Dir1、Dir2被全向性麦克风取代，这样，结合因数α将不再是标量，而是复数。因此，在结合器335的输出上所视的最大增益可以根据下式计算：

$$\max gain = -\left|\frac{X(j\omega)}{Y_0(j\omega)}\right|_{dB} = -\left|\frac{c_1X_1(j\omega) - c_2X_2(j\omega)}{Y_0(j\omega)}\right|_{dB} - M_{dB}(j\omega) \qquad (13)$$

【0081】这个实施例与第一实施例很相像，除了从信号处理器输入中减去反馈估计。关于这点，系统的操作类似于第二实施例，因此，根据第二实施例的阐述确定安全余量（M_{dB}）。

【0082】现在参考图7，其展示了根据未采用反馈抵消的本发明实施例的方法的流程图。在步骤710，麦克风输入信号被输入换能器转换为独立的音频信号。然后在步骤720根据混合比结合这些音频信号，从而形成具有定向特性的空间信号。混合比根据使用者的设定被调整，或者由自适应滤波器自适应地控制。在步骤730中，为每个麦克风分支估计进入输入换能器的声学反馈信号。在步骤740中，基于混合比和声学反馈信号得到最大量增益限制，其应该防止或者至少减小由于来自助听器的声学输出信号的声学反馈所产生的扰动声音。然后在步骤750中，通过应用调整到不超过最大量增益限制的增益来处理空间信号，从而形成听力损失补偿信号。在步骤760中，听力损失补偿信号被转换为声学输出信号，传到使用者耳中。

【0083】在这个实施例中，未执行反馈通路的估计。而是从估计的声学反

馈信号计算出每个反馈通路的特性。根据特定的实施例，在调试助听器使其适于特定的使用者的过程中（例如，在正常的调试期过程中）完成反馈通路的估计。然后计算出的衰减值被用于获得最大增益值，该最大增益值作为默认值或者保守的最大量增益限制存储在助听器中。因此，在助听器的正常的操作过程中，例如，通过改变定向特性对输入传感器信号的改变进行结合，根据步骤 740 通过使用这些存储的最大增益值能够计算相应的、改变的最大增益值。

【0084】上面阐述的特征的所有的适当结合都被认为是属于本发明的，即使没有明确地阐述它们的结合。

【0085】根据本发明实施例，在此阐述的听力系统可以在适合于同样目的的信号处理装置上实施，例如，数字信号处理器、包括场可编程门阵列（FPGA）的模拟/数字信号处理系统、标准的处理器或者专用信号处理器（ASSP 或者 ASIC）。明显地，技术人员所熟知的是，优选整个系统在单个数字部件中实施，即使一些部分可以以其他的方式实施。

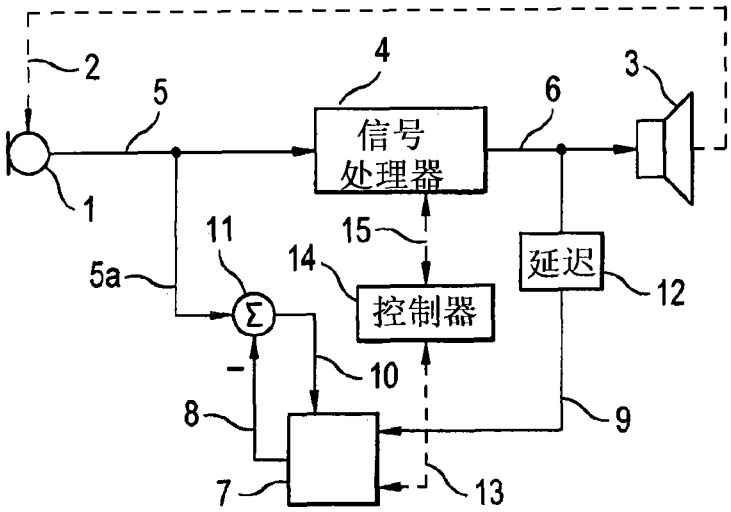
【0086】根据本发明实施例的助听器、方法和装置可以在任何适合的数字信号处理系统中实施。听觉矫治专家在调试期间也可以使用该助听器、方法和装置。根据本发明的方法也可以在计算机程序中实施，该计算机程序含有执行本文阐述的实施例的方法的可执行程序编码。如果使用客户-服务器环境，本发明实施例包含远程服务器计算机，其包含根据本发明的系统和执行本发明的方法的计算机程序。根据另一个实施例，提供类似计算机可读存储介质的计算机程序产品，例如，软盘、记忆棒、CD-ROM、DVD、闪存或者任何适当的存储介质，以便存储根据本发明的计算机程序。

【0087】根据进一步的实施例，程序编码可以存储在数字助听装置的内存或者计算机内存中，并由助听器装置本身或者与其中的 CPU 类似的处理单元、或者任何其他的适当的处理器或者执行根据阐述的实施例的方法的计算机来执行。

【0088】当提及空间信号时，指代相同的概念的术语空间滤波信号和定向信号也在本文使用，因此，如果在此未明确地另外陈述，则它们可以互换地使用，这对技术人员也是很显而易见的。

【0089】在发明的实施例中阐述和说明了本发明的原理，对本领域的技术

人员显而易见的是，在不偏离这些原理的情况下可以在布置和细节中修改本发明。在不偏离本发明的精神的情况下可以在本发明的范围内进行改变和修改，并且本发明包括所有这些改变和修改。


2
4
3
5
6
信号
处理器
1
11
15
14
延迟
5a
控制器
12
Σ
10
−
8
9
7
13

现有技术

图1

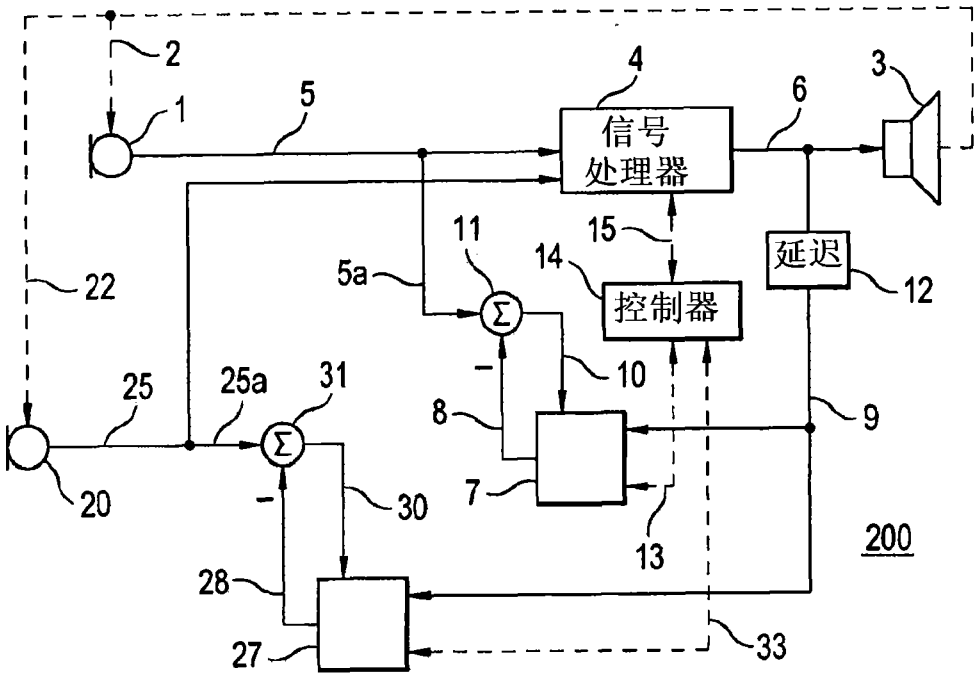

2
4
3
1
5
6
信号
处理器
11
15
5a
14
延迟
22
控制器
12
Σ
10
−
25
25a
31
8
9
20
Σ
30
7
200
13
28
27
33

图2

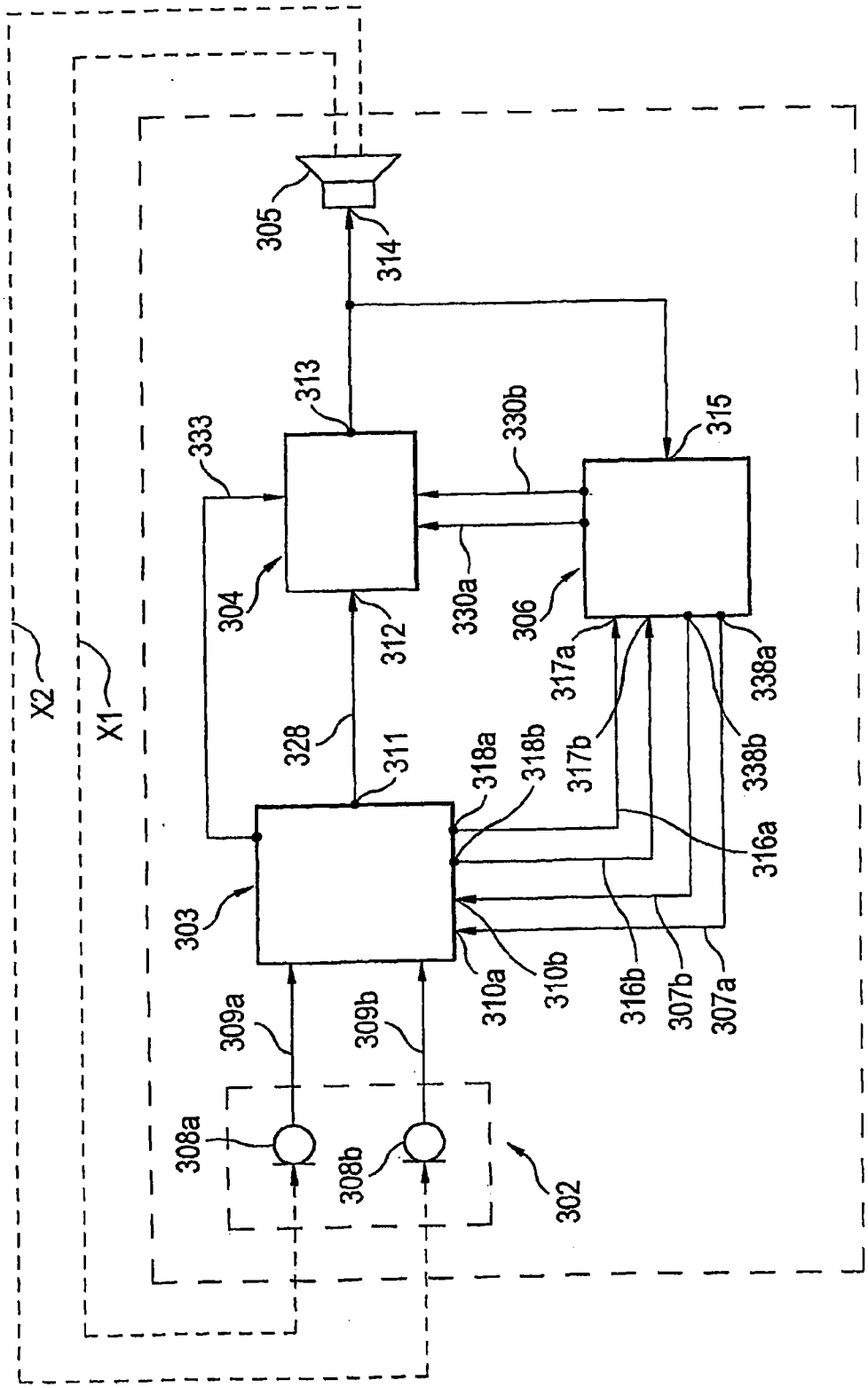

X2
X1
305
314
313
333
330b
315
304
312
330a
306
328
311
317a
338a
318a
318b
317b
338b
316a
303
310a
310b
316b
307b
307a
309a
309b
308a
308b
302
300

图3

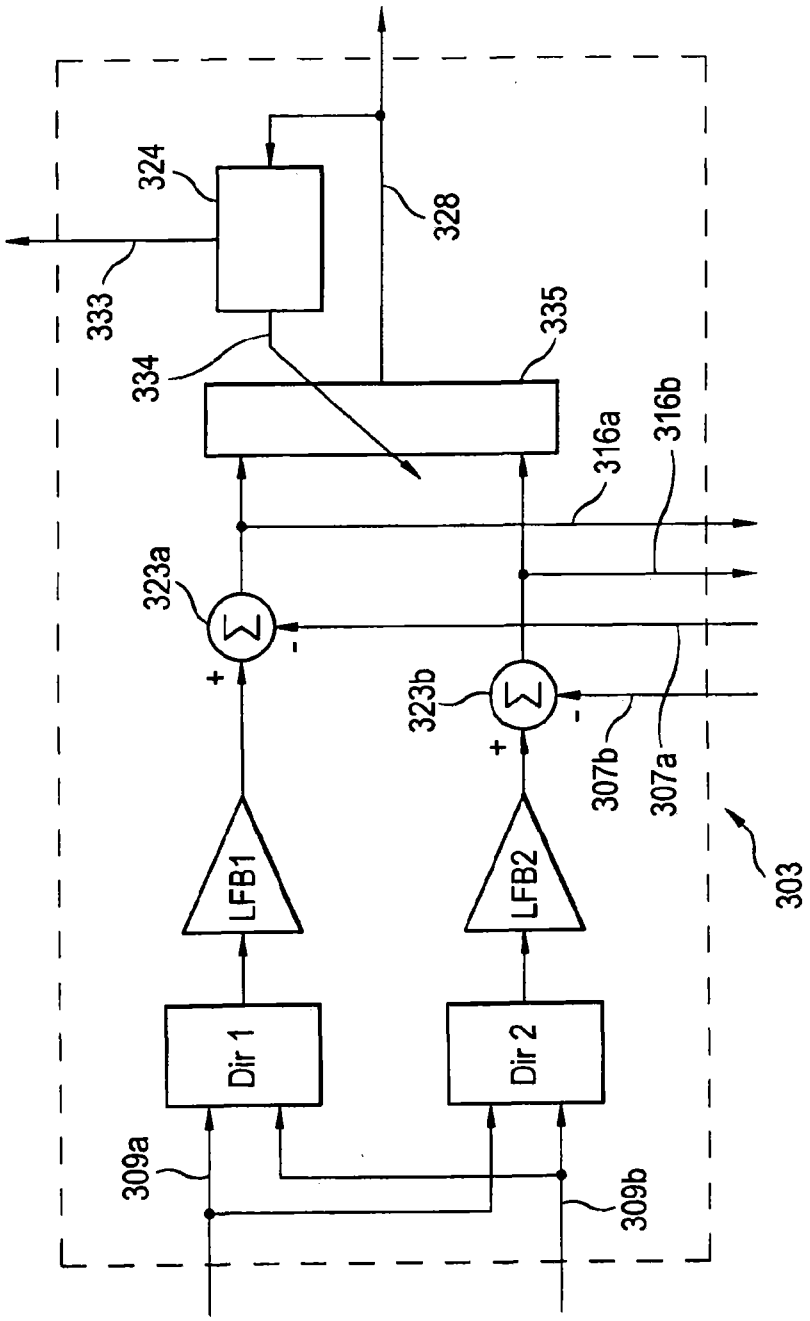

324
328
333
335
334
316a
316b
323a
323b
307b
307a
303
LFB1
LFB2
Dir 1
Dir 2
309a
309b

图4

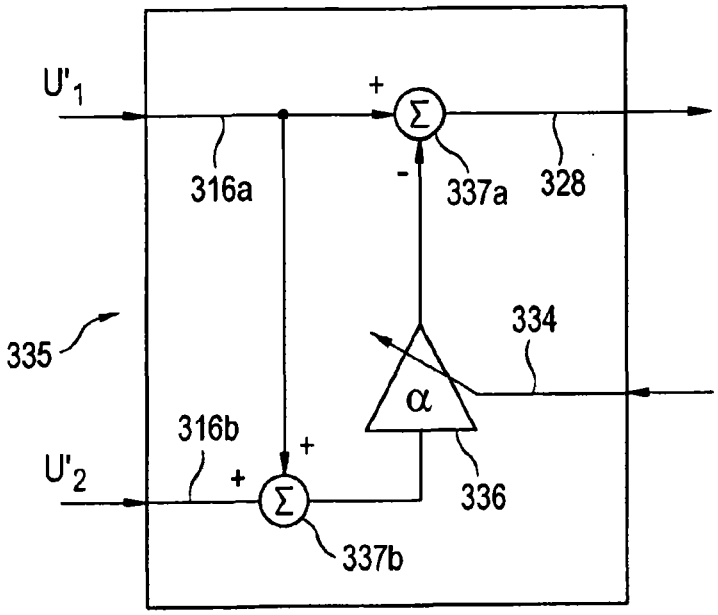

U'1
316a
+
Σ
-
337a
328
335
334
α
316b
U'2
+
+
Σ
336
337b

图5

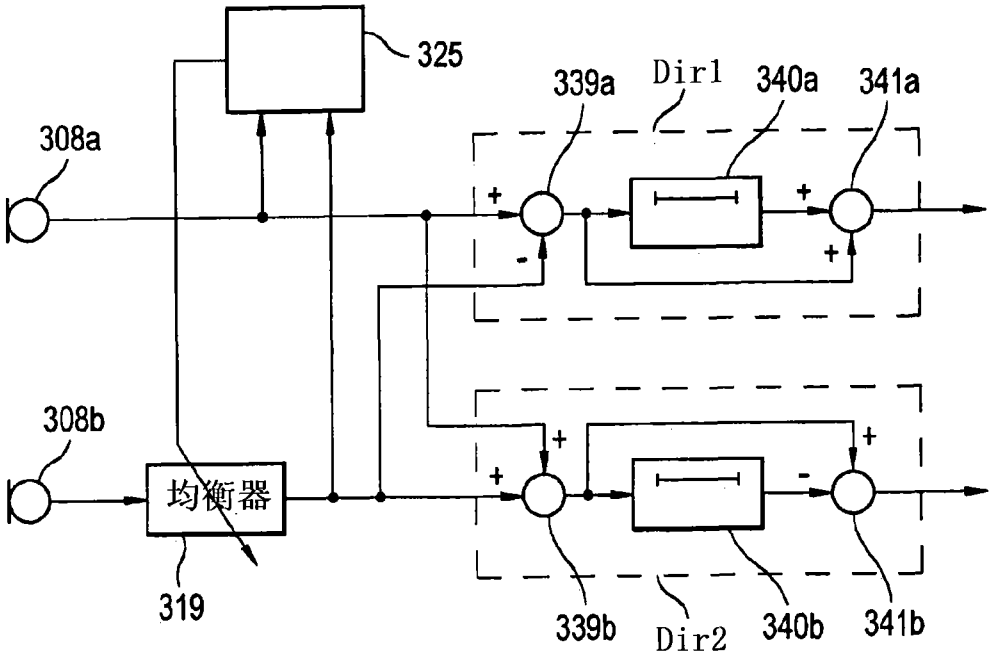

325
339a
Dir1
340a
341a
308a
+
+
-
+
308b
均衡器
+
+
+
-
319
339b
Dir2
340b
341b

图6

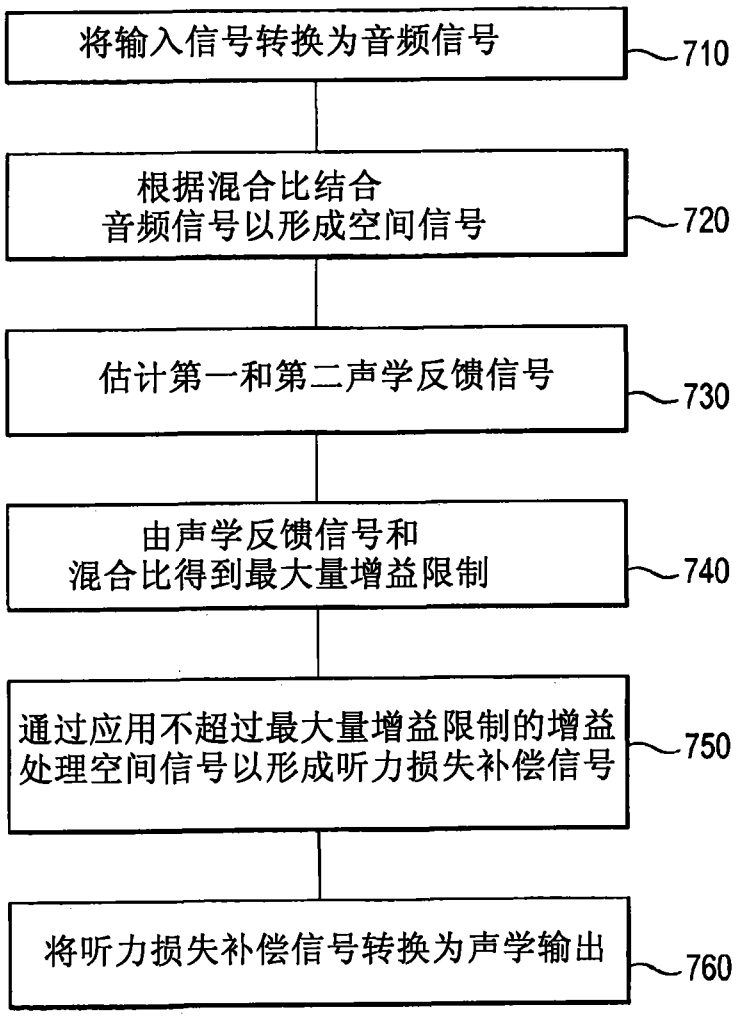

将输入信号转换为音频信号
710
根据混合比结合
音频信号以形成空间信号
720
估计第一和第二声学反馈信号
730
由声学反馈信号和
混合比得到最大量增益限制
740
通过应用不超过最大量增益限制的增益
处理空间信号以形成听力损失补偿信号
750
将听力损失补偿信号转换为声学输出
760

图7