(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109788420 B
(45)授权公告日 2022.02.18

(21)申请号 201811337872.1

(22)申请日 2018.11.12

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109788420 A

(43)申请公布日 2019.05.21

(30)优先权数据
17201658.6 2017.11.14 EP

(73)专利权人 大北欧听力公司
地址 丹麦,巴勒鲁普

(72)发明人 S•彼泽森 P•韦伯斯戴尔

(74)专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322
代理人 顾小曼

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

(56)对比文件
US 2009034765 A1,2009.02.05
EP 2242289 A1,2010.10.20
US 2010166198 A1,2010.07.01
CN 106937196 A,2017.07.07
CN 103458347 A,2013.12.18
CN 1832636 A,2006.09.13
US 2009074214 A1,2009.03.19
EP 1536667 A2,2005.06.01

审查员 游润

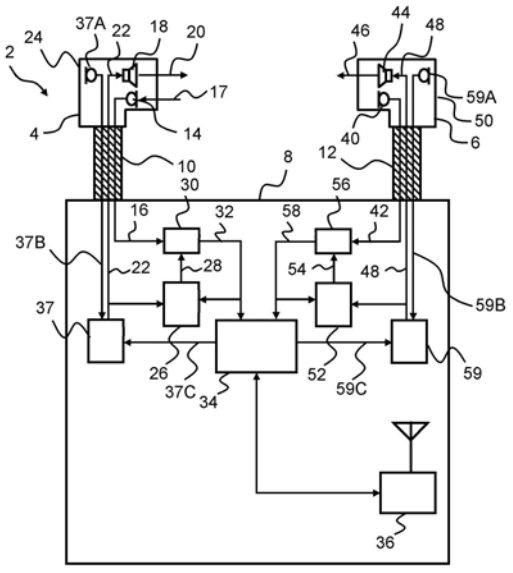
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54)发明名称

具有自身语音估计的听力保护系统及相关方法

(57)摘要

本公开提供听力保护系统和用于估计听力保护系统用户的语音信号的方法。听力保护系统包括:耳道麦克风,用于提供耳道输入信号;接收器,用于提供音频输出信号;补偿模块,用于接收并对耳道输出信号进行滤波以提供补偿信号;以及混频器,连接到耳道麦克风和补偿模块以提供语音信号,其中,补偿模块包括滤波器控制器、主滤波器和辅滤波器,其中,主滤波器是静态滤波器,其中,主滤波器的主滤波器系数是静态的,并且其中,辅滤波器是自适应滤波器,其中,辅滤波器的辅滤波器系数由滤波器控制器基于语音信号来控制。



CN 109788420 B

1.一种听力保护系统(2,2A),包括:

通信单元(34);

耳道麦克风(14),用于提供耳道输入信号(16);

接收器(18),用于基于耳道输出信号(22)提供音频输出信号(20),其中所述耳道输出信号(22)基于来自所述通信单元(34)的第一输出信号(37C);

补偿模块(26),用于接收并对所述耳道输出信号(22)进行滤波以提供补偿信号(28);以及

混频器(30),连接到所述耳道麦克风(14)和所述补偿模块(26),以基于所述耳道输入信号(16)和所述补偿信号(28)提供语音信号(32),

其中,所述补偿模块(26)包括滤波器控制器(60)、主滤波器(62)和辅滤波器(64),其中,所述主滤波器是静态滤波器,其中,所述主滤波器的主滤波器系数是静态的,并且其中,所述辅滤波器(64)是自适应滤波器,其中,所述辅滤波器的辅滤波器系数由所述滤波器控制器(60)基于所述语音信号(32)和来自所述主滤波器(62)的主滤波器输出信号来控制,所述滤波器控制器具有输入,该输入连接到所述主滤波器(62)以用于接收所述主滤波器输出信号作为所述滤波器控制器(60)的输入。

2.根据权利要求1所述的听力保护系统(2,2A),其中,所述主滤波器(62)是无限脉冲响应滤波器。

3.根据权利要求1至2中任一项所述的听力保护系统(2,2A),其中,所述辅滤波器(64)是有限脉冲响应滤波器。

4.根据权利要求1至2中任一项所述的听力保护系统(2,2A),其中,所述听力保护系统(2,2A)包括听力保护处理模块(37)和外部麦克风(37A),所述听力保护处理模块(37)连接到所述外部麦克风(37A)以从所述外部麦克风接收外部输入信号(37B),并且配置为基于所述外部输入信号提供外部输出信号,并且其中,所述耳道输出信号基于所述外部输出信号。

5.根据权利要求1至2中任一项所述的听力保护系统(2,2A),其中,所述主滤波器系数模拟所述接收器和所述耳道麦克风的电声特性。

6.根据权利要求1至2中任一项所述的听力保护系统(2,2A),其中,所述主滤波器系数模拟密封耳道的声学特性。

7.根据权利要求1至2中任一项所述的听力保护系统(2,2A),其中,所述主滤波器在从100Hz至500Hz范围内的第一频率范围内具有恒定的第一增益。

8.根据权利要求1至2中任一项所述的听力保护系统(2,2A),其中,所述主滤波器在从4kHz至8kHz范围内的第二频率范围内具有最大增益。

9.根据权利要求1至2中任一项所述的听力保护系统(2,2A),其中,所述主滤波器在从1kHz至2kHz范围内的第三频率范围内具有局部最小增益。

10.根据权利要求1至2中任一项所述的听力保护系统(2,2A),其中,所述主滤波器在从30Hz至50Hz范围内的第四频率范围内具有线性增加的增益。

11.根据权利要求1至2中任一项所述的听力保护系统(2,2A),其中,所述滤波器控制器包括配置为检测是否存在用户自身语音的自身语音检测器,并且其中,所述滤波器控制器配置为根据所述自身语音检测器检测到存在所述用户自身语音而停用所述辅滤波器系数的适配。

12.根据权利要求11所述的听力保护系统(2,2A),其中,所述滤波器控制器配置为根据所述自身语音检测器检测到不存在所述用户自身语音而启用所述辅滤波器系数的适配。

13.一种用于估计听力保护系统用户的语音信号的方法,所述方法包括:

基于耳道输出信号提供音频输出信号,其中所述耳道输出信号基于来自通信单元的第一输出信号;

利用耳道麦克风获得耳道输入信号;

基于所述耳道输出信号提供补偿信号;以及

基于所述耳道输入信号和所述补偿信号提供语音信号,

其中,提供补偿信号包括利用主滤波器和辅滤波器对所述耳道输出信号进行滤波,其中,所述主滤波器是静态滤波器,所述辅滤波器是自适应滤波器,以及

其中,提供补偿信号包括使用滤波器控制器基于所述语音信号和来自所述主滤波器的主滤波器输出信号适配所述辅滤波器的辅滤波器系数,所述滤波器控制器具有输入,该输入连接到所述主滤波器以用于接收所述主滤波器输出信号作为所述滤波器控制器的输入。

具有自身语音估计的听力保护系统及相关方法

技术领域

[0001] 本公开涉及听力保护系统和包括估计语音信号的方法的相关方法。

背景技术

[0002] 在嘈杂的环境中，可能期望用户保护他/她的听力，同时使用户能够经由无线通信与他人通信。进一步地，从环境声音和/或由听力保护系统的接收器播放的音频中拾取和分离用户自身的声音可能是有挑战性的。

发明内容

[0003] 因此，需要具有听力保护装置用户的用户语音信号的改进估计和/或检测的听力保护装置和方法。

[0004] 公开了一种听力保护系统，该听力保护系统包括：耳道麦克风，用于提供耳道输入信号；接收器，用于基于耳道输出信号提供音频输出信号；补偿模块，用于接收并对耳道输出信号进行滤波以提供补偿信号；以及混频器，连接到耳道麦克风和补偿模块，以用于基于耳道输入信号和补偿信号提供语音信号。该补偿模块包括滤波器控制器、主滤波器和辅滤波器。主滤波器可以是静态滤波器，其中，主滤波器的主滤波器系数是静态的。辅滤波器可以是自适应滤波器，其中，辅滤波器的辅滤波器系数由滤波器控制器例如基于语音信号来控制。

[0005] 进一步地，公开了一种用于估计听力保护系统用户的语音信号的方法，该方法包括：基于耳道输出信号提供音频输出信号；利用耳道麦克风获得耳道输入信号；基于耳道输出信号提供补偿信号；以及基于耳道输入信号和补偿信号提供语音信号。提供补偿信号可选地包括用主滤波器和辅滤波器对耳道输出信号进行滤波。主滤波器可以是静态滤波器，并且辅滤波器可以是自适应滤波器。

[0006] 本公开的优点在于，提供功率有效的自身语音估计，同时保持准确的自身语音估计。

[0007] 进一步地，本公开呈现了在保留更短滤波器长度的同时更准确地估计用户自身语音的方法、系统和装置。

[0008] 本公开的优点在于，对包括接收器、耳道麦克风和声学耳朵响应的重放路径的响应进行精确建模。进一步地，重要的优点在于，即使对于同一用户，自身语音估计也可以处理随时间而改变的变化的或不同的操作条件。

[0009] 进一步地，静态主滤波器和自适应辅滤波器的组合降低或消除了自适应滤波器中数值饱和的风险，这又意味着更少的计算和更简单的自适应滤波器。

[0010] 本公开的优点在于，由于分接头数量减少，自适应滤波器收敛更快。因此，提供更快的自身语音估计。

附图说明

[0011] 通过参考附图对本发明的示例性实施例的以下详细描述，本发明的上述和其他特征和优点对于本领域技术人员来说将变得显而易见，其中：

[0012] 图1示意性地示出根据本公开的示例性听力保护装置，

[0013] 图2示意性地示出示例性补偿模块，

[0014] 图3示意性地示出示例性补偿模块，

[0015] 图4是根据本公开的示例性方法的流程图，

[0016] 图5示出没有静态滤波器的自适应滤波器响应，以及

[0017] 图6示出与静态滤波器组合的自适应滤波器响应。

[0018] 图7示出具有基于单个耳道输入信号进行自身语音估计的示例性听力保护系统。

具体实施方式

[0019] 在下文参考相关附图描述各种示例性实施例和细节。应该注意的是，附图可以按比例绘制，也可以不按比例绘制，并且在所有附图中，相似结构或功能的元件由相似的附图标记表示。还应该注意的是，附图仅旨在便于实施例的描述。它们不旨在作为本发明的详尽描述或作为对本发明范围的限制。此外，所示实施例不需要具有所示的所有方面或优点。结合特定实施例描述的方面或优点不一定局限于该实施例，并且即使没有如此示出，或者如果未如此明确描述，也可以在任何其他实施例中实践。

[0020] 公开了一种听力保护系统。该听力保护系统包括处理装置和包括第一耳机和/或第二耳机的一个或多个耳机。处理装置可选地有线连接到第一耳机和第二耳机。处理装置可以配置为佩戴在用户的身体上，例如躯干、手臂或腿部。处理装置可以配置为附接到头盔或集成在头盔中。

[0021] 诸如第一耳机和/或第二耳机的耳机包括耳机壳体。耳机壳体可以配置为定位在用户的耳朵中，诸如外耳和耳道中。耳机壳体可选地包括耳道部分和外耳部分。耳道部分沿着耳道轴线延伸，耳道部分具有第一端。当耳机插入用户的耳朵中时，耳道部分的第一端指向用户的耳膜。耳道开口可以布置在耳道部分的第一端。耳道开口允许声音离开/进入耳机壳体。多个耳道开口可以设置在耳机壳体中，例如以分离接收器声音和耳道麦克风声音。耳机的耳道开口可以分别具有0.5mm至3mm范围内的直径。相同或不同的直径可以应用于不同的耳道开口。耳道部分可以具有2mm至20mm范围内的长度(沿耳道轴线测量)。在一个或多个示例性耳机中，耳道部分具有3mm至15mm范围内的长度。因此，用户的耳道壁可以用于将耳机固定在耳道中和/或可以在耳道内表面上的鼓膜附近密封耳道。耳机可以是听力保护器。因此，诸如第一耳机和/或第二耳机的耳机可以包括保护元件，例如用于在耳道壁和耳道部分之间形成密封(当插入用户的耳道中时)。保护元件可以由泡沫聚合物制成或包括泡沫聚合物。保护元件可以包围耳道部分。保护元件可以具有至少2mm的长度(沿耳道轴线延伸)。

[0022] 听力保护系统包括耳道麦克风，例如第一耳道麦克风，用于提供(第一)耳道输入信号。耳道麦克风可选地配置为经由耳机壳体中的耳道开口检测耳道音频或声音。在一个或多个示例性听力保护系统中，听力保护系统包括第一耳道麦克风和/或第二耳道麦克风，以用于提供相应的第一耳道输入信号和第二耳道输入信号。耳道麦克风可以布置在耳机的耳机壳体中。例如，第一耳道麦克风布置在第一耳机的第一耳机壳体中，第二耳道麦克风布

置在第二耳机的第二耳机壳体中。第一耳机可以配置为用于用户的左耳，第二耳机可以配置为用于用户的右耳，反之亦然。

[0023] 听力保护系统包括接收器，例如第一接收器，用于基于(第一)耳道输出信号提供(第一)音频输出信号。在一个或多个示例性听力保护系统中，听力保护系统包括第一接收器和/或第二接收器，用于基于相应的第一耳道输出信号和第二耳道输出信号提供相应的第一音频输出信号和第二音频输出信号。例如，第一接收器布置在第一耳机的第一耳机壳体中，和/或第二耳道麦克风布置在第二耳机的第二耳机壳体中。接收器可以经由耳道部分中的耳道开口或者经由耳道部分中的输出端口提供音频输出信号。

[0024] 听力保护系统包括用于接收并对(第一)耳道输出信号进行滤波以提供(第一)补偿信号的补偿模块。补偿模块可以布置在听力保护系统的处理装置中。补偿模块可以用于接收并对第二耳道输出信号进行滤波以提供第二补偿信号。

[0025] 听力保护系统包括(第一)混频器。该(第一)混频器连接到(第一)耳道麦克风和补偿模块，以基于(第一)耳道输入信号和(第一)补偿信号提供(第一)语音信号。听力保护系统可以包括第二混频器。第二混频器可以连接到第二耳道麦克风和补偿模块，以基于第二耳道输入信号和第二补偿信号提供第二语音信号。第一混频器和/或第二混频器可以布置在听力保护系统的处理装置中。混频器可以配置为从耳道输入信号中减去补偿信号。例如，第一混频器可以配置为从第一耳道输入信号中减去第一补偿信号。第二混频器可以配置为从第二耳道输入信号中减去第二补偿信号。

[0026] 听力保护系统可以包括通信单元和无线收发器单元。通信单元可以配置为用于经由无线收发器单元处理和/或传输第一和/或第二语音信号。通信单元可以配置为用于经由无线收发器单元接收和/或处理通信信号。

[0027] 补偿模块可以包括(第一)滤波器控制器、(第一)主滤波器和(第一)辅滤波器。(第一)主滤波器可以是静态滤波器，其中，(第一)主滤波器的(第一)主滤波器系数是静态的。(第一)辅滤波器可以是自适应滤波器，例如其中，(第一)辅滤波器的(第一)辅滤波器系数由(第一)滤波器控制器基于来自(第一)主滤波器的(第一)主滤波器输出信号和/或语音信号来控制。(第一)滤波器控制器具有输入，其中，该输入可以连接到(第一)混频器，以用于接收(第一)语音信号作为(第一)滤波器控制器的输入。(第一)滤波器控制器具有输入，其中，该输入可以连接到(第一)主滤波器，以用于接收(第一)主滤波器输出信号作为(第一)滤波器控制器的输入。

[0028] (第一)滤波器控制器可以包括配置为检测是否存在用户自身语音的自身语音检测器。(第一)滤波器控制器可以配置为根据自身语音检测器检测到存在用户自身语音而放弃、停止或停用(第一)辅滤波器系数的适配。(第一)滤波器控制器可以配置为根据自身语音检测器检测到不存在用户自身语音而开始或启用(第一)辅滤波器系数的适配。因此，避免或至少减少对用户自身语音的适配，进一步改善自身语音估计和功率效率。改进的自身语音估计的另一个优点是减少当启用直通(hear-thru)路径时可能存在的语音信号中的梳状滤波效应。

[0029] (第一)滤波器控制器可以配置为确定是否满足滤波器适配标准。(第一)滤波器控制器可以配置为根据满足滤波器适配标准而开始或启用(第一)辅滤波器系数的适配。(第一)滤波器控制器可以配置为根据不满足滤波器适配标准而放弃、停止或停用(第一)辅滤

波器系数的适配。确定是否满足滤波器适配标准可以包括确定来自通信单元的第一输出信号和/或第一耳道输入信号(或第一补偿信号)是否包括音调输入(例如,指示音调内容的音调参数是否大于音调阈值),并且其中,如果来自通信单元的第一输出信号和/或第一耳道输入信号(或第一补偿信号)包括音调输入,则不满足滤波器适配标准。

[0030] 补偿模块可以包括第二滤波器控制器、第二主滤波器和第二辅滤波器。第二主滤波器可以是静态滤波器,其中,第二主滤波器的第二主滤波器系数是静态的。第二辅滤波器可以是自适应滤波器,例如其中,第二辅滤波器的第二辅滤波器系数由第二滤波器控制器基于来自第二主滤波器的第二主滤波器输出信号和/或语音信号来控制。第二滤波器控制器具有输入,其中,该输入可以连接到第二混频器,以用于接收第二语音信号作为第二滤波器控制器的输入。第二滤波器控制器具有输入,其中,该输入可以连接到第二主滤波器,以用于接收第二主滤波器输出信号作为第二滤波器控制器的输入。

[0031] 第二滤波器控制器可以包括配置为检测是否存在用户自身语音的自身语音检测器。第二滤波器控制器可以配置为根据自身语音检测器检测到存在用户自身语音而放弃、停止或停用第二辅滤波器系数的适配。第二滤波器控制器可以配置为根据自身语音检测器检测到不存在用户自身语音而开始或启用第二辅滤波器系数的适配。

[0032] 第二滤波器控制器可以配置为确定是否满足滤波器适配标准。第二滤波器控制器可以配置为根据满足滤波器适配标准而开始或启用第二辅滤波器系数的适配。第二滤波器控制器可以配置为根据不满足滤波器适配标准而放弃、停止或停用第二辅滤波器系数的适配。确定是否满足滤波器适配标准可以包括确定来自通信单元的第二输出信号和/或第二耳道输入信号(或第二补偿信号)是否包括音调输入(例如,指示音调内容的音调参数是否大于音调阈值),并且其中,如果来自通信单元的第二输出信号和/或第二耳道输入信号(或第二补偿信号)包括音调输入,则不满足滤波器适配标准。

[0033] 补偿模块中的静态滤波器和自适应滤波器的组合提供了重放模型的增加的精度,并且因此提供了改进的和/或更快的自身语音估计,同时在第一滤波器和/或自适应辅滤波器中使用更少的系数,进而改善(减少)功耗。

[0034] 进一步地,本公开允许降低自适应辅滤波器中的增益,因为只需要对主滤波器和重放传递函数之间的差异建模,从而简化自适应辅滤波器的实时操作。

[0035] 进一步地,补偿模块中静态滤波器和自适应滤波器的组合提供了检测自适应辅滤波器中降低的低频增益的能力,这可以获得对较差耳机密封的改进检测。

[0036] 诸如第一主滤波器和/或第二主滤波器的主滤波器可以是无限脉冲响应(IIR)滤波器。主滤波器可以是N阶,例如其中N是3至15范围内(诸如4至10范围内)的整数,例如6或8。主滤波器的IIR实施方式是有利的,因为IIR滤波器能够使用更少的系数/更低的阶数来表示重放路径(接收器、耳道麦克风和/或耳道的声学特性)的共同特征。

[0037] (第一)主滤波器系数可以模拟(第一)接收器和/或(第一)耳道麦克风的电声特性。第二主滤波器系数可以模拟第二接收器和/或第二耳道麦克风的电声特性。

[0038] (第一)主滤波器系数可以模拟耳道(诸如密封的耳道)的声学特性。第二主滤波器系数可以模拟耳道(诸如密封的耳道)的声学特性。

[0039] 诸如第一主滤波器和/或第二主滤波器的主滤波器可以在第一频率范围内具有恒定的第一增益或基本恒定的第一增益(±0.5dB)。第一频率范围可以从100Hz到500Hz。

[0040] 诸如第一主滤波器和/或第二主滤波器的主滤波器可以在第二频率范围内具有最大增益。第二频率范围可以与第一频率范围分开。第二频率范围可以从4kHz到8kHz。

[0041] 诸如第一主滤波器和/或第二主滤波器的主滤波器可以在第三频率范围内具有局部最小增益。第三频率范围可以与第一频率范围分开。第三频率范围可以与第二频率范围分开。第三频率范围可以从1kHz到2kHz。

[0042] 诸如第一主滤波器和/或第二主滤波器的主滤波器可以在30Hz至50Hz范围内的第四频率范围内具有线性增加的增益。

[0043] 诸如第一辅滤波器和/或第二辅滤波器的辅滤波器可以是有限脉冲响应(FIR)滤波器。例如第一辅滤波器和/或第二辅滤波器的辅分接头/辅系数的数量可以小于40，诸如在20到38的范围内。

[0044] 听力保护系统可以包括听力保护处理模块和(第一)外部麦克风。听力保护处理模块可以连接到(第一)外部麦克风，以用于从(第一)外部麦克风接收(第一)外部输入信号，并且配置为基于(第一)外部输入信号提供(第一)输出信号。(第一)耳道输出信号可以基于(第一)外部输出信号。听力保护处理模块可以布置在听力保护系统的处理装置中。第一外部麦克风可以布置在第一耳机的第一耳机壳体中。外部麦克风布置在耳机的耳机壳体中，并且配置为拾取外部或周围的声音。

[0045] 听力保护系统可以包括第二外部麦克风。听力保护处理模块可以连接到第二外部麦克风，以用于从第二外部麦克风接收第二外部输入信号，并且配置为基于第二外部输入信号提供第二外部输出信号。第二耳道输出信号可以基于第二外部输出信号。第二外部麦克风可以布置在第二耳机的第二耳机壳体中。

[0046] 还公开了用于估计听力保护系统用户的语音信号的方法。该方法包括例如在将耳机的接收器插入用户耳道中的情况下，基于耳道输出信号提供音频输出信号。耳机可以密封、遮蔽或关闭耳道。换言之，耳机可以将外部声音衰减至少10dB。该方法包括例如利用插入用户耳道中的耳机的耳道麦克风获得耳道输入信号。该方法包括例如利用本文所述的补偿模块基于耳道输出信号提供补偿信号。该方法包括基于耳道输入信号和补偿信号提供语音信号。提供补偿信号包括利用主滤波器(例如，如本文所公开的)和辅滤波器(例如，如本文所公开的)对耳道输出信号进行滤波，其中，第一滤波器可选地是静态滤波器和/或第二滤波器可选地是自适应滤波器。提供补偿信号可以包括基于语音信号适配辅滤波器的辅滤波器系数。提供补偿信号可以包括检测用户自身语音的存在，并且如果检测到用户的自身语音，则可选地放弃、停止或停用辅滤波器的辅滤波器系数的适配。在一个或多个示例性方法中，例如，如果语音信号参数大于第一阈值，则基于语音信号检测到用户自身语音的存在。提供补偿信号可以包括例如基于语音信号确定是否满足适配标准，并且如果满足适配标准，则可选地基于语音信号适配辅滤波器的辅滤波器系数。如果例如利用自身语音检测器没有检测到用户的自身语音，则可以满足适配标准。

[0047] 提供补偿信号包括利用主滤波器和辅滤波器对耳道输出信号进行滤波，以获得也被称为补偿信号的辅滤波器输出信号。提供补偿信号可以包括基于辅滤波器输出信号/补偿语音信号适配辅滤波器的辅滤波器系数。

[0048] 该方法或其至少一部分可以由本文公开的听力保护系统执行。

[0049] 图1示意性地示出包括第一耳机4、第二耳机6和处理装置8的示例性听力保护系统

2。第一耳机4通过第一线缆10连接到处理装置，第二耳机6通过第二线缆12连接到处理装置8。

[0050] 听力保护系统2包括耳道麦克风(第一耳道麦克风14)，以用于基于由第一耳道麦克风14检测到的第一耳道音频17提供耳道输入信号(第一耳道输入信号16)。听力保护系统2包括接收器(第一接收器18)，以用于基于耳道输出信号(第一耳道输出信号22)提供音频输出信号(第一音频输出信号20)。第一耳道麦克风14和第一接收器18布置在第一耳机4的第一耳机壳体24中。

[0051] 听力保护系统2包括用于接收并对耳道输出信号(第一耳道输出信号22)进行滤波以提供补偿信号(第一补偿信号28)的补偿模块(第一补偿模块26)。

[0052] 听力保护系统2包括连接到耳道麦克风(第一耳道麦克风14)和补偿模块(第一补偿模块26)的混频器(第一混频器30)，以用于基于耳道输入信号(第一耳道输入信号16)和补偿信号(第一补偿信号28)提供语音信号(第一语音信号32)。语音信号(第一语音信号32)被馈送到通信单元34，以用于经由配置为接收和/或发送无线信号的无线收发器单元36进一步处理和/或传输。

[0053] 听力保护系统2包括第一听力保护处理模块37和第一外部麦克风37A。第一听力保护处理模块37布置在处理装置8中，第一外部麦克风37A布置在第一耳机壳体24中。第一听力保护处理模块37连接到第一外部麦克风37A，以用于从第一外部麦克风37A接收第一外部输入信号37B，并且配置为基于第一外部输入信号37B提供第一外部输出信号。第一耳道输出信号22可以基于第一外部输出信号37B和/或来自通信单元34的第一输出信号37C。第一耳道输出信号22可以是第一外部输出信号37B和来自通信单元34的第一输出信号37C的和。

[0054] 听力保护系统2包括第二耳道麦克风40，以用于基于由第二耳道麦克风40检测到的第二耳道音频43提供第二耳道输入信号42。听力保护系统2包括第二接收器44，以用于基于第二耳道输出信号48提供第二音频输出信号46。第二耳道麦克风40和第二接收器44布置在第二耳机6的第二耳机壳体50中。

[0055] 听力保护系统2包括用于接收并对第二耳道输出信号48进行滤波以提供第二补偿信号54的第二补偿模块52。

[0056] 听力保护系统2包括连接到第二耳道麦克风40和第二补偿模块52的第二混频器56，以用于基于第二耳道输入信号42和第二补偿信号54提供第二语音信号58。第二语音信号58被馈送到通信单元34，以用于经由配置为接收和/或发送无线信号的无线收发器单元36进一步处理和/或传输。

[0057] 听力保护系统2可选地包括第二听力保护处理模块59和第二外部麦克风59A。第二听力保护处理模块59布置在处理装置8中，第二外部麦克风59A布置在第二耳机壳体50中。第二听力保护处理模块59连接到第二外部麦克风59A，以用于从第二外部麦克风59A接收第二外部输入信号59B，并且配置为基于第二外部输入信号59B提供第二外部输出信号。第二耳道输出信号48可以基于第二外部输出信号59B和/或来自通信单元34的第二输出信号59C。第二耳道输出信号48可以是第二外部输出信号59B和来自通信单元34的第二输出信号59C的和。第一听力保护处理模块37和第二听力保护处理模块59可以嵌入单个听力保护处理模块中或者嵌入通信单元34中。

[0058] 图2是例如用作第一补偿模块的示例性补偿模块的框图。(第一)补偿模块26包括

第一滤波器控制器60、第一主滤波器62和第一辅滤波器64。第一滤波器控制器60接收第一语音信号32和第一补偿信号28。第一主滤波器62接收并对第一耳道输出信号22滤波，并且将主滤波器输出信号65馈送到第一辅滤波器64和第一滤波器控制器60。第一辅滤波器64根据来自第一滤波器控制器60的第一控制信号65A对主滤波器输出信号65进行滤波，并且馈送辅滤波器输出信号65B作为自第一补偿模块的输出(第一补偿信号28)。第一控制信号65A设定或控制第一辅滤波器64的辅滤波器系数。第一主滤波器62是静态无限脉冲响应(IIR)滤波器，其中，第一主滤波器62的主滤波器系数是静态的。第一辅滤波器64是自适应有限脉冲响应(FIR)滤波器。IIR滤波器和FIR滤波器的组合提供功率效率和对耳道响应的改进建模。第一辅滤波器64的辅滤波器系数由第一滤波器控制器60基于第一语音信号32和来自第一主滤波器62的主滤波器输出信号65来控制。

[0059] 图3是例如用作第二补偿模块的示例性补偿模块的框图。第二补偿模块52包括第二滤波器控制器66、第二主滤波器68和第二辅滤波器70。第二滤波器控制器66接收第二语音信号58和第二补偿信号54。第二主滤波器68接收并对第二耳道输出信号48进行滤波，并且将主滤波器输出信号65馈送到第二辅滤波器70和第二滤波器控制器66。第二辅滤波器70根据来自第二滤波器控制器66的第二控制信号72对主滤波器输出信号65进行滤波，并且馈送辅滤波器输出信号65B作为自第二补偿模块的输出(第二补偿信号54)。第二控制信号72设定或控制第二辅滤波器70的辅滤波器系数。第二主滤波器68是静态无限脉冲响应(IIR)滤波器，其中，第二主滤波器68的主滤波器系数是静态的。第二辅滤波器70是自适应有限脉冲响应(FIR)滤波器。IIR滤波器和FIR滤波器的组合提供功率效率和对耳道响应的改进建模。第二辅滤波器70的辅滤波器系数由第二滤波器控制器66基于第二语音信号58和来自第二主滤波器68的主滤波器输出信号65来控制。

[0060] 图4示出用于估计听力保护系统用户的语音信号的示例性方法100的流程图，该方法100包括基于耳道输出信号(例如第一耳道输出信号22)提供(102)音频输出信号(例如第一音频输出信号20)。该方法100包括利用耳道麦克风(例如第一耳道麦克风14)获得(104)耳道输入信号(例如第一耳道输入信号16)，并且基于耳道输出信号(例如第一耳道输出信号22)提供(106)补偿信号(例如第一补偿信号28)。进一步地，该方法100包括基于耳道输入信号和补偿信号(例如第一耳道输入信号16和第一补偿信号28)提供(108)语音信号(例如第一语音信号32)。在方法100中，提供(108)补偿信号可选地包括利用主滤波器(例如第一主滤波器62)和辅滤波器(例如第一辅滤波器64)对耳道输出信号(例如第一耳道输出信号22)进行滤波(110)。主滤波器(例如第一主滤波器62)是静态滤波器，辅滤波器(例如第一辅滤波器64)是自适应滤波器。在方法100中，提供(108)补偿信号可选地包括例如基于语音信号确定是否满足适配标准(例如没有检测到自身语音)，如果满足适配标准，则例如基于语音信号来适配辅滤波器的辅滤波器系数。

[0061] 获得(104)耳道输入信号可以包括利用第二耳道麦克风40获得第二耳道输入信号42。提供(106)补偿信号可以包括基于第二耳道输出信号48提供第二补偿信号54。提供(108)语音信号可以包括基于第二耳道输入信号42和第二补偿信号54提供第二语音信号58。在方法100中，对耳道输出信号进行滤波(110)可以包括利用第二主滤波器68和第二辅滤波器70对第二耳道输出信号48进行滤波。第二主滤波器68是静态滤波器，第二辅滤波器70是自适应滤波器。

[0062] 图5示出42-系数典型自适应滤波器模拟耳朵响应(没有静态滤波器)的结果。自适应滤波器的性能在低频(小于500Hz)下较差,其中在100Hz下,自适应滤波器响应82(耳道模型)和耳道响应80(实际耳道)之间的差异大于5dB。

[0063] 图6示出具有静态滤波器(静态滤波器响应86)的32-系数自适应滤波器(自适应滤波器响应84)模拟耳道响应80(与图5中相同)的结果。自适应滤波器(例如第一辅滤波器)和静态滤波器(例如第一辅滤波器)的组合响应88示出对耳道响应80的改进拟合,特别是在低频处。进一步地,自适应辅滤波器在高频下具有低增益。进一步地,自适应辅滤波器的增益变化相对较小,至少达到8kHz。

[0064] 图7示出具有基于单个耳道输入信号(第一耳道输入信号16)进行自身语音估计的示例性听力保护系统2A。

[0065] 词语“第一”、“第二”、“第三”和“第四”、“主”、“辅”、“第三”等的使用并不意味着任何特定的顺序,而是被包括以标识单个元素。此外,词语“第一”、“第二”、“第三”和“第四”、“主”、“辅”、“第三”等的使用并不表示任何顺序或重要性,而是词语“第一”、“第二”、“第三”和“第四”、“主”、“辅”、“第三”等用于将一个元素与另一个元素区分开。注意到,词语“第一”、“第二”、“第三”和“第四”、“主”、“辅”、“第三”等在此处和其它地方仅用于标记目的,并不旨在表示任何特定的空间或时间顺序。而且,第一元素的标记并不意味着第二元素的存在,反之亦然。

[0066] 尽管已经示出和描述了特定的特征,但是应当理解,它们并不旨在限制所要求保护的发明,并且对于本领域的技术人员来说显而易见的是,在不脱离所要求保护的发明的精神和范围的情况下,可以进行各种改变和修改。因此,说明书和附图被认为是说明性的而非限制性的。要求保护的发明旨在涵盖所有替换、修改和等同物。

[0067] 附图标记说明

[0068] 2、2A:听力保护系统

[0069] 4:第一耳机

[0070] 6:第二耳机

[0071] 8:处理装置

[0072] 10:第一线缆

[0073] 12:第二线缆

[0074] 14:第一耳道麦克风

[0075] 16:第一耳道输入信号

[0076] 17:第一耳道音频

[0077] 18:第一接收器

[0078] 20:第一音频输出信号

[0079] 22:第一耳道输出信号

[0080] 24:第一耳机壳体

[0081] 26:第一补偿模块

[0082] 28:第一补偿信号

[0083] 30:第一混频器

[0084] 32:第一语音信号

[0085] 34:通信单元

[0086] 36:无线收发器单元

[0087] 37:第一听力保护处理模块

[0088] 37A:第一外部麦克风

[0089] 37B:第一外部输入信号

[0090] 37C:来自通信单元的第一输出信号

[0091] 40:第二耳道麦克风

[0092] 42:第二耳道输入信号

[0093] 43:第二耳道音频

[0094] 44:第二接收器

[0095] 46:第二音频输出信号

[0096] 48:第二耳道输出信号

[0097] 50:第二耳机壳体

[0098] 52:第二补偿模块

[0099] 54:第二补偿信号

[0100] 56:第二混频器

[0101] 58:第二语音信号

[0102] 59:第二听力保护处理模块

[0103] 59A:第二外部麦克风

[0104] 59B:第二外部输入信号

[0105] 59C:来自通信单元的第二输出信号

[0106] 60:第一滤波器控制器

[0107] 62:第一主滤波器

[0108] 64:第一辅滤波器

[0109] 65:主滤波器输出信号

[0110] 65A:第一控制信号

[0111] 65B:辅滤波器输出信号

[0112] 66:第二滤波器控制器

[0113] 68:第二主滤波器

[0114] 70:第二辅滤波器

[0115] 72:第二控制信号

[0116] 80:耳道响应

[0117] 82:自适应滤波器响应

[0118] 84:自适应滤波器响应

[0119] 86:静态滤波器响应

[0120] 88:自适应滤波器响应和静态滤波器响应的组合响应

[0121] 100:用于估计听力保护系统用户的语音信号的方法

[0122] 102:基于耳道输出信号提供音频输出信号

[0123] 104:利用耳道麦克风获得耳道输入信号

[0124] 106:基于耳道输出信号提供补偿信号

[0125] 108:基于耳道输入信号和补偿信号提供语音信号

[0126] 110:利用主滤波器和辅滤波器对耳道输出信号进行滤波

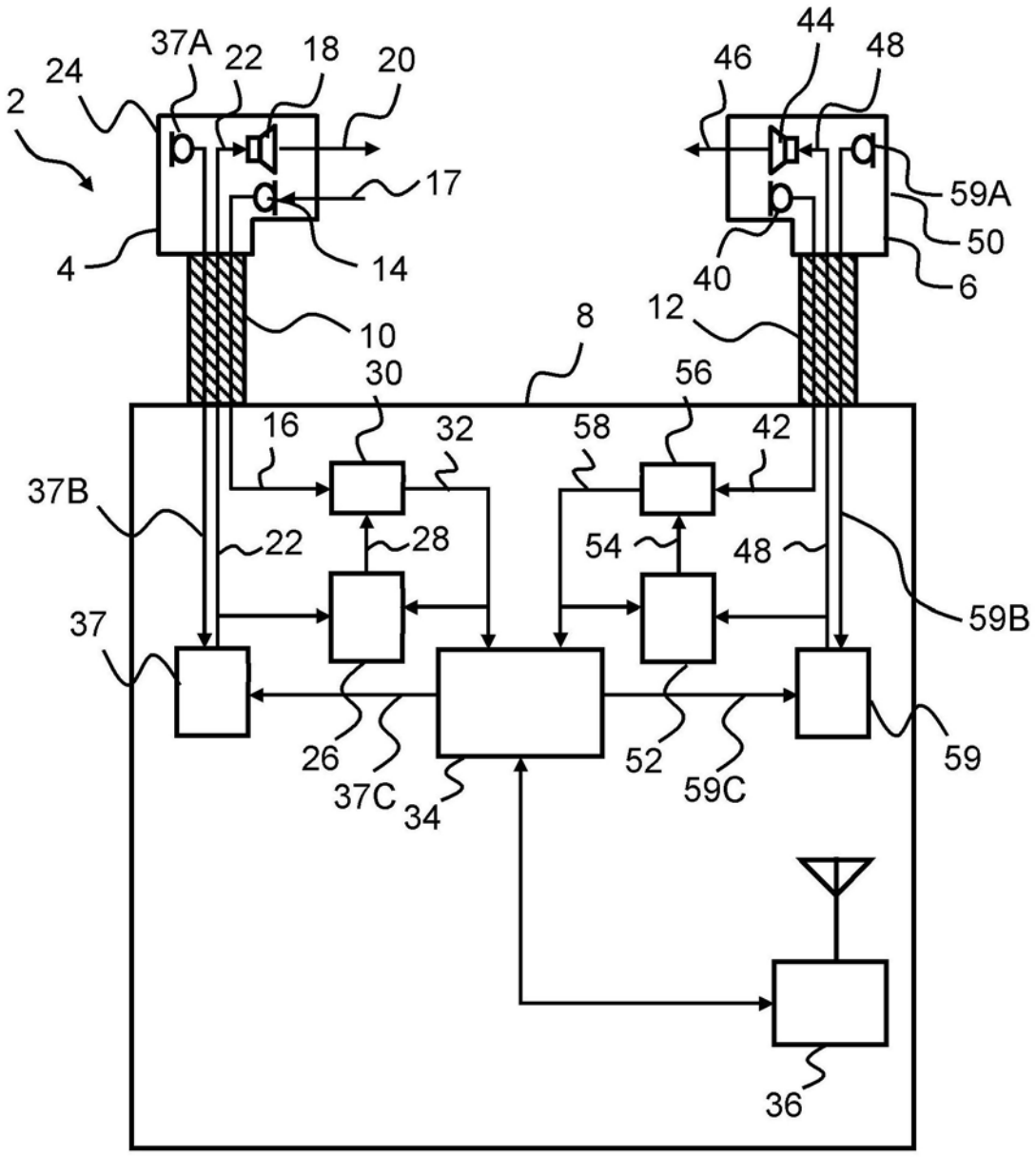

37A
22
18
20
24
2
17
4
14
10
44
46
48
59A
50
6
40
12
8
30
56
16
32
58
42
37B
22
28
54
48
59B
37
26
37C
34
52
59C
59
36

图1

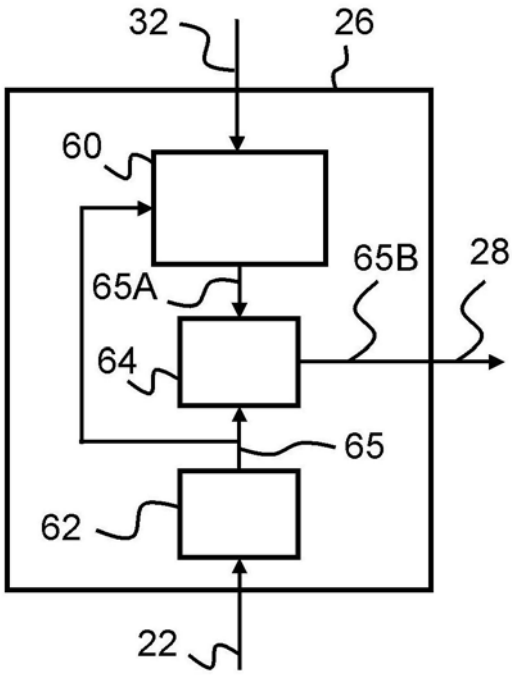


图2

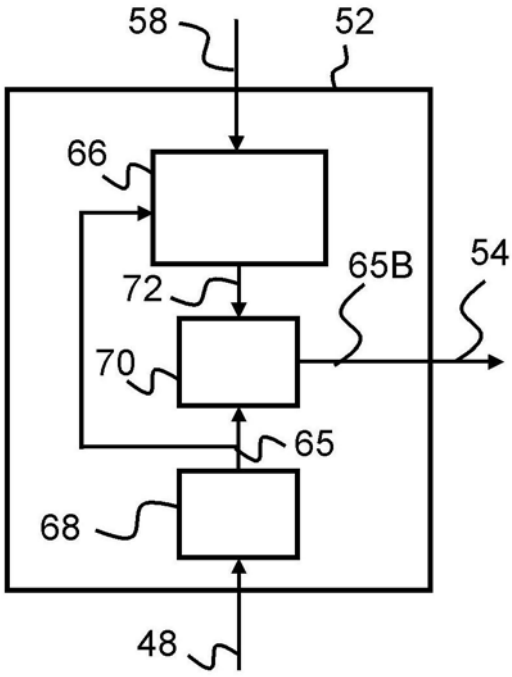


图3

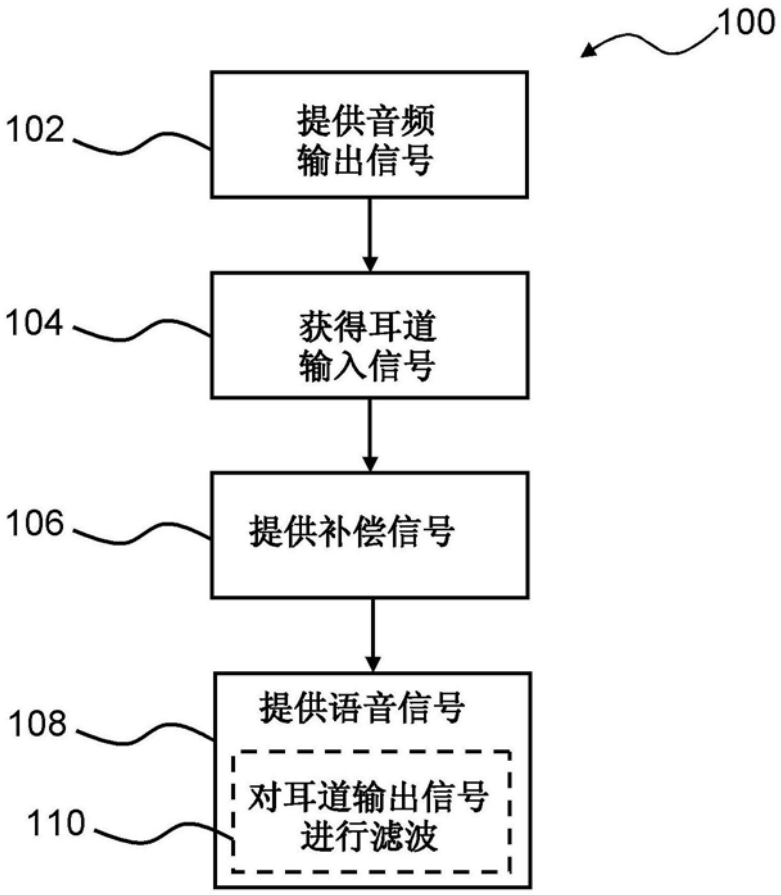

100
102
提供音频输出信号
104
获得耳道输入信号
106
提供补偿信号
108
提供语音信号
110
对耳道输出信号进行滤波

图4

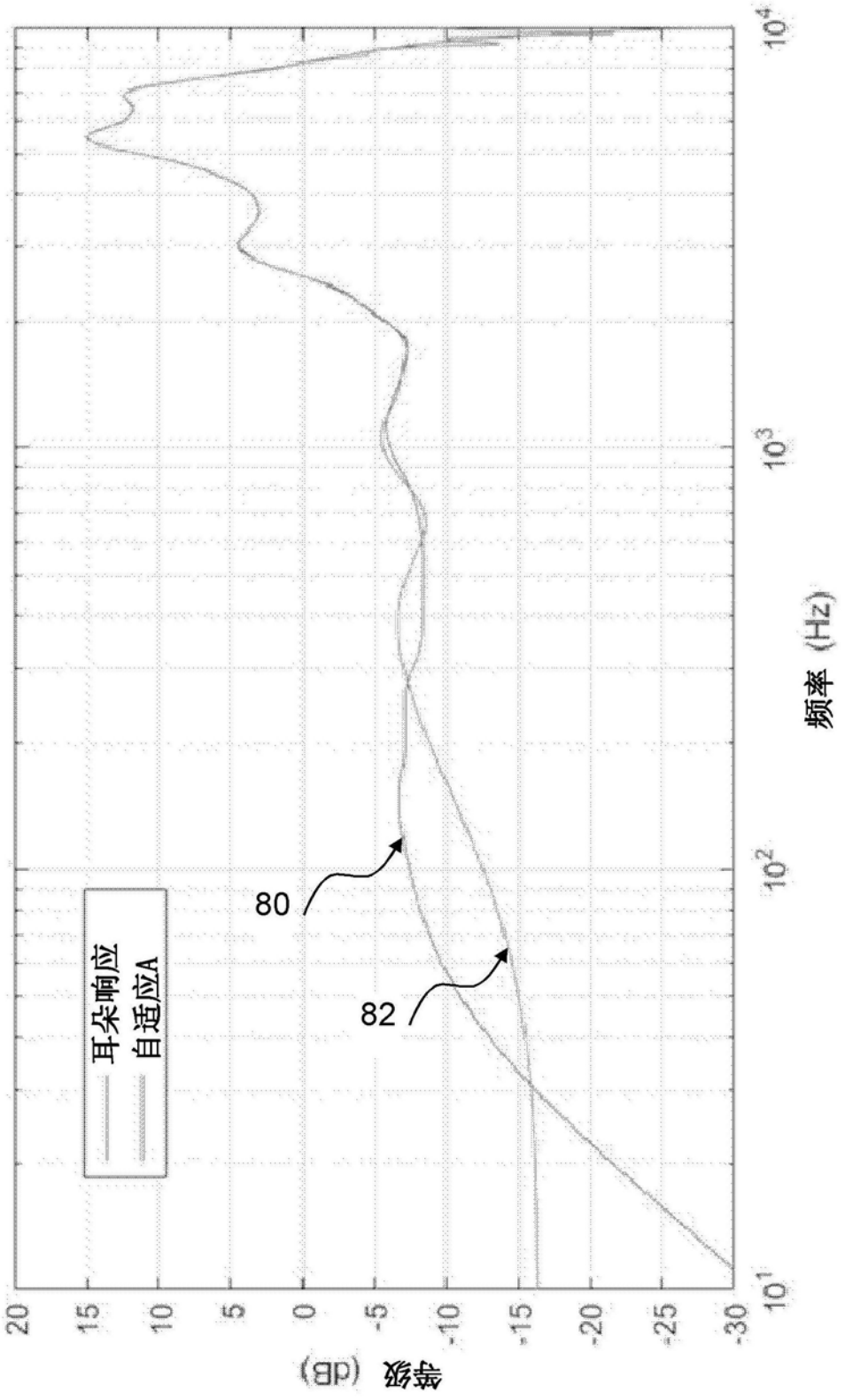

耳朵响应
自适应A
80
82
等级 (dB)
频率 (Hz)
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
10^1
10^2
10^3
10^4

图5

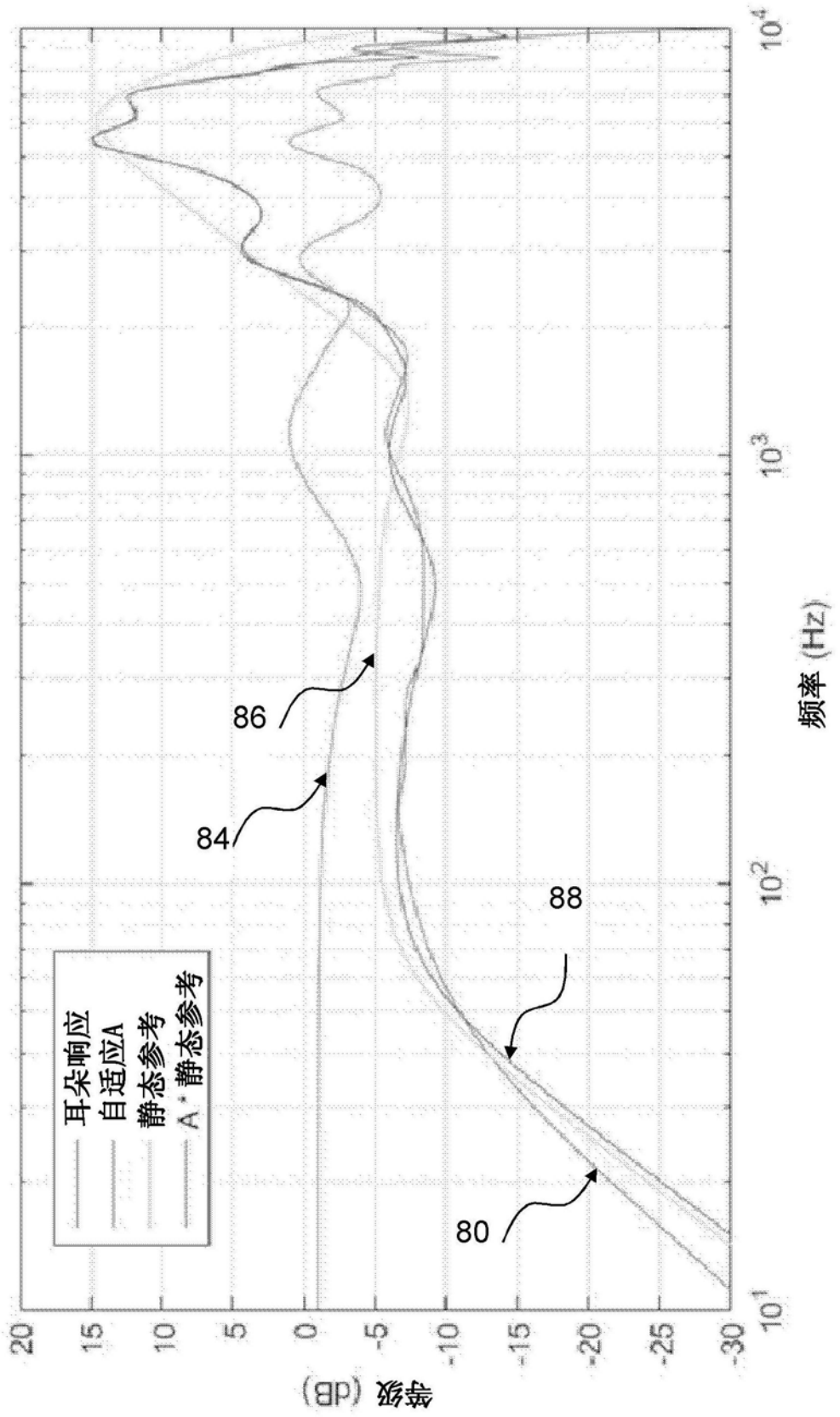

耳朵响应
自适应A
静态参考
A*静态参考
86
84
88
80
等级 (dB)
频率 (Hz)
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
10^1
10^2
10^3
10^4

图6

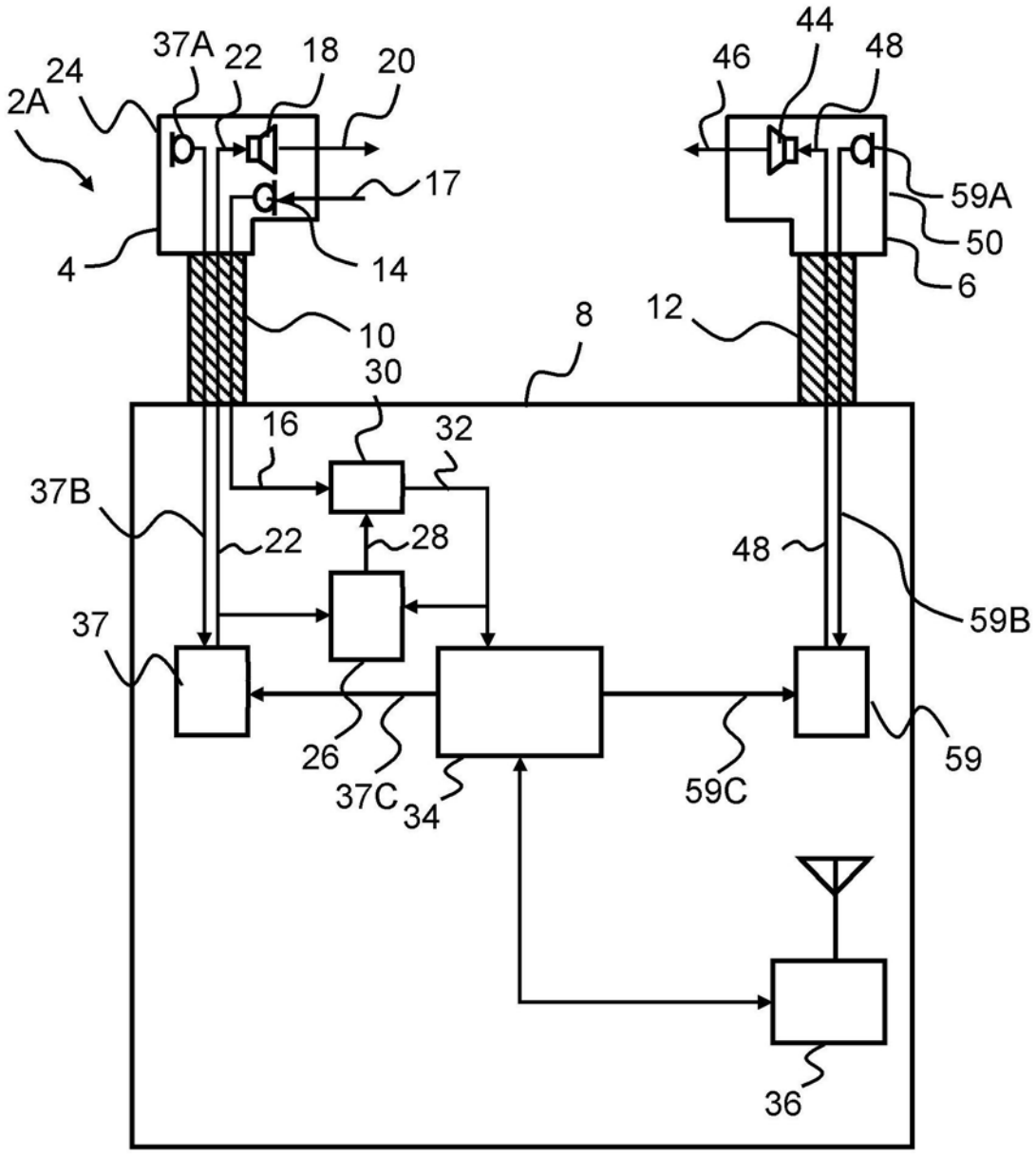

37A
22
18
20
24
2A
17
4
14
10
44
46
48
59A
50
6
12
8
30
16
32
37B
22
28
48
59B
37
26
37C
34
59C
59
36

图7