



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114080638 A

(43) 申请公布日 2022. 02. 22

(21) 申请号 202080049207.1

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

(22) 申请日 2020.05.28

11256

代理人 王茂华 李春辉

(30) 优先权数据

16/423,776 2019.05.28 US

(51) Int.Cl.

G10K 11/178 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.01.05

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2020/034849 2020.05.28

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2020/243253 EN 2020.12.03

(71) 申请人 伯斯有限公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 本田昌敬 R·F·卡雷拉斯

J·H·卡特尔

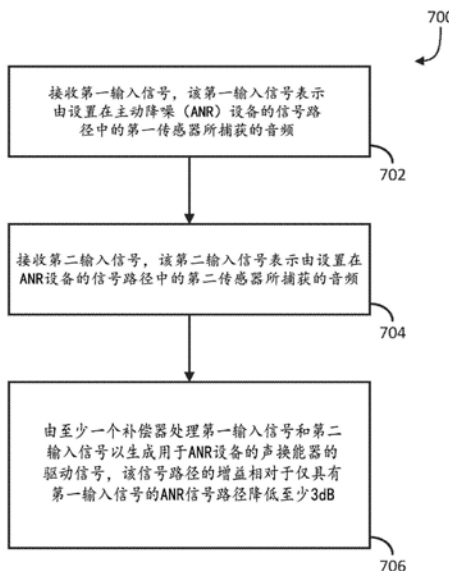
权利要求书3页 说明书11页 附图8页

(54) 发明名称

具有多个前馈麦克风的ANR系统中的增益调整

(57) 摘要

本档中所描述的技术可以体现在一种方法中,该方法包括:接收第一输入信号,该第一输入信号表示由设置在主动降噪(ANR)设备的信号路径中的第一传感器所捕获的音频;以及接收第二输入信号,该第二输入信号表示由设置在该ANR设备的信号路径中的第二传感器所捕获的音频。该方法还包括由至少一个补偿器处理该第一输入信号和该第二输入信号,以生成用于该ANR设备的声换能器的驱动信号。向该信号路径施加的增益相对于具有单个传感器的ANR信号路径至少减少3dB。



1. 一种方法,所述方法包括:

接收第一输入信号,所述第一输入信号表示由设置在主动降噪 (ANR) 设备的信号路径中的第一传感器所捕获的音频;

接收第二输入信号,所述第二输入信号表示由设置在所述ANR设备的所述信号路径中的第二传感器所捕获的音频;以及

由至少一个补偿器处理所述第一输入信号和所述第二输入信号,以生成用于所述ANR设备的声换能器的驱动信号,

其中向所述信号路径施加的增益相对于具有单个传感器的ANR信号路径至少减少3dB。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中处理所述第一输入信号和所述第二输入信号以生成所述驱动信号包括:

将所述第一输入信号和所述第二输入信号组合,以生成组合输入信号;

使用放大器向所述组合输入信号施加增益;以及

由所述至少一个补偿器对所述放大器的输出进行滤波以生成用于所述声换能器的所述驱动信号。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中所述放大器是所述至少一个补偿器的一部分。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中处理所述第一输入信号和所述第二输入信号以生成所述驱动信号包括:

使用第一放大器向所述第一输入信号施加第一增益以生成第一放大输入信号;

由第一补偿器对所述第一放大输入信号进行滤波,以生成用于所述ANR设备的所述声换能器的第一处理信号;

使用第二放大器向所述第二输入信号施加第二增益以生成第二放大输入信号;

由第二补偿器对所述第二输入信号进行滤波,以生成用于所述ANR设备的所述声换能器的第二处理信号;以及

将所述第一处理信号和所述第二处理信号组合以生成用于所述声换能器的所述驱动信号。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中所述第一补偿器向所述第一放大输入信号施加一个或多个滤波器,并且所述第二补偿器向所述第二放大输入信号施加一个或多个滤波器,向所述第二放大输入信号施加的一个或多个滤波器不同于向所述第一放大信号施加的所述一个或多个滤波器。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中处理所述第一输入信号和所述第二输入信号以生成所述驱动信号包括:

由第一补偿器对所述第一输入信号进行处理,以生成用于所述ANR设备的所述声换能器的第一处理信号;

由第二补偿器对所述第二输入信号进行处理,以生成用于所述ANR设备的所述声换能器的第二处理信号;以及

将所述第一处理信号和所述第二处理信号组合以生成用于所述声换能器的所述驱动信号。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述第一补偿器施加第一增益和一个或多个滤波器以生成所述第一处理信号,并且所述第二补偿器施加第二增益和一个或多个滤波器以生

成所述第二处理信号。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中处理所述第一输入信号和所述第二输入信号以生成所述驱动信号包括:

使用第一放大器向所述第一输入信号施加第一增益;

使用第二放大器向所述第二输入信号施加第二增益;

将所述第一输入信号和所述第二输入信号组合,以生成组合输入信号;以及

由所述至少一个补偿器对所述组合输入信号进行滤波,以生成用于所述声换能器的所述驱动信号。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中所述第一放大器和所述第二放大器是所述至少一个补偿器的一部分。

10. 一种主动降噪 (ANR) 设备,所述ANR设备包括:

第一传感器,所述第一传感器设置在所述设备的信号路径中并且被配置为生成第一音频输入信号;

第二传感器,所述第二传感器设置在所述ANR设备的所述信号路径中并且被配置为生成第二音频输入信号;和

至少一个补偿器,所述至少一个补偿器被配置为接收和处理所述第一音频输入信号和所述第二音频输入信号,以生成用于所述ANR设备的声换能器的驱动信号,

其中所述信号路径的增益相对于具有单个传感器的ANR信号路径至少减少3dB。

11. 根据权利要求10所述的设备,其中所述信号路径是前馈信号路径,并且所述第一传感器和所述第二传感器中的每一者包括所述ANR设备的前馈麦克风。

12. 根据权利要求10所述的设备,包括:

组合电路,所述组合电路被配置为将所述第一音频输入信号和所述第二音频输入信号组合以生成组合输入信号;和

放大器,所述放大器被配置为向所述组合输入信号施加增益,

其中所述至少一个补偿器被配置为对所述放大器的输出进行滤波以生成用于所述声换能器的所述驱动信号。

13. 根据权利要求12所述的设备,其中所述放大器是所述补偿器的一部分。

14. 根据权利要求10所述的设备,包括:

第一补偿器,所述第一补偿器被配置为处理所述第一音频输入信号以生成用于所述ANR设备的所述声换能器的第一处理信号;

第二补偿器,所述第二补偿器被配置为处理所述第二音频输入信号以生成用于所述ANR设备的所述声换能器的第二处理信号;和

组合电路,所述组合电路被配置为将所述第一处理信号和所述第二处理信号组合以生成用于所述声换能器的所述驱动信号。

15. 根据权利要求14所述的设备,其中所述第一补偿器施加第一增益和一个或多个滤波器以生成所述第一处理信号,并且所述第二补偿器施加第二增益和一个或多个滤波器以生成所述第二处理信号。

16. 根据权利要求10所述的设备,包括:

第一放大器,所述第一放大器被配置为向所述第一音频输入信号施加第一增益以生成

第一放大输入信号；

第一补偿器,所述第一补偿器对所述第一放大输入信号进行滤波以生成第一处理信号；

第二放大器,所述第二放大器被配置为向所述第二音频输入信号施加第二增益以生成第二放大输入信号；

第二补偿器,所述第二补偿器对所述第二放大输入信号进行滤波以生成第二处理信号；和

组合电路,所述组合电路被配置为将所述第一处理信号和所述第二处理信号组合以生成用于所述声换能器的所述驱动信号。

17.根据权利要求16所述的设备,其中所述第一补偿器向所述第一放大输入信号施加一个或多个滤波器,并且所述第二补偿器向所述第二放大输入信号施加一个或多个滤波器,向所述第二放大输入信号施加的一个或多个滤波器不同于向所述第一放大信号施加的所述一个或多个滤波器。

18.根据权利要求10所述的设备,包括:

第一放大器,所述第一放大器被配置为向所述第一音频输入信号施加第一增益；

第二放大器,所述第二放大器被配置为向所述第二音频输入信号施加第二增益；和

组合电路,所述组合电路被配置为将所述第一音频输入信号和所述第二音频输入信号组合以生成组合输入信号,

其中所述至少一个补偿器被配置为处理所述组合输入信号以生成用于所述声换能器的所述驱动信号。

19.根据权利要求10所述的设备,其中所述至少一个补偿器包括与第二滤波器并行设置的第一滤波器,所述第二滤波器被配置为根据可变增益放大器而允许所述第一音频输入信号的至少一部分通过以去往所述声换能器。

20.一个或多个机器可读存储设备,所述一个或多个机器可读存储设备具有在其上编码的计算机可读指令,以用于使一个或多个处理设备执行操作,所述操作包括:

接收第一输入信号,所述第一输入信号表示由设置在主动降噪 (ANR) 设备的信号路径中的第一传感器所捕获的音频；

接收第二输入信号,所述第二输入信号表示由设置在所述ANR设备的所述信号路径中的第二传感器所捕获的音频；以及

处理所述第一输入信号和所述第二输入信号,以生成用于所述ANR设备的声换能器的驱动信号,

其中所述信号路径的增益相对于具有单个传感器的ANR信号路径至少减少3dB。

具有多个前馈麦克风的ANR系统中的增益调整

技术领域

[0001] 本公开整体涉及具有多个前馈麦克风的主动降噪 (ANR) 设备。

背景技术

[0002] 诸如耳机的声学设备可包括阻止并建设性地消除环境噪声的至少一部分到达用户的耳部的主动降噪 (ANR) 能力。因此, ANR设备产生声学隔离效应, 从而使用户至少部分地与环境隔离。

发明内容

[0003] 通常, 在一个方面, 本文档的特征在于一种方法, 该方法包括: 接收第一输入信号, 该第一输入信号表示由设置在主动降噪 (ANR) 设备的信号路径中的第一传感器所捕获的音频; 以及接收第二输入信号, 该第二输入信号表示由设置在该ANR设备的信号路径中的第二传感器所捕获的音频。该方法还包括由至少一个补偿器处理该第一输入信号和该第二输入信号, 以生成用于该ANR设备的声换能器的驱动信号。向该信号路径施加的增益相对于具有单个传感器的ANR信号路径至少减少3dB。

[0004] 在另一方面, 本文档的特征在于一种主动降噪 (ANR) 设备, 该ANR设备包括第一传感器, 该第一传感器设置在该设备的信号路径中并且被配置为生成第一音频输入信号。该ANR设备还包括: 第二传感器, 该第二传感器设置在该ANR设备的信号路径中并且被配置为生成第二音频输入信号; 以及至少一个补偿器, 该至少一个补偿器被配置为接收和处理该第一音频输入信号和该第二音频输入信号以生成用于该ANR设备的声换能器的驱动信号。该信号路径的增益相对于具有单个传感器的ANR信号路径至少减少3dB。

[0005] 在另一方面, 本文档的特征在于一个或多个机器可读存储设备, 该一个或多个机器可读存储设备具有在其上编码的用于使一个或多个处理设备执行各种操作的计算机可读指令。该操作包括: 接收第一输入信号, 该第一输入信号表示由设置在主动降噪 (ANR) 设备的信号路径中的第一传感器所捕获的音频; 以及接收第二输入信号, 该第二输入信号表示由设置在该ANR设备的信号路径中的第二传感器所捕获的音频。该操作还包括处理该第一输入信号和该第二输入信号, 以生成用于该ANR设备的声换能器的驱动信号。该信号路径的增益相对于具有单个传感器的ANR信号路径至少减少3dB。

[0006] 上述方面的具体实施可以包括以下特征中的一个或多个。

[0007] 处理该第一输入信号和该第二输入信号以生成驱动信号可包括: 将该第一输入信号和该第二输入信号组合以生成组合输入信号, 使用放大器向该组合输入信号施加增益, 以及由该至少一个补偿器对该放大器的输出进行滤波以生成用于该声换能器的驱动信号。该放大器可被设置为该至少一个补偿器的一部分。处理该第一输入信号和该第二输入信号以生成驱动信号可包括: 使用第一放大器向该第一输入信号施加第一增益以生成第一放大输入信号, 以及由第一补偿器对该第一放大输入信号进行滤波以生成用于该ANR设备的声换能器的第一处理信号。该处理还包括: 使用第二放大器向该第二输入信号施加第二增益

以生成第二放大输入信号,以及由第二补偿器对该第二输入信号进行滤波以生成用于该ANR设备的声换能器的第二处理信号。该处理还包括将该第一处理信号和该第二处理信号组合以生成用于该声换能器的该驱动信号。该第一补偿器可以向该第一放大输入信号施加一个或多个滤波器,并且该第二补偿器可以向该第二放大输入信号施加一个或多个滤波器。向第二放大信号施加的一个或多个滤波器可以不同于向第一放大信号施加的一个或多个滤波器。处理该第一输入信号和该第二输入信号以生成驱动信号可包括:由第一补偿器处理该第一输入信号以生成用于该ANR设备的声换能器的第一处理信号,由第二补偿器处理该第二输入信号以生成用于该ANR设备的声换能器的第二处理信号,以及将该第一处理信号和该第二处理信号组合以生成用于该声换能器的驱动信号。第一补偿器可以施加第一增益并使用一个或多个滤波器来生成第一处理信号。第二补偿器可以施加第二增益并使用一个或多个滤波器来生成第二处理信号。处理该第一输入信号和该第二输入信号以生成驱动信号可包括:使用第一放大器向该第一输入信号施加第一增益,使用第二放大器向该第二输入信号施加第二增益,将该第一输入信号和该第二输入信号组合以生成组合输入信号,以及由该至少一个补偿器对该组合输入信号进行滤波以生成用于该声换能器的驱动信号。该第一放大器和该第二放大器可以是该至少一个补偿器的一部分。

[0008] 本公开中所述的两个或更多个特征,包括本发明内容部分中所述的那些,可组合以形成在本文未具体描述的实施方式。一个或多个具体实施的细节在附图和以下描述中论述。其他特征、对象和优点在说明书、附图和权利要求书中将是显而易见的。

附图说明

[0009] 图1示出了部署在耳机中的主动降噪 (ANR) 系统的示例。

[0010] 图2是ANR系统的示例性配置的框图。

[0011] 图3是前馈补偿器的框图,该前馈补偿器具有与直通信号流路径并行设置的ANR信号流路径。

[0012] 图4是具有多个前馈传感器的ANR系统的框图。

[0013] 图5是具有多个前馈传感器的ANR系统的框图,这些前馈传感器具有独立可控的增益。

[0014] 图6是具有多个前馈传感器的ANR系统的框图,这些前馈传感器具有独立可控的增益和独立补偿器。

[0015] 图7是用于在ANR系统中生成驱动信号的示例性过程的流程图,该ANR系统具有设置在信号路径中的多个传感器。

[0016] 图8是计算设备的示例的框图。

具体实施方式

[0017] 本文档描述了在主动降噪 (ANR) 系统中使用多个前馈麦克风以改善ANR性能、噪声性能并降低不稳定状况的可能性的技术。当例如在噪声消除耳机中部署ANR系统时,某些不稳定状况可能使耳机产生令用户不舒服的声学伪影(例如,响亮噪声)。通过在ANR系统中提供多个前馈麦克风,本文所述的技术使得通过每个前馈信号路径的增益相对于使用单个前馈麦克风的情况降低。由于通过单独信号路径的增益较低,因此系统中存在更多的净空余

量,从而导致削波的机会减少,并且存在更多裕度来处理例如可能由于前馈麦克风中的一个前馈麦克风与换能器之间的耦合而产生的不稳定性。另外,多个前馈麦克风的单独增益可以根据其耦合的可能性进行分配,使得总目标增益与单个麦克风情况相比不受影响。例如,如果其中一个麦克风位于麦克风容易耦合到驱动器(并且引申开来,即易受不稳定影响)的位置,则可以向该麦克风施加较低的增益以降低耦合的可能性。然而,可以相应地调整另一麦克风的增益,使得前馈麦克风的目标总增益不降低。在一个示例中,可以在两个前馈路径之间分配整体的目标增益,使得更容易耦合的第一麦克风具有0.25的增益,而不太易耦合的第二麦克风具有0.75的增益。因此,虽然单独信号路径的增益相比于整体有所降低(例如,为了使得ANR系统耐受非理想的麦克风位置,诸如更靠近耳罩周边或接近端口的麦克风位置,在这些位置处麦克风与换能器之间可能存在更大的耦合),但总的前馈增益由于多个前馈路径之间的增益的加权分配而不受影响。在一些具体实施中,还可以逐频率完成加权,使得对于不同频率(或频率范围)而言,两个或更多个前馈路径之间的增益分配是不同的。

[0018] 主动降噪(ANR)系统可以部署在各种声学设备中以消除或减少不期望的或令人不悦的噪声。例如,ANR耳机可以通过减少环境噪声和声音的影响来提供潜在的沉浸式聆听体验。如本文所用,术语耳机包括各种类型的此类个人声学设备,诸如入耳式、环耳式或挂耳式耳机、耳塞和助听器。ANR系统也可以用于汽车或其他运输系统(例如,用于轿车、卡车、公共汽车、飞机、船或其他交通工具)来消除或衰减例如由机械振动或引擎谐波产生的不期望的噪声。

[0019] 在一些情况下,ANR系统可包括电声或机电系统,该电声或机电系统可被配置为基于叠加原理来消除不期望的噪声(通常称为主噪声)中的至少一些。例如,ANR系统可以识别主噪声的振幅和相位并且产生大约相同振幅和反相的另一信号(通常称为抗噪声信号)。然后将该抗噪声信号与主噪声结合,使得两者在期望位置处基本上被消除。如本文所用,术语基本上被消除可包括将“消除”噪声减小到指定水平或减小到可接受的公差内,并且不需要完全消除所有的噪声。ANR系统可用于衰减宽范围的噪声信号,包括例如宽带噪声和/或低频噪声,这些噪声使用被动噪声控制系统可能不容易衰减。

[0020] 图1示出了部署在耳机102中的ANR系统100的示例。耳机102包括每一侧上的耳罩104,该耳罩适配在用户耳部上、周围或上方。耳罩104可包括软材料(例如,软泡沫)层106,用以舒适地适配在用户的耳部上方。ANR系统100可以包括前馈传感器108、反馈传感器110和声换能器112或以其他方式与其耦合。前馈传感器108可以是麦克风或另一声学传感器,并且可以设置在耳罩104的外部上或附近以检测环境噪声。反馈传感器110可以是麦克风或另一声学传感器,并且可以靠近用户的耳道和/或换能器112部署。换能器112可以是声换能器,该声换能器发射来自耳机102所连接的音频源设备(未示出)的音频信号和/或来自ANR系统100的其他信号。虽然图1示出了将ANR系统部署在环耳式耳机中的示例,但ANR系统也可以以其他形状因数部署,包括入耳式耳机、挂耳式耳机或离耳式个人声学设备(例如,设计成不接触佩戴者的耳部,但可以佩戴在佩戴者的头部或身体上的佩戴者耳部附近的设备)。

[0021] ANR系统100可被配置为处理由前馈传感器108和/或反馈传感器110检测到的信号以产生提供给换能器112的抗噪声信号。ANR系统100可为各种类型。在一些具体实施中,ANR

系统100基于前馈噪声消除,其中在噪声到达次级源诸如换能器112之前,主噪声被前馈传感器108感测到。在一些具体实施中,ANR系统100可基于反馈噪声消除,其中ANR系统100基于由反馈传感器110检测到的残余噪声并且没有前馈传感器108的有益效果而消除主噪声。在一些具体实施中,使用前馈噪声消除和反馈噪声消除两者。ANR系统100可被配置为控制各种频带中的噪声。在一些具体实施中,ANR系统100可被配置为控制宽带噪声诸如白噪声。在一些具体实施中,ANR系统100可被配置为控制窄带噪声诸如来自车辆引擎的谐波噪声。

[0022] 在一些具体实施中,ANR系统100可以包括可配置的数字信号处理器(DSP)和其他电路,用以实现各种信号流拓扑和滤波器配置。此类DSP的示例在美国专利8,073,150和8,073,151中有所描述,这些专利全文以引用方式并入本文。各种信号流拓扑可在ANR系统100中实现,以便实现诸如音频均衡、反馈噪声消除和前馈噪声消除等功能。例如,如图2所示,ANR系统100的信号流拓扑可包括前馈信号流路径114,该前馈信号流路径驱动换能器112(使用例如前馈补偿器116)生成抗噪声信号,以减小由前馈传感器108拾取的噪声信号的影响。又如,信号流拓扑可包括反馈信号流路径118,该反馈信号流路径驱动换能器112(使用例如反馈补偿器120)生成抗噪声信号,以减小由反馈传感器110拾取的噪声信号的影响。信号流拓扑还可包括音频路径122,该音频路径包括用于处理输入音频信号126诸如音乐或通信信号以在换能器112上回放的电路(例如,均衡器124)。

[0023] 在一些具体实施中,耳机102可包括可被称为“通透模式”或“透听模式”的特征。在这种模式下,前馈传感器108或其他检测装置可用于检测用户可能想要听到的外部声音,并且ANR系统100可被配置为传递由换能器112再现的这种声音。在一些情况下,用于通透特征的传感器可以是与前馈传感器108分开的传感器,诸如麦克风。在一些具体实施中,可使用由多个传感器所捕获的信号(例如,使用波束形成过程),以例如聚焦在用户的语音或环境声音的另一个来源。在一些具体实施中,耳机102可以允许包括透听模式的多模式操作,在该透听模式中,可以在至少一定频率范围(例如,语音频带)内关闭或至少减少ANR功能,以允许相对宽频带的环境声音到达用户。在一些具体实施中,ANR系统100也可用于对通过耳机的信号的频率响应进行整形。例如,前馈补偿器116和/或反馈补偿器120可用于将耳塞阻塞耳道的声学体验改变为环境声音(例如,用户自己的语音)对用户而言听起来更自然的声学体验。

[0024] 在一些具体实施中,ANR系统100可以允许用户对通过该设备的环境噪声的量进行控制,并同时保持ANR功能,诸如美国专利第10,096,313号中所描述的,该专利申请全文以引用方式并入本文。例如,为了允许介于0与1之间的中间目标插入增益并且使用户能够控制通过设备的环境噪声的量,前馈补偿器116可以包括并行设置的ANR滤波器302和直通滤波器304,其中直通滤波器的增益能够通过系数C调整,如图3所示。可调增益C可以使用设置在前馈补偿器116的直通信号流路径中的可变增益放大器(VGA)来实现。

[0025] 在耳机102包括透听模式的具体实施中,一些条件可导致不稳定状况的开始。例如,如果换能器112的输出被反馈回前馈传感器108,并且ANR系统100将信号传递回换能器112,则可能发生快速恶化的不稳定状况,从而导致从换能器112发出的不良声音。这种状况可以例如通过将手形成杯状罩在耳机上以促成换能器112与前馈传感器108之间的反馈路径来演示。这种反馈路径可以在耳机使用期间建立,例如,如果用户在耳机102上方戴上帽子(例如,头罩或冬季帽)。

[0026] 在一些具体实施中,即使在耳机102不包括透听模式的情况下,也可能发生不稳定状况。例如,不稳定状况可能由于ANR系统100的次要路径(例如,反馈传感器110与换能器112之间的声学路径)的传递函数的变化而发生。例如,如果换能器112与反馈传感器110之间的声学路径在尺寸或形状上发生变化,则可能发生这种状况。这种状况例如可通过阻挡通过其从耳机102中发出声音的开口(例如,使用手指或手掌)来演示。在具有带声学通道的喷嘴的耳机的情况下,该声学通道将声换能器的前腔声学耦合到用户的耳道,这种状况可被称为阻塞喷嘴状况。在实际中,例如在将耳机放入耳部中/从耳部移除期间可能发生这种状况。这种效应在较小的耳机(例如,入耳式耳机)或入耳式助听器中可尤其可观察到,其中如果耳机或助听器在被佩戴期间移动,则次要路径可改变。例如,移动入耳式耳机或助听器可导致相应的次要路径中的空气体积发生变化,从而导致ANR系统变得不稳定。在一些情况下,环境空气中的压力波动也可能导致ANR系统变得不稳定。例如,当车辆的门或窗(例如,公共汽车门)关闭时,伴随的压力变化可能导致ANR系统变得不稳定。可导致不稳定状况的压力波动的另一个示例是空气相对于海平面的正常大气压力的环境压力的显著变化。

[0027] 除非快速检测和解决不稳定状况,否则不稳定状况可能导致换能器112产生可能令佩戴者不舒服的声学伪影(例如,响亮的可听噪声)。本文所述的技术使用多个前馈传感器诸如麦克风,以改善ANR性能并降低不稳定状况的可能性。在一些具体实施中,当在ANR系统100中使用多个前馈传感器时,与使用单个前馈传感器的情况相比,通过每个前馈路径的增益可以更低。因此,任何单独信号路径中的补偿器、滤波器和其他电路可以具有比使用单个前馈传感器的情况更低的总增益。此外,由于任何单独信号路径的增益相比于使用单个传感器的情况更低,因此系统中存在更多的净空余量,从而导致削波的机会减少,并且提供更多裕度来防止例如可能由于前馈传感器与换能器之间的耦合所致的不稳定性。如本文所用,术语净空余量是指电气部件的信号处理能力与信号路径(诸如前馈信号路径)中的信号的最大电平之间的差异。向任何单独信号路径施加的减少的增益还可以使得ANR系统更好地耐受非理想的传感器位置,诸如更靠近耳罩104周边的传感器位置,在该位置处传感器与换能器之间耦合的可能性相比于位于距耳罩104周边较远的距离处的传感器可能更高。

[0028] 图4是具有沿前馈路径114设置的多个前馈传感器402a、402b、...、402N的ANR系统400的框图。前馈传感器402a、402b、402N中的每个前馈传感器可以是模拟麦克风、数字麦克风或另一声学传感器,并且可以设置在耳罩104的外部上或附近以检测环境噪声。在一些具体实施中,前馈传感器402a、402b、...、402N中的每个前馈传感器可以被定位成检测从特定方向入射的环境噪声和/或检测环境噪声的某些类型或频率,诸如用户的语音。ANR系统400中所包括的前馈传感器的数量可以是少至两个传感器。通常,ANR系统400中可包括的前馈传感器的数量没有上限。在一些具体实施中,实际考虑因素,例如空间和成本,可以为系统中所包括的传感器的数量创建上限。在一些具体实施中,前馈路径114中的其他电路(诸如补偿器或换能器)的技术限制可以为系统中所包括的传感器的数量创建上限。尽管在耳机102内部署的上下文中描述了ANR系统400,但本文所述的技术同样适用于在其他上下文中部署的ANR系统,例如汽车或其他运输系统。

[0029] ANR系统400中的前馈传感器402a、402b、...、402N中的每个前馈传感器产生的环境噪声信号可以使用诸如求和电路的组合电路404来组合。应当理解,组合电路404可以在数字或模拟域中执行求和,并且组合电路404的位置可以沿着前馈信号路径114变化。虽然未

示出,但还应理解,前馈信号路径114可以包括附加电路,诸如放大器和模数转换器。组合信号的增益可以使用可变增益放大器(VGA)406或设置在前馈路径114中的其他放大电路通过增益系数 G_{ff} 来调整。增益系数 G_{ff} 可以是相对于在具有单个前馈传感器的ANR系统中施加的增益系数的减小的增益系数,如下文详细描述。前馈补偿器116可以处理组合的环境噪声信号以产生例如抗噪声信号。在一些具体实施中,前馈补偿器116可以包括与直通信号流路径并行设置的ANR信号流路径,以向用户提供环境噪声的至少一部分,如参考图3所述的。在一些具体实施中,可将VGA 406包括在前馈补偿器116内。由前馈补偿器116产生的信号可以与ANR系统400中的其他信号(诸如来自反馈路径118和/或音频路径122的信号)组合,并且可以将所得信号提供给换能器112。

[0030] 在一些具体实施中,增益系数 G_{ff} 可以由ANR系统400基于系统中存在的前馈传感器402a、402b、...、402N的数量来选择。例如,如果ANR系统400包括两个前馈传感器,则增益系数 G_{ff} 相对于具有单个前馈传感器的ANR系统可以减小高达50%,在一个示例中可以是约6分贝(dB)。在其他情况下,如果ANR系统400包括三个前馈传感器,则增益系数 G_{ff} 相对于具有单个前馈传感器的ANR系统可以减小高达67%,在一个示例中可以是约9dB至10dB。在其他情况下,如果ANR系统400包括四个前馈传感器,则增益系数 G_{ff} 相对于具有单个前馈传感器的ANR系统可以减小高达75%,在一个示例中可以是约12dB。

[0031] 在一些情况下,ANR系统400可以基于系统的预期应用、系统的其他部分的要求或其他实际考虑因素来调整增益系数 G_{ff} 。例如,如果ANR系统400包括两个前馈传感器,则增益系数 G_{ff} 相对于具有单个前馈传感器的ANR系统可以减小高达50%,如上所述。然而,ANR系统400可相对于具有单个前馈传感器的ANR系统将增益降低某一小于50%的量,以顾及例如前馈补偿器116的信号电平要求。

[0032] 较低的总增益降低了例如换能器112与前馈传感器402a、402b、...、402N中的一个或多个前馈传感器之间的耦合将导致不稳定性的可能性。这继而允许前馈传感器402a、402b、...、402N中的一个或多个前馈传感器的非理想放置(例如,靠近可能导致与驱动器耦合的声学泄漏的位置,例如靠近耳罩周边或靠近声学端口)。此外,将由多个前馈传感器检测到的环境噪声信号组合可以产生组合的环境噪声信号,该组合的环境噪声信号具有比来自单个传感器的环境噪声信号更高的信噪比。例如,当由每个前馈路径产生的随机噪声与每个其他前馈路径不相关时,总组合噪声可以每对组合减少一定量(例如,3dB),同时每对组合获得更高的总信号量(例如,6dB)。这就通过例如降低本底噪声并且提供更可靠的信号以供处理以生成抗噪声信号,提高了ANR系统400的性能。

[0033] 图5示出了具有沿前馈信号路径114设置的多个前馈传感器402a、402b、...、402N的ANR系统500的框图。如图5所示,每个前馈传感器402a、402b、...、402N可以与对应的VGA 502a、502b、...、502N耦合。VGA 502a、502b、...、502N中的每个VGA可以被配置为向由对应的前馈传感器产生的环境噪声信号施加相应增益系数 G_{ff1} 、 G_{ff2} 、...、 G_{ffN} 。例如,VGA 502a可以与前馈传感器402a耦合并且可以向由前馈传感器402a生成的信号施加增益系数 G_{ff1} ,等等。这继而允许单独调整不同前馈麦克风的增益,使得更容易与驱动器耦合的麦克风相比于不太易耦合的另一麦克风具有更低的增益。另外,可以在不同的麦克风上分配总目标增益,使得总前馈增益处于目标水平。例如,可以在两个前馈麦克风之间分配整体的目标增益,使得更容易耦合的第一麦克风具有0.25的增益,而不太易耦合的第二麦克风具有0.75的增益。

[0034] 由VGA 502a、502b、…、502N中的每个VGA输出的信号可以使用组合电路404(例如,包括一个或多个加法器的电路)组合。应当理解,组合电路404可以在数字或模拟域中执行求和,并且组合电路404的位置可以沿着前馈信号路径114变化。虽然未示出,但还应理解,前馈信号路径114可以包括附加电路,诸如放大器和模数转换器。前馈补偿器116可以处理该组合的信号以产生例如抗噪声信号。在一些具体实施中,前馈补偿器116可以包括与直通信号流路径并行设置的ANR信号流路径,以向用户提供环境噪声的至少一部分,如参考图3所述的。由前馈补偿器116产生的信号可以与ANR系统500中的其他信号(诸如来自反馈路径118和/或音频路径122的信号)组合,并且可以将所得信号提供给换能器112。虽然图5将VGA 502和组合电路404示出为与前馈补偿器116分开的实体,但在一些具体实施中,VGA 502和组合电路404可以被包括作为前馈补偿器116的一部分。

[0035] 由VGA 502a、502b、…、502N中的每个VGA施加的单独增益可相对于在具有单个前馈传感器的ANR系统中施加的增益降低。这继而降低了系统中不稳定状况的可能性并提高了ANR性能。增益降低的量可以由ANR系统500基于例如系统中存在的前馈传感器的数量(如参考图4所述)和/或如本文所述的其他因素来确定。此外,通过为前馈传感器402a、402b、…、402N中的每个前馈传感器提供单独的VGA 502a、502b、…、502N,ANR系统500可以单独地调整向由相应前馈传感器所产生的环境噪声信号施加的增益(例如,通过对 G_{ff1} 、 G_{ff2} 、…、 G_{ffN} 进行调整)。在这种情况下,ANR系统500可以在单独的环境噪声信号被前馈补偿器116组合和处理之前对其施加控制,而不影响前馈路径的目标总增益。

[0036] 参考图6,在一些具体实施中,ANR系统600可以包括分别用于前馈传感器402a、402b、…、402N中的每个前馈传感器的单独补偿器602a、602b、…、602N。如图6所示,每个补偿器602a、602b、…、602N可以通过VGA 502a、502b、…、502N与对应的前馈传感器402a、402b、…、402N耦合。在一些具体实施中,用于每个前馈传感器402的单独补偿器允许对不同前馈路径进行单独的频率相关滤波和/或增益分配。例如,如果特定麦克风位于可能耦合到高频驱动器的周边或端口附近,则可以将数字滤波器设置在对应的补偿器 K_{ff} 中以降低此类耦合的可能性。此类数字滤波器可以被配置为滤除由特定麦克风捕获的信号的部分,以降低耦合的可能性。在一些情况下,如果传感器/麦克风402在耳罩或听筒上彼此相距很远,则由麦克风捕获的信号可能彼此不相关。在这种情况下,可以通过向每个麦克风施加单独的 K_{ff} 来对不同频率进行不同地加权。

[0037] 在一些具体实施中,每个补偿器602a、602b、…、602N可以包括对应的VGA 502a、502b、…、502N。每个补偿器602a、602b、…、602N可以包括一个或多个滤波器、控制器或其他电路以处理由对应的前馈传感器产生的信号以生成例如抗噪声信号。在一些具体实施中,每个补偿器602a、602b、…、602N可以包括与直通信号流路径并行设置的ANR信号流路径,以向用户提供环境噪声的至少一部分,如参考图3所述的。由补偿器602a、602b、…、602N中的每个补偿器输出的信号可以使用组合电路404来组合。应当理解,组合电路404可以在数字或模拟域中执行求和,并且组合电路404的位置可以沿着前馈信号路径114变化。虽然未示出,但还应理解,前馈信号路径114可以包括附加电路,诸如放大器和模数转换器。所得信号可以与ANR系统600中的其他信号(诸如来自反馈路径118和/或音频路径122的信号)组合,并且可以将所得信号提供给换能器112。

[0038] 图7是用于在ANR系统中生成驱动信号的示例性过程的流程图,该ANR系统具有设

置在信号路径中的多个声学传感器。可使用一个或多个处理设备(诸如美国专利第8,073,150号和第8,073,151号中所述的DSP,这些专利全文以引用方式并入本文)来实现过程700的至少一部分。过程700的操作包括接收第一输入信号,该第一输入信号表示由设置在ANR设备的信号路径中的第一传感器所捕获的音频(702)。过程700的操作还包括接收第二输入信号,该第二输入信号表示由设置在ANR设备的信号路径中的第二传感器所捕获的音频(704)。在一些具体实施中,该第一传感器和该第二传感器中的每个传感器包括麦克风,例如ANR设备的前馈麦克风。在一些具体实施中,ANR设备可以是环耳式耳机,诸如参考图1所述的耳机。在一些具体实施中,ANR设备可包括例如入耳式耳机、挂耳式耳机、敞开式耳机、助听器或其他个人声学设备。在一些具体实施中,由该第一传感器和/或该第二传感器捕获的音频可以是与ANR设备相关联的环境噪声。在一些具体实施中,信号路径可以是ANR设备的前馈信号路径。在一些具体实施中,信号路径的增益可以相对于仅具有第一输入信号的ANR信号路径降低,如参考图4至图6所述的。

[0039] 过程700的操作还包括由至少一个补偿器和/或可变增益放大器处理该第一输入信号和该第二输入信号以生成用于ANR设备的声换能器的驱动信号(706)。在一些具体实施中,该至少一个补偿器可以包括反馈补偿器和/或前馈补偿器,诸如参考图2所述的。在一些具体实施中,该至少一个补偿器可以包括具有与直通信号流路径并行设置的ANR信号流路径的补偿器,以向用户提供环境噪声的至少一部分,如参考图3所述的。在一些具体实施中,驱动信号可以在被提供给声换能器之前与一个或多个附加信号(例如,在ANR设备的音频路径中产生的信号)组合。因此,声换能器的音频输出可表示与表示根据用户偏好调整的环境的音频组合的降噪音频。

[0040] 在一些具体实施中,步骤706中的处理包括将该第一输入信号和该第二输入信号组合以生成组合输入信号,使用放大器向该组合输入信号施加增益,以及使用至少一个补偿器处理该放大器的输出以生成用于声换能器的驱动信号,如参考图4所述的。在一些具体实施中,该处理包括使用第一放大器向第一输入信号施加第一增益,使用第二放大器向第二信号施加第二增益,将该第一输入信号和该第二输入信号组合以生成组合输入信号,以及使用至少一个补偿器处理该组合输入信号以生成用于声换能器的驱动信号,如参考图5所述的。在一些具体实施中,该处理包括使用第一可变增益放大器和补偿器处理第一输入信号以生成用于ANR设备的声换能器的第一处理信号,使用第二可变增益放大器和补偿器处理第二输入信号以生成用于ANR设备的声换能器的第二处理信号,以及将该第一处理信号和该第二处理信号组合以生成用于声换能器的驱动信号,如参考图6所述的。在每种情况下,应当理解,可变增益放大器可以包括在与相应前馈信号路径相关联的相应补偿器内。

[0041] 虽然图4至图6示出了用于实现本文所述技术的部件的特定示例性布置,但可以在不偏离本公开的范围的情况下使用其他部件和/或部件的布置。在一些具体实施中,沿着前馈路径的部件的布置可以包括模拟麦克风、放大器、模数转换器(ADC)、数字加法器(在多个麦克风的情况下)、VGA和前馈补偿器(按此顺序)。这种布置类似于图4中所示的部件的布置,其中放大器和ADC添加在每个麦克风402与组合电路404之间(在该示例中,包括数字加法器)。在一些具体实施中,沿着前馈路径的部件的布置可以包括模拟麦克风、模拟加法器(在多个麦克风的情况下)、ADC、VGA和前馈补偿器。这种布置也类似于图4中所示的部件的布置,其中组合电路404包括设置在组合电路404与VGA 406之间的模拟加法器和ADC。可以

基于目标性能参数来选择部件的布置。例如,在限制量化噪声很重要的应用中,可以选择后一种布置,因为其在增益阶段之前仅引入单个噪声源(ADC)。然而,这可能以动态范围问题为代价(因为来自所有麦克风的信号均通过单个ADC),继而可能导致对一些麦克风所捕获的信号的削波。另一方面,如果避免削波更为重要而以潜在的更多量化噪声为代价,则可以使用前一种布置(其中放大器和ADC设置在每个麦克风402与组合电路404之间)。

[0042] 图8是可用于执行上述操作的示例性计算机系统800的框图。例如,可以使用计算机系统800的至少一部分来实现分别如上文参考图4、图5和图6所述的系统400、500和600中的任一系统。系统800包括处理器810、存储器820、存储设备830和输入/输出设备840。可以例如使用系统总线850将部件810、820、830和840中的每个部件互连。处理器810能够处理用于在系统800内执行的指令。在一个具体实施中,处理器810是单线程处理器。在另一具体实施中,处理器810是多线程处理器。处理器810能够处理存储在存储器820中或存储设备830上的指令。

[0043] 存储器820将信息存储在系统800内。在一个具体实施中,存储器820是计算机可读介质。在一个具体实施中,存储器820是易失性存储单元。在另一具体实施中,存储器820是非易失性存储单元。

[0044] 存储设备830能够为系统800提供海量存储装置。在一个具体实施中,存储设备830是计算机可读介质。在各种不同的具体实施中,存储设备830可以包括例如硬盘设备、光盘设备、通过多个计算设备(例如,云存储设备)在网络上共享的存储设备,或一些其他大容量存储设备。

[0045] 输入/输出设备840为系统800提供输入/输出操作。在一个具体实施中,输入/输出设备840可以包括一个或多个网络接口设备(例如,以太网卡)、串行通信设备(例如,RS-232端口)和/或无线接口设备(例如,802.11卡)。在另一具体实施中,输入/输出设备可以包括驱动器设备,该驱动器设备被配置为接收输入数据并将输出数据发送到其他输入/输出设备,例如键盘、打印机和显示设备860以及声换能器/扬声器870。

[0046] 尽管图8中已描述了示例性处理系统,但本说明书中描述的主题和功能操作的具体实施可在其他类型的数字电子电路中、在计算机软件、固件或硬件中(包括本说明书中公开的结构及其结构等同物)或在它们中的一者或多者的组合中实现。

[0047] 本说明书使用与系统和计算机程序部件结合的术语“被配置”。对于一个或多个计算机的系统来说,被配置为执行特定操作或动作,意味着系统上已经安装了在操作中使得系统执行这些操作或动作的软件、固件、硬件或它们的组合。对于一个或多个计算机程序来说,“被配置为”执行特定操作或动作,意味着该一个或多个程序包括指令,该指令在由数据处理装置执行时使得该装置执行操作或动作。

[0048] 本说明书中描述的主题和功能操作的实施方案可在数字电子电路中、在有形地体现的计算机软件或固件中、在计算机硬件中(包括本说明书中公开的结构及其结构等同物)或在它们中的一者或多者的组合中实现。本说明书中描述的主题的实施方案可被实现为一个或多个计算机程序,即,在有形非暂态存储介质上编码的用于由数据处理装置执行或控制数据处理装置的操作的计算机程序指令的一个或多个模块。计算机存储介质可为机器可读存储设备、机器可读存储基板、随机或串行访问存储器设备或它们中的一者或多者的组合。另选地或除此之外,可以在人工生成的传播信号上对程序指令进行编码,该传播信号

(例如机器生成的电信号、光学信号或电磁信号)被生成以对信息进行编码以便传输到合适的接收装置用以由数据处理装置执行。

[0049] 术语“数据处理装置”是指数据处理硬件,并且涵盖用于处理数据的所有类型的装置、设备和机器,包括例如可编程处理器、计算机或多个处理器或计算机。该装置还可为或还包括专用逻辑电路,例如FPGA(现场可编程门阵列)或ASIC(专用集成电路)。除了硬件之外,该装置还可任选地包括为计算机程序创建执行环境的代码,例如构成处理器固件、协议栈、数据库管理系统、操作系统或它们中的一者或多者的组合的代码。

[0050] 计算机程序也可被称为或描述为程序、软件、软件应用程序、应用程序、模块、软件模块、脚本或代码,可用任何形式的编程语言编写,包括编译或解释语言,或说明性或过程语言,并且计算机程序可用任何形式部署,包括作为独立程序或作为模块、部件、子例程或适合在计算环境中使用的其他单元。程序可以但不必对应于文件系统中的文件。程序可存储在保存其他程序或数据的文件的一部分中,例如存储在标记语言文档中的一个或多个脚本,存储在专用于所考虑的程序的一个文件中,或存储在多个协调文件中,例如存储一个或多个模块、子程序或代码的部分的文件中。计算机程序可被部署在一个计算机上或在一个站点或多个站点分布以及通过数据通信网络互联的多个计算机上执行。

[0051] 本说明书中描述的过程和逻辑流可由执行一个或多个计算机程序的一个或多个可编程计算机执行,以通过对输入数据进行操作并生成输出来执行功能。该过程和逻辑流还可以由专用逻辑电路(例如,FPGA或ASIC)或由专用逻辑电路和一个或多个编程计算机的组合来执行。

[0052] 为了提供与用户的交互,本说明书中描述的主题的实施方案可以在具有用于向用户显示信息的显示设备(例如,发光二极管(LED)或液晶显示器(LCD)监视器)以及具有键盘和指向设备(例如,鼠标或轨迹球)的计算机上实现,用户可以通过该键盘和指向设备向计算机提供输入。其他类型的设备也可用于提供与用户的交互;例如,提供给用户的反馈可以是任何形式的感官反馈,例如,视觉反馈、听觉反馈或触觉反馈;并且可以接收来自用户的任何形式的输入,包括声学、语音或触觉输入。另外,计算机可以通过向用户所使用的设备发送和从该设备接收文档来与用户交互;例如,通过响应于从用户设备上的web浏览器接收到的请求将网页发送到该web浏览器。另外,计算机可以通过向个人设备(例如,正在运行消息传递应用程序的智能手机)发送文本消息或其他形式的消息并且从用户接收返回的响应消息来与用户交互。

[0053] 本说明书中描述的主题的实施方案可以在计算系统中实施,该计算系统包括后端部件(例如,作为数据服务器),或包括中间件部件(例如,应用服务器),或包括前端部件(例如,具有图形用户界面、网络浏览器或应用程序的客户端计算机,用户可以通过该应用程序与本说明书中描述的主题的具体实施进行交互),或此类后端部件、中间件部件或前端部件中的一者或多者的任何组合。系统的部件可以通过任何形式或媒介的数字数据通信(例如,通信网络)互连。通信网络的示例包括局域网(LAN)和广域网(WAN),例如,互联网。

[0054] 计算系统可以包括客户端和服务器。客户端和服务器通常彼此远离并且通常通过通信网络交互。客户端和服务器的关系借助于在相应的计算机上运行并且彼此具有客户端-服务器关系的计算机程序产生。在一些实施方案中,服务器将数据(例如,HTML页面)传输到用户设备,例如,为了向与该设备交互的用户显示数据并从该用户接收用户输入,该用

户充当客户端。在用户设备处生成的数据,例如,用户交互的结果,可以在服务器处从该设备接收。

[0055] 本文中未具体描述的其他示例和应用也在以下权利要求书的范围内。本文所述的不同具体实施的元件可组合以形成上文未具体阐述的其他示例。可从本文所述的结构去除一些元件而不会不利地影响它们的操作。此外,可将各种独立的元件组合到一个或多个单独的元件中以执行本文所述的功能。

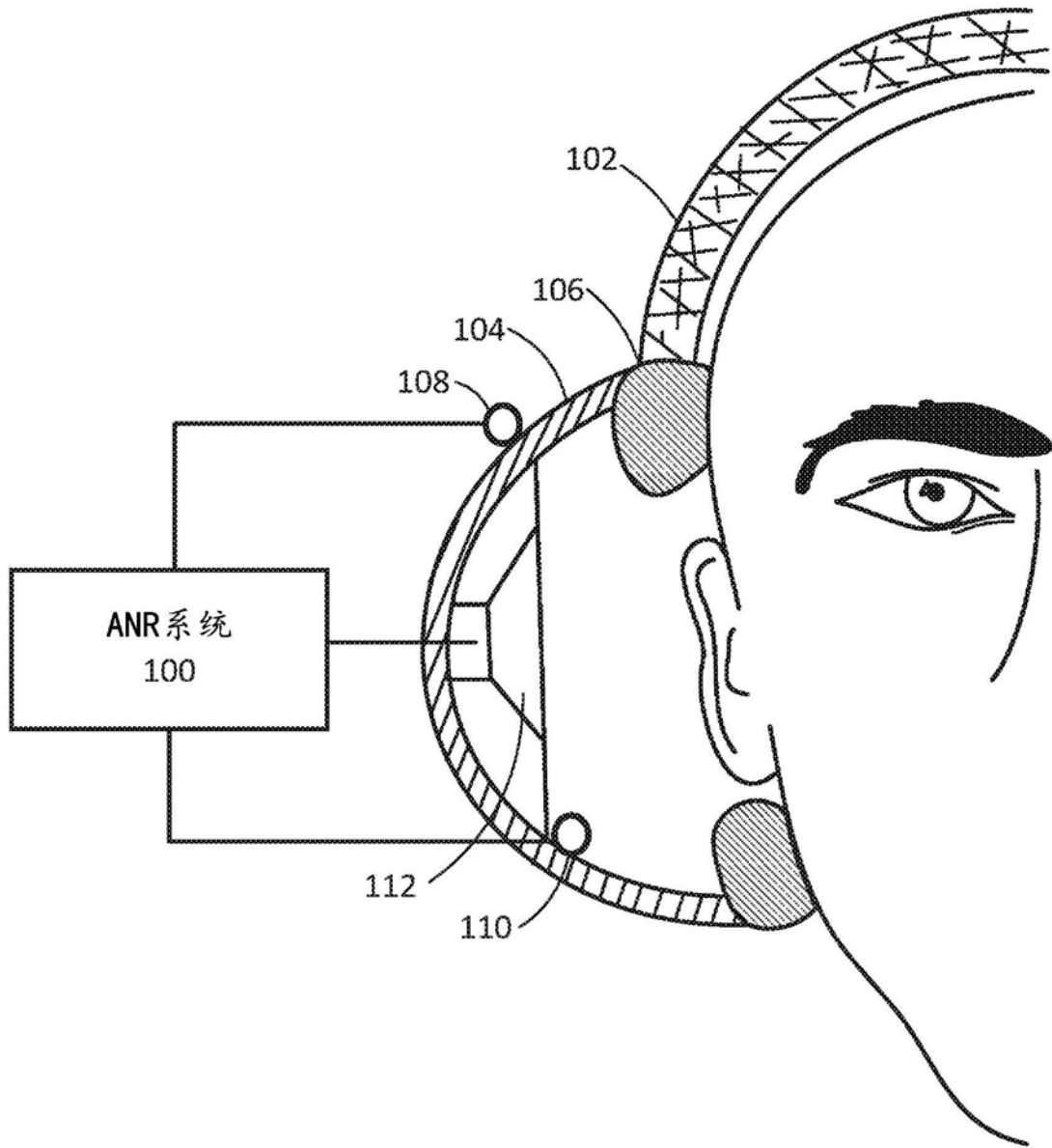


图1

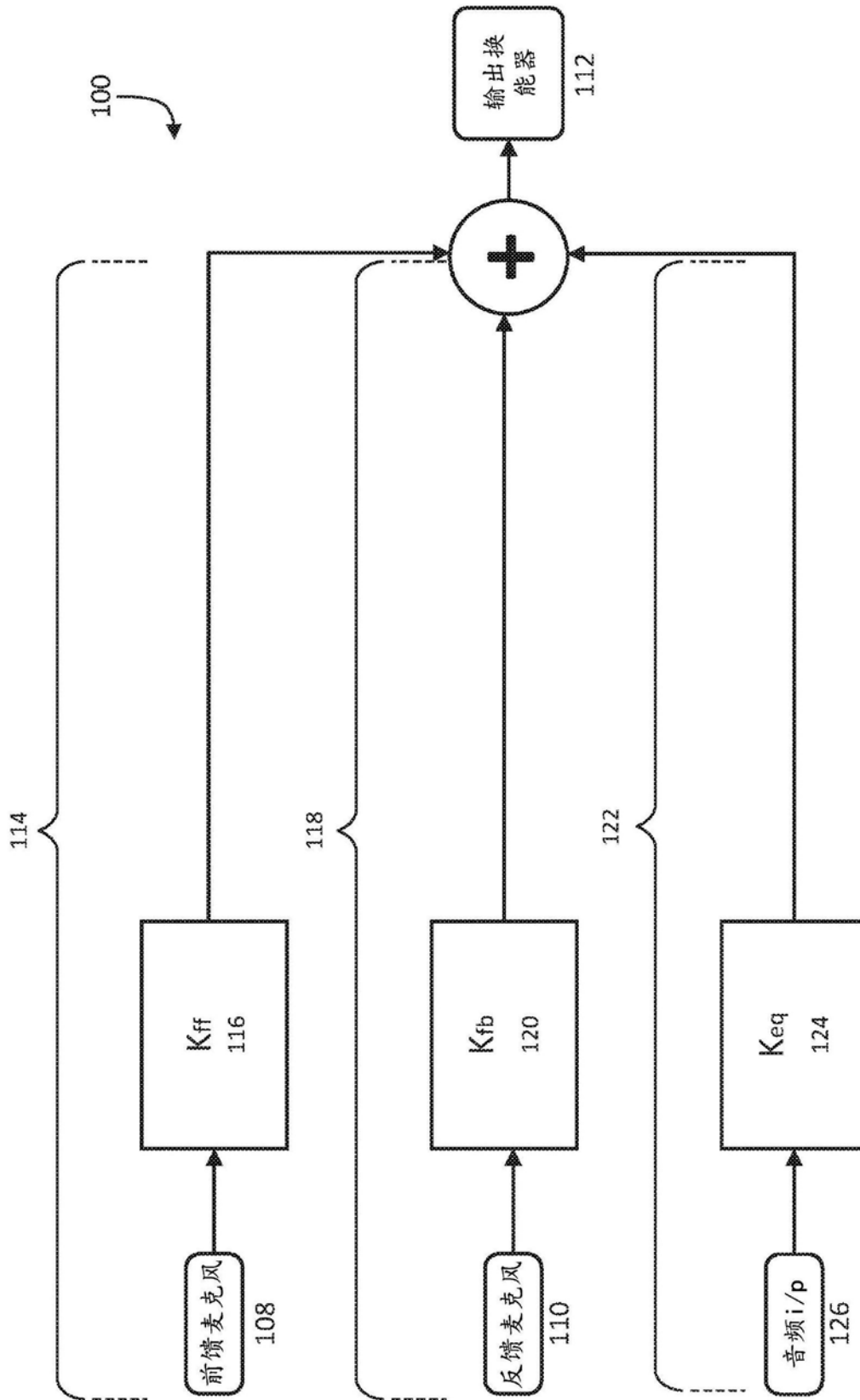


图2

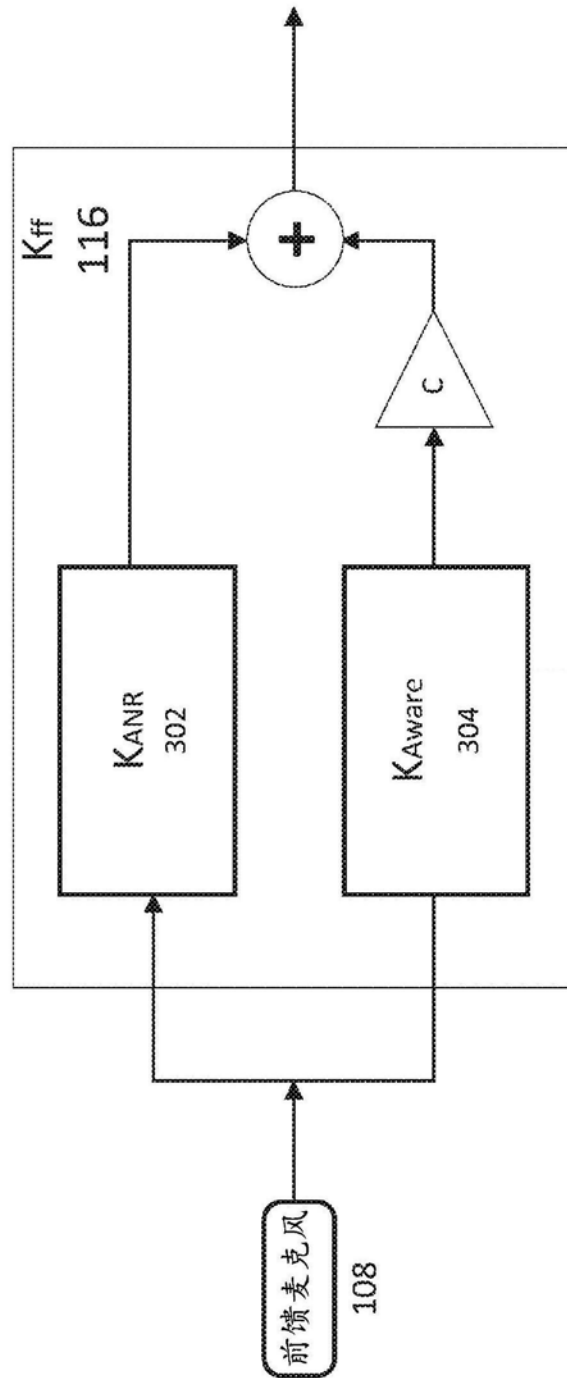


图3

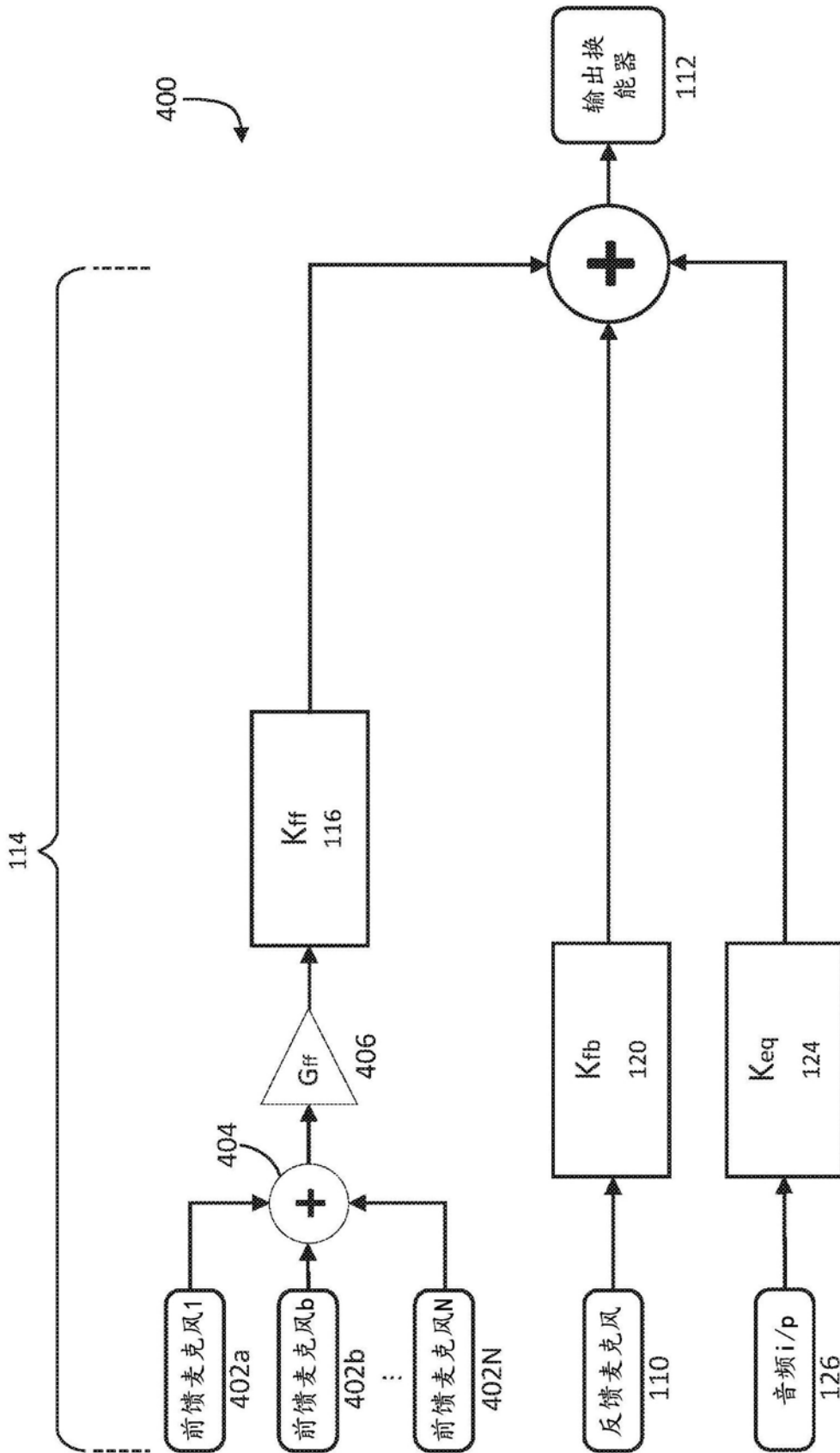


图4

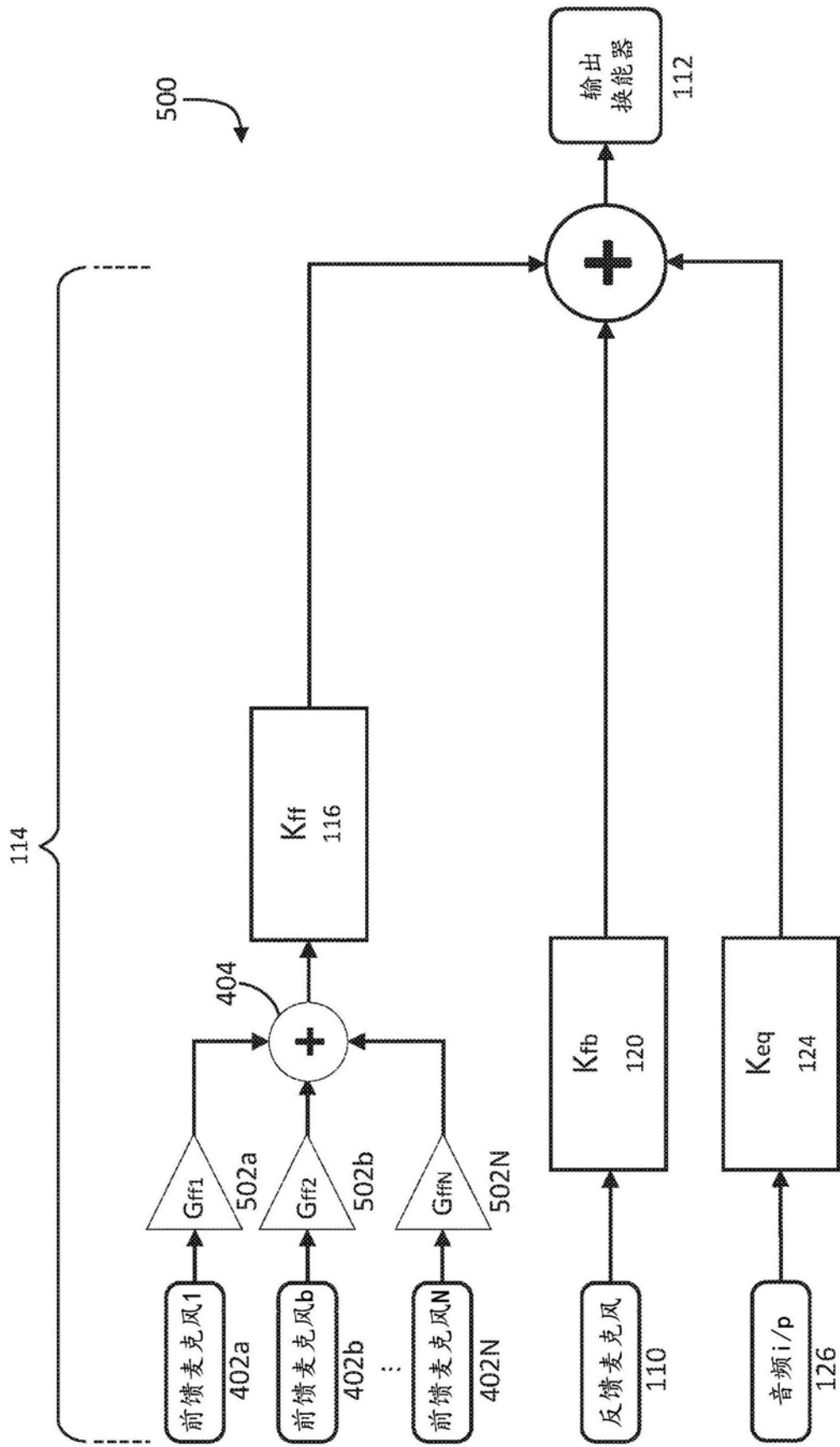


图5

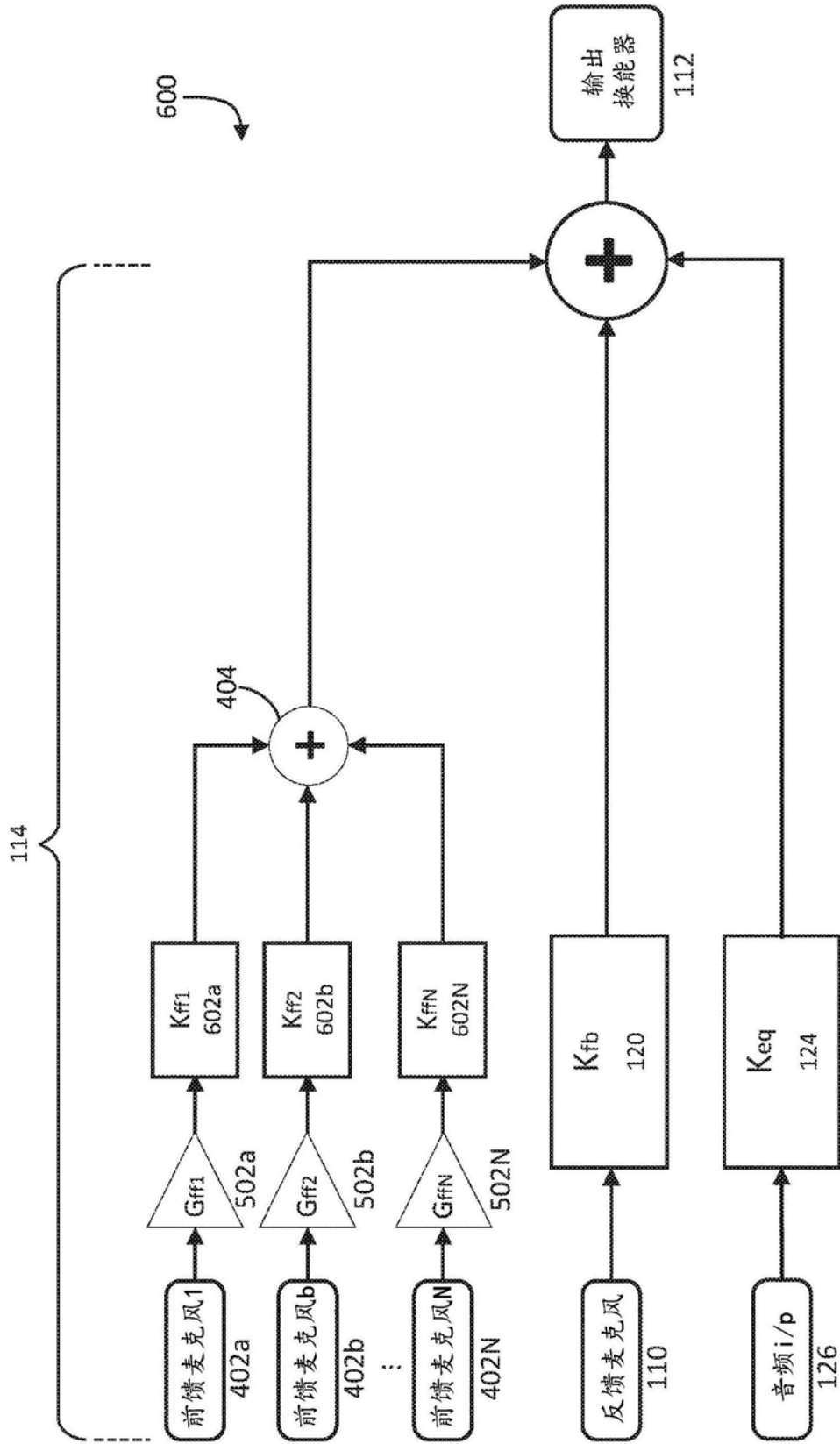


图6

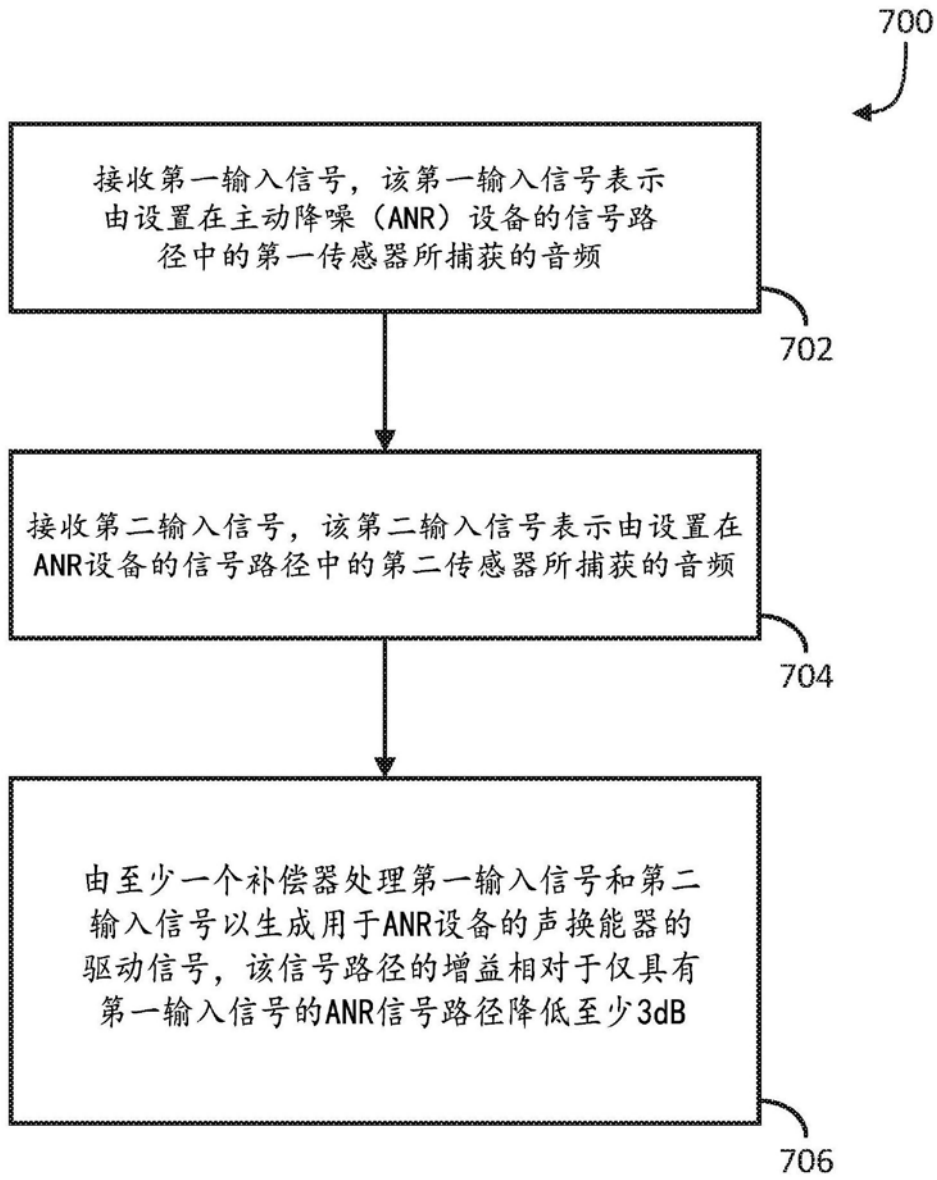


图7

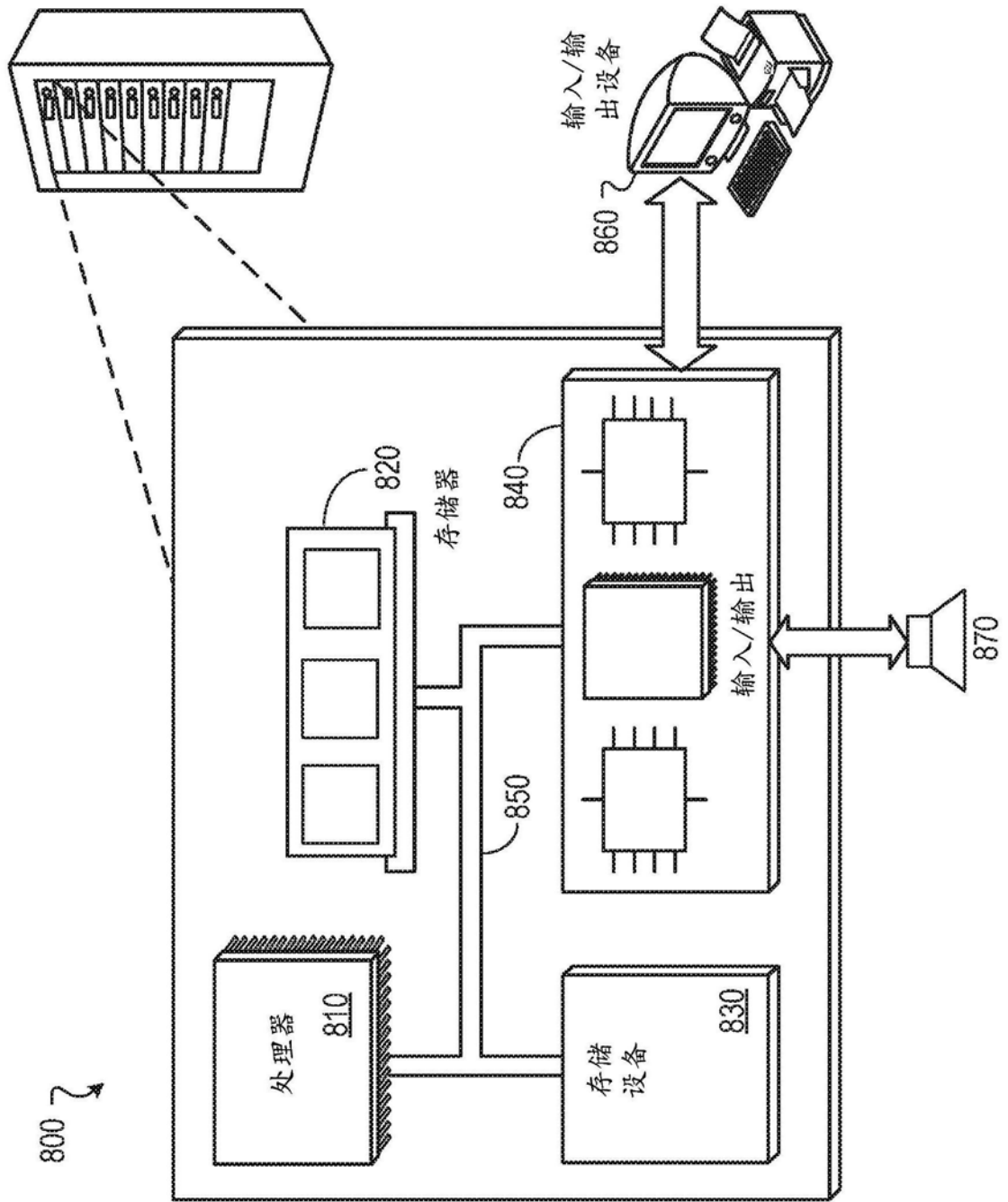


图8