



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105814909 B

(45)授权公告日 2019.02.15

(21)申请号 201480065549.7

(22)申请日 2014.12.10

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105814909 A

(43)申请公布日 2016.07.27

(30)优先权数据  
61/916,373 2013.12.16 US  
14/192,634 2014.02.27 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2016.05.31

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2014/069561 2014.12.10

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02015/094860 EN 2015.06.25

(73)专利权人 高通股份有限公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 朴勋真 迪帕克·库玛·沙拉

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287  
代理人 宋献涛

(51)Int.Cl.  
H04R 3/02(2006.01)  
G10K 11/178(2006.01)  
H04R 25/00(2006.01)

(56)对比文件  
US 2005047620 A1,2005.03.03,  
US 6418227 B1,2002.07.09,  
US 2011235813 A1,2011.09.29,  
CN 102860043 A,2013.01.02,  
CN 102740189 A,2012.10.17,  
审查员 倪静

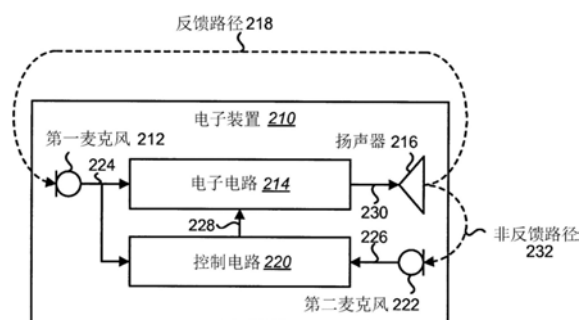
权利要求书3页 说明书18页 附图13页

### (54)发明名称

用于反馈检测的系统和方法

### (57)摘要

本发明描述一种用于通过电子装置进行反馈检测的方法。所述方法包含通过第一麦克风接收第一麦克风信号。反馈回路包含所述第一麦克风和扬声器。所述方法还包含通过在所述反馈回路外的第二麦克风接收第二麦克风信号。基于所述第一麦克风信号的第一信号和基于所述第二麦克风信号的第二信号在存在反馈的情况下表现出较高相关度且在不存在反馈的情况下表现出较低相关度。所述方法进一步包含基于所述第一麦克风信号和所述第二麦克风信号确定相关度。所述方法另外包含基于所述相关度确定是否出现反馈。



1. 一种用于通过电子装置进行反馈检测的方法,其包括:

通过第一麦克风接收第一麦克风信号,其中反馈回路包括所述第一麦克风及扬声器;

通过在所述反馈回路外的第二麦克风接收第二麦克风信号;

使用第一滤波器过滤所述第一麦克风信号以确定第一信号,其中所述第一滤波器对应于从经处理第一麦克风信号到包含所述扬声器的所述第二麦克风的非反馈传递函数;

使用第二滤波器过滤所述第二麦克风信号以确定第二信号,其中所述第二滤波器对应于从所述经处理第一麦克风信号到不包含所述扬声器的所述第一麦克风的反馈传递函数;

确定来自反馈路径的所述第一信号和来自非反馈路径的所述第二信号之间的相关度,其中所述第一信号和所述第二信号在存在从所述扬声器到所述第一麦克风的反馈的情况下表现出较高相关度且在不从所述扬声器到所述第一麦克风的所述反馈的情况下表现出较低相关度;及

基于所述相关度确定是否出现从所述扬声器到所述第一麦克风的所述反馈。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中确定是否出现反馈包括在所述相关度高于阈值时确定出现反馈。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中确定是否出现反馈包括在所述相关度低于阈值时确定未出现反馈。

4. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包括在出现反馈时调整对所述第一麦克风信号的处理。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中调整处理包括减少增益和断开所述反馈回路中的至少一者。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中对所述第一麦克风信号进行滤波包括基于所述第一滤波器均衡所述第一麦克风信号,且其中对所述第二麦克风信号进行滤波包括基于所述第二滤波器均衡所述第二麦克风信号。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第二麦克风位于所述扬声器附近。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中确定是否出现反馈避免将非反馈声音检测为反馈。

9. 一种用于反馈检测的电子装置,其包括:

第一麦克风,其经配置以接收第一麦克风信号;

扬声器,其耦合到所述第一麦克风,其中反馈回路包括所述第一麦克风和所述扬声器;

第二麦克风,其经配置以接收第二麦克风信号;及

控制电路,其耦合到所述第一麦克风和所述第二麦克风,其中所述控制电路经配置以:

使用第一滤波器过滤所述第一麦克风信号以确定第一信号,其中所述第一滤波器对应于从经处理第一麦克风信号到包含所述扬声器的所述第二麦克风的非反馈传递函数,

使用第二滤波器过滤所述第二麦克风信号以确定第二信号,其中所述第二滤波器对应于从所述经处理第一麦克风信号到不包含所述扬声器的所述第一麦克风的反馈传递函数,

确定来自反馈路径的所述第一信号和来自非反馈路径的所述第二信号之间的相关度,其中所述第一信号和所述第二信号在存在从所述扬声器到所述第一麦克风的反馈的情况下表现出较高相关度且在不从所述扬声器到所述第一麦克风的所述反馈的情况下表现出较低相关度,且

基于所述相关度确定是否出现从所述扬声器到所述第一麦克风的所述反馈。

10. 根据权利要求9所述的电子装置,其中确定是否出现反馈包括在所述相关度高于阈值时确定出现反馈。

11. 根据权利要求9所述的电子装置,其中确定是否出现反馈包括在所述相关度低于阈值时确定未出现反馈。

12. 根据权利要求9所述的电子装置,其中所述控制电路在出现反馈时进一步调整对所述第一麦克风信号的处理。

13. 根据权利要求12所述的电子装置,其中调整处理包括减少增益和断开所述反馈回路中的至少一者。

14. 根据权利要求9所述的电子装置,其中对所述第一麦克风信号进行滤波包括基于所述第一滤波器均衡所述第一麦克风信号,且其中对所述第二麦克风信号进行滤波包括基于所述第二滤波器均衡所述第二麦克风信号。

15. 根据权利要求9所述的电子装置,其中所述第二麦克风位于所述扬声器附近。

16. 根据权利要求9所述的电子装置,其中确定是否出现反馈避免将非反馈声音检测为反馈。

17. 一种非暂时性有形计算机可读介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序在被电子装置的处理器执行时:

使电子装置通过第一麦克风接收第一麦克风信号,其中反馈回路包括所述第一麦克风和扬声器;

使所述电子装置通过在所述反馈回路外的第二麦克风接收第二麦克风信号;

使所述电子装置使用第一滤波器过滤所述第一麦克风信号以确定第一信号,其中所述第一滤波器对应于从经处理第一麦克风信号到包含所述扬声器的所述第二麦克风的非反馈传递函数;

使所述电子装置使用第二滤波器过滤所述第二麦克风信号以确定第二信号,其中所述第二滤波器对应于从所述经处理第一麦克风信号到不包含所述扬声器的所述第一麦克风的反馈传递函数;

使所述电子装置确定来自反馈路径的所述第一信号和来自非反馈路径的所述第二信号之间的相关度,其中所述第一信号和所述第二信号在存在从所述扬声器到所述第一麦克风的反馈的情况下表现出较高相关度且在不存在从所述扬声器到所述第一麦克风的所述反馈的情况下表现出较低相关度;及

使所述电子装置基于所述相关度确定是否出现从所述扬声器到所述第一麦克风的所述反馈。

18. 根据权利要求17所述的计算机可读介质,其中确定是否出现反馈包括在所述相关度高于阈值时确定出现反馈。

19. 根据权利要求17所述的计算机可读介质,其中所述计算机程序在被所述电子装置的所述处理器执行时使所述电子装置在出现反馈时调整对所述第一麦克风信号的处理。

20. 根据权利要求17所述的计算机可读介质,其中所述第二麦克风位于所述扬声器附近。

21. 一种用于反馈检测的装置,其包括:

用于接收第一输入信号的第一装置,其中反馈回路包括用于接收的所述第一装置和扬

声器；

用于接收第二输入信号的第二装置，其中用于接收的所述第二装置在所述反馈回路外；

用于过滤所述第一输入信号以确定第一信号的装置，其中所述用于过滤所述第一输入信号的装置对应于从经处理第一输入信号到包含所述扬声器的所述第二装置的非反馈传递函数；

用于过滤所述第二输入信号以确定第二信号的装置，其中所述用于过滤所述第二输入信号的装置对应于从所述经处理第一输入信号到不包含所述扬声器的所述第一装置的反馈传递函数；

用于确定来自反馈路径的所述第一信号和来自非反馈路径的所述第二信号之间的相关度的装置，其中所述第一信号和所述第二信号在存在从所述扬声器到所述第一装置的反馈的情况下表现出较高相关度且在不存在从所述扬声器到所述第一装置的所述反馈的情况下表现出较低相关度；及

用于基于所述相关度确定是否出现反馈的装置。

22. 根据权利要求21所述的装置，其中确定是否出现反馈包括在所述相关度高于阈值时确定出现反馈。

23. 根据权利要求21所述的装置，其进一步包括用于在出现反馈时调整对所述第一输入信号的处理的装置。

24. 根据权利要求21所述的装置，其中用于接收的所述第二装置位于所述扬声器附近。

## 用于反馈检测的系统和方法

[0001] 相关申请案

[0002] 本申请案关于2013年12月16日申请的“用于反馈检测的系统和方法”的第61/916,373号美国临时专利申请案并主张其优先权。

### 技术领域

[0003] 本发明大体上涉及电子装置。更确切地说,本发明涉及用于反馈检测的系统和方法。

### 背景技术

[0004] 在最近几十年中,电子装置的使用已变得普遍。确切地说,电子技术的进步已降低了愈加复杂且有用的电子装置的成本。成本降低及消费者需求已使电子装置的使用剧增,使得其在现代社会中几乎随处可见。由于电子装置的使用已推广开来,因此具有对电子装置的新的且改进的特征的需求。更具体来说,人们常常寻求执行新功能和/或更快、更有效且以更高质量执行功能的电子装置。

[0005] 一些电子装置(例如,蜂窝式电话、智能电话、录音机、摄录影机、计算机等)利用音频信号。此等电子装置可编码、存储和/或发射音频信号。举例来说,智能电话可获得、编码和发射用于电话呼叫的语音信号,同时另一智能电话可接收所述语音信号并对其进行解码。

[0006] 然而,对于利用音频信号的电子装置,可出现特别挑战。举例来说,在一些情境下可针对电子装置出现反馈。从此论述可了解,减少反馈的系统和方法可为有益的。

### 发明内容

[0007] 描述一种用于通过电子装置进行反馈检测的方法。所述方法包含通过第一麦克风接收第一麦克风信号。反馈回路包含第一麦克风及扬声器。方法还包含通过反馈回路外的第二麦克风接收第二麦克风信号。基于第一麦克风信号的第一信号和基于第二麦克风信号的第二信号在存在反馈的情况下表现出较高相关度且在不存在反馈的情况下表现出较低相关度。方法进一步包含基于第一麦克风信号和第二麦克风信号确定相关度。方法另外包含基于相关度确定是否出现反馈。确定是否出现反馈可避免将非反馈声音检测为反馈。第二麦克风可位于扬声器附近。

[0008] 确定是否出现反馈可包含当相关度高于阈值时确定出现反馈。确定是否出现反馈可包含当相关度低于阈值时确定未出现反馈。

[0009] 方法可包含当出现反馈时调整对第一麦克风信号的处理。调整处理可包含减少增益和/或断开反馈回路。

[0010] 方法可包含对第一麦克风信号进行滤波以确定第一信号。方法还可包含对第二麦克风信号进行滤波以确定第二信号。

[0011] 对第一麦克风信号进行滤波可包含基于第一滤波器均衡第一麦克风信号。对第二

麦克风信号进行滤波可包含基于第二滤波器均衡第二麦克风信号。第一滤波器可对应于非反馈传递函数。第二滤波器可对应于反馈传递函数。

[0012] 还描述一种用于反馈检测的电子装置。所述电子装置包含经配置以接收第一麦克风信号的第一麦克风。电子装置还包含耦合到第一麦克风的扬声器。反馈回路包含第一麦克风及扬声器。电子装置进一步包含经配置以接收第二麦克风信号的第二麦克风。第二麦克风在反馈回路外。基于第一麦克风信号的第一信号和基于第二麦克风信号的第二信号在存在反馈的情况下表现出较高相关度且在不存在反馈的情况下表现出较低相关度。电子装置又包含耦合到第一麦克风且耦合到第二麦克风的控制电路。控制电路基于第一麦克风信号和第二麦克风信号确定相关度。控制电路基于相关度确定是否出现反馈。

[0013] 还描述一种用于反馈检测的计算机程序产品。计算机程序产品包含具有指令的非暂时性有形计算机可读媒体。指令包含用于使电子装置通过第一麦克风接收第一麦克风信号的代码。反馈回路包含第一麦克风及扬声器。指令还包含用于使电子装置通过反馈回路外的第二麦克风接收第二麦克风信号的代码。基于第一麦克风信号的第一信号和基于第二麦克风信号的第二信号在存在反馈的情况下表现出较高相关度且在不存在反馈的情况下表现出较低相关度。指令进一步包含用于使电子装置基于第一麦克风信号及第二麦克风信号确定相关度的代码。指令另外包含用于使电子装置基于相关度确定是否出现反馈的代码。

[0014] 还描述一种用于反馈检测的设备。设备包含用于接收第一输入信号的第一装置。反馈回路包含用于接收的第一装置及扬声器。设备还包含用于接收第二输入信号的第二装置。用于接收的第二装置在反馈回路外。基于第一输入信号的第一信号和基于第二输入信号的第二信号在存在反馈的情况下表现出较高相关度且在不存在反馈的情况下表现出较低相关度。设备进一步包含用于基于第一输入信号及第二输入信号确定相关度的装置。设备另外包含用于基于相关度确定是否出现反馈的装置。

## 附图说明

[0015] 图1是说明通用声反馈情境的框图。在此情境下，噪声麦克风耦合到电子电路；

[0016] 图2是说明其中可实施用于反馈检测的系统和方法的电子装置的一个配置的框图；

[0017] 图3是说明用于通过电子装置进行反馈检测的方法的一个配置的流程图；

[0018] 图4是说明根据本文中所公开的系统和方法的多个麦克风反馈检测情境的一个实例的框图；

[0019] 图5是说明其中可实施用于反馈检测的系统和方法的电子装置的更具体配置的框图；

[0020] 图6是说明用于通过电子装置进行反馈检测的方法之更具体配置的流程图；

[0021] 图7是说明其中可实施用于反馈检测的系统和方法的电子装置的另一更具体配置的框图；

[0022] 图8是说明用于通过电子装置进行反馈检测的方法的另一更具体配置的流程图；

[0023] 图9包含说明本文中所公开的系统和方法的效能的实例的曲线图；

[0024] 图10包含说明本文中所公开的系统和方法的效能的另一实例的曲线图；

[0025] 图11是说明其中可实施用于反馈检测的系统和方法的电子装置的另一更具体配置的框图;

[0026] 图12是说明其中可实施用于检测反馈的系统和方法的无线通信装置的一个配置的框图;及

[0027] 图13说明可在电子装置中利用的各种组件。

## 具体实施方式

[0028] 本文中所公开的系统和方法的一些配置利用第二(例如,误差)麦克风信号实现声反馈检测。声反馈是在换能器(例如,麦克风)经由电子信号路径耦合到扬声器时可能出现的问题。具有此设定的系统的实例包含助听器、公共广播系统、语音扩音器和有源噪声消除(ANC)系统。

[0029] 在有源噪声消除应用中(例如,在耳机及手持机中),拾取环境噪声的噪声麦克风经由处理信号的电子信号路径耦合到扬声器,以使得扬声器所产生的信号对传入环境噪声进行相消干涉。如果扬声器所产生的声音回漏到噪声麦克风,那么此设定可能产生声反馈。此声反馈为ANC系统的非所需伪声。因此,防止此声反馈将为有益的。

[0030] 可通过检测是否出现反馈且降低反馈系统的回路增益来防止声反馈。一种已知检测方法包含计算噪声麦克风信号(例如, $N$ )与经滤波的噪声麦克风信号(例如, $F_p W N$ ,其中 $F_p$ 表示反馈路径传递函数且 $W$ 表示电子路径传递函数)之间的相关度。在此方法中,如果声信号(例如, $X$ )是随机噪声,那么当噪声麦克风信号(例如, $N$ )中存在较强反馈信号时相关度将较高。然而,当声信号(例如, $X$ )自身为自相关时此基于相关度的判据失效。因此,此方法在一些情境下可能不能很好执行。

[0031] 现参考图式描述各种配置,其中相同参考标号可指示功能上类似的元件。可以广泛多种不同配置来布置及设计如本文中在诸图中所大体描述及说明的系统及方法。因此,以下对如图式中展现的若干配置的更详细描述并不意图限制如所主张的范围,而是仅表示系统和方法。

[0032] 图1是说明通用声反馈情境的框图。在此情境下,噪声麦克风102耦合到电子电路104。电子电路104耦合到扬声器106。噪声麦克风102经由电子电路耦合到扬声器106。在此情境下,反馈路径108存在于扬声器106与噪声麦克风102之间。因此,可通过噪声麦克风102俘获由扬声器106产生的声信号。

[0033] 用于反馈检测的已知方法的一个实例给定如下。此实例包含用于反馈检测的麦克风相关度方法。此已知反馈检测和/或消除方法采用均连接到电子电路104(例如,电子路径传递函数 $W$ )的一或多个噪声麦克风102。在用于麦克风反馈检测的已知方法中,将从噪声麦克风102导出的信号之间的相关度用作反馈检测方法。

[0034] 在此实例中,对应于反馈路径108的传递函数可被称为反馈路径传递函数 $F_p$ 。对应于电子电路104的传递函数可被称为电子路径传递函数 $W$ 。 $X$ 表示由噪声麦克风102接收的声信号(例如,环境信号)。 $N$ 表示由噪声麦克风102俘获的输入信号(例如,电子信号)。在此实例中, $N = X + W F_p N$ 。

[0035] 在此已知方法中,计算输入信号与预测反馈信号之间的相关度。因此,此已知基于

相关度的检测方法仅基于从噪声麦克风导出的信号。在此方法中,  $\frac{\text{Corr}(N, \text{WFN})}{\text{Std}(N)\text{Std}(\text{WFN})} = \frac{\text{Corr}(X + \text{WFN}, \text{WFN})}{\text{Std}(X + \text{WFN})\text{Std}(\text{WFN})} = \frac{\text{Corr}(X, \text{WFN}) + \text{Corr}(\text{WFN}, \text{WFN})}{\text{Std}(X + \text{WFN})\text{Std}(\text{WFN})}$ , 其中  $\text{Corr}()$  表示相关函数且  $\text{Std}()$

表示标准差函数。如果  $\text{Corr}(X, \text{WFN}) = 0$  且  $\text{WFN}$  相较于  $X$  极大, 那么前述等式等于 1.0。然而, 在多种情况下, 例如人类语音的声音包含大量自相关 (例如,  $\text{Corr}(X, \text{WFN}) \neq 0$ )。此已知方法不同于本文中所公开的系统和方法。

[0036] 在本文中所公开的系统和方法中, 一或多个额外麦克风 (例如, 除一或多个噪声麦克风以外的一或多个误差麦克风) 未包含在反馈回路中。举例来说, 可利用不在反馈回路中的一或多个额外麦克风, 所述反馈回路包含噪声麦克风 102、电子电路 104 (例如, 具有电子路径传递函数  $W$ )、扬声器 106 及反馈路径 108。此不同于可能仅将一或多个麦克风包含于反馈回路中的已知方法。

[0037] 在本文中所公开的系统和方法的一些配置中, 根据本文中所公开的系统和方法所利用的一或多个额外麦克风 (例如, 误差麦克风) 可能仅用于反馈检测。另外或或者, 可能不会将由一或多个额外麦克风俘获的信号直接提供到电子路径 (例如, 具有电子路径传递函数  $W$ )。举例来说, 在一些配置中可能不能将来自额外麦克风的信号应用于反馈的直接消除 (例如, 在预测并减去反馈的情况下)。

[0038] 在一些配置中, 可结合 ANC 应用本文中所公开的系统和方法。应注意, 所描述的所检测到的反馈可应用于前馈 ANC (且 (例如) 在一些配置中不反馈 ANC)。

[0039] 在已知方法中, 由于另一麦克风可远离扬声器, 故在反馈情况下可能出现低相关度。在此已知方法中较高相关度可能与适用声音源一起出现。然而, 由于本文中已知的系统和方法可在反馈情况下提供较高相关度 (例如, 由于第二麦克风可接近扬声器), 彼已知方法不同于本文中所公开的系统和方法。此外, 本文中所公开的系统和方法在声信号之情况下可提供低相关度 (例如, 由于具体预先滤波)。因此, 所描述的已知方法提供相对相关度状态且不同于本文中所公开的系统和方法。

[0040] 另一已知方法针对抗啸叫功能性提供连接到相对于彼此反相的放大器的麦克风。此基本上利用方向性麦克风。此方法可仅在反馈为相对常量时适用。

[0041] 一些已知方法可仅应用于噪声消除 (例如, 反馈 ANC)。尽管本文中所公开的系统和方法可应用于前馈 ANC, 但由于这些已知方法应用于反馈 ANC, 其可为相异的。另外或或者, 尽管一些已知 ANC 方法仅将一或多个麦克风包含于反馈回路内, 但本文中所公开的系统和方法中的一或多个麦克风可未包含于反馈回路中。

[0042] 图 2 是说明其中可实施用于反馈检测的系统和方法的电子装置 210 的一个配置的框图。电子装置 210 的实例包含智能电话、蜂窝式电话、固定电话、平板计算机装置、计算机 (例如, 膝上型计算机、桌上型计算机等)、耳机 (例如, 蓝牙耳机、ANC 耳机、头戴式受话器等)、录音机、个人数字助理 (PDA) 等。

[0043] 电子装置 210 包含一或多个第一麦克风 212 (例如, 噪声麦克风)、电子电路 214、一或多个扬声器 216、控制电路 220 及一或多个第二麦克风 222 (例如, 误差麦克风)。麦克风 212、222 可为将声信号转换为电子信号的换能器。一或多个扬声器 216 可为将电子信号转换为声信号的换能器。电子电路 214 可以硬件或以硬件与软件的组合 (例如, 具有指令的处理



器)来实施。控制电路220可以硬件或以硬件与软件的组合(例如,具有指令的处理器)来实施。

[0044] 一或多个第一麦克风212可耦合到电子电路214且耦合到控制电路220。电子电路214可耦合到扬声器216。第二麦克风222可耦合到控制电路220。控制电路220可耦合到电子电路214。如本文中所使用,术语“耦合”及相关术语可意味着一个组件直接连接(例如,无介入组件)或间接连接(例如,具有一或多个介入组件)到另一组件。图式中所描绘的箭头和/或线可表示耦合。

[0045] 本文中所公开的系统和方法提供反馈检测的方法。在此方法中,可利用第一麦克风信号224(来自一或多个第一麦克风212)及第二麦克风信号226(来自一或多个第二麦克风222)计算基于相关度的判据。如图2中所说明,第一麦克风212(例如,噪声麦克风)经由电子电路214(例如,电子路径传递函数 $W$ )耦合到扬声器216。反馈回路可包含第一麦克风212、电子电路214(例如,电子路径传递函数 $W$ )、扬声器216及反馈路径218。然而,反馈回路可不包含非反馈路径232、第二麦克风222或控制电路220。一或多个第二麦克风222(例如,一或多个误差麦克风)可经由非反馈路径从扬声器216接收声信号。

[0046] 在一些配置中,第二麦克风222可位于扬声器216附近。举例来说,第二麦克风222(例如,误差麦克风)可比第一麦克风212(例如,噪声麦克风)更接近扬声器216而定位。另外或或者,第二麦克风222可邻近扬声器216而定位,其足够接近以使扬声器216和第二麦克风222两者在使用期间由用户的耳廓覆盖或在用户的耳廓内,和/或使得扬声器216和第二麦克风222两者在头戴式受话器或耳机耳杯等内。另外或或者,扬声器216可通常与第一麦克风212隔离但可能不与第二麦克风222隔离。举例来说,用户的耳廓和/或电子装置210的耳杯或外壳可能在扬声器216与第一麦克风212之间提供屏障。然而,在某些情况下扬声器216与第一麦克风212之间的隔离可能失效(例如,当屏障并未使由扬声器216输出的声信号充分衰减时)。可利用本文中公开的系统和方法检测反馈何时出现,其可指示扬声器216与第一麦克风212之间的隔离失效。

[0047] 一或多个第一麦克风212可经配置以接收第一麦克风信号224(例如,第一输入信号)。举例来说,一或多个第一麦克风212可俘获声信号(例如,环境声音、由扬声器216产生的噪声和/或信号等)。一或多个第一麦克风212可将声信号转换为第一麦克风信号224(例如,对应于声信号的电子信号)。可将第一麦克风信号224提供到电子电路214及控制电路220。

[0048] 电子电路214可处理第一麦克风信号224。举例来说,电子电路214可放大、滤波(例如,在一或多个频带中提供增益和/或衰减、添加延迟、反相等)和/或以其它方式处理第一麦克风信号224。电子电路214可将经处理第一麦克风信号230提供到扬声器216。电子电路214的一个实例为ANC电路,其使第一麦克风信号224反相以使得由扬声器216输出的经处理第一麦克风信号230与声信号和/或噪声产生相消干涉,以便衰减或消除声信号和/或噪声。在一些配置中,电子电路214可表现出低延时(例如,5毫秒(ms)或更小)。

[0049] 在一些配置中,可将回声路径定义为扬声器(例如,扬声器216)与麦克风(例如,第一麦克风212)之间的路径。举例来说,在回声的情况下,由麦克风俘获的输入与由扬声器产生的信号之间可存在更大延迟。举例来说,可将输入信号提供到远程位置(例如,远端或存储装置)。可在更大延迟之后从远程位置或存储器获得信号,所述信号可提供到扬声器。当

通过麦克风俘获由扬声器输出的所得信号时,此可被称为经由回声路径的回声。

[0050] 扬声器216耦合到第一麦克风212(例如,经由电子电路214)。如上文所描述,反馈回路包含第一麦克风212及扬声器216。扬声器216可基于经处理第一麦克风信号230输出声信号。声信号可经由非反馈路径232行进到第二麦克风222。在一些情况下,声信号可经由反馈路径218行进(例如,泄漏)到第一麦克风212。举例来说,当扬声器216与第一麦克风212之间的隔离发生失效时由扬声器216输出的声信号可行进到第一麦克风212。

[0051] 第二麦克风222可经配置以接收第二麦克风信号226(例如,第二输入信号)。举例来说,第二麦克风222可将声信号转换为第二麦克风信号226(例如,电子信号)。如上文所描述,第二麦克风222在反馈回路外(例如,反馈回路并未包含第二麦克风222)。在一些配置中,可不将第二麦克风信号226应用于反馈消除或减除技术(例如,第二麦克风信号226自身可未被利用来产生相消干涉)。举例来说,在一些配置中可仅将第二麦克风信号226应用于反馈检测。可将第二麦克风信号226提供到控制电路220。

[0052] 在一些配置中,控制电路220可基于第一麦克风信号224确定第一信号和/或可基于第二麦克风信号226确定第二信号。举例来说,控制电路220可对第一麦克风信号224进行滤波以确定第一信号和/或可对第二麦克风信号226进行滤波以确定第二信号。举例来说,对第一麦克风信号224进行滤波可包含放大(例如,将增益应用于)第一麦克风信号224(或其一或多个频带)、衰减第一麦克风信号224(或其一或多个频带)、将延迟应用于第一麦克风信号224、使用第一滤波器卷积第一麦克风信号224和/或对第一麦克风信号224执行其它操作。在一些配置中,控制电路220可基于第一滤波器来均衡第一麦克风信号224以确定第一信号。举例来说,控制电路220可使用对应于非反馈传递函数(例如, $S$ )的第一滤波器来卷积第一麦克风信号224(例如, $N$ )以确定第一信号。非反馈传递函数可为从电子电路214之后到第二麦克风222的传递函数,包含扬声器216。在一些配置中,可利用单分接头滤波器将非反馈传递函数(例如, $S=1$ )模型化。

[0053] 对第二麦克风信号226进行滤波可包含放大(例如,将增益应用于)第二麦克风信号226(或其一或多个频带)、衰减第二麦克风信号226(或其一或多个频带)、将延迟应用于第二麦克风信号226、使用第二滤波器卷积第二麦克风信号226和/或对第二麦克风信号226执行其它操作。在一些配置中,控制电路220可基于第二滤波器均衡第二麦克风信号226以确定第二信号。举例来说,控制电路220可使用对应于反馈传递函数(例如, $F$ )的第二滤波器来卷积第二麦克风信号226(例如, $E$ )以确定第二信号。反馈传递函数可为从电子电路214之后到第一麦克风212的传递函数,不包含扬声器216。在一些配置中,可利用单分接头滤波器模型化反馈传递函数(例如, $F=-1$ )。

[0054] 第一信号(基于第一麦克风信号224)和第二信号(基于第二麦克风信号226)可在存在反馈的情况下表现出较高相关度且在不存在反馈的情况下表现出较低相关度。举例来说,由于第二麦克风222位于扬声器216附近,由于当由扬声器216输出的声信号泄漏到第一麦克风212时第二信号表现出与第一信号的类似性,在存在反馈的情况下第二信号与第一信号表现出较高相关度。在此情况下,第一信号和第二信号表现出相关度,起源于相同来源。然而,第一信号和第二信号在不存在反馈的情况下表现出较低相关度。这是因为第一信号和第二信号在不存在反馈的情况下通常不相似。

[0055] 控制电路220可基于第一麦克风信号224和第二麦克风信号226确定相关度。举例

来说,控制电路220可确定第一信号(其基于第一麦克风信号224)与第二信号(其基于第二麦克风信号226)之间的相关度。在一些配置中,控制电路220可确定第一信号与第二信号之间的归一化相关度。举例来说,控制电路220可将第一信号和第二信号的相关度除以第一信号的标准差和第二信号的标准差。在另一实例中,控制电路220可将第一信号和第二信号的相关度除以第二信号的方差。

[0056] 控制电路220可基于相关度(例如,基于相关度或归一化相关度)确定是否出现反馈。举例来说,控制电路220可在相关度高于阈值时确定出现反馈。另外,控制电路220可在相关度低于相同或不同阈值时确定未出现反馈。在一些配置中,控制电路220可利用多个阈值,其中阈值的等级指示反馈的量。举例来说,如果相关度低于第一阈值,那么控制电路220可确定未出现反馈。如果相关度高于第一阈值但低于第二阈值,那么控制电路220可确定出现少量反馈。如果相关度高于第二阈值,那么控制电路220可确定出现大量反馈。根据本文中所公开的系统和方法确定是否出现反馈可避免将非反馈声音(例如,语音)检测为反馈。

[0057] 控制电路220可在出现反馈时调对整第一麦克风信号224的处理。举例来说,控制电路220可在出现反馈时减少增益(例如,回路增益)和/或可断开反馈回路。在一些配置中,控制电路220可基于是否出现反馈产生控制信号228。举例来说,控制信号228可包含指示是否出现反馈的二进制指示符。另外或或者,控制信号228可提供其它控制信息。举例来说,控制信号228可改变使得电子电路214减少增益的电压和/或电流电平。另外或或者,控制信号228可提供使得开关(例如,晶体管)断开第一麦克风212与扬声器216之间的路径的开关信号(例如,电流或电压)。

[0058] 本文中所公开的系统和方法的一个益处在于多个基于麦克风的反馈检测方法(包含反馈回路中的至少一个麦克风和反馈回路外的至少一个麦克风)提供声学语音与反馈声音之间的准确鉴别。举例来说,本文中所公开的系统和方法可避免在一些配置中将语音呼叫中的远端话语检测为反馈。利用相关度的已知方法(例如,仅利用反馈回路中的一或多个麦克风)可遭受由人类语音触发的多种误报。

[0059] 本文中所公开的系统和方法还利用由第一麦克风信号224和第二麦克风信号226提供的空间多样性,且提供声信号与本地反馈声音之间的额外鉴别。这在基于单个麦克风的方法中是不可能的。

[0060] 本文中所公开的系统和方法的一些配置可使用于手持机ANC应用,其中第二麦克风222(例如,误差麦克风)位于扬声器216(例如,接收器)附近。举例来说,智能电话设计常常允许扬声器216(例如,接收器)的后侧与第一麦克风212(例如,噪声麦克风)之间具有的开放式空气路径。由于各种设计约束,具有ANC功能性的小型移动装置可具有接近扬声器216(例如,接收器)的第二麦克风(例如,误差麦克风)且接收器可利用其后侧上的开口空气量确保声学效能得以改善。根据本文中所公开的系统和方法,扬声器216的后侧可与第二麦克风222(例如,误差麦克风)隔离。

[0061] 图3是说明用于通过电子装置210进行反馈检测的方法300的一个配置的流程图。电子装置210可通过一或多个第一麦克风212接收第一麦克风信号224(302)。这可如上文结合图2所描述来实现。反馈回路可包含一或多个第一麦克风212及一或多个扬声器216。

[0062] 电子装置210可通过反馈回路外的一或多个第二麦克风222接收第二麦克风信号226(304)。这可(例如)如上文结合图2所描述来实现。第二麦克风222可位于扬声器216附

近。这可使得能够在出现反馈时确定较高相关度且在未出现反馈时确定较低相关度。如上文所描述,基于第一麦克风信号224的第一信号和基于第二麦克风信号226的第二信号在存在反馈的情况下可表现出较高相关度且在不存在反馈的情况下可表现出较低相关度。因此,以此方式确定是否出现反馈可避免将非反馈声音检测为反馈。

[0063] 在一些配置中,电子装置210可对第一麦克风信号224进行滤波以确定第一信号且可对第二麦克风信号226进行滤波以确定第二信号。这可如上文结合图2所描述来实现。举例来说,对第一麦克风信号224进行滤波可包含基于第一滤波器均衡第一麦克风信号224,且对第二麦克风信号226进行滤波可包含基于第二滤波器均衡第二麦克风信号226。确切地说,第一滤波器可对应于非反馈传递函数且第二滤波器可对应于反馈传递函数。

[0064] 电子装置210可基于第一麦克风信号224和第二麦克风信号226确定相关度(306)。这可如上文结合图2所描述来实现。举例来说,电子装置210可基于第一信号和第二信号确定相关度(例如,归一化相关度)(306)。

[0065] 电子装置210可基于相关度(例如,基于相关度或归一化相关度)确定是否出现反馈(308)。这可(例如)如上文结合图2所描述来实现。在一些配置中,确定是否出现反馈可包含当相关度高于阈值时确定出现反馈和/或当相关度低于相同或不同阈值时确定未出现反馈。

[0066] 在一些配置中,电子装置210可在出现反馈时调整对第一麦克风信号224的处理。这可如上文结合图2所描述来实现。举例来说,调整处理可包含减少增益和/或断开反馈回路。

[0067] 图4是说明根据本文中所公开的系统和方法的多个麦克风(例如,双重麦克风)反馈检测情境的一个实例的框图。确切地说,图4说明一或多个第一麦克风412、第一麦克风信号436(表示为N)、电子路径传递函数438(表示为W)、电子路径后信号440(表示为R)、反馈传递函数434(表示为F)、一或多个扬声器416、非反馈传递函数442(表示为S)、一或多个第二麦克风422及第二麦克风信号444(表示为E)。结合图4所描述的第一麦克风412、第二麦克风422及扬声器416可对应于结合图2所描述的第一麦克风212、第二麦克风222及扬声器216。

[0068] 电子路径传递函数438(W)可(例如)将结合图2所描述的电子电路214的回应模型化。电子路径后信号440(R)是在电子路径传递函数438(W)之后但在扬声器416之前的信号。举例来说,电子路径后信号440(R)可为从电子路径传递函数438(W)输出但在由扬声器416输出之前的信号。可将从电子路径后信号440(R)到第二麦克风信号444(E)(例如,在第二麦克风422或误差麦克风处)的传递函数模型化为非反馈传递函数442(S)。应注意,非反馈传递函数442(S)(例如,对应于扬声器416路径的传递函数)可经由扬声器416将路径模型化。另外,可将从电子路径后信号440(R)(例如,泄漏)到第一麦克风信号436(N)(例如,在第一麦克风412或噪声麦克风处)的传递函数模型化为反馈传递函数434(F)。应注意,在一些配置中,反馈传递函数434(F)可能未经由扬声器416将路径模型化。因此,反馈传递函数434(F)可或可不直接将上文所描述的反馈路径 $F_p$ 模型化。应注意,第一麦克风412可包含于具有如上文结合图2所描述的扬声器416的反馈回路中。举例来说,可由扬声器416输出第一麦克风信号436(N)(例如,受电子路径传递函数438(W)影响的第一麦克风信号436(N))的版本。然而,例如,第二麦克风信号444(E)自身可未被提供(例如,通过耦合)到扬声器416。举例来说,基于第二麦克风信号444(E)的单独控制信号可指示是否出现反馈和/或可提供控

制信息。

[0069] 可将由第一麦克风412接收的第一麦克风信号436 (N) 表达为:  $N=FR$ 。可将由第二麦克风422接收的第二麦克风信号444 (E) 表达为:  $E=SR$ 。因此,  $FE=FSR=SN=SFR$ 。因此, 计算FE和SN的归一化相关度应得到1。举例来说, FE和SN的归一化相关度可表达为:

$$\frac{\text{Corr}(FE, SN)}{\text{Std}(FE)\text{Std}(SN)} = \frac{\text{Corr}(Y, Y)}{\text{Std}(Y)\text{Std}(Y)} = 1.0$$
。Y可为任意信号。因此, 归一化相关度仍得到1.0, 即使具

有未知线性增益g和h。举例来说, 在 $E=gSR$ 且 $N=hFR$ 的情况下, 
$$\frac{\text{Corr}(gFSR, hSFR)}{\text{Std}(gFSR)\text{Std}(hSFR)} = 1.0$$
。

[0070] 在多数情况下, 可利用传递函数F和S的简化模型。在一些配置中, 举例来说, 一分接头滤波器可用于模型F和S。举例来说,  $F=-1$ 且 $S=1$ 可用作传递函数的简化模型。在此等

配置中, 
$$\frac{\text{Corr}(-E, R)}{\text{Std}(E)\text{Std}(R)} = \frac{\text{Corr}(Y, Y)}{\text{Std}(Y)\text{Std}(Y)} = 1.0$$
。本文中所公开的系统和方法在拒绝声信号方面比

已知方法 (例如, 基于单个麦克风的方法) 更佳。

[0071] 图5是说明其中可实施用于反馈检测的系统和方法的电子装置510的更具体配置的框图。电子装置510可为结合图2所描述的电子装置210的一个实例。电子装置510包含一或多个第一麦克风512 (例如, 噪声麦克风)、电子电路514、一或多个扬声器516、控制电路520及一或多个第二麦克风522 (例如, 误差麦克风)。此等组件中的一或多者可结合图2所描述的对应组件的实例。另外, 电子装置510的组件中的一或多者可根据结合图2至4所描述的功能、程序和/或实例中的一或多者来操作。

[0072] 如上文所述, 一或多个第一麦克风512可经配置以接收第一麦克风信号524。一或多个第一麦克风512可将声信号转换为第一麦克风信号524, 所述第一麦克风信号可提供到电子电路514和控制电路520。

[0073] 如上文所描述, 电子电路514可处理第一麦克风信号524且可将经处理第一麦克风信号530提供到扬声器516。举例来说, 电子电路514在一些配置中可为ANC电路。如上文所述, 反馈回路包含第一麦克风512及扬声器516。扬声器516可基于经处理第一麦克风信号530输出声信号, 所述声信号可经由非反馈路径532行进到第二麦克风522和/或可经由反馈路径518行进 (例如, 泄漏) 到第一麦克风512。

[0074] 第二麦克风522可经配置以接收第二麦克风信号526, 所述第二麦克风信号可提供到控制电路520。控制电路520可包含相关度确定模块546和反馈确定模块550。如本文中所使用, 术语“模块”可指示可以硬件或硬件与软件的组合 (例如, 具有指令的处理器) 实施的组件。

[0075] 相关度确定模块546可接收第一麦克风信号524 (例如, 基于第一麦克风信号524的第一信号) 和第二麦克风信号526 (例如, 基于第二麦克风信号526的第二信号)。相关度确定模块546可基于第一麦克风信号524和第二麦克风信号526确定相关度548 (例如, 归一化相关度)。举例来说, 相关度确定模块546可确定第一信号 (其基于第一麦克风信号524) 与第二信号 (其基于第二麦克风信号526) 之间的相关度548。在一些配置中, 相关度确定模块546可确定第一信号与第二信号之间的归一化相关度548。举例来说, 相关度确定模块546可将第一信号和第二信号的相关度除以第一信号的标准差和第二信号的标准差。在另一个实例中, 相关度确定模块546可将第一信号和第二信号的相关度除以第二信号的方差。相关度确

定模块546可将相关度548 (例如, 归一化相关度548) 提供到反馈确定模块550。

[0076] 反馈确定模块550可基于相关度548 (例如, 基于相关度548或归一化相关度548) 确定是否出现反馈。举例来说, 反馈确定模块550可在相关度548高于阈值时确定出现反馈。另外, 反馈确定模块550可在相关度低于相同或不同阈值时确定未出现反馈。在一些配置中, 反馈确定模块550可利用多个阈值, 其中阈值的等级指示相关度的程度或量。举例来说, 如果相关度低于第一阈值, 那么反馈确定模块550可确定未出现反馈。如果相关度高于第一阈值但低于第二阈值, 那么反馈确定模块550可确定出现少量反馈。如果相关度高于第二阈值, 那么反馈确定模块550可确定出现大量反馈。根据本文中所公开的系统和方法确定是否出现反馈可避免将非反馈声音 (例如, 语音) 检测为反馈。

[0077] 控制电路520可在出现反馈时 (例如, 在反馈确定模块550确定出现反馈时) 调整对第一麦克风信号524的处理。举例来说, 控制电路520可在出现反馈时减少增益 (例如, 回路增益) 和/或可断开反馈回路。在一些配置中, 控制电路520可基于是否出现反馈产生控制信号528。举例来说, 控制信号528可包含指示是否出现反馈的二进制指示符。另外或或者, 控制信号528可提供其它控制信息。举例来说, 控制信号528可改变使得电子电路514减少增益的电压和/或电流电平。另外或或者, 控制信号528可提供使得开关 (例如, 晶体管) 断开第一麦克风512与扬声器516之间的路径的开关信号 (例如, 电流或电压)。

[0078] 图6是说明用于通过电子装置510进行反馈检测的方法600之更具体配置的流程图。电子装置510可通过一或多个第一麦克风512接收第一麦克风信号524 (602)。这可如上文结合图2至5中的一或多者所描述来实现。反馈回路可包含一或多个第一麦克风512及一或多个扬声器516。

[0079] 电子装置510可通过反馈回路外的一或多个第二麦克风522接收第二麦克风信号526 (604)。这可 (例如) 如上文结合图2至5中的一或多者所描述来实现。

[0080] 电子装置510可基于第一麦克风信号524和第二麦克风信号526确定相关度548 (606)。这可如上文结合图2至5中的一或多者所描述来实现。举例来说, 电子装置510可基于第一信号和第二信号确定相关度548 (例如, 归一化相关度548) (606)。

[0081] 电子装置510可确定相关度548是否高于阈值 (608)。这可如上文结合图2至3和5中的一或多者所描述来实现。举例来说, 电子装置510 (例如, 反馈确定模块550) 可在相关度548高于阈值时确定出现反馈。在一些配置中, 电子装置510 (例如, 反馈确定模块550) 可在相关度低于相同或不同阈值时确定未出现反馈。

[0082] 在一些配置中, 电子装置510可利用多个阈值, 其中阈值的等级指示相关度的程度或量。举例来说, 如果相关度低于第一阈值, 那么电子装置510可确定未出现反馈。如果相关度高于第一阈值但低于第二阈值, 那么电子装置510可确定出现少量反馈。如果相关度高于第二阈值, 那么电子装置510可确定出现大量反馈。在一些配置中, 相关度的程度或量可用于确定如何调整对第一麦克风信号524的处理。

[0083] 如果相关度548不高于 (例如, 小于或等于) 阈值 (例如, 在相关度548不高于最低阈值时, 指示未出现反馈), 那么电子装置510可返回以重复方法600或操作可终止。如果相关度548高于 (例如, 大于) 阈值, 那么电子装置510可调整对第一麦克风信号的处理 (610)。这可如上文结合图2至3和5中的一或多者所描述来实现。举例来说, 电子装置 (例如, 控制电路520) 可通过减少增益和/或断开反馈回路来调整处理 (610)。

[0084] 在一些配置中,调整对第一麦克风信号524的处理(610)可包含基于相关度548是否高于一或多个阈值(其可指示反馈的量或程度)的不同操作。在一个实例中,如果相关度548高于第一阈值但低于第二阈值(其可指示少量相关度),那么电子装置510(例如,控制电路520)可减少电子电路514的增益。如果相关度高于第二阈值(和第一阈值),那么电子装置510(例如,控制电路520)可断开反馈回路。在另一个实例中,如果相关度548仅高于第一阈值,那么电子装置510(例如,控制电路520)可使增益减少第一量。另外,如果相关度548仅高于第二阈值(其大于第一阈值),那么电子装置510(例如,控制电路520)可使增益减少第二量(例如,其大于第一量)。此外,如果相关度高于第三阈值(其大于第一和第二阈值),那么电子装置510(例如,控制电路520)可断开反馈回路。因此,电子装置510可基于相关度的量(例如,基于按照多个阈值等级的相关度的量)以不同方式(例如,不同程度和/或使用不同操作)调整处理(610)。

[0085] 图7是说明其中可实施用于反馈检测的系统和方法的电子装置710的另一更具体配置的框图。电子装置710可为结合图2和5所描述的电子装置210、510中的一或多者的一个实例。电子装置710包含一或多个第一麦克风712(例如,噪声麦克风)、电子电路714、一或多个扬声器716、控制电路720及一或多个第二麦克风722(例如,辅助或误差麦克风)。此等组件中的一或多者可为结合图2和5中的一或多者所描述的对应组件的实例。另外,电子装置710的组件中的一或多者可根据结合图2至6所描述的功能、程序和/或实例中的一或多者来操作。

[0086] 如上文所述,一或多个第一麦克风712可经配置以接收第一麦克风信号724。可将第一麦克风信号724提供到电子电路714及控制电路720。

[0087] 如上文所述,电子电路714可处理第一麦克风信号724且可将经处理第一麦克风信号730提供到扬声器716。电子电路714在一些配置中可为ANC电路。扬声器716可基于经处理第一麦克风信号730输出声信号,所述声信号可经由非反馈路径732行进到第二麦克风722和/或可经由反馈路径718行进(例如,泄漏)到第一麦克风712。

[0088] 第二麦克风722可经配置以接收第二麦克风信号726,所述第二麦克风信号可提供到控制电路720。控制电路720可包含第一滤波器735、第二滤波器754、相关度确定模块746和反馈确定模块750。

[0089] 第一滤波器735可接收第一麦克风信号724。第一滤波器735可对第一麦克风信号724进行滤波以确定第一信号752。举例来说,滤波第一麦克风信号724可包含放大(例如,将增益应用于)第一麦克风信号724(或其一或多个频带)、衰减第一麦克风信号724(或其一或多个频带)、将延迟应用于第一麦克风信号724、使用第一滤波器735卷积第一麦克风信号724和/或对第一麦克风信号724执行其它操作。在一些配置中,第一滤波器735可均衡第一麦克风信号724以确定第一信号752。举例来说,可使用第一滤波器735卷积第一麦克风信号724(例如,N)以确定第一信号752。第一滤波器735可对应于非反馈传递函数(例如,S)。非反馈传递函数可为从电子电路714之后的经处理第一麦克风信号(例如,电子路径后信号R)到第二麦克风722的传递函数,包含扬声器716。因此,第一信号752(例如,经均衡第一麦克风信号724)可表达为SN(或(例如)其时域当量)。在一些配置中,第一滤波器735可为用于模型化非反馈传递函数(例如, $S=1$ )的单分接头滤波器。可将第一信号752提供到相关度确定模块746。

[0090] 第二滤波器754可接收第二麦克风信号726。第二滤波器754可滤波第二麦克风信号726以确定第二信号756。举例来说,滤波第二麦克风信号726可包含放大(例如,将增益应用于)第二麦克风信号726(或其一个或多个频带)、衰减第二麦克风信号726(或其一个或多个频带)、将延迟应用于第二麦克风信号726、使用第二滤波器754卷积第二麦克风信号726和/或对第二麦克风信号726执行其它操作。在一些配置中,第二滤波器754可均衡第二麦克风信号726以确定第二信号756。举例来说,可使用第二麦克风信号726(例如,E)卷积第二滤波器754以确定第二信号756。第二滤波器754可对应于反馈传递函数(例如,F)。反馈传递函数可为从电子电路714之后的经处理第一麦克风信号(例如,电子路径后信号R)到第一麦克风712的传递函数,不包含扬声器716。因此,第二信号756(例如,经均衡第二麦克风信号726)可表达为FE(或(例如)其时域当量)。在一些配置中,第二滤波器754可为用于将反馈传递函数(例如, $F=-1$ )模型化的单分接头滤波器。可将第二信号756提供到相关度确定模块746。

[0091] 第一信号752(基于第一麦克风信号724)和第二信号756(基于第二麦克风信号726)可在存在反馈的情况下表现出较高相关度且在不存在反馈的情况下表现出较低相关度。在相关度计算之前利用第一滤波器735和第二滤波器754可有益于从反馈信号鉴别声学声音。举例来说,使用第一滤波器735(例如,S)增加(例如,均衡)第一麦克风信号724(例如,N)(或(例如)卷积时域当量)可产生第一信号752。此外,使用第二滤波器(例如,F)增加(例如,均衡)第二麦克风信号726(例如,E)(或(例如)卷积时域当量)可产生第二信号756。在无第一滤波器735和第二滤波器754(例如,S和F滤波器)的情况下,声学声音可较频繁地展示高相关度。这可使得反馈声音和声学声音(例如,语音)之间的鉴别更困难。

[0092] 相关度确定模块746可接收第一信号752及第二信号756。相关度确定模块746可基于第一信号752和第二信号756确定相关度748(例如,归一化相关度)。举例来说,相关度确定模块746可确定第一信号752与第二信号756之间的相关度748(例如, $\text{Corr}(FE, SN)$ )。在一些配置中,相关度确定模块746可确定第一信号752与第二信号756之间的归一化相关度748。举例来说,相关度确定模块746可将第一信号752和第二信号756的相关度除以第一信号752的标准差和第二信号756的标准差(例如, $\frac{\text{Corr}(FE, SN)}{\text{Std}(FE)\text{Std}(SN)}$ )。在另一个实例中,相关度确定模块746可将第一信号752和第二信号756的相关度除以第二信号756的方差(例如, $\frac{\text{Corr}(FE, SN)}{\text{Var}(FE)}$ )。相关度确定模块746可将相关度748(例如,归一化相关度748)提供到反馈确定模块750。

[0093] 反馈确定模块750可基于相关度748(例如,基于相关度748或归一化相关度748)确定是否出现反馈。举例来说,反馈确定模块750可在相关度748高于阈值(例如, $\text{Corr}(FE, SN) > \text{阈值}$ )时确定出现反馈。另外,反馈确定模块750可在相关度低于(例如,小于或等于)相同或不同阈值时确定未出现反馈。在一些配置中,反馈确定模块750可利用多个阈值,其中阈值的等级指示相关度的程度或量(例如,如上文结合图6所描述)。

[0094] 控制电路720可在出现反馈时(例如,在相关度748高于阈值时)调整对第一麦克风信号724的处理。举例来说,控制电路720可在出现反馈时减少增益(例如,回路增益)和/或可断开反馈回路。在一些配置中,控制电路720可基于是否出现反馈产生控制信号728,如上文结合图2和5中的一或多者所描述。在一些配置中,控制信号728可基于如上文所描述的相



关度748的量指示不同操作。举例来说,控制信号728在相关度748高于第一阈值时可指示较少增益减小,在相关度748高于第二阈值时可指示较大增益减小且在相关度748高于第三阈值时可指示反馈回路断开。

[0095] 图8是说明用于通过电子装置710进行反馈检测的方法800的另一更具体配置的流程图。电子装置710可通过一或多个第一麦克风712接收第一麦克风信号724 (802)。这可如上文结合图2至7中的一或多者所描述来实现。

[0096] 电子装置710可通过反馈回路外的一或多个第二麦克风722接收第二麦克风信号726 (804)。这可 (例如) 如上文结合图2至7中的一或多者所描述来实现。

[0097] 电子装置710可对第一麦克风信号724进行滤波以确定第一信号752 (806)。这可如上文结合图2至7中的一或多者所描述来实现。举例来说,对第一麦克风信号724进行滤波可包含基于第一滤波器735均衡第一麦克风信号724 (例如,计算SN或卷积其时域当量)。确切地说,第一滤波器735可对应于非反馈传递函数。

[0098] 电子装置710可对第二麦克风信号726进行滤波以确定第二信号756 (808)。这可如上文结合图2至7中的一或多者所描述来实现。举例来说,对第二麦克风信号726进行滤波可包含基于第二滤波器754均衡第二麦克风信号726 (例如,计算FE或卷积其时域当量)。确切地说,第二滤波器754可对应于反馈传递函数。

[0099] 电子装置710可基于第一麦克风信号724和第二麦克风信号726确定相关度748 (810)。这可如上文结合图2至7中的一或多者所描述来实现。举例来说,电子装置710可基于第一信号和第二信号确定相关度748 (例如,归一化相关度748) (810)。在一些配置中,确定相关度748 (810) 可包含计算  $\text{Corr}(\text{FE}, \text{SN})$ 、 $\frac{\text{Corr}(\text{FE}, \text{SN})}{\text{Std}(\text{FE})\text{Std}(\text{SN})}$  或  $\frac{\text{Corr}(\text{FE}, \text{SN})}{\text{Var}(\text{FE})}$ 。

[0100] 电子装置710可确定相关度748是否高于阈值 (812)。这可如上文结合图2至3和5至7中的一或多者所描述来实现。举例来说,电子装置710 (例如,反馈确定模块750) 可在相关度748高于阈值时确定出现反馈。在一些配置中,电子装置710 (例如,反馈确定模块750) 可在相关度低于相同或不同阈值时确定未出现反馈。在一些配置中,电子装置710可利用如上文所描述的多个阈值。在一些配置中,相关度的程度或量可用于确定如何调整对第一麦克风信号724的处理。

[0101] 如果相关度748不高于阈值 (例如,当相关度748低于最低阈值时,指示未出现反馈),那么电子装置710可返回以重复方法800或操作可终止。如果相关度748高于 (例如,大于或等于) 阈值,那么电子装置710可减少增益 (例如,回路增益) (814) 和/或断开反馈回路 (814)。这可如上文结合图2至3和5至7中的一或多者所描述来实现。在一些配置中,电子装置710可基于相关度的量 (例如,基于按照多个阈值等级的相关度的量) 减少增益 (例如,至不同程度) (814) 和/或断开反馈回路 (814)。

[0102] 图9包含说明本文中所公开的系统和方法的效能的实例的曲线图。确切地说,图9包含曲线图A 958a、曲线图B 958b、曲线图C 958c及曲线图D 958d。以时间 (秒) 为单位说明曲线图958a-d的横轴中的每一者。曲线图A 958a的纵轴说明信号的振幅。曲线图B 958b的纵轴说明另一信号的振幅。曲线图C 958c的纵轴说明根据本文中所公开的系统和方法的相关度。曲线图D 958d的纵轴说明根据已知方法的相关度。

[0103] 曲线图A 958a说明随时间推移的信号。确切地说,曲线图A 958a说明经滤波的第

一麦克风信号(例如,经滤波的噪声麦克风信号)的一个实例,其中反馈960大致出现在0秒与3.5秒之间,且其中语音962大致在5秒与7秒之间接收。更确切地说,曲线图A958a中所描绘的波形可为上文结合图7所描述的第一信号752(例如,SN)的一个实例。

[0104] 曲线图B 958b说明随时间推移的另一信号。确切地说,曲线图B 958b说明经滤波的第二麦克风信号(例如,经滤波的误差麦克风信号)的一个实例,其中反馈960大致出现在0秒与3.5秒之间,且其中语音962大致在5秒与7秒之间接收。更确切地说,曲线图B 958b中所描绘的波形可为上文结合图7所描述的第二信号756(例如,FE)的一个实例。

[0105] 曲线图C 958c说明根据本文中所公开的系统和方法的相关度(例如,  $\frac{\text{Corr}(\text{FE}, \text{SN})}{\text{Std}(\text{FE})\text{Std}(\text{SN})}$ ) 的实例。曲线图C 958c对应于曲线图A至B 958a-b。如所说明,根据本文中所公开的系统和方法计算的相关度在反馈960期间大致为1以在语音962期间大致为0。

[0106] 曲线图D 958d说明根据已知方法的相关度(例如,  $\frac{\text{Corr}(\text{N}, \text{WFN})}{\text{Std}(\text{N})\text{Std}(\text{WFN})}$ ) 的实例。如所说明,根据本文中所公开的系统和方法计算的相关度在反馈960期间大致为1且在语音962期间大致为0.9和0.8。在语音962期间的此高相关度值为误报964。确切地说,已知方法在语音期间提供可错误地指示反馈的高相关度值。

[0107] 图10包含说明本文中所公开的系统和方法的效能的另一实例的曲线图。确切地说,图10包含曲线图A 1058a、曲线图B 1058b、曲线图C 1058c及曲线图D 1058d。以时间(秒)说明曲线图1058a-d的横轴中的每一者。曲线图A 1058a的纵轴说明信号的振幅。曲线图B 1058b的纵轴说明另一信号的振幅。曲线图C 1058c的纵轴说明根据本文中所公开的系统和方法的相关度。曲线图D 1058d的纵轴说明根据已知方法的相关度。

[0108] 曲线图A 1058a说明随时间推移的信号。确切地说,曲线图A 1058a说明经滤波的第一麦克风信号(例如,经滤波的噪声麦克风信号)的另一实例,其中语音1062大致在0秒与33秒之间接收,其中语音和噪声1066大致在33秒与77秒之间接收,且其中反馈1060大致出现在78秒与111秒之间。更确切地说,曲线图A 1058a中所描绘的波形可为上文结合图7所描述的第一信号752(例如,SN)的一个实例。

[0109] 曲线图B 1058b说明随时间推移的另一信号。确切地说,曲线图B 1058b说明经滤波的第二麦克风信号(例如,经滤波的误差麦克风信号)的另一实例,其中语音1062大致在0秒与33秒之间接收,其中语音和噪声1066大致在33秒与77秒之间接收,且其中反馈1060大致出现在78秒与111秒之间。更确切地说,曲线图B 1058b中所描绘的波形可为上文结合图7所描述的第二信号756(例如,FE)的一个实例。

[0110] 曲线图C 1058c说明根据本文中所公开的系统和方法的相关度(例如,  $\text{Corr}(\text{FE}, \text{SN})$ 、 $\frac{\text{Corr}(\text{FE}, \text{SN})}{\text{Std}(\text{FE})\text{Std}(\text{SN})}$  或  $\frac{\text{Corr}(\text{FE}, \text{SN})}{\text{Var}(\text{FE})}$ ) 的实例。曲线图C 1058c对应于曲线图A至B 1058a-b。如所说明,根据本文中所公开的系统和方法计算的相关度在反馈1060期间较高且在语音1062期间和语音及噪声1066期间较低。

[0111] 曲线图D 1058d说明根据一个已知方法的相关度(例如,  $\frac{\text{Corr}(\text{N}, \text{WFN})}{\text{Std}(\text{N})\text{Std}(\text{WFN})}$ ) 的实例。如所说明,根据本文中所公开的系统和方法计算的相关度在语音1062期间和语音及噪声

1066期间较高。语音1062期间和语音及噪声1066期间的较高值为误报1064a。还在反馈1060之后说明另一误报1064b。确切地说,已知方法在语音1062期间和语音及噪声1066期间提供可错误地指示反馈的较高相关度值。

[0112] 图11是说明其中可实施用于反馈检测的系统和方法的电子装置1110(例如,手持机ANC应用情境)的另一更具体配置的框图。电子装置1110可为结合图2、5和7所描述的电子装置210、510、710中的一或多者的一个实例。举例来说,电子装置1110可为手持机,例如智能电话或蜂窝式电话。电子装置1110包含一或多个第一麦克风1112(例如,噪声麦克风)、有源噪声消除器1114、一或多个扬声器1116(例如,接收器)、控制电路1120和一或多个第二麦克风1122(例如,辅助或误差麦克风)。此等组件中的一或多者可为结合图2、5和7中的一或多者所描述的对应组件的实例。另外,电子装置1110的组件中的一或多者可根据结合图2至8所描述的功能、程序和/或实例中的一或多者来操作。

[0113] 在此实例中,第二麦克风1122位于扬声器1116附近。本文中所公开的系统和方法与一些已知方法之间的一个差异是利用额外麦克风(例如,一或多个第二麦克风1122)。

[0114] 在一些配置中,第一麦克风1112可远离扬声器1116和/或第二麦克风1122而定位。举例来说,第一麦克风1112可位于电子装置1110的背面上(例如,在与扬声器1116和/或第二麦克风1122的相对侧面上)。另外或或者,第一麦克风1112可位于隔离1170外部,而第二麦克风1122可通常位于隔离1170内部。

[0115] 如上文所述,一或多个第一麦克风1112可经配置以接收第一麦克风信号1124。可将第一麦克风信号1124提供到有源噪声消除器1114及控制电路1120。有源噪声消除器1114可产生经处理第一麦克风信号1130,所述经处理第一麦克风信号用于产生由第一麦克风1112俘获的声音信号和/或噪声(例如,环境声音)的相消干涉和/或减小。可将经处理第一麦克风信号1130提供到扬声器1116。扬声器1116可基于经处理第一麦克风信号1130输出声信号,所述声信号可行进到第二麦克风1122和/或在隔离1170出现失效时可行进(例如,泄漏)到第一麦克风1112。隔离1170可通过用户将电子装置1110贴近其/其耳朵1168产生或可通过电子装置1110的耳杯或外壳产生。

[0116] 第二麦克风1122可经配置以接收第二麦克风信号1126,所述第二麦克风信号可提供到控制电路1120。控制电路1120可对第一麦克风信号1124进行滤波、对第二麦克风信号1126进行滤波、确定相关度、基于相关度确定是否出现反馈和/或可如结合图2至8中的一或多者所描述调整处理(例如,经由控制信号1128)。举例来说,控制电路1120可减少有源噪声消除器1114的增益(例如,回路增益)和/或可在出现反馈时在有源噪声消除器1114处断开反馈回路。

[0117] 图12是说明其中可实施用于检测反馈的系统和方法的无线通信装置1210的一个配置的框图。图12中所说明的无线通信装置1210可为本文所描述的电子装置210、510、710、1110中的一或多者的实例。无线通信装置1210可包含应用处理器1284。应用处理器1284通常处理指令(例如,运行程序)以执行无线通信装置1210上的功能。应用处理器1284可耦合到音频译码器/解码器(编解码器)1282。

[0118] 音频编解码器1282可用于对音频信号进行译码和/或解码。音频编解码器1282可耦合到至少一个扬声器1274、耳机1276、输出插孔1278和/或至少一个麦克风1280。扬声器1274可包含一或多个将电或电声信号转换为声信号的电声换能器。举例来说,扬声器1274

可用于播放音乐或输出扬声器电话对话等。耳机1276可为可用于将声信号(例如,语音信号)输出到用户的另一扬声器或电声换能器。举例来说,可使用耳机1276,使得仅用户可可靠地听到声信号。输出插孔1278可用于将其它装置(例如头戴式耳机)耦合到无线通信装置1210以用于输出音频。扬声器1274、耳机1276和/或输出插孔1278可通常用于从音频编解码器1282输出音频信号。至少一个麦克风1280可为将声信号(例如用户的语音)转换为提供到音频编解码器1282的电或电子信号的声电换能器。

[0119] 音频编解码器1282可包含控制电路1220。控制电路1220可为上文所描述的控制电路220、520、720、1120中的一或多者的实例。在一些配置中,控制电路1220可在独立于音频编解码器1282的无线通信装置1210上实施。

[0120] 应用处理器1284还可耦合到电力管理电路1294。电力管理电路1294的一个实例为电力管理集成电路(PMIC),其可用于管理无线通信装置1210的电力消耗。电力管理电路1294可耦合到电池1296。电池1296可通常将电力提供到无线通信装置1210。举例来说,电池1296和/或电力管理电路1294可耦合到包含于无线通信装置1210中的元件中的至少一者。

[0121] 应用处理器1284可耦合到至少一个输入装置1298以用于接收输入。输入装置1298的实例包含红外传感器、图像传感器、加速度计、触摸传感器、小键盘等。输入装置1298可允许用户与无线通信装置1210交互。应用处理器1284还可耦合到一或多个输出装置1201。输出装置1201的实例包含打印机、投影仪、屏幕、触觉装置等。输出装置1201可允许无线通信装置1210产生可由用户体验的输出。

[0122] 应用处理器1284可耦合到应用存储器1203。应用存储器1203可为能够存储电子信息的任何电子装置。应用存储器1203的实例包含双数据速率同步动态随机存取存储器(DDRAM)、同步动态随机存取存储器(SDRAM)、快闪存储器等。应用存储器1203可提供用于应用处理器1284的存储器。举例来说,应用存储器1203可存储在应用处理器1284上运行的程序的功能的数据和/或指令。

[0123] 应用处理器1284可耦合到显示控制器1205,所述显示控制器又可耦合到显示器1207。显示控制器1205可为用于在显示器1207上产生图像的硬件块。举例来说,显示控制器1205可将来自应用处理器1284的指令和/或数据转译为可表现出在显示器1207上的图像。显示器1207的实例包含液晶显示器(LCD)面板、发光二极管(LED)面板、阴极射线管(CRT)显示器、等离子显示器等。

[0124] 应用处理器1284可耦合到基带处理器1286。基带处理器1286通常处理通信信号。举例来说,基带处理器1286可对所接收的信号进行解调和/或解码。另外或或者,基带处理器1286可对信号进行编码和/或调制以准备发射。

[0125] 基带处理器1286可耦合到基带存储器1209。基带存储器1209可为能够存储电子信息的任何电子装置,例如SDRAM、DDRAM、快闪存储器等。基带处理器1286可从基带存储器1209读取信息(例如,指令和/或资料)和/或将信息写入到所述基带存储器。另外或或者,基带处理器1286可使用存储于基带存储器1209中的指令和/或数据来执行通信操作。

[0126] 基带处理器1286可耦合到射频(RF)收发器1288。RF收发器1288可耦合到功率放大器1290和一或多个天线1292。RF收发器1288可发射和/或接收射频信号。举例来说,RF收发器1288可使用功率放大器1290及至少一个天线1292发射RF信号。RF收发器1288还可使用一或多个天线1292接收RF信号。

[0127] 图13说明可在电子装置1310中利用的各种组件。所说明组件可位于同一物理结构内或位于单独外壳或结构中。结合图13所描述的电子装置1310可根据本文中所描述的电子装置210、510、710、1110及无线通信装置1210中的一或多者来实施。电子装置1310包含处理器1317。处理器1317可为通用单芯片或多芯片微处理器(例如,ARM)、专用微处理器(例如,数位信号处理器(DSP))、微控制器、可编程门阵列等。处理器1317可被称为中央处理单元(CPU)。虽然图13的电子装置1310中仅展示单一处理器1317,但在替代配置中,可使用处理器(例如,ARM和DSP)的组合。

[0128] 电子装置1310还包含与处理器1317进行电子通信的存储器1311。也就是说,处理器1317可从存储器1311读取信息和/或将信息写入到所述存储器。存储器1311可为能够存储电子信息的任何电子组件。存储器1311可为随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、磁盘存储媒体、光学存储媒体、RAM中的快闪存储器装置、随处理器一起包含的机载存储器、可编程只读存储器(PROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM)、电可擦除PROM(EEPROM)、寄存器等,包含其组合。

[0129] 数据1315a和指令1313a可存储于存储器1311中。指令1313a可包含一或多个程序、例程、子例程、功能、程序等。指令1313a可包含单一计算机可读语句或许多计算机可读语句。指令1313a可由处理器1317执行以实施上文所描述的方法、功能和程序中的一或多者。执行指令1313a可涉及使用存储于存储器1311中的数据1315a。图13展示正加载到处理器1317中的一些指令1313b和数据1315b(其可来自指令1313a和数据1315a)。

[0130] 电子装置1310还可包含用于与其它电子装置通信的一或多个通信接口1321。通信接口1321可基于有线通信技术、无线通信技术或两者。不同类型的通信接口1321的实例包含串行端口、并行端口、通用串行总线(USB)、以太网配接器、电气电子工程师学会(IEEE) 1394总线接口、小型计算机系统接口(SCSI)总线接口、红外(IR)通信端口、蓝牙无线通信配接器、第三代合作伙伴计划(3GPP)收发器、IEEE 802.11(“Wi-Fi”)收发器等。举例来说,通信接口1321可耦合到用于发射和接收无线信号的一或多个天线(图中未展示)。

[0131] 电子装置1310还可包含一或多个输入装置1323和一或多个输出装置1327。不同种类的输入装置1323的实例包含键盘、鼠标、麦克风、遥控器装置、按钮、操纵杆、跟踪球、触控板、光笔等。举例来说,电子装置1310可包含用于俘获声信号的一或多个麦克风1325。在一种配置中,麦克风1325可为将声信号(例如,话音、话语)转换为电或电子信号的换能器。输出装置1327的不同种类的实例包含扬声器、打印机等。举例来说,电子装置1310可包含一或多个扬声器1329。在一个配置中,扬声器1329可为将电或电子信号转换为声信号的换能器。可通常包含在电子装置1310中的输出装置的一个特定类型为显示装置1331。与本文中所公开的配置一起使用的显示装置1331可利用任何合适的图像投影技术,例如阴极射线管(CRT)、液晶显示器(LCD)、发光二极管(LED)、气体等离子体、电致发光或类似者。还可提供显示控制器1333,用于将存储于存储器1311中的数据转换为显示装置1331上示出的文本、图形和/或移动图像(按需要)。

[0132] 电子装置1310的各种组件可通过一或多个总线耦合在一起,所述总线可包含电力总线、控制信号总线、状态信号总线、数据总线等。为简单起见,各种总线在图13中说明为总线系统1319。应注意,图13仅说明了电子装置1310的一种可能的配置。可利用多个其它架构和组件。

[0133] 在以上描述中,有时已结合各种术语而使用参考标号。在结合参考标号使用术语的情况下,此可意味着指代图中的一或多个者中所示的特定元件。在无参考标号而使用术语的情况下,此可意味着大体指代所述术语,而不限于任何特定图。

[0134] 术语“确定”涵盖广泛多种动作,且因此“确定”可包含计算、运算、处理、导出、调查、查找(例如,在表、数据库或另一数据结构中查找)、查实及类似者。而且,“确定”可包含接收(例如,接收信息)、存取(例如,在存储器中存取数据)及类似者。而且,“确定”可包含解析、选择、挑选、建立及类似者。

[0135] 短语“基于”并不意味着“仅基于”,除非另有明确指定。换句话说,短语“基于”描述“仅基于”和“至少基于”两者。

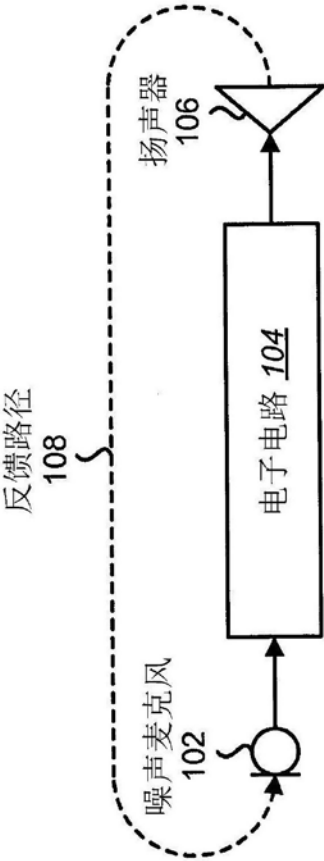
[0136] 应注意,在相容的情况下,结合本文中所描述的配置中的任一者所描述的特征、功能、程序、组件、元件、结构等中的一或多个者可与结合本文中所描述的其它配置中的任一者所描述的功能、程序、组件、元件、结构等中的一或多个者进行组合。换句话说,可根据本文中所公开的系统和方法来实施本文中所描述的功能、程序、组件、元件等的任何相容的组合。

[0137] 可将本文中所描述的功能作为一或多个指令而存储在处理器可读或计算机可读媒体上。术语“计算机可读媒体”是指可由计算机或处理器存取的任何可用媒体。借助于实例而非限制,此类媒体可包括随机访问内存(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、快闪存储器、压缩光盘只读存储器(CD-ROM)或其它光盘存储装置、磁盘存储器或其它磁性存储装置,或可用于以指令或数据结构的形式存储所要的程序代码且可由计算机存取的任何其它媒体。如本文中所使用,磁盘和光盘包含压缩光盘(CD)、激光光盘、光学光盘、数字多功能光盘(DVD)、软性磁盘和蓝光光盘,其中磁盘通常以磁性方式再现数据,而光盘用激光以光学方式再现数据。应注意,计算机可读媒体可为有形且非暂时性的。术语“计算机程序产品”是指计算装置或处理器,其与可由计算装置或处理器执行、处理或计算的代码或指令(例如,“程序”)结合。如本文所使用,术语“代码”可指可由计算装置或处理器执行的软件、指令、代码或数据。

[0138] 也可通过发射媒体来发射软件或指令。举例来说,如果使用同轴电缆、光纤电缆、双绞线、数字订户线(DSL)或无线技术(例如,红外线、无线电及微波)从网站、服务器或其它远程源发射软件,那么同轴电缆、光纤电缆、双绞线、DSL或无线技术(例如,红外线、无线电及微波)包含在发射媒体的定义中。

[0139] 本文中所公开的方法包括用于实现所描述的方法的一或多个步骤或动作。在不脱离权利要求书的范围的情况下,方法步骤和/或动作可彼此互换。换句话说,除非正描述的方法的适当操作需要步骤或动作的特定次序,否则,在不脱离权利要求书的范围的情况下,可修改特定步骤和/或动作的次序和/或使用。

[0140] 应理解,权利要求书不限于上文所说明的精确配置及组件。在不脱离权利要求书的范围的情况下,可在本文中所描述的系统、方法及设备的布置、操作及细节方面进行各种修改、改变及变化。



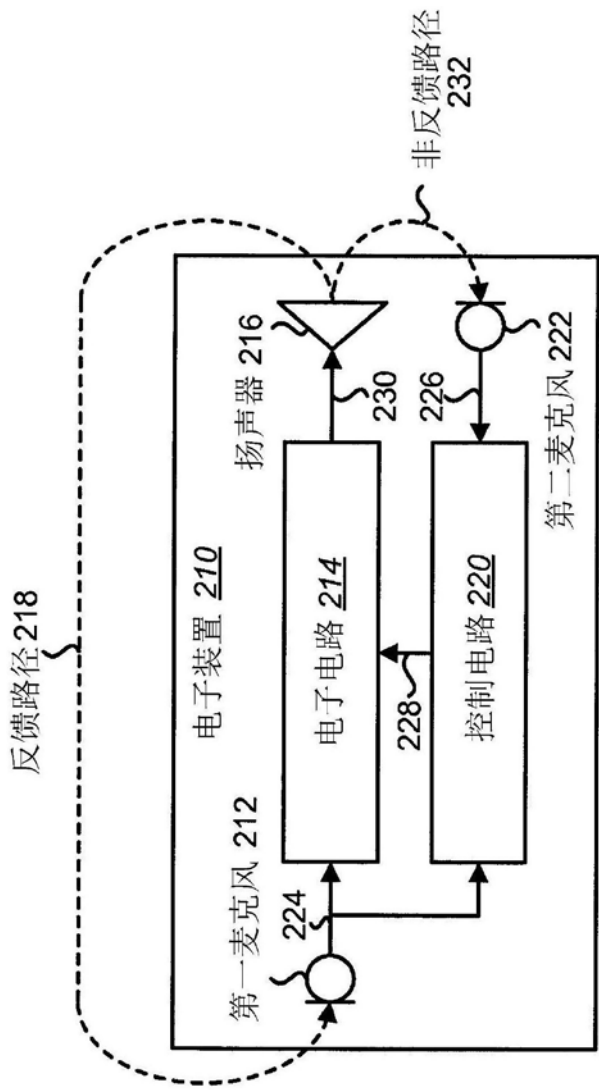


图2



300 ↗

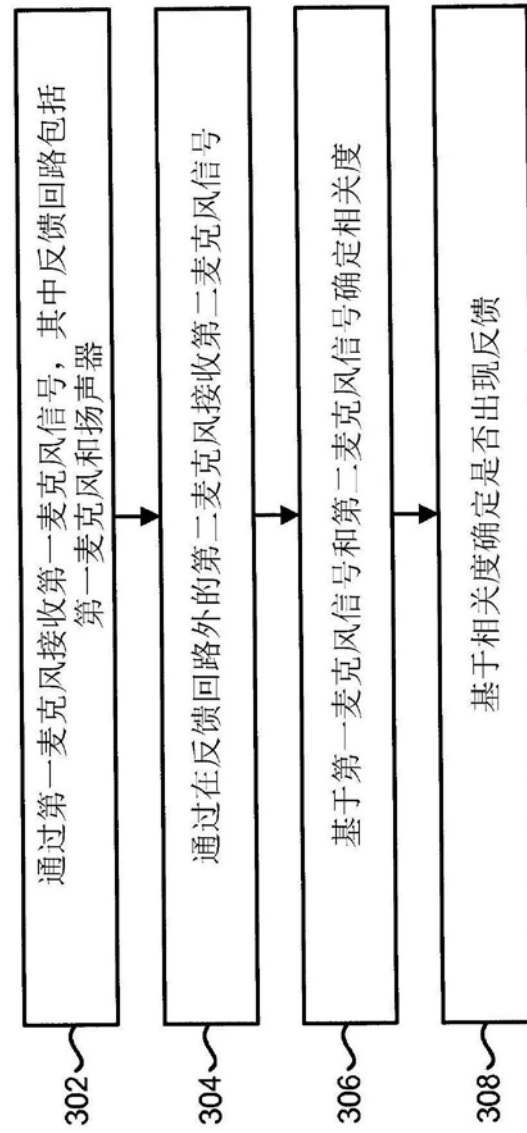


图3

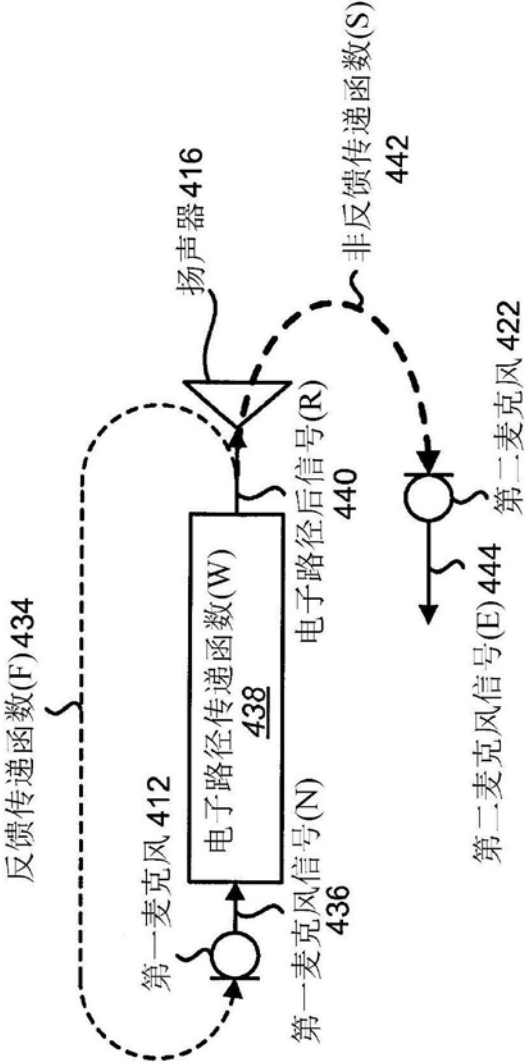


图4

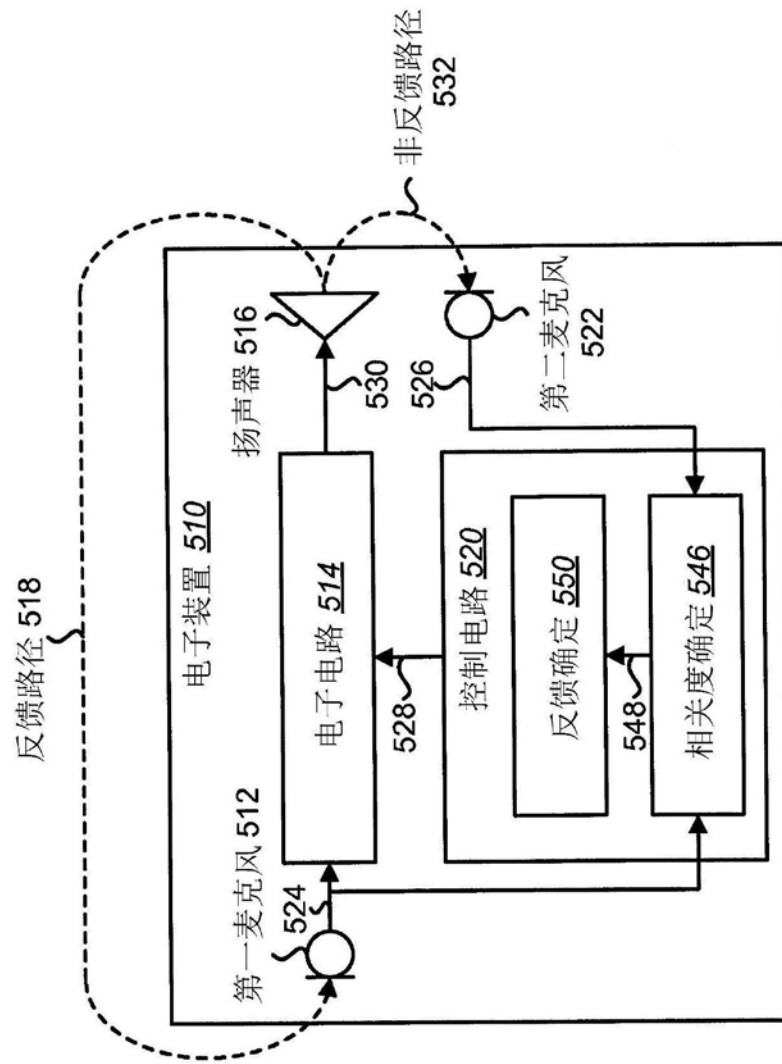


图5

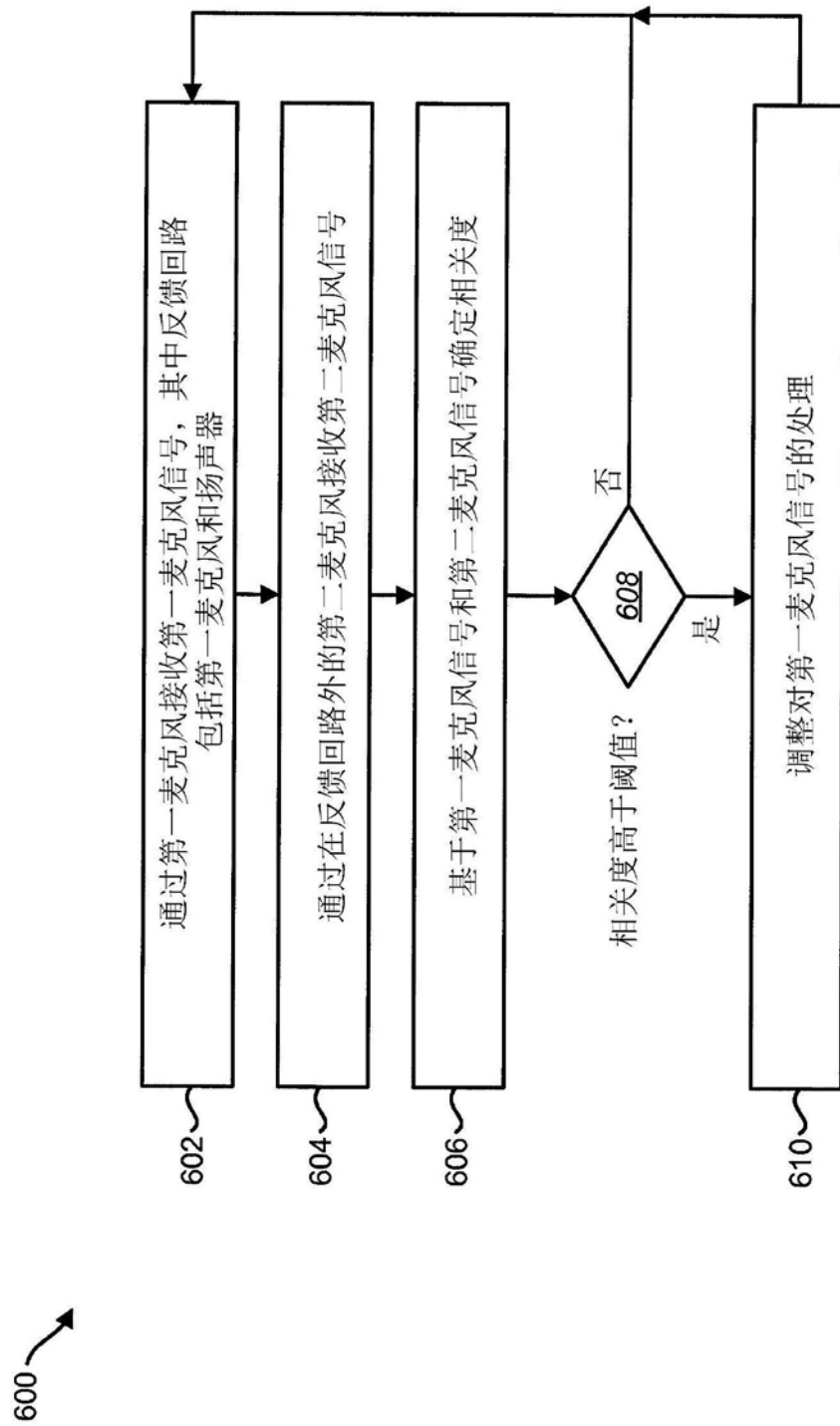


图6

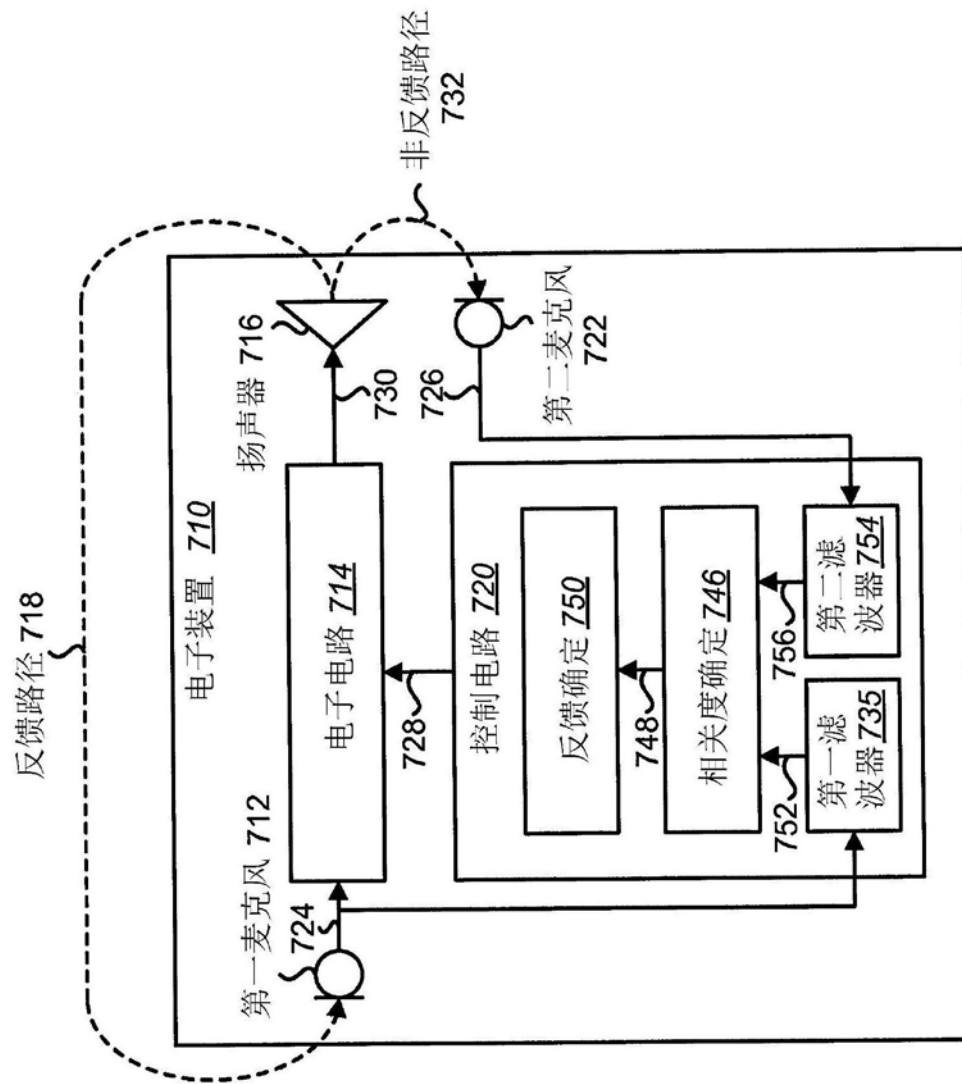


图7

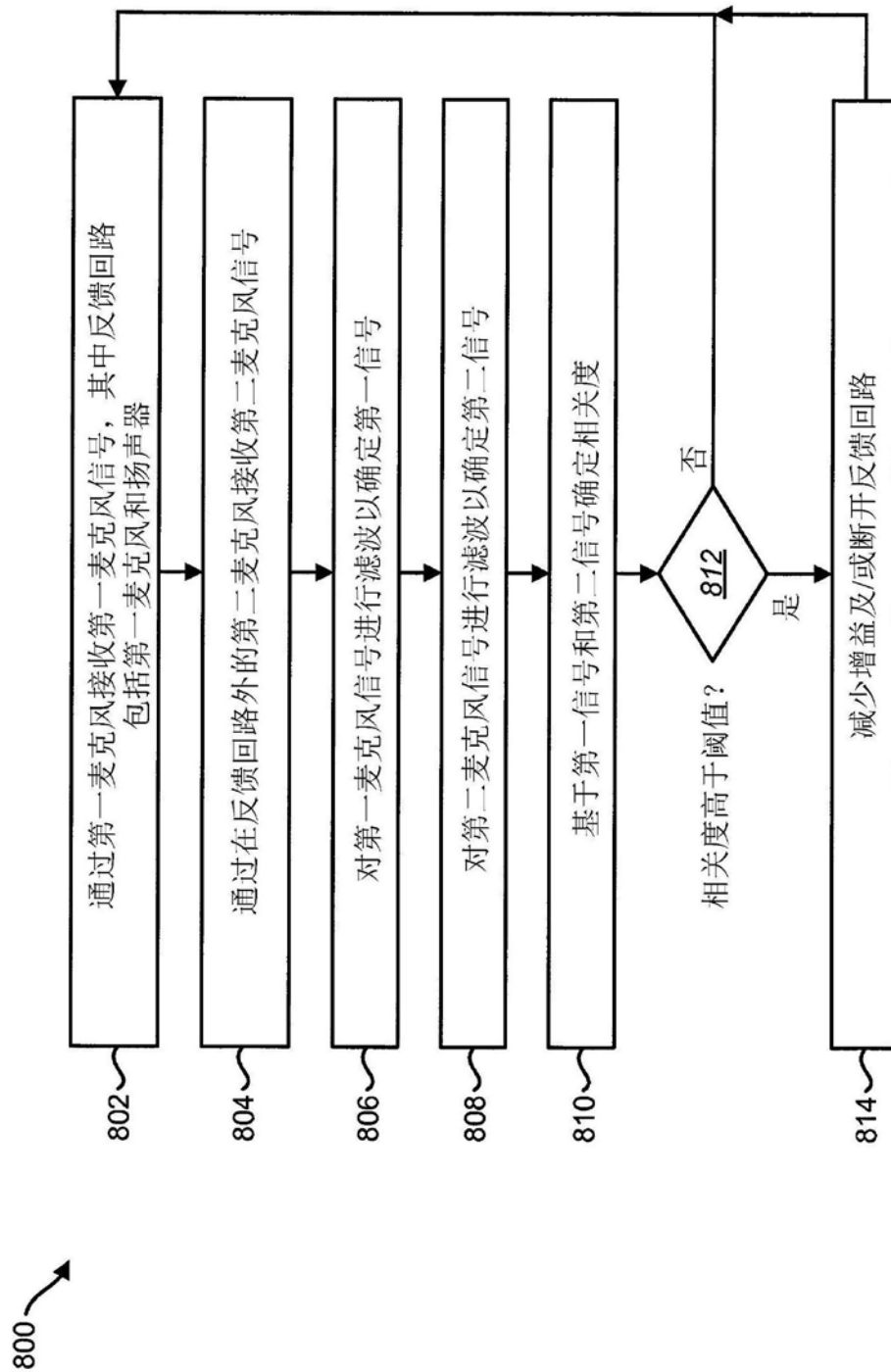


图8

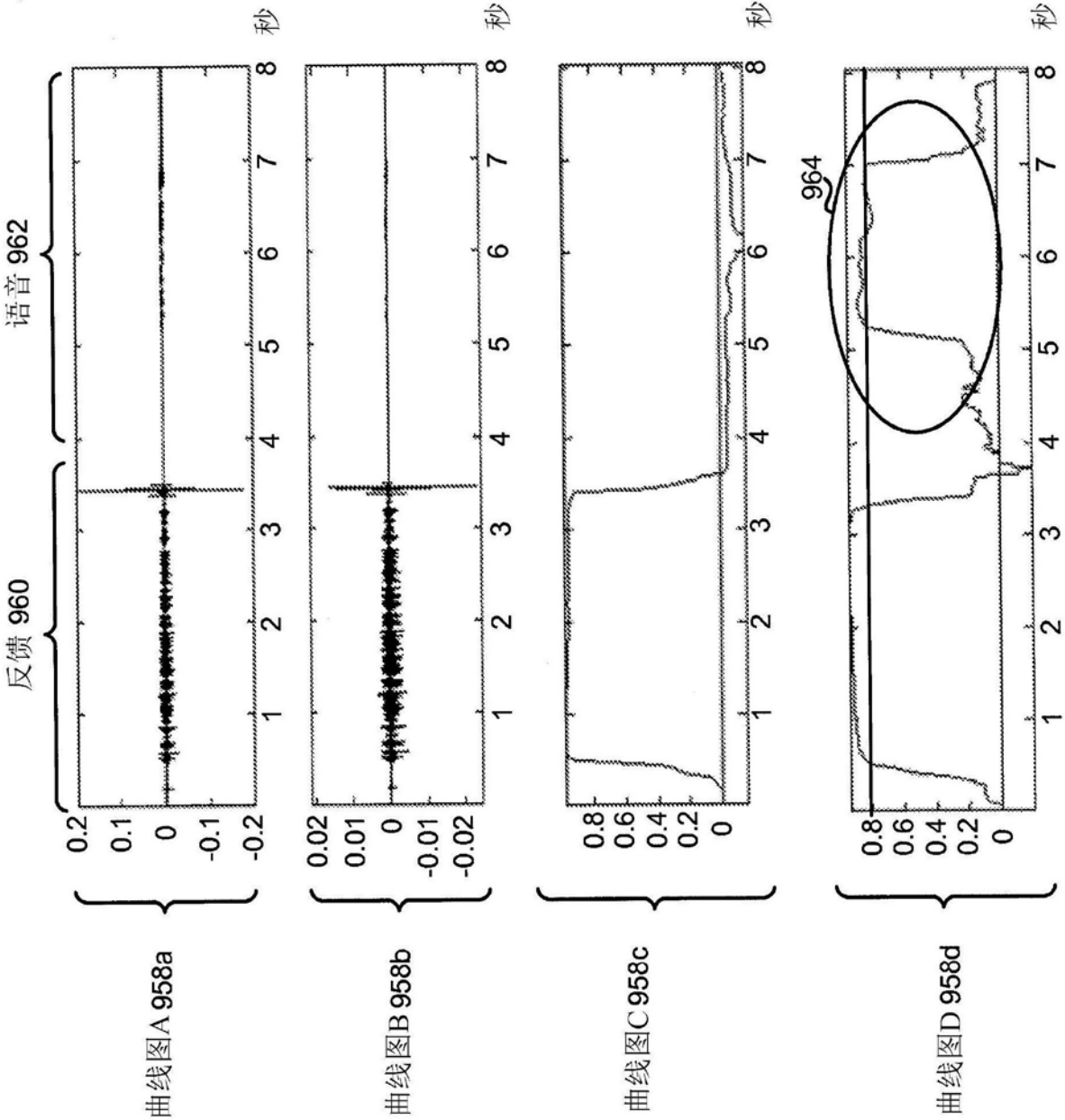


图9

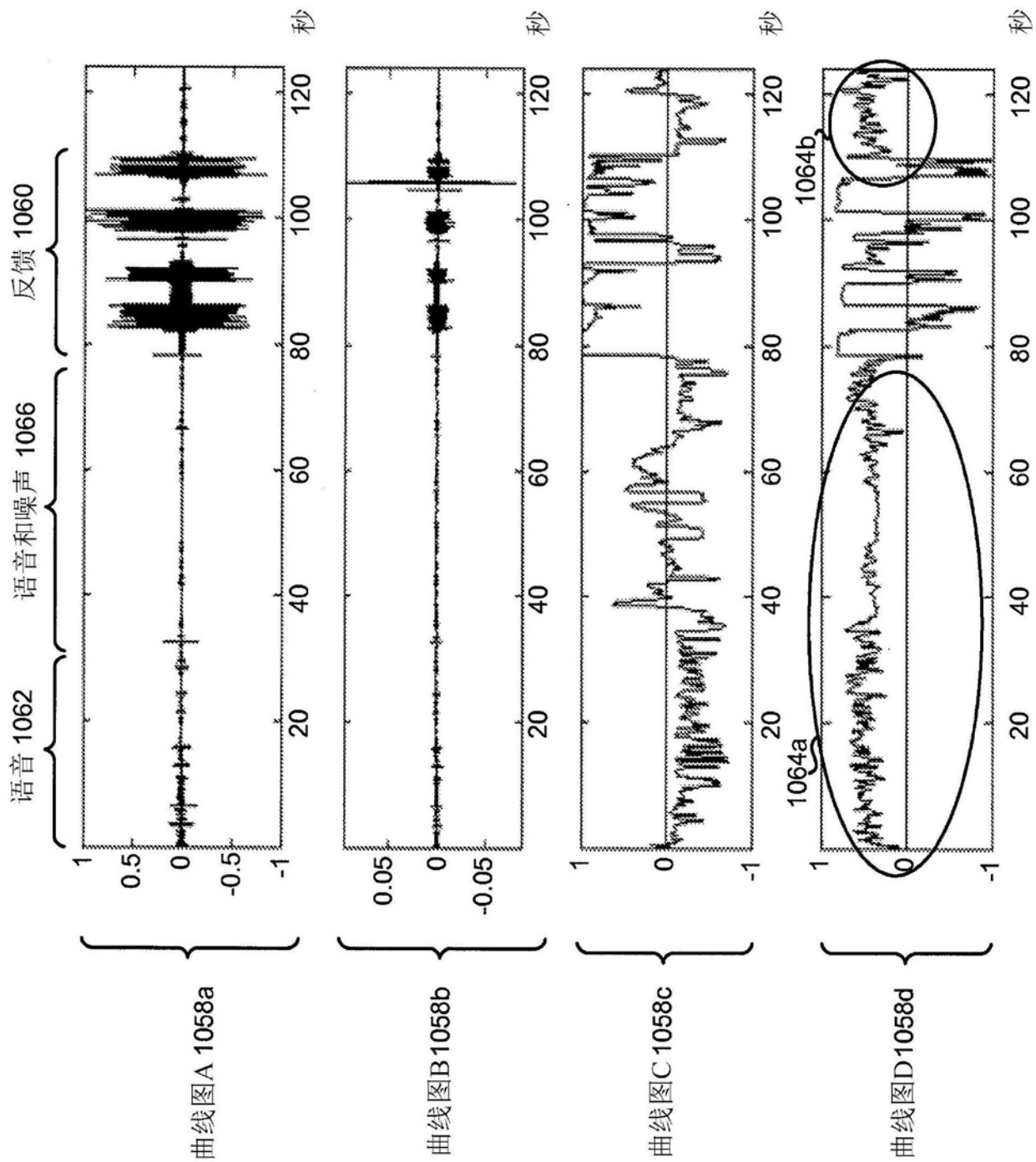


图10



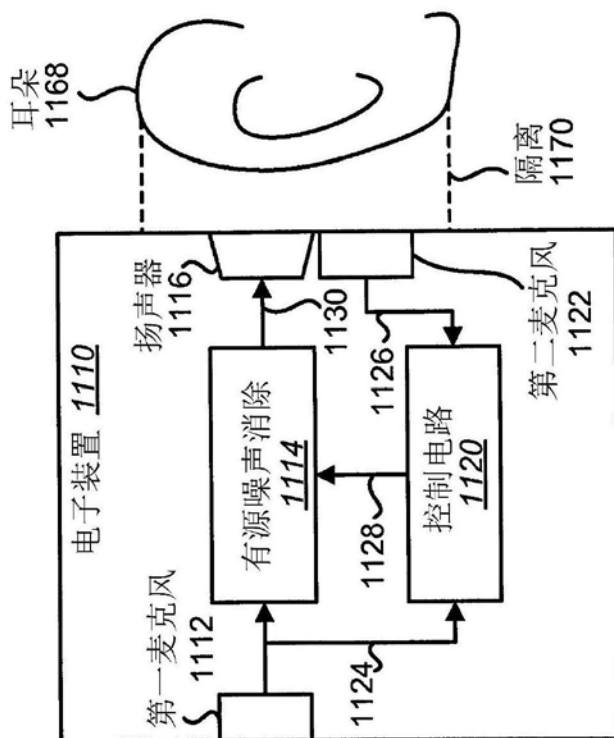


图11

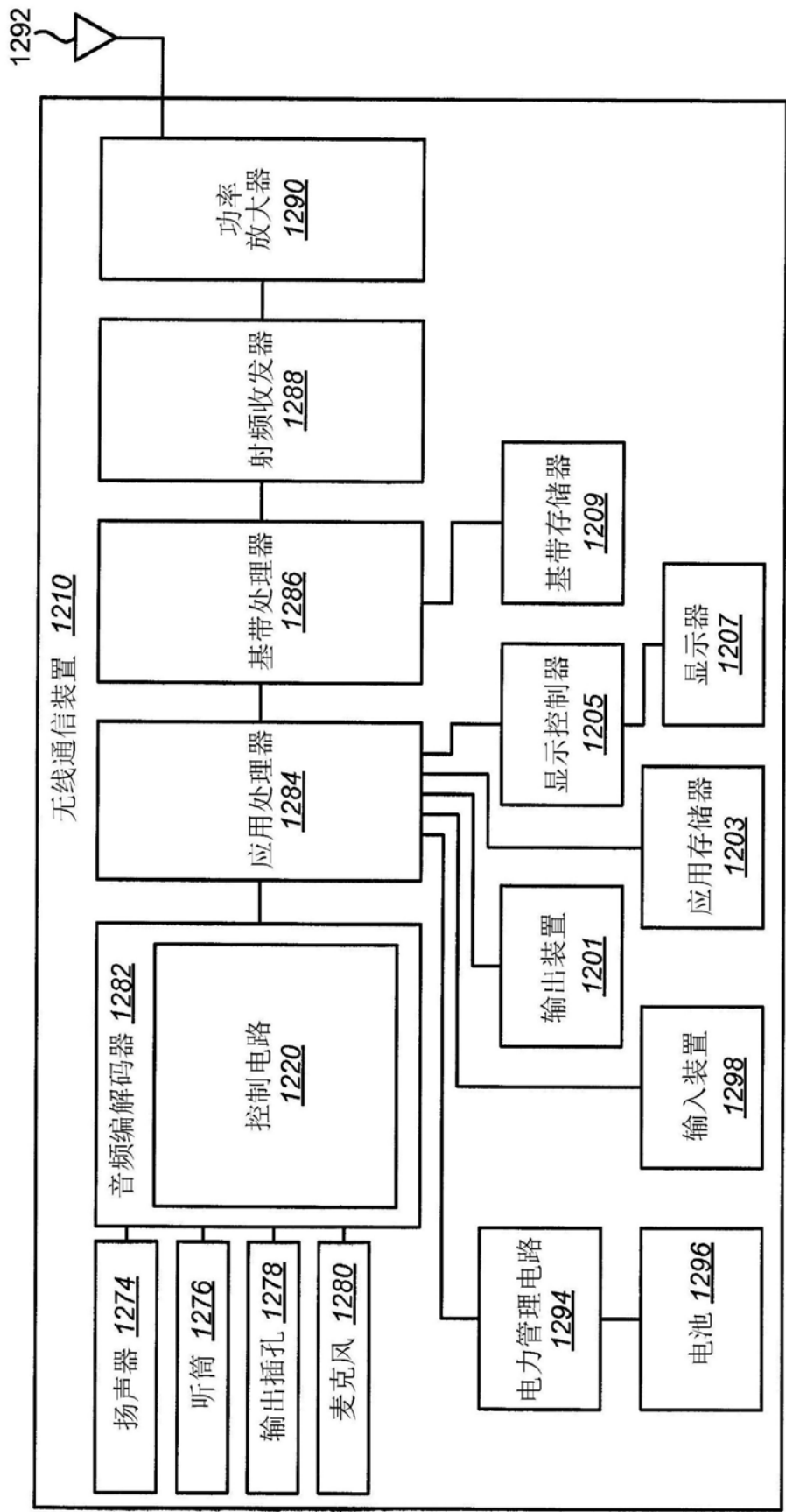


图12

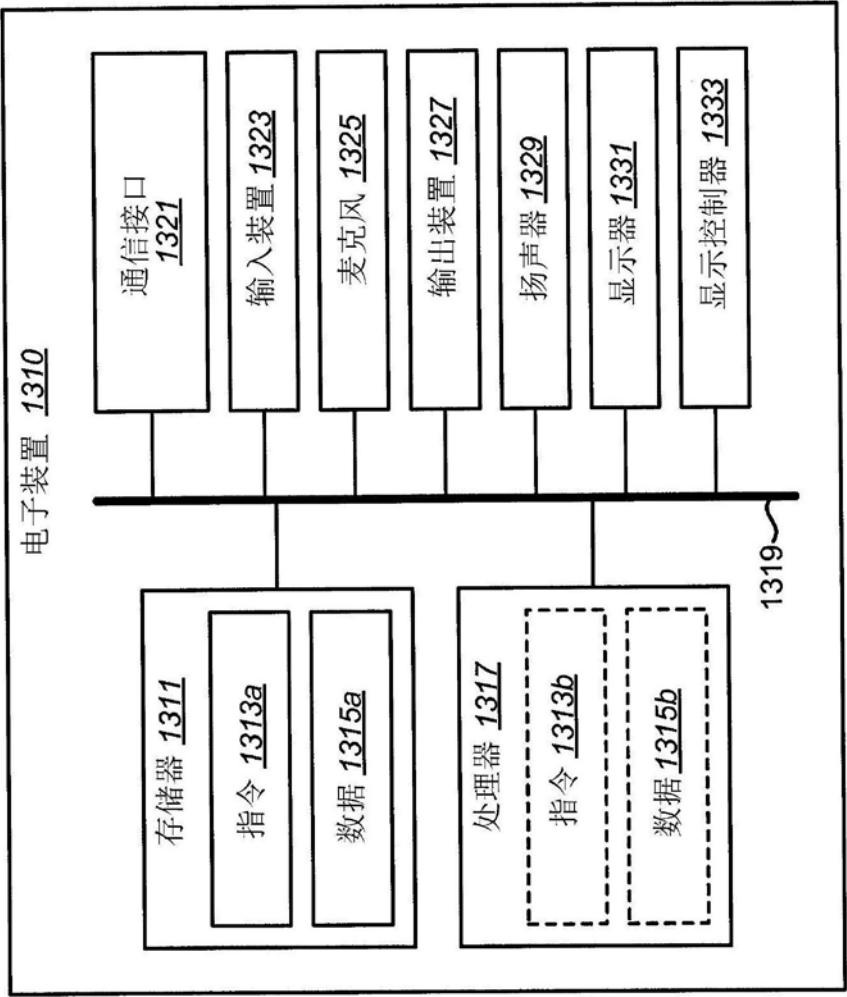


图13