



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107734412 B

(45)授权公告日 2020.07.03

(21)申请号 201710679777.9

(22)申请日 2017.08.09

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107734412 A

(43)申请公布日 2018.02.23

(30)优先权数据

16183759.6 2016.08.11 EP

(73)专利权人 GN 奥迪欧有限公司

地址 丹麦巴勒鲁普

(72)发明人 艾伦·迈伊格伦·冯·比洛

克里斯托弗·博比约

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

代理人 梁丽超 田喜庆

(51)Int.Cl.

H04R 1/10(2006.01)

(56)对比文件

US 7881927 B1, 2011.02.01,

US 6711259 B1, 2004.03.23,

US 2003063736 A1, 2003.04.03,

CN 1628453 A, 2005.06.15,

CN 105247885 A, 2016.01.13,

CN 105022316 A, 2015.11.04,

CN 101447190 A, 2009.06.03,

CN 1738461 A, 2006.02.22,

US 2010020940 A1, 2010.01.28,

US 7706525 B2, 2010.04.27,

审查员 龙芳

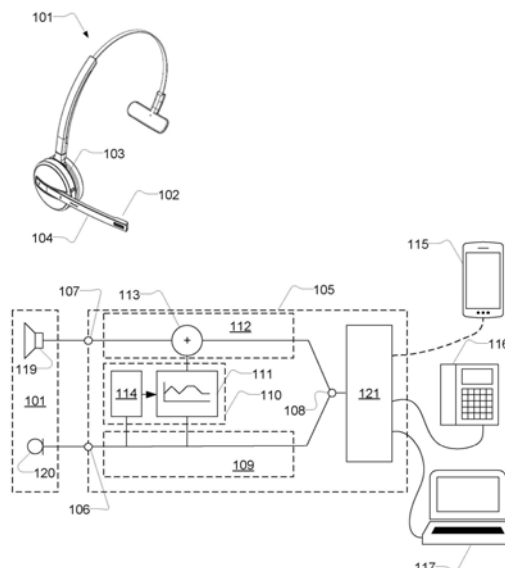
权利要求书3页 说明书11页 附图9页

(54)发明名称

信号处理器、信号处理方法、耳机和计算机可读介质

(57)摘要

本发明涉及一种信号处理器、信号处理方法、耳机和计算机可读介质。用于耳机(101)的信号处理器(105),该信号处理器(105)配置有用于接收麦克风信号的麦克风端子(106)、用于输出扬声器信号的扬声器端子(107)以及用于与远端进行进站信号和出站信号传送的远端端子(108);该信号处理器(105)包括:侧音路径(110),被配置为经由可控侧音滤波器从麦克风信号生成侧音信号;其中,侧音滤波器控制器(114)接收麦克风信号并且利用在相应频带处的麦克风信号的信噪电平计算第一噪声估计,并且基于第一噪声估计来控制侧音滤波器(111)以改善或优化信噪比。



1. 一种用于耳机 (101) 的信号处理器 (105), 配置有用于接收麦克风信号的麦克风端子 (106)、用于输出扬声器信号的扬声器端子 (107) 以及用于与远端进行进站信号和出站信号传送的远端端子 (108); 所述信号处理器包括:

出站路径 (109), 从所述麦克风端子 (106) 到所述远端端子 (108);

侧音路径 (110), 被配置为经由侧音滤波器 (111) 从所述麦克风信号生成侧音信号, 其中, 所述侧音滤波器 (111) 是可控侧音滤波器;

进站路径 (112), 从所述远端端子 (108) 到所述扬声器端子 (107) 并且包括组合器 (113), 所述组合器被配置为将所述侧音信号与所述进站信号组合, 以生成所述扬声器信号;

侧音滤波器控制器 (114), 接收所述麦克风信号并且利用所述麦克风信号在相应频带处的信噪电平来计算第一噪声估计 (302, 303, 402, 502, 602, 702), 并且基于所述第一噪声估计通过根据优化处理配置侧音滤波器级来控制所述侧音滤波器 (111) 以改善所述侧音信号的信噪比;

其中, 在所述侧音路径 (110) 中的所述侧音滤波器 (111) 包括基于所述第一噪声估计而被单独控制的多个滤波器级 (202, 203, 204, 205, 206), 所述侧音滤波器控制器 (114) 执行以下迭代处理:

基于所述第一噪声估计 (302, 303, 402, 502, 602) 确定用于所述滤波器级 (202, 203, 204, 205, 206) 的参数;

计算用于所述滤波器级的频域增益传递函数的频域增益估计 (301, 401, 501, 601, 701);

通过从所述第一噪声估计 (302, 303, 402, 502, 602) 中减去所述频域增益估计 (301, 401, 501, 601, 701), 来计算第二噪声估计;

根据所述第二噪声估计, 更新所述第一噪声估计 (302, 303, 402, 502, 602)。

2. 根据权利要求1所述的信号处理器, 其中, 多个所述滤波器级 (202, 203, 204, 205, 206) 由多个峰值滤波器和高架滤波器组成的组来配置。

3. 根据权利要求1所述的信号处理器, 其中, 所述滤波器级 (202, 203, 204, 205, 206) 经由从在所述迭代处理的迭代上计算出的用于相应的滤波器级的参数而计算出的系数来控制。

4. 根据权利要求3所述的信号处理器, 其中, 确定用于所述滤波器级的参数包括拟合具有最大可能增益带宽乘积 (403, 503, 603, 703) 的滤波器, 同时优化在所关注的音频带中的所述信噪比。

5. 根据权利要求3或4所述的信号处理器, 其中, 拟合滤波器包括:

在频率范围内, 迭代地选择频率; 以及

确定以所述频率为中心的频带的增益带宽乘积, 并且基于所述信噪比确定所述频带的增益因子, 并且确定所述频带的带宽因子作为带宽, 其中, 所述信噪比最多是在所述频率处的信噪比的近似一半;

当所述频率范围已被迭代时, 选择有利的增益带宽乘积, 并且估计用于具有中心频率和增益的频带衰减滤波器的参数, 以近似拟合所确定的频带。

6. 根据权利要求3所述的信号处理器, 其中, 拟合滤波器包括:

通过从高于架中点频率的频率处的所述信噪比的平均值选择预定的架中点频率并且确定架增益,来拟合高架滤波器。

7. 根据权利要求3所述的信号处理器,其中,所述信号处理器:

在第一时间处,基于噪声估计中的最小衰减来计算参考增益,并且基于所述参考增益来缩放所述麦克风信号;以及

在所述第一时间之后的第二时间处,执行所述迭代处理。

8. 根据权利要求3所述的信号处理器,其中,所述信号处理器:

在第二时间处,计算高架滤波器的频域增益估计(301),并且然后通过从所述第一噪声估计(302)中减去所述频域增益估计(301),来计算第二噪声估计(303);

在所述第二时间之后的第三时间处,执行所述迭代处理,其中,滤波器是阻带滤波器或峰值滤波器。

9. 根据权利要求3所述的信号处理器,其中,通过拟合滤波器来确定用于所述滤波器级的参数包括:抑制中心频率和/或带宽被允许随时间变化的速率和/或距离。

10. 根据权利要求1至4以及6至9中任一项所述的信号处理器,包括指示讲话存在的语音活动检测器;

其中,当所述语音活动检测器正在检测讲话时,计算用于所述麦克风信号的第一振幅或功率谱;

其中,当所述语音活动检测器没有在检测讲话时,计算用于所述麦克风信号的第二振幅或功率谱;并且

其中,所述信噪比从所述第一振幅或功率谱和所述第二振幅或功率谱来计算。

11. 一种用于在耳机中生成侧音的信号处理方法,包括:

经由侧音滤波器(111)并且从经由所述耳机的麦克风拾取的麦克风信号,生成侧音信号,

组合所述侧音信号与所述耳机的进站信号,以生成用于所述耳机的扬声器的扬声器信号;

其特征在于,所述侧音滤波器(111)是可控侧音滤波器;并且其特征在于,所述方法包括:

计算所述麦克风信号在相应频带处的第一噪声估计,并且基于所述第一噪声估计,通过根据优化处理配置侧音滤波器级来控制所述侧音滤波器(111)以改善所述侧音信号的信噪比;

其中,在侧音路径(110)中的所述侧音滤波器(111)包括基于所述第一噪声估计而被单独控制的多个滤波器级(202,203,204,205,206),所述侧音滤波器控制器(114)执行以下迭代处理:

基于所述第一噪声估计(302,303,402,502,602)确定用于所述滤波器级(202,203,204,205,206)的参数;

计算用于所述滤波器级的频域增益传递函数的频域增益估计(301,401,501,601,701);

通过从所述第一噪声估计(302,303,402,502,602)中减去所述频域增益估计(301,401,501,601,701),来计算第二噪声估计;

根据所述第二噪声估计,更新所述第一噪声估计(302,303,402,502,602)。

12.一种承载程序的计算机可读介质,所述程序被配置为执行根据权利要求11所述的方法,其中,所述方法是在计算机上运行的计算机实施的方法。

13.一种耳机,包括语音麦克风(104)、具有扬声器的听筒(103)、以及根据权利要求1至10中任一项所述的信号处理器(105)。

信号处理器、信号处理方法、耳机和计算机可读介质

技术领域

[0001] 用于语音通信的耳机(例如,Bluetooth™耳机、DECT耳机或诸如USB耳机的有线耳机)通常包含用于在用户的耳朵中的一个耳朵处再现远端音频信号的扬声器和用于接收耳机佩戴者的讲话的语音麦克风。

[0002] 扬声器定位在耳机佩戴者的耳朵中的一个或两个耳朵处,并且语音麦克风被布置在耳机内,以在使用期间被定位,从而以可接受的高信噪比接收用户的讲话。例如,语音麦克风通常位于耳机吊杆或从此外壳朝向用户的嘴部延伸的其它突出部中的耳机外壳、耳杯内,或者位于将音频信号运载至蜂窝电话或运载来自蜂窝电话的音频信号的电绳上。

[0003] 耳机可以通过耳杯或主动噪声消除技术来衰减来自耳机佩戴者周围的环境的声音,使得耳机佩戴者被保护免受他/她周围的声音干扰。例如,在语音麦克风是定向麦克风(例如,使用波束成形进行实施)的情况下,耳机还可以在来自耳机佩戴者周围的环境的声音传输到远端之前使该声音衰减。

[0004] 可能发生耳机不仅衰减来自环境的声音,而且还衰减耳机佩戴者自己的讲话。这导致耳机佩戴者适应他的讲话的问题,并且由于他/她无法听到他/她自己的声音,具体是他/她说话有多大声的问题。

[0005] 为了克服这个问题,耳机可以配置有反馈路径,由此经由扬声器将少量的耳机佩戴者自己的讲话(由语音麦克风拾取)反馈到耳机佩戴者的耳朵。这也被称为侧音。侧音通常被衰减或放大,以反映当在没有佩戴耳机的情况下在室内讲话时,人们将感知到的反馈的量。

[0006] 语音麦克风越是位于远离耳机佩戴者的嘴部,相对于来自耳机佩戴者的讲话,越多来自周围环境的聲音将由他/她的耳朵中的扬声器拾取和再现。由于通常优选的是免除麦克风吊杆或类似的延伸,所以这可能是一个问题。

[0007] 应当注意,传统上有时耳机中的扬声器被表示为接收器。

背景技术

[0008] US 7,330,739描述了向设备用户提供侧音的无线通信设备。该设备将来自麦克风的出站模拟音频信号转换为出站音频比特流,从该出站音频比特流中提取侧音比特流。侧音比特流在 $\Sigma \Delta$ (sigma-delta) ADC与FIFO缓冲器之间并且在FIFO缓冲器之前被提取。该设备还通过 $\Sigma \Delta$ 转换器将进站数字音频信号(诸如13比特信号)转换为进站音频比特流(诸如1比特信号)。侧音比特流在FIFO缓冲器之后和低通滤波器(诸如双二阶开关电容滤波器)之前,被添加到进站音频比特流,低通滤波器将来自 $\Sigma \Delta$ 转换器的音频比特流转换为模拟信号。其声称克服了与数字实施(与侧音的延迟相关)相关联的问题。还声称,由于进站音频比特流和侧音比特流都被相同的双二阶开关电容滤波器滤波,所以两个音频信号的“丰富度”基本相同,并且因此它们听起来同样“丰富”或“大声”。

[0009] US 9,053,697描述了具有主动噪声消除(ANC)系统的耳机。ANC系统耦接至与语音麦克风相反的噪声参考麦克风,在使用耳机拾取外部噪声参考信号期间对准耳机佩戴者的

耳道,从而生成来自噪声参考信号的抗噪声波形,并且通过耳机中的一个或多个扬声器再现抗噪声波形。使用ANC技术可以降低到达耳机佩戴者的耳朵的背景噪声的水平(最多达二十分贝),同时递送有用的声音信号,诸如从远端接收到的音乐和远端语音。

[0010] 描述了混频器可以被配置为将一些可听见的耳机佩戴者的讲话量(近端讲话估计)混合成音频信号,以由耳机中的一个或多个扬声器再现;这也被称为侧音。近端讲话估计可以下面中的任一个:近端信号(基于来自语音麦克风的信息),来自噪声抑制滤波器的噪声抑制信号和其他信号。在一个示例中,噪声抑制滤波器被配置为将其输入信号的语音帧与其输入信号的噪声帧区分开,并且产生噪声抑制信号,以仅包括语音帧。噪声抑制滤波器可替代地实施为空间选择性处理滤波器。

[0011] 互联网文章“Adding Sidetone to Skype”(可从<https://channel9.msdn.com/coding4fun/articles/Adding-Sidetone-to-Skype>获得)描述了将侧音添加到耳机的听筒的用于Skype (TM) 的软件插件。在一个示例中,侧音经由被实施为IIR滤波器的Butterworth类型的数字低通滤波器来添加。

[0012] 然而,仍然存在一个问题,即来自周围环境的噪声可以由语音麦克风拾取,并且经由侧音终止于耳机佩戴者的耳朵而不是在远端。

发明内容

[0013] 提供了用于耳机的信号处理器,该信号处理器配置有用于接收麦克风信号的麦克风端子、用于输出扬声器信号的扬声器端子、以及用于与远端传送进站信号和出站信号的远端端子(108);该信号处理器包括:

[0014] -出站路径,从麦克风端子到远端端子;

[0015] -侧音路径,被配置为经由侧音滤波器从麦克风信号生成侧音信号;

[0016] -进站路径,从远端端子到扬声器端子,并且包括组合器,组合器被配置为组合侧音信号和进站信号,以生成扬声器信号;以及

[0017] -侧音滤波器控制器,接收麦克风信号并且利用麦克风信号在相应频带处的信噪电平计算第一噪声估计,并且基于第一噪声估计控制侧音滤波器,以改善侧音信号的信噪比;其中,侧音滤波器是可控侧音滤波器。

[0018] 因此,可以生成侧音信号,其中,当耳机佩戴者讲话时,由耳机的语音麦克风拾取的噪声可以被衰减。由于基于具有麦克风信号在各个频带处的信噪电平的第一噪声估计来控制侧音滤波器,所以侧音滤波器可以相对于具有更好的信噪比的频带,而衰减具有差的信噪比的频带。衰减量可以基于在各个频带处的信噪比来确定。由于具有显著较少噪声的侧音被引入耳机佩戴者的耳朵中,因此这大大改善了耳机佩戴者体验的声学印象。噪声估计可以用于描述噪声主要发生在哪个频率以及噪声发生在什么水平。

[0019] 侧音滤波器可以被控制以通过衰减频带中的麦克风信号而改善侧音信号的信噪比,其中,第一噪声估计指示相对于其中第一噪声估计指示相对高的信噪比的频带的相对低的信噪比。

[0020] 侧音信号的信噪电平可以在多个频带上评估,诸如在各个频带中的全部或所选择的频带上,或者在音频带上(诸如所关注的音频带上)评估。

[0021] 侧音滤波器可以是无限脉冲响应IIR滤波器,诸如具有离散滤波器系数的数字IIR

滤波器。IIR滤波器具有比FIR滤波器低的延迟,并且由于它们引入更低的延迟,所以是有利的。侧音生成的延迟对于耳机佩戴者可能是非常烦扰的;特别是长于约5毫秒的延迟被认为是烦扰的。

[0022] 侧音滤波器实施具有极点和/或零点的传递函数,极点和/或零点可控地布置成在所关注的音频带上展现期望的增益和/或相位特性。期望的增益特性可以包括低通带、高通带、阻带、通带、“低架”、以及“高架”中的一个或多个。“低架”具有在截止频率之下的高于或低于0dB的增益,和高于0dB的增益。相反,“高架”具有在截止频率之下的0dB的增益,和在截止频率之上的高于或低于0dB的增益。在某些方面,“低架”衰减低于截止频率的信号,并且“高架”衰减高于截止频率的信号。通带或阻带可以通过峰值滤波器来实施。

[0023] 所关注的音频带可以是20Hz至20KHz或更宽或更窄的音频带。通常,截止频率是在较高或较低的频率处增益相对于最近的0dB电平已降至-3dB电平的频率。

[0024] 在一些方面,信噪估计器位于从麦克风端子延伸到侧音滤波器的控制路径中,伴随有控制可控侧音滤波器的控制器。因此,控制路径接收麦克风信号。

[0025] 麦克风信号由可控侧音滤波器以滤波器速率(通常以规律的采样速率或抽选的采样速率)进行滤波。控制路径将可控侧音滤波器控制在控制速率,该控制速率可以与滤波器速率相同或是更低的规律或不规律的速率。可控侧音滤波器适配在控制速率。

[0026] 信噪估计器可以估计麦克风信号在与“频率窗口(frequency bin)”相关的各个频带处的信噪电平。术语“频率窗口”通常涉及信噪估计器的数字(离散)实施,其中,估计的频谱的频率离散范围和离散分辨率取决于采样速率和采样点的数量。为多个点(通常表示为“窗口”或“频率窗口”)计算频谱。然而,应该强调的是,模拟实施也是可以预见的。

[0027] 在一些实施方式中,侧音路径中的侧音滤波器包括基于第一噪声估计而被单独控制的多个滤波器级。

[0028] 因此,可以实现可在频率和增益方面受控的低延迟和灵活的滤波器结构,以在选择频带中衰减噪声。可被单独控制的滤波器级中的每一个可以是例如双二阶型的IIR滤波器。

[0029] 多个滤波器级可以实施相似或不同的滤波器结构以及位于重叠或非重叠频带处的相似或不同的滤波器。在滤波器中的一个将增益改变到小于阈值增益(诸如,作为实例小于3dB或小于1dB)的情况下,滤波器可以被认为是不与另一个滤波器重叠。

[0030] 可以通过将滤波器系数设置在预定的滤波器结构(例如,双二阶直接形式或双二阶直接形式2或双二阶转置形式)中,来控制可被单独控制的滤波器级中的每一个。可以经由诸如峰值滤波器的中心频率、带宽和增益的参数,经由用于架滤波器的截止频率、陡度和增益电平,以及经由用于低通滤波器的截止频率和陡度,来控制滤波器级;然而,也可以另外或替代地使用其它参数。

[0031] 在一些实施方式中,多个滤波器级由多个峰值滤波器和高架滤波器组成的组而配置。

[0032] 因此,可以根据在信噪比较差的频率处的信噪比,将多个峰值滤波器布置成特别地衰减信号。

[0033] 峰值滤波器可以根据中心频率、增益和带宽来配置。峰值滤波器的增益可以控制在低于0dB的增益处。高架滤波器可以根据架中点频率来配置。高架滤波器在架处的增益可

以控制在低于0dB的增益。

[0034] 在一些方面,该组由少于六个峰值滤波器(例如,在三个和六个峰值滤波器之间,以及一个或两个高架滤波器)组成。因此,实现了在低复杂度、低延迟、以及信噪比改善之间的良好权衡。在一些方面,已经通过实验发现了全部是双二阶型的五个峰值滤波器和一个高架滤波器的系列,给出了良好的权衡。

[0035] 在一些方面,滤波器级串联布置,其中,高架滤波器是该系列中的最后一个滤波器。因此,在峰值滤波器之后的高架滤波器可以减轻由多个峰值滤波器对麦克风信号进行滤波的不期望的作用。可以控制高架滤波器以便在架处具有适当的架中点频率和衰减,以实现该目的。高架滤波器衰减较高频率的优点在于,可以衰减噪声同时仅少量地降低讲话的清晰度。

[0036] 在一些实施方式中,侧音滤波器控制器执行下面的迭代处理:

[0037] -基于第一噪声估计,确定用于滤波器级的参数;

[0038] -计算用于滤波器级的频域增益传递函数的频域增益估计;

[0039] -通过从第一噪声估计中减去频域增益估计来计算第二噪声估计;

[0040] -根据第二噪声估计,更新第一噪声估计;

[0041] 其中,滤波器级经由从用于相应滤波器级的参数计算出的系数来控制,相应滤波器级的参数在迭代处理的迭代上被计算出。

[0042] 当滤波器级是IIR型时,迭代估计处理的优点在于由此配置的侧音滤波器具有非常低的延迟,同时仍然在侧音信号中提供良好的噪声抑制。

[0043] 已经意识到,对于信号处理器来说,计算应用所选择的滤波器对噪声估计的作用(使用所选择的滤波器对麦克风信号的一部分进行滤波)的计算工作量可能太大了。然而,通过迭代地计算应用所选择的滤波器的作用的估计,可以大大减少计算工作量。

[0044] 通过基于从一个迭代更新到另一迭代的噪声估计(其中,估计(而不是完全计算)用于滤波器级的频域增益传递函数),对侧音滤波器中的滤波器级的参数进行这样的迭代确定,侧音滤波器可以更频繁并且更平稳地更新,以保持在各频带处的信噪比的优化。

[0045] 迭代处理在其第一次迭代中,从由麦克风信号计算的第一噪声估计开始;而在第二次和另外的迭代中,第一噪声估计是基于估计由滤波器对麦克风信号进行滤波的作用,其中用于滤波器的参数在随后的迭代中确定。

[0046] 频域增益估计可以由频域相位估计来补充。计算用于滤波器级(而不是应用滤波器)的频域估计的优点在于,可以逐窗口地计算更新的噪声估计(第二噪声估计),而无需耗时的卷积计算。

[0047] 频域增益估计可以通过几何近似值(诸如角频率近似值)来近似。

[0048] 在一些方面,在迭代处理的过程中,用于滤波器级的系数实施在滤波器级中。在其他方面,当迭代处理已经完成迭代循环时,经由该系数来控制滤波器级。在后一种情况下,信号处理器在迭代处理的过程中保持在处理的相应迭代处计算的每个滤波器模型的表示。

[0049] 在一些实施方式中,确定用于滤波器级的参数包括拟合具有最大可能增益带宽乘积的滤波器,同时优化在所关注的音频带中的信噪比。

[0050] 因此,就给定可用滤波级的情况下尽可能改善信噪比而言,确保可用的滤波器级被最有效地利用。这反过来改善了由耳机佩戴者感知到的声学质量。

- [0051] 可以使用数值优化处理来执行这种具有最大可能增益带宽乘积的滤波器的拟合。
- [0052] 应当注意,与“拟合滤波器”相结合的“滤波器”,是通过滤波器类型的参数(诸如,用于双二阶型峰值滤波器的中心频率和增益)或者通过用于实施形式或结构的系数来表示的滤波器。
- [0053] 在一些实施方式中,拟合滤波器包括:
- [0054] -在频率范围内,迭代地选择频率;以及
- [0055] -确定以频率为中心的频带的增益带宽乘积,并且基于信噪比确定其增益因子,并且确定其带宽因子作为带宽,其中,信噪比最多是在该频率处的信噪比的近似一半;
- [0056] -当频率范围已被迭代时,选择有利的增益带宽乘积,诸如最大增益带宽乘积,并且估计用于具有中心频率和增益的频带衰减滤波器(诸如峰值滤波器)的参数,以近似地拟合所确定的频带。
- [0057] 因此,信号处理器可以执行快速和稳健的滤波器拟合处理。尽管拟合处理是基于在选择“最佳拟合”滤波器时的滤波器的非常简化的表示,但是该滤波器拟合处理已示出是稳健的。
- [0058] 在一些实施方式中,拟合滤波器包括:
- [0059] -通过从高于架中点频率的频率处的信噪比的平均值,选择预定的架中点频率并且确定架增益(诸如衰减),来拟合高架滤波器。
- [0060] 这样的高架滤波器已被示出显著地减少由规律或不规律地改变侧音滤波器中的滤波器级的特性而引起的失真或减轻可听见的伪像。由此改善通过引入侧音而获得的声学质量。
- [0061] 高架滤波器进一步使能够抑制单个滤波器中的高频噪声,具有与多个峰值或频带滤波器作用相当的作用而不会显著降低讲话质量,并且具有比使用此类多个滤波器可实现的显著更低的延迟。
- [0062] 在一些实施方式中,信号处理器:
- [0063] -在第一时间处,基于噪声估计中的最小衰减来计算参考增益,并且基于参考增益来缩放麦克风信号;以及
- [0064] -在第一时间之后的第二时间处,执行上面列出的迭代处理。
- [0065] 由此,至少在其中检测到很少讲话的情况下,增强了噪声降低的功效。参考增益可以均匀地应用至频率窗口。
- [0066] 通过搜索最小衰减,可以从噪声估计计算出参考增益,该值被应用作为对于全带宽的参考增益。应用参考增益来补偿噪声估计,改善了例如当检测到很少讲话时的滤波器拟合处理。
- [0067] 在一些实施方式中,信号处理器:
- [0068] -在第二时间处,计算高架滤波器的频域增益估计,并且然后通过从第一噪声估计中减去频域增益估计来计算第二噪声估计;
- [0069] -在第二时间之后的第三时间处,执行上面列出的迭代处理,其中,滤波器是阻带滤波器或峰值滤波器。
- [0070] 在一些方面,在滤波器级的配置期间,第二时间在第一时间之后;因此,首先,估计均匀增益并应用于以下估计目的,其次,估计高架滤波器,并且第三,估计阻带滤波器或峰

值滤波器。

[0071] 应当注意,麦克风信号(实时)的处理的一些方面包括:首先通过估计的均匀增益来缩放麦克风信号;其次,通过滤波器级(包括估计的峰值滤波器的频带衰减)对缩放的麦克风信号进行滤波;以及第三,应用配置为高架滤波器的最后的滤波器级。

[0072] 在一些方面,用于滤波器级的计算参数和/或系数(例如,峰值和/或频带滤波器)的顺序,与可控侧音滤波器中的滤波器级系列中的滤波器级的顺序相同。

[0073] 在一些方面,计算用于峰值滤波器或频带滤波器级的参数和/或系数,跟随在计算用于高架滤波器的总增益和参数和/或系数中的一者或两者之后。因此,首先计算用于高架滤波器的增益和参数和/或系数,并且然后计算用于峰值滤波器或频带滤波器级的系数。应当注意,由于噪声估计在中间更新并且用于随后的计算,因此为滤波器级和增益级计算参数的顺序起到作用。

[0074] 在一些实施方式中,成本函数定义用于优化处理;其中,成本函数是信噪比的频域估计,信噪比在第一迭代中由麦克风信号计算,并且在随后的迭代中由成本函数和所选择的滤波器的频域中的估计计算;并且其中,优化处理迭代地选择具有优化策略的滤波器,以优化成本函数,并且然后更新成本函数。

[0075] 在一些实施方式中,通过拟合滤波器来确定用于滤波器级的参数包括:抑制中心频率和/或带宽被允许随时间变化的速率和/或距离。

[0076] 由此,可以减少由规律或不规律地改变滤波器特性而引起的不期望的作用(诸如失真或声学伪像的引入),并且使人耳朵很少听到该不期望的作用或者令人耳朵更加愉快。高架滤波器可以被控制以在架处具有适当的架中点频率和衰减,以增强对此类不期望的作用的抑制。

[0077] 中心频率和/或带宽被允许随时间变化的速率和/或距离,可以由包括低架滤波器或控制器的低通滤波器类型来控制。

[0078] 可以应用几个限制来抑制由在双二阶滤波器系数中的快速和/或大偏移导致的可听见的伪像:

[0079] 对于所选择的滤波器,滤波器拟合处理可以被限制为在相应的预定义频率范围内进行搜索,以将滤波器在中心或截止频率的偏移从一次迭代限制到下一次迭代。这确保峰值滤波器保持在相应的预定义频率范围内。

[0080] 可以进一步限制滤波器拟合处理,使得滤波器不会与先前迭代中计算出的滤波器偏离超过一定的百分比或量。因此,可以允许滤波器拟合处理仅在关于滤波器的先前的中心或截止频率的频率范围内并且在相应的预定义频率范围内进行搜索。

[0081] 在一些实施方式中,信号处理器包括指示存在讲话的语音活动检测器;其中,在语音活动检测器正在检测讲话时的时间处,计算用于麦克风信号的第一振幅或功率谱;其中,当语音活动检测器没有在检测讲话时的时间处,计算用于麦克风信号的第二振幅或功率谱;以及其中,信噪比从第一振幅或功率谱和第二振幅或功率谱来计算。

[0082] 还提供了用于在耳机中生成侧音的信号处理方法,包括:

[0083] -经由侧音滤波器并且从经由耳机的麦克风拾取的麦克风信号,生成侧音信号;

[0084] -组合侧音信号与耳机的进站信号,以生成用于耳机的扬声器的扬声器信号;以及

[0085] -计算麦克风信号在各个频带处的第一噪声估计,并且基于第一噪声估计,控制侧

音滤波器改善侧音信号的信噪比；

[0086] 其中，侧音滤波器是可控侧音滤波器。

[0087] 结合以上信号处理器，列出了信号处理方法的另外的、可选的方面或步骤。

[0088] 还提供了承载程序的计算机可读介质，该程序被配置为执行信号处理方法，其中，信号处理方法是在计算机上运行的计算机实施的方法。

[0089] 还提供了耳机，该耳机包括语音麦克风、具有扬声器的听筒、以及上述信号处理器。

[0090] 耳机可以是具有容纳麦克风的麦克风吊杆的类型，或者是其中麦克风被容纳在耳机的连接线路上的插入外壳中的类型，或者是其中语音麦克风与扬声器容纳在共同外壳（诸如听筒、耳塞或耳杯）中的类型。

[0091] 此处和下文中，术语“信号处理器”、“滤波器”、“可控滤波器”、“侧音滤波器”、“可控侧音滤波器”、“控制器”等旨在包括适当地适用于执行本文中所描述的功能的任何电路和/或设备。具体地，上述术语包括通用或专有的可编程微处理器、数字信号处理器（DSP）、专用集成电路（ASIC）、可编程逻辑阵列（PLA）、现场可编程门阵列（FPGA），专用电子电路等或其组合。

附图说明

[0092] 以下参照附图进行更详细的描述，其中：

[0093] 图1示出具有信号处理器的耳机的框图；

[0094] 图2示出具有包括多个滤波器级的可控侧音滤波器的侧音路径；

[0095] 图3至图7示出在侧音滤波器级的配置期间侧音滤波器控制器的操作；

[0096] 图8示出侧音滤波器和侧音滤波器控制器的更详细的框图；以

[0097] 图9示出控制侧音滤波器的流程图。

具体实施方式

[0098] 图1示出具有信号处理器的耳机的框图。耳机101以3D表示和图形表示来描述。

[0099] 如3D表示所示，耳机101可以具有外壳103和麦克风吊杆104，外壳103带有耳上式耳杯或耳挂式耳杯，麦克风吊杆104从外壳103延伸并具有容纳一个或多个麦克风（例如，定向麦克风）的麦克风端部或麦克风隔室102，用于拾取耳机佩戴者的讲话。提供用于将耳机保持在耳机佩戴者的头部上的头带或头部支撑件。在一些实施方式中，耳机可以具有用于另一个耳朵的附加的耳杯。在一些实施方式中，耳杯是耳塞式的，并且麦克风吊杆104由附接到电绳的直列式麦克风代替。在一些实施方式中，电绳可以经由用于耳机的基站（未示出）将耳机连接至计算机117、桌面电话116或智能电话115。在一些实施方式中，耳机是与计算机117、桌面电话116、智能电话115或基站中的一个或多个无线地通信的无线耳机。

[0100] 如图形表示中所示，耳机101（由虚线框表示）包括扬声器119和麦克风120。另外的电路，诸如用于麦克风的前置放大器和模拟-数字转换器，和诸如用于驱动扬声器的放大器未示出。

[0101] 耳机101具有信号处理器105，信号处理器105可容纳在外壳103中。信号处理器105配置有用于从麦克风120接收麦克风信号的麦克风端子106、用于向扬声器119输出扬声器

信号的扬声器端子107、以及用于与远端进行进站信号和出站信号传送的远端端子108。进站信号和出站信号可以在共同的端子上作为双向数字信号传送,或者分别在进站和出站端子上传送。

[0102] 此处和在下文中,远端是指当由耳机的麦克风120和出站路径再现时,耳机佩戴者的讲话作为出站信号所传输到的通信设备、音频接收器或系统,和/或从其中接收音频信号作为进站信号,并且在扬声器中朝向耳机佩戴者的耳朵再现音频信号的通信设备、音频源或系统。进站信号和出站信号分别是指从远端接收和传输到远端的任何类型的音频信号。

[0103] 出站路径109从麦克风端子106延伸到远端端子108。出站路径109可以包括诸如模拟-数字转换器、滤波器和/或缓冲器的电路,用于处理麦克风信号和/或将麦克风信号传送到远端端子。

[0104] 进站路径112从远端端子108延伸到扬声器端子107,并且包括组合器113,组合器113被配置为将侧音信号与进站信号组合以生成扬声器信号。根据情况,组合器可以被配置为数字加法器或模拟加法器。在本音频环境中,组合器有时被表示为混频器或音频混频器。进站路径112可以包括用于噪声抑制、自动电平(增益)调整以及瞬态保护中的一个或多个的信号处理部件或电路。

[0105] 侧音路径110从麦克风端子106或从出站路径109延伸,并且被配置为经由可控侧音滤波器111从麦克风信号生成侧音信号。可控侧音滤波器111被动态地控制以最小化或减少由麦克风120拾取并以侧音再现的噪声量。可控侧音滤波器111由接收麦克风信号并且计算第一噪声估计的侧音滤波器控制器114控制。第一噪声估计基于麦克风信号而计算,并且包括在各频带处的信噪电平。基于此,侧音滤波器控制器114控制侧音滤波器111以优化或改善在各频带处的信噪比。

[0106] 在这方面,在没有检测到讲话(耳机佩戴者的语音)的时候,噪声可以由麦克风信号表示。为此,所谓的语音活动检测器VAD可以指示何时存在讲话和何时不存在讲话。在某些方面,何时存在讲话和何时不存在讲话的指示以每频率窗口或每频带生成。

[0107] 语音活动检测操作的一个示例包括将信号的高频带能量和低频带能量,与如例如在题为“Enhanced Variable Rate Codec, Speech Service Options 3, 68, and 70 for Wideband Spread Spectrum Digital Systems”, 2007年1月, 3GPP2文献C.S0014-C, v1.0 (可在www.3gpp.org网上获得)的节4.7 (第4-49页至4-57页)中所描述的相应阈值进行比较,。

[0108] 当噪声估计指示不同于例如白噪声的噪声时,可控侧音滤波器111可以改善信噪比。然而,由于噪声和讲话两者通常具有带限特性(例如,在多个频带上),因此控制可控侧音滤波器在这样的一个或多个频带处衰减麦克风信号,可以显著改善信噪比。这将在下面更详细地解释。

[0109] 还应当注意,信号处理器105可以包括通信模块121,其连接到远端端子108并且被配置为与智能电话115、桌面电话116、个人计算机117、基站(未示出)以及其他类型的设备中的一个或多个进行进站信号和出站信号传送。通信模块121可以被配置为经由有线或无线连接(例如,经由USB、DECT和Bluetooth(TM)中的一个或多个)进行通信。

[0110] 图2示出具有包括多个滤波器级的可控侧音滤波器的侧音路径。在一个实施方式中,可控侧音滤波器111包括一系列信号处理级,该信号处理级包括可经由侧音滤波器控制

器114单独控制的增益级201和多个滤波器级202至206。

[0111] 增益级201和多个滤波器级202至206的系列包括第一峰值滤波器202、第二峰值滤波器203、第三峰值滤波器204和第四峰值滤波器205,随后是高架滤波器206。增益级201是第一个信号处理级,随后是峰值滤波器202至205,随后是高架滤波器206。

[0112] 信号处理级(201至206)被配置用于低延迟,以避免耳机佩戴者以延迟的方式听到他自己的声音。滤波器级202至206可以被实施为IIR滤波器,例如作为双二阶滤波器。双二阶滤波器可以以各种方式(例如,作为转置的直接形式1或转置的直接形式2)进行实施。

[0113] 包括滤波器级和增益级的信号处理级经由侧音滤波器控制器114进行控制,该侧音滤波器控制器114设置滤波器系数和/或增益系数,以获得用于可控侧音滤波器111的期望的传递函数。

[0114] 应当注意,由侧音滤波器的信号处理级执行的信号处理按照上述顺序执行,然而,信号处理级可以由侧音滤波器控制器114以与其不同的顺序来配置,例如,可以首先设置增益级201的系数,然后设置高架滤波器206的系数,并且最后设置峰值滤波器级202至205的系数。

[0115] 其他类型的低延迟滤波器级及其组合是可预见的。

[0116] 下面将参考近似的频率增益响应和噪声估计并且参考更详细的框图和流程图,来更详细地描述侧音滤波器控制器。

[0117] 图3至图7示出在侧音滤波器级的配置期间侧音滤波器控制器114的操作。每个附图包括两个图,其中最上面的图示出用于麦克风信号的噪声估计(当尚未滤波时或当由一个或多个滤波器级滤波时)以及用于滤波器级的估计或近似的频域增益特性,并且最下面的图示出当由一个或多个滤波器级滤波时用于麦克风信号的更新的噪声估计。

[0118] 这些图是笛卡尔坐标系,其中其横坐标轴表示可以对应于在时域到频域转换(诸如FFT)中使用的点数(或其一部分)的离散频率或窄频带(有时表示为窗口);并且其纵坐标轴表示以对数刻度(分贝,dB)表示的增益、振幅或功率。纵坐标轴从-20dB(最下)延伸到0dB(最上)。因此,较高的噪声电平(较差的信噪比)由位于图中较低位置处的曲线或曲线的一部分来表示。

[0119] 侧音滤波器控制器114如结合下面描述的流程图所示并且按照顺序(可以或可以不偏离滤波器级布置的顺序)一个接一个地配置滤波器级。

[0120] 图3的最上面的图,示出用于麦克风信号的噪声估计302和用于高架滤波器206的频域增益传递函数的频域增益估计301(近似的)。高架滤波器可以由预定的中间架频率和架增益配置(也表示为拟合),架增益基于在中间架频率处或以上的麦克风信号的平均噪声电平。

[0121] 最下面的图示出由高架滤波器206近似滤波之后的更新的噪声估计303(近似的)。通过对来自用于高架滤波器206的增益估计301的分贝的增益值和来自噪声估计的分贝的噪声电平或信噪比进行减法操作,可以执行近似滤波。近似滤波偏离对应的“真实”或更准确的模拟滤波,但是计算速度要快得多。因此,侧音滤波器可以更快地适应当前的噪声情况。

[0122] 图4的最上面的图,示出通过如结合图3所示的高架滤波器近似滤波之后的用于麦克风信号的噪声估计303,以及峰值滤波器202的频域增益传递函数的频域增益估计401(近

似的)。

[0123] 峰值滤波器202可以通过以下滤波器拟合处理进行拟合:在频率范围内,迭代地选择频率并且为每个频率:

[0124] -确定以频率为中心的频带的增益带宽乘积,并且基于信噪比确定其增益因子,并且确定其带宽因子作为带宽,其中,信噪比最多是在该频率处的信噪比的近似一半;并且

[0125] -当频率范围已被迭代时,选择有利的增益带宽乘积,诸如由虚线框403示出的最大增益带宽乘积,并且估计用于具有中心频率(在虚线框403的中心处)和增益(对应于虚线框403的高度)的峰值滤波器的参数,以近似地拟合所确定的频带。

[0126] 滤波器拟合处理导致用于峰值滤波器202的频域增益传递函数的近似频域增益估计401(近似的)。

[0127] 在一些实施方式中,迭代运行的频率范围受到不同频带的限制,例如受用于拟合峰值滤波器202的由“1”指定的频带限制。可以使用迭代运行的有限的频率范围来拟合其它峰值滤波器,诸如由“2”、“3”、“4”和“5”指定的频带所指示的频率范围。在一些实施方式中,频带具有重叠的频率。

[0128] 最下的图示出通过峰值滤波器202近似滤波之后的更新的噪声估计402(近似的)。近似滤波可以通过如上所述的减法操作来执行。

[0129] 图5的最上面的图,示出通过如结合图3和图4所示的高架滤波器和峰值滤波器近似滤波之后的用于麦克风信号的噪声估计402,以及用于峰值滤波器203的频域增益传递函数的频域增益估计501(近似的)。峰值滤波器203可以通过上述滤波器拟合处理进行拟合。

[0130] 如上所述,结合滤波器拟合处理,由虚线框503示出有利的增益带宽乘积,诸如最大增益带宽乘积;中心频率位于虚线框503的中心处,并且增益对应于虚线框503的高度。这可以用作近似滤波器拟合的表示。

[0131] 最下面的图示出通过高架滤波器206、峰值滤波器202和峰值滤波器203近似滤波之后的更新的噪声估计502(近似的)。

[0132] 图6以与上述类似的方式示出通过高架滤波器206、峰值滤波器202和峰值滤波器203近似滤波之后的噪声估计502,以及用于峰值滤波器204的频域增益传递函数的频域增益估计601(近似的)。由虚线框603示出有利的增益带宽乘积,诸如最大增益带宽乘积;中心频率位于虚线框603的中心处,并且增益对应于虚线框603的高度。

[0133] 在最下面示出所得到的更新的噪声估计602。

[0134] 图7以与上述类似的方式示出通过高架滤波器206、峰值滤波器202、峰值滤波器203和峰值滤波器204近似滤波之后的噪声估计602,以及用于峰值滤波器205的频域增益传递函数的频域增益估计701(近似的)。由虚线框703示出有利的增益带宽乘积,诸如最大增益带宽乘积;中心频率位于虚线框703的中心处,并且增益对应于虚线框703的高度。

[0135] 在最下面示出所得到的更新噪声估计702。

[0136] 尽管以近似的方式,但是与估计的噪声估计302相比,所得到的更新的噪声估计702指示由可控侧音滤波器实现的噪声抑制。当侧音滤波器级配置有从如上所述估计的参数计算的系数时,可能会体验到实现的噪声抑制优于近似值的指示。

[0137] 图8示出侧音滤波器和侧音滤波器控制器的更详细的框图。

[0138] 侧音滤波器控制器114包括FFT部件802,FFT部件802接收麦克风信号,并且从采样

的时域麦克风信号计算FFT频率振幅或功率谱。基于FFT频率振幅或功率谱,噪声估计器803计算如上所述的用于麦克风信号的噪声估计。噪声估计器803可以基于来自语音活动检测器804的指示麦克风信号中是否存在讲话的信号,来计算其噪声估计。

[0139] 基于噪声估计,最优滤波器搜索OFS部件805执行如上所述的对于用于最优滤波器的参数的搜索,并且将在滤波器参数上发现的参数传递到滤波器系数FP2FC部件806,部件806计算滤波器系数并且相应地配置滤波器级202至206。这些参数也被传递到近似器APX 807,近似器APX 807基于滤波器参数来计算近似的频域增益响应,由此噪声估计器803可以计算更新的噪声估计。

[0140] 最大增益部件808基于噪声估计,计算用于增益级201的增益系数。

[0141] 如图所示,信号处理器可以包括从两个或更多个麦克风生成麦克风信号的波束形成器801。在一些实施方式中,省略了波束形成器。

[0142] 图9示出控制侧音滤波器的处理的流程图。该流程图通常由参考标号900表示。控制侧音滤波器的处理可以由侧音滤波器控制器114或信号处理器105来执行。侧音滤波器的控制作为可以在中断时发起的重复处理、或者作为连续处理执行。通过基于麦克风信号计算噪声估计,控制在步骤901中开始。根据噪声估计,在步骤902中计算最优增益;在步骤912中使用最优增益,步骤912将增益系数设置到增益级201,并且在步骤903中,基于所计算的增益来更新噪声估计。步骤912从滤波器参数计算滤波器系数。

[0143] 在步骤903之后,在步骤904中拟合高架滤波器,包括确定用于高架滤波器的参数,基于该参数在步骤905中计算高架滤波器的近似值。然后如上所述,在步骤906中更新噪声估计,以考虑高架滤波器的作用。在步骤904中计算的用于高架滤波器的参数也在步骤912中使用,步骤912设置用于高架滤波器级206的滤波器系数。

[0144] 在步骤906之后,使用类似的方法在步骤907中拟合一个或多个峰值滤波器,其中,在步骤909中计算峰值滤波器的近似值,并且在步骤910中计算更新的噪声估计。在步骤907中计算的用于峰值滤波器的参数也在步骤912中使用,步骤912设置用于高架滤波器级206的滤波器系数。

[0145] 在步骤910之后,步骤911评估以下标准中的一个或多个:

[0146] 1) 在一个或多个频率或频率窗口或频带处的噪声电平低于预定阈值;或者

[0147] 2) 在一个或多个频率或频率窗口或频带处的信噪电平高于预定阈值;或者

[0148] 3) 自在步骤901中开始处理以来,已经拟合了所有滤波器级。

[0149] 在其否定情况(N)下,处理在步骤907处恢复以拟合另外的峰值滤波器;而在其肯定情况下,处理恢复到步骤901或完成自身直到再次发起。

[0150] 由于系数在处理运行时、或在紧邻处理完成之前或在处理完成之后立即被计算,因此在步骤912中计算的系数可以被配置到增益或滤波器级中。

[0151] 结合步骤907执行步骤908,以对峰值滤波器被允许从一个迭代改变到下一个迭代的改变量进行低通滤波。因此,由改变(时变)侧音滤波引起的非线性失真可以保持在低水平,例如低于可听见的水平。

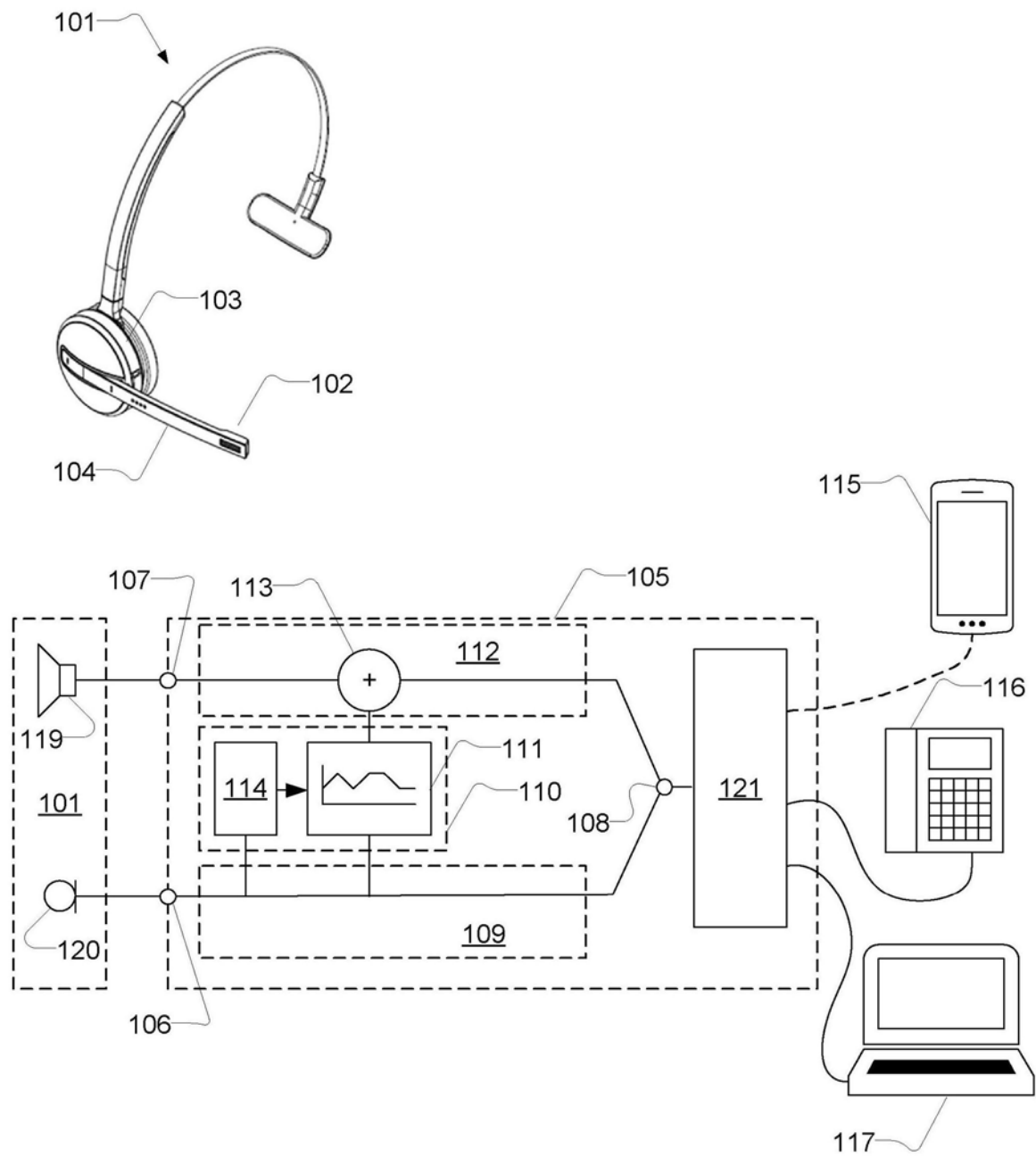


图1

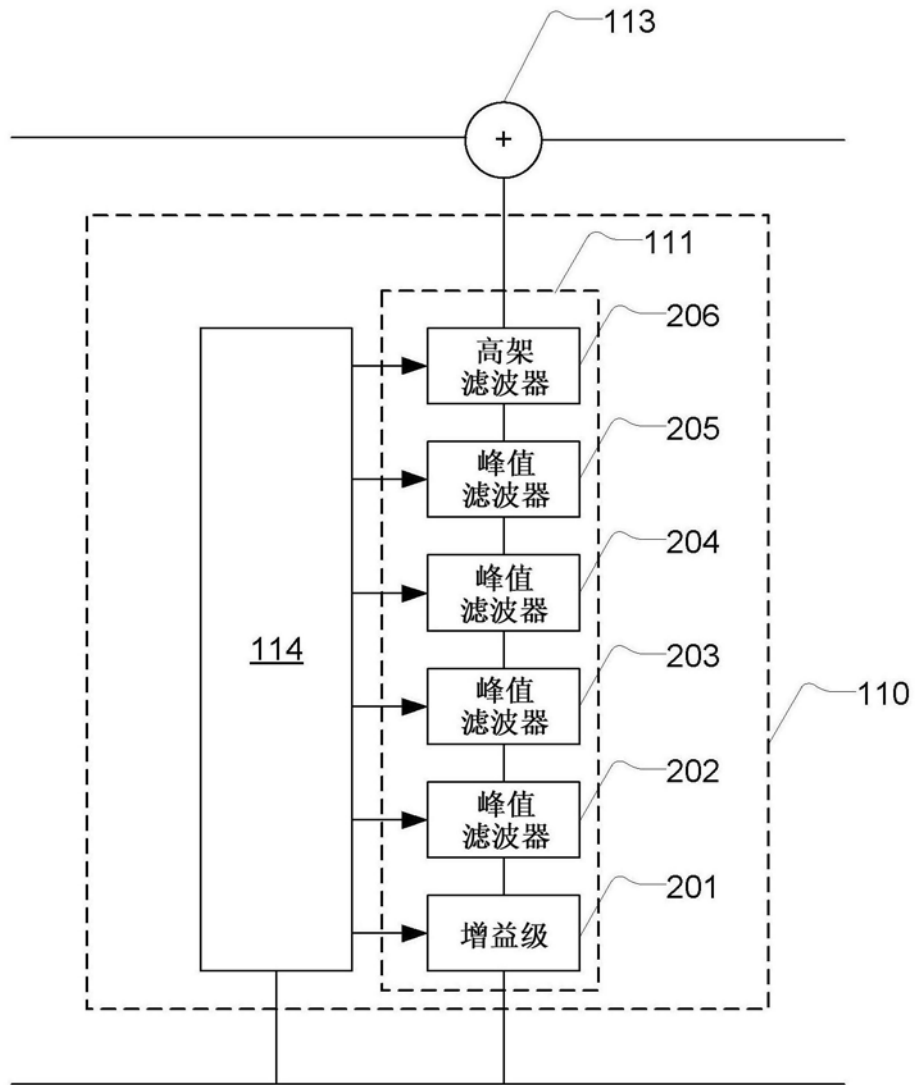


图2

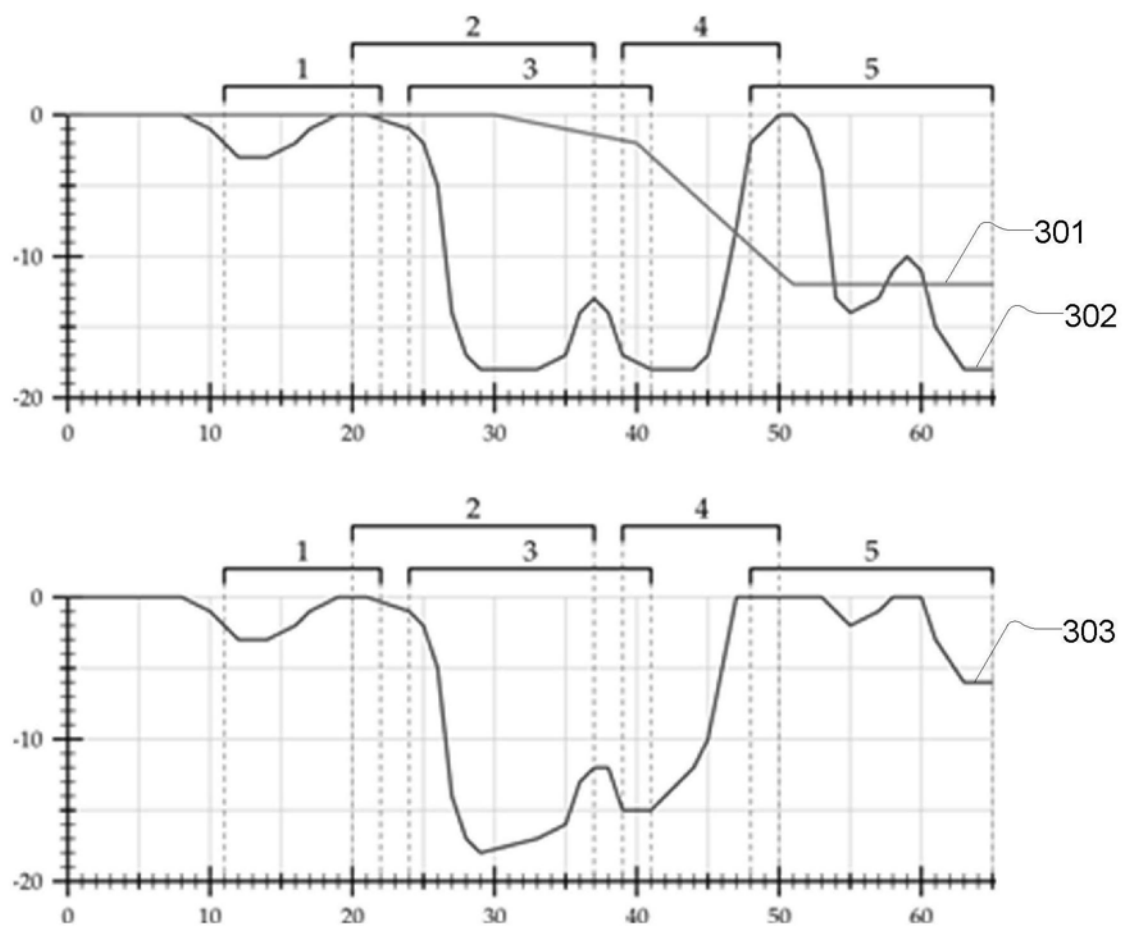


图3

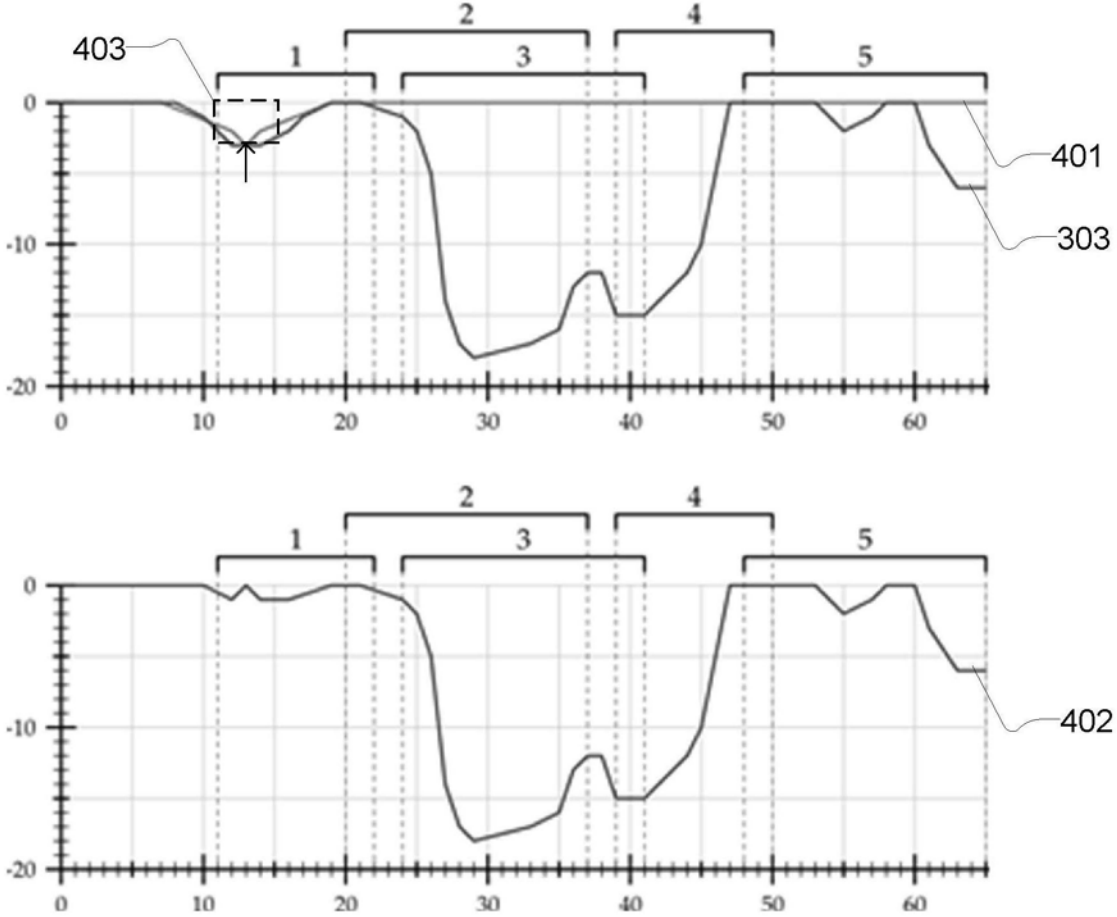


图4

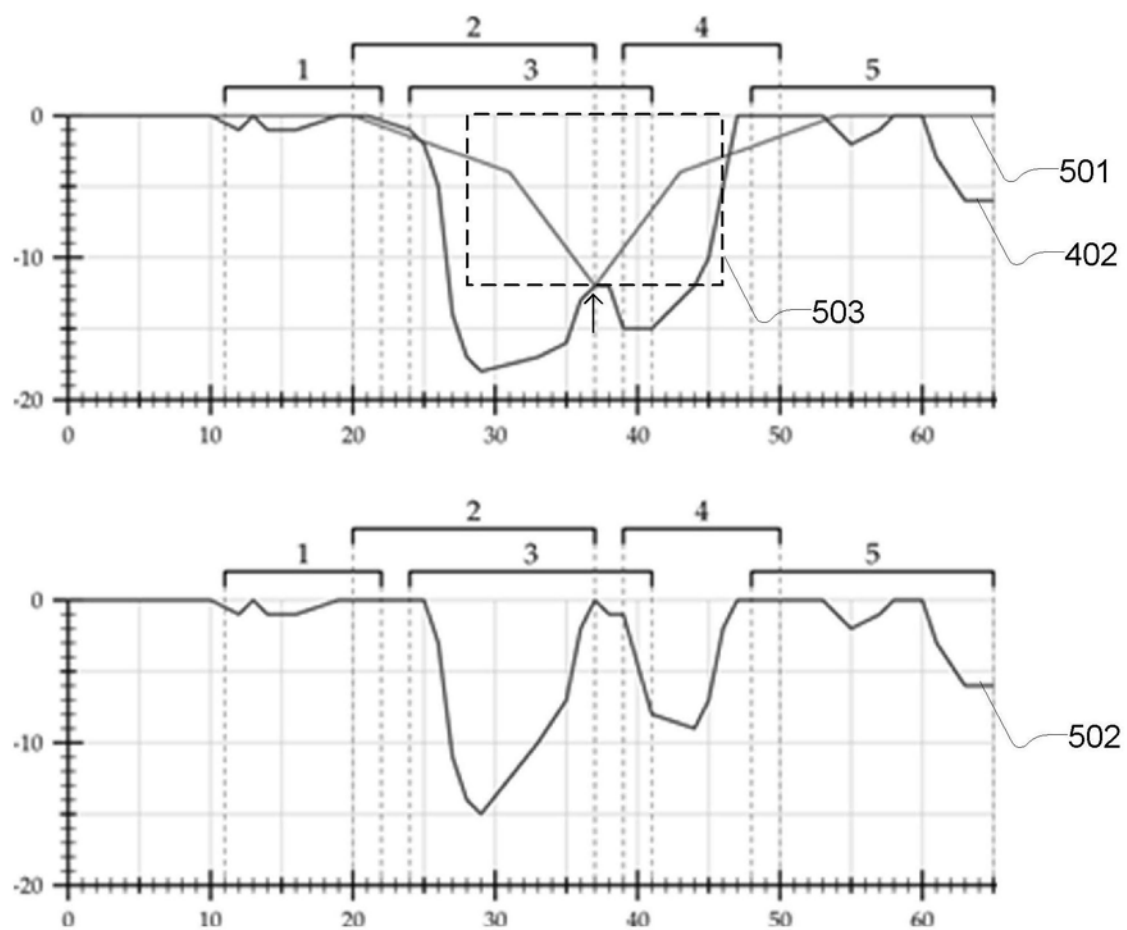


图5

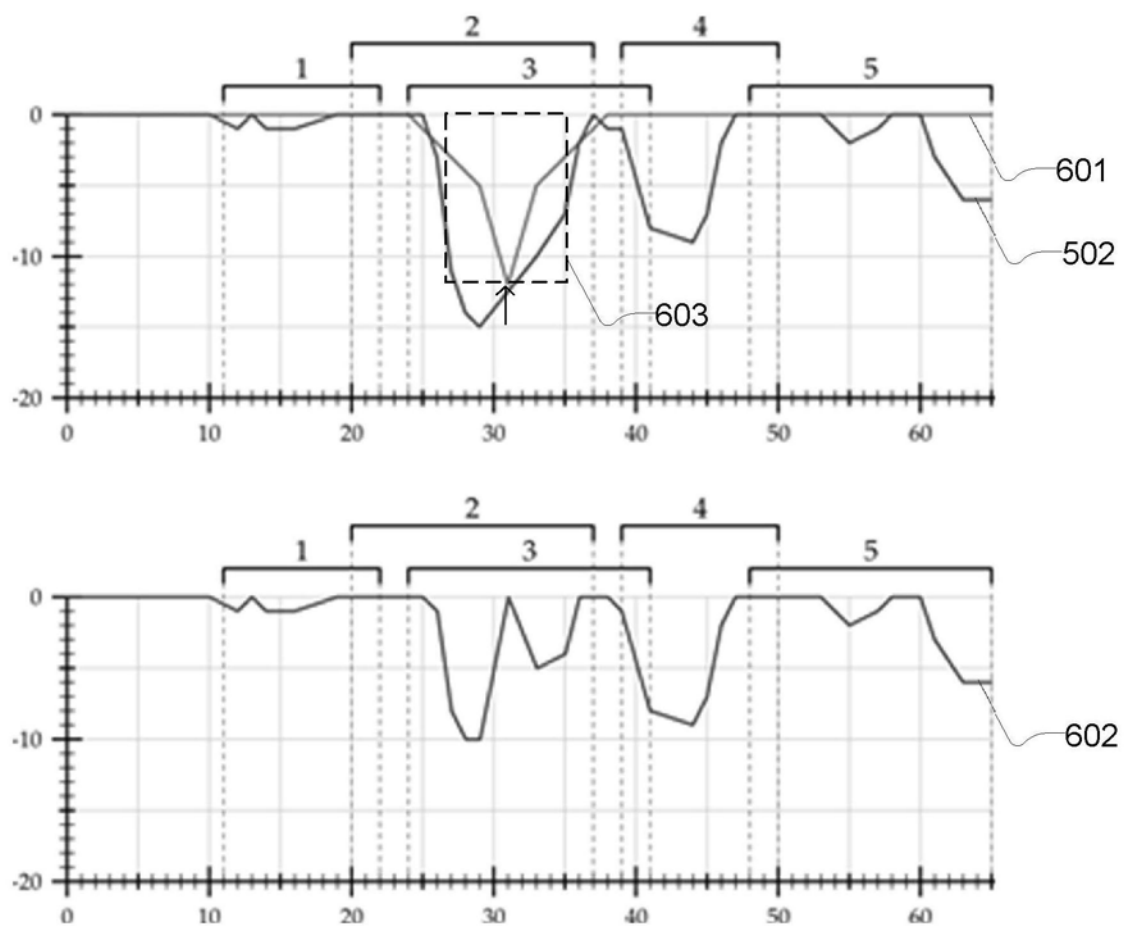


图6

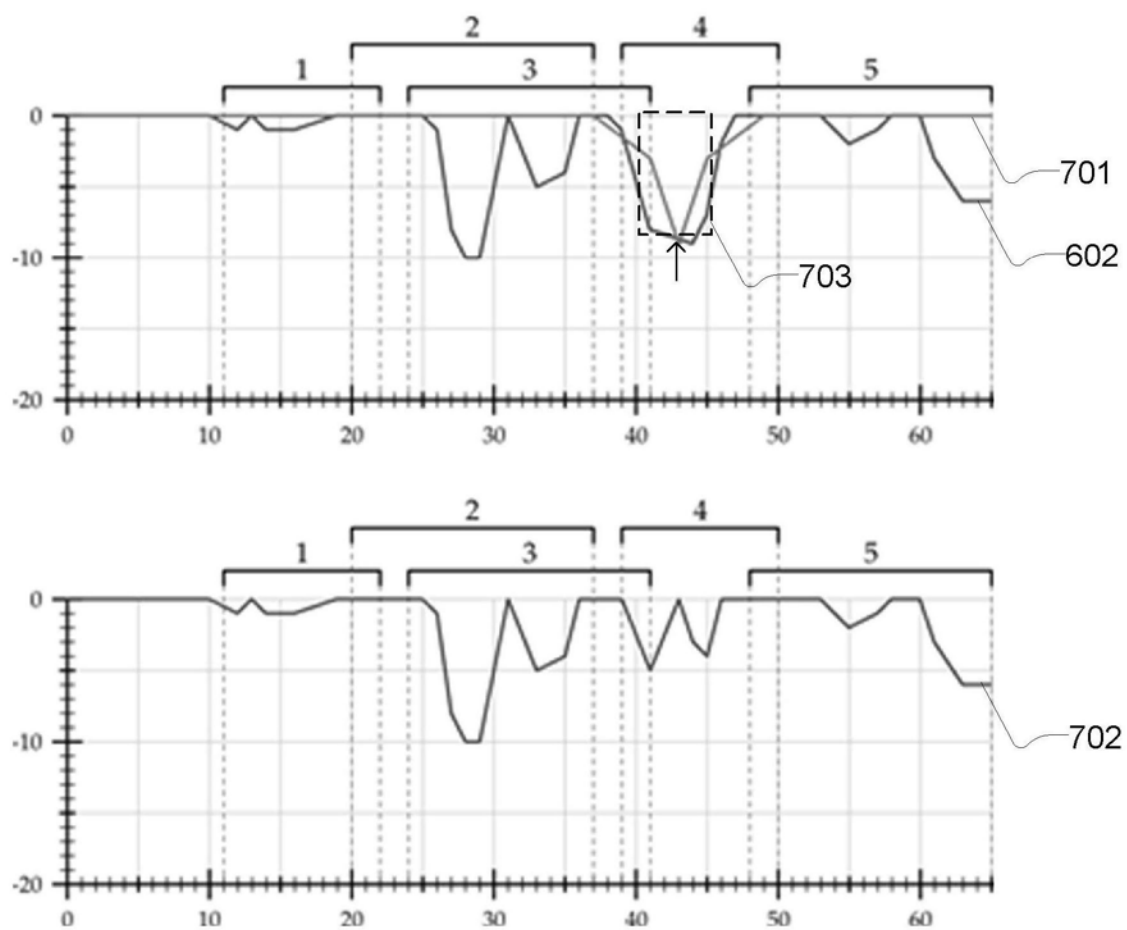


图7

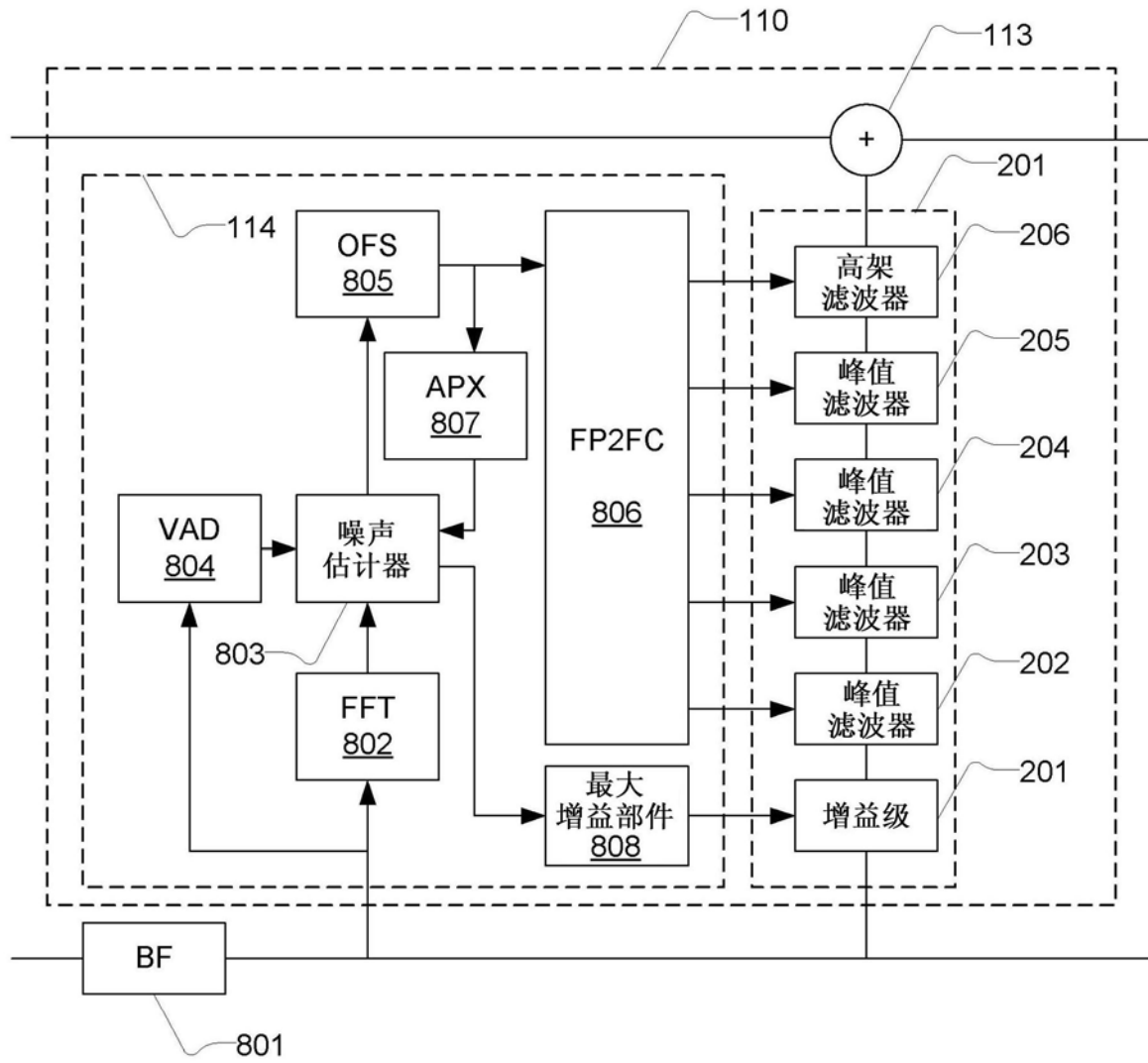


图8

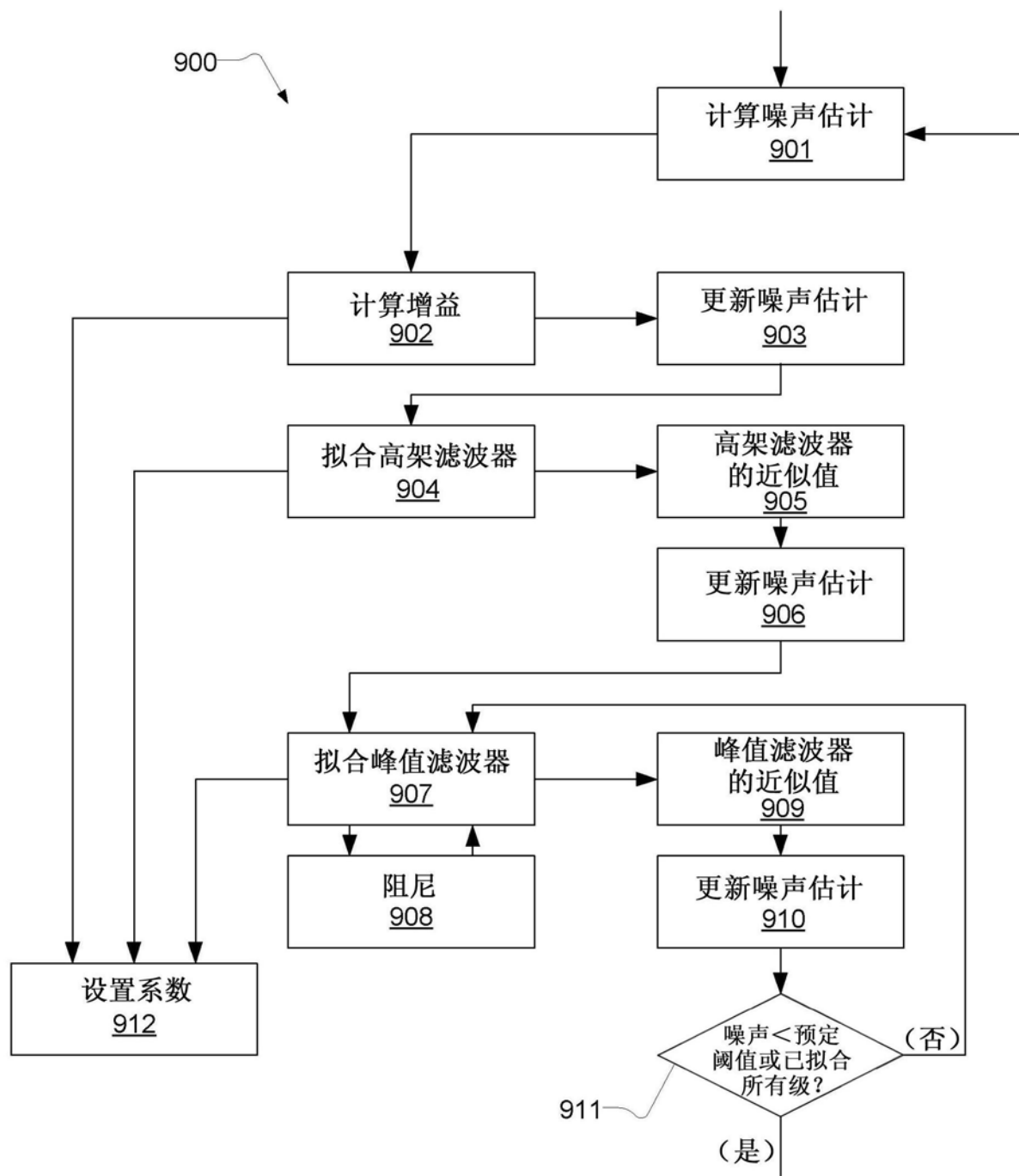


图9