



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104980846 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 14

(21) 申请号 201510170372. 3

(22) 申请日 2015. 04. 10

(30) 优先权数据

1453284 2014. 04. 11 FR

(71) 申请人 鸚鵡股份有限公司

地址 法国巴黎

(72) 发明人 P·华 V·宏科突 P·吉于

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
31100

代理人 段登新

(51) Int. Cl.

H04R 3/00(2006. 01)

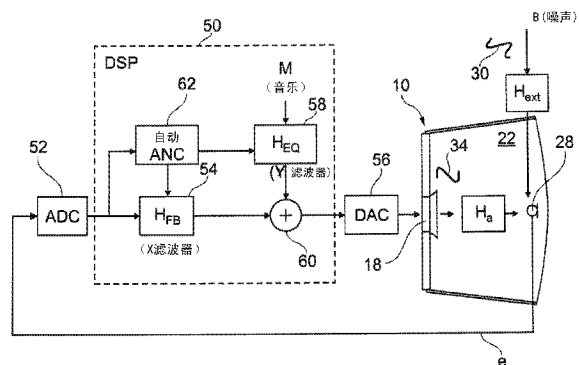
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

降低电嘶嘶声的 ANC 主动噪声控制音频头戴式耳机

(57) 摘要

头戴式耳机, 包括主动噪声控制系统, 其具有递送包括声音噪声分量的信号的 ANC 话筒。数字信号处理器 DSP(50), 其包括向由该 ANC 话筒拾取的信号应用滤波传递函数 (H_{FB}) 的反馈 ANC 支路 (54), 以及用于将该反馈支路的信号与要被重现的音频信号 (M) 进行混合的装置 (46)。该 ANC 话筒是置于该声腔 (22) 内部的内部话筒 (28), 并且该反馈 ANC 滤波器 (54) 是多个能选择性切换的、预先配置的反馈 ANC 滤波器中的一个。该 DSP (50) 包括用于验证该话筒信号的当前特性是否满足预定准则集、并且用于根据此验证的结果来选择该预先配置的反馈 ANC 滤波器之一的装置 (62)。根据当前选择的反馈 ANC 滤波器, 还修改均衡支路 (58) 对要被重现的信号 (M) 的滤波 (H_{EQ})。



1. 一种音频头戴式耳机,包括两个耳机(10),每个耳机包括用于对要重现的音频信号进行声音重现的换能器(18),所述换能器被容纳在耳朵声腔(22)内,所述头戴式耳机包括主动噪声控制 ANC 系统,所述 ANC 系统具有:

- 内部 ANC 话筒(28),所述内部 ANC 话筒被置于所述声腔(22)内部并且适于递送在此腔内拾取的信号;以及

- 数字信号处理器 DSP(50),包括:

• 闭环反馈支路(36),所述闭环反馈支路包括适于向由所述 ANC 话筒拾取的信号应用滤波传递函数(H_{FB})的反馈 ANC 滤波器(54),所述反馈 ANC 滤波器(54)是多个能选择性切换的、预先配置的反馈 ANC 滤波器(F1、F2)中的一个;

• 用于实时分析所述 ANC 话筒所拾取的信号的装置(62),所述装置适于验证此信号的当前特性是否满足预定准则集,所述特性包括所述信号在多个频带(滤波器1,滤波器2)中的能量值(Rms1, Rms2...);

• 选择装置(62),所述选择装置适于根据由所述分析装置所执行的对所述准则集的验证的结果来选择所述预先配置的反馈 ANC 滤波器(F1、F2)之一;以及

• 混合装置(46),所述混合装置接收在所述反馈 ANC 滤波器(54)的输出端处由所述反馈支路所递送的信号以及要被重现的音频信号(M)作为输入,并且递送适于引导所述换能器(18)的信号作为输出,

其特征在于,所述 DSP(50)进一步包括:

• 均衡支路,所述均衡支路包括适于在向所述混合装置(60)应用要被重现的音频信号(M)之前向所述要被重现的音频信号应用均衡传递函数(H_{EQ})的均衡滤波器,所述均衡装置(58)是多个能选择性切换的、预先配置的均衡滤波器中的一个,

并且所述选择装置(62)是适于同时执行以下操作的装置:

i) 根据所述准则集的验证的结果来选择所述预先配置的反馈 ANC 滤波器(F1、F2)之一;以及

ii) 根据当前选择的反馈 ANC 滤波器选择所述预先配置的均衡滤波器之一。

2. 如权利要求1所述的音频头戴式耳机,其特征在于,

- 所述预定准则集进一步包括检测(76)所述要被重现的信号(M)的存在或不存在;并且

- 所述预定准则包括将所述能量值与其相比较的两个不同的相应阈值系列(阈值(1,1), 阈值(2,1)…),其中根据要被重现的音频信号是否存在来选择(78;78')这两个系列之一。

3. 如权利要求1所述的音频头戴式耳机,其特征在于,

- 所述头戴式耳机进一步包括外部话筒(38),所述外部话筒置于所述声腔外部并且适于拾取所述头戴式耳机的环境中存在的声音噪声(30);

- 所述 DSP(50)进一步包括:

• 开环前馈支路(40),所述开环前馈支路包括适于向由所述外部话筒(38)递送的信号应用前馈滤波传递函数(H_{FF})的前馈 ANC 滤波器(82);

- 所述前馈 ANC 滤波器是多个能选择性切换的、预先配置的前馈 ANC 滤波器中的一个;并且

- 所述选择装置也适于根据当前选择的前馈 ANC 滤波器来选择所述预先配置的前馈 ANC 滤波器中的一个。

降低电嘶嘶声的 ANC 主动噪声控制音频头戴式耳机

技术领域

[0001] 本发明涉及头戴式耳机,尤其涉及包括“主动噪声控制”系统的音频头戴式耳机。

背景技术

[0002] 这种头戴式耳机可被用于收听来自诸如 MP3 播放器、收音机、智能电话等装置的音频源(例如音乐),该头戴式耳机通过有线连接或通过无线连接(特别是蓝牙连接(注册商标为“Bluetooth SIG”))连接到该装置。

[0003] 如果其设有适于拾取头戴式耳机佩戴者的语音的话筒套件,则作为音频源收听的补充,该头戴式耳机还可用于通信功能,例如“免提”电话功能。头戴式耳机换能器随后重现该头戴式耳机佩戴者与之对话的远程说话者的语音。

[0004] 该头戴式耳机(headset)一般包括由头带连接的两个耳机(earphone)。每个耳机包括容纳声音重现换能器(后文简称为“换能器”)并且旨在被施加于用户耳朵周围的闭合外壳,其中在该闭合外壳和用户耳朵中间具有将耳朵与外部声音环境隔绝的罩耳垫(circumaural pad)。

[0005] 还存在“入耳(intra-aural)”型耳机,其具有被置于耳道内的元件,因此没有围绕或覆盖耳朵的垫。在后文中,主要将其称为“头戴式耳机”型的耳机,其具有容纳在围绕耳朵(“罩耳式”头戴式耳机)或者停在耳朵上(“贴耳式(supra-aural)”头戴式耳机)的外壳中的换能器,但是此示例不能被认为是限制性的,因为正如所理解的,本发明也可被应用于入耳式耳机。

[0006] 当在嘈杂环境(地铁、繁华街道、火车、飞机等)中使用该头戴式耳机时,佩戴者收到头戴式耳机的部分保护,借助闭合外壳和罩耳垫,头戴式耳机将其隔离。

[0007] 然而,这种纯被动式保护仅仅是部分的,因为部分声音(特别是频谱中的低频部分)可穿过耳机外壳或经由佩戴者的头颅被传送到耳朵。

[0008] 这就是之所以开发所谓的“主动噪声控制”或即 ANC 技术的原因,ANC 技术的原理包括拾取入射噪声分量并且在时间和空间上将一声波叠加到此噪声分量上,该声波在理想情况下是该噪声分量的压力波的反转副本。问题是用该方式创建与该噪声分量的破坏性干扰并且减少(在理想情况下抵消)寄生声波的压力的变动。

[0009] EP 2 597 889 A1(Parrot)描述了这样一种头戴式耳机,其被提供有将闭环反馈和开环前馈滤波类型进行组合的 ANC 系统。反馈滤波路径基于置于耳机外壳、罩耳垫和换能器所界定的声腔内的话筒。换句话说,该话筒被置于用户的耳朵附近并主要接收由换能器产生的信号以及在前腔内仍然能感知的残留的未被抵消的噪声信号。该话筒的信号(从中减去要由换能器重现的音乐源的音频信号)构成用于该 ANC 系统的反馈环路的误差信号。前馈滤波路径使用由收集存在于该头戴式耳机的佩戴者的直接接触环境中的寄生噪声的外部话筒所拾取的信号。最后,第三滤波路径处理来自要重现的音频源的音频信号。这三条滤波路径的输出信号被组合并应用到该换能器以重现与周围噪声抑制信号相关联的音乐源信号。

[0010] 现有 ANC 系统遭受由“电嘶嘶声”的存在所带来的限制,这种电嘶嘶声在该 ANC 系统被激活时会被感知:的确,反馈话筒提供了作为声信号的图像、并且伴随有低的电噪声的电信号,并且 ANC 滤波器的放大(通常为 20 到 30dB 量级)增加了这种电噪声。而且,由话筒拾取的噪声被不期望的所谓水床效应增大:在噪声抑制的主频带之外,噪声以能被完美感知并且当然是有害的方式在相对窄的频带(一般为 1kHz)中被放大。如果太显著,则这种现象甚至可能产生拉森效应(Larsen effect),拉森效应是一种当垫被意外移除时对于许多头戴式耳机而言可观察到的现象。这些现象在换能器上产生了噪声,这种噪声有时候可能比要被抑制的噪声更能被听到并且更恼人,特别是在要被抑制的噪声很低的情况下。

[0011] 具体而言,反馈 ANC 滤波器的增益很高时低频中噪声的衰减非常好,但是作为代价,嘶嘶声增大。因此期望根据环境噪声来适配反馈 ANC 滤波器的增益:如果此环境噪声很低,则需要较小的 ANC 增益和/或带来减小的水床效应的增益。该滤波器此时将不那么高效,但是嘶嘶声也会减小。相反,在强环境噪声的情况下,高 ANC 增益是优选的,因为所产生的电嘶嘶声相对于环境噪声而言变得可以忽略不计。

[0012] WO 2010/129219 A1(EP 2 425421 A0)描述了一种自适应型的 ANC 系统,即,使用滤波器,通过用于实时分析信号的算法来动态且连续地修改所述滤波器的传递函数。置于头戴式耳机外壳上的外部话筒收集环境噪声,分析噪声水平以调整该反馈滤波器的传递函数。

[0013] 这种方法的缺点在于:反馈 ANC 不适配到用户真正感知的噪声,而是适配到耳机的外部环境中存在的噪声。现在,真正感知的噪声可能被声音泄漏修改,声音泄漏根据头戴式耳机在头上的定位、用户的耳朵的形状、头戴式耳机在头上的不同松紧度、罩耳垫所停驻处的头发的存在而每个人都不同。当存在声音泄漏时,ANC 效率被降低,从而,为了抑制更多的噪声,将需要增加 ANC 增益,结果是带来更高水平的电嘶嘶声。

[0014] EP 1 923 864 A2 描述了一种包括内部话筒的 ANC 系统,该内部话筒被置于头戴式耳机的声音耳腔内并且引导(pilot)降噪器的反馈支路。在音乐寂静时段期间或在由 ANC 系统强制使音乐停止的时段期间在若干频带下分析所拾取的信号。根据所获得的结果来修改滤波器系数,以便根据所拾取的信号的特性来最好地适配此滤波器的响应曲线。所提出的降噪技术仅对电嘶嘶声的减小和水床效应现象提供了有限的结果。尤其是,不同传递函数之间的切换尤其能被用户感知,在要被重现的音频信号的寂静时段期间发生这种切换时尤其如此。

发明内容

[0015] 鉴于上文,本发明的目标是提出一种新的 ANC 降噪技术:

[0016] - 其提供对电嘶嘶声现象的显著减小;

[0017] - 其不使 ANC 系统的抗噪声性能降级,即,用户所感知的残留噪声总是能被最好地减小,特别是伴有 i) 对低频的强衰减以及 ii) 宽抑制频带;

[0018] - 当滤波改变被操作时仅可能地使头戴式耳机佩戴者最少感知;

[0019] - 整体上,而不使来自音频源(或在电话应用中的远程讲话者语音)的声音信号失真,并且 ANC 处理不切断此信号的频谱——尽管噪声抵消信号和要重现的音频信号由同一信道放大并且由同一换能器重现。

[0020] 为了实现这些目标,本发明提出一种带有 ANC 主动噪声控制系统的音频头戴式耳机,按照本身可以从上面提及的 EP 1 923 864 A2 中知晓的方式,其包括:

[0021] - 内部 ANC 话筒,其被置于该头戴式耳机的声音耳腔内部并且被适配为递送在此腔内拾取的信号;以及

[0022] - 数字信号处理器 DSP,包括:

[0023] • 闭环反馈支路,其包括适于向由该 ANC 话筒拾取的信号应用滤波传递函数的反馈 ANC 滤波器,该反馈 ANC 滤波器是多个能选择性切换的、预先配置的反馈 ANC 滤波器中的一个;

[0024] • 用于实时分析该 ANC 话筒所拾取的信号的装置,其适于验证此信号的当前特性(包括该信号在多个频带中的能量值)是否满足预定准则集;

[0025] • 选择装置,其适于根据由所述分析装置所执行的对该准则集的验证的结果来选择该预先配置的反馈 ANC 滤波器之一;以及

[0026] • 混合装置,其接收在该反馈 ANC 滤波器的输出端处由该反馈支路所递送的信号以及要被重现的音频信号作为输入,并且递送适于引导该换能器的信号作为输出。

[0027] 本发明的特性在于,该 DSP 进一步包括:

[0028] • 均衡支路,其包括适于在向混合装置应用要被重现的音频信号之前向要重现的音频信号应用均衡传递函数的均衡滤波器,该均衡装置是多个能选择性切换的、预先配置的均衡滤波器中的一个。

[0029] 而且,该选择装置是适于同时进行以下操作的装置:

[0030] i) 根据所述准则集的验证的结果来选择该预先配置的反馈 ANC 滤波器之一;以及

[0031] ii) 根据当前选择的反馈 ANC 滤波器选择该预先配置的均衡滤波器之一。

[0032] 在一优选实施例中,该预定准则集进一步包括对要重现的所述音频信号的存在或不存在的检测,并且所述预定准则包括将所述能量值与其相比较的两个不同的相应阈值系列,其中根据要重现的音频信号是否存在来选择这两个系列之一。

[0033] 有利地,该头戴式耳机进一步包括外部话筒,其置于该声腔外部并且适于拾取该耳机的环境中存在的声音噪声,该 DSP 此时包括开环前馈支路,该前馈支路包括适于向由该外部话筒递送的信号应用前馈滤波传递函数的前馈 ANC 滤波器。该前馈 ANC 滤波器是多个能选择性切换的、预先配置的前馈 ANC 滤波器中的一个,并且该选择装置还适于根据当前选择的反馈 ANC 滤波器来选择该预先配置的前馈 ANC 滤波器之一。

[0034] ◇

附图说明

[0035] 现在将参考附图描述本发明的实施例的示例,在所有附图中,相同的附图标记指示相同或功能上相似的元素。

[0036] 图 1 一般性地解说了用户头上的音频耳机。

[0037] 图 2 是示出不同声音和电信号以及主动噪声控制音频头戴式耳机的操作中所暗示的各功能框的示意图。

[0038] 图 3 是根据本发明的头戴式耳机的各耳机之一的正视截面图,其示出该耳机的各机械元件和电机部件的配置。

- [0039] 图 4 作为操作框示意性地解说了执行根据本发明的去噪处理的方式。
- [0040] 图 5 更精确地解说了实现话筒信号的分析以及对要应用到递送到头戴式耳机换能器的信号的滤波器的选择的元件。
- [0041] 图 6 是描述图 5 的分析和选择的的功能的状态机的操作的流程图。
- [0042] 图 7 以振幅和相位示出根据外部噪声条件以自动方式交替选择的两个 ANC 滤波器的传递函数的波德图。
- [0043] 图 8 解说了用图 7 中例示的两个滤波器获得的衰减的示例。
- [0044] 图 9 类似于图 4, 针对的是除了反馈支路外还包括前馈支路的系统。
- [0045] ◇

具体实施方式

[0046] 在图 1 中示出了置于用户的头上的音频头戴式耳机。按本身较传统的方式, 此头戴式耳机包括由固持头带 12 连接的两个耳机 10、10'。这些耳机 10 中的每一个包括落到用户的耳廓上的外壳 14, 在外壳 14 和耳缘中具有罩耳式柔性垫 16, 该垫旨在确保耳朵区域和外部声音环境中的令人满意的松紧度(从声音角度看)。

[0047] 如介绍部分所指示的, 具有容纳在围绕耳朵或停在耳朵上的外壳中的换能器的“头戴式耳机”型的配置的这一示例不应被认为是限制性的, 因为本发明也可应用于包括放置在耳道内的元件(因此该耳机没有外壳和围绕或覆盖耳朵的垫)的入耳式耳机。

[0048] 图 2 是示出不同声音和电信号以及主动噪声控制音频头戴式耳机的操作中所涉及的操作框的示意图。

[0049] 耳机 10 封围有声音重现换能器 18(后文简称为“换能器”), 该换能器由限定了两个腔(即, 耳侧的前腔 22 和相对侧上的后腔 24)的分隔件 20 承载。

[0050] 前腔 22 由内分隔件 20、耳机 14 的壁、垫 16 以及用户头部在耳朵区域内的外表面限定。除了垫 16 的接触区域中的不可避免的声音泄漏之外, 该腔为闭合腔。除了允许获得耳机的前腔 22 中的低频的增强的声音孔 26 之外, 后腔 24 是闭合腔。

[0051] 最后, 为了进行主动噪声控制, 提供置于尽可能靠近耳道的内部话筒 28, 以拾取内腔 22 中存在的残留噪声, 该噪声是该用户将感知的噪声。

[0052] 除该换能器重现的音乐源的音频信号(或在电话应用中远程讲话者的声音)之外, 由此内部话筒 28 拾取的声音信号是下面的组合:

[0053] - 来自穿过耳机外壳 14 的周围外部噪声 30 的传送的残留噪声 32, 以及

[0054] - 由换能器生成的声波 34, 在理想情况下, 根据破坏性干扰的原理, 该声波为残留噪声 32(即, 要在听取点处抑制的噪声)的反转副本。

[0055] 声波 34 的声音抵消从不完美, 而内部话筒 28 收集残留信号, 作为应用到闭环反馈滤波支路 36 的误差信号 e 。

[0056] 潜在地, 外部话筒 38 可被放置在头戴式耳机的外壳上, 以拾取耳机外的周围噪声, 该噪声由波 30 示意。由此外部话筒 38 收集的信号被应用到该主动噪声控制系统的前馈滤波级 40。来自反馈支路 36 的信号, 以及来自前馈支路 40 的信号(如果存在), 在 42 中被组合以引导换能器 18。

[0057] 而且, 换能器 18 接收来自音乐源(随身听、收音机等)或(在电话的应用中)远

程讲话者语音的要重现的音频信号。因为此信号经历使该信号失真的闭合环路的影响,所以该信号将必须被均衡预处理以具有期望的传递函数,该传递函数由该开放环路的增益和无主动控制情况下的目标响应确定。

[0058] 如图 1 中所示,该头戴式耳机可以有可能载有另一外部话筒 44 以用于通信功能,例如如果该头戴式耳机设有“免提”电话功能的话。此附加外部话筒 44 旨在拾取头戴式耳机佩戴者的语音,其不干涉主动噪声控制,并且随后,将其认为是仅在话筒 38 专用于主动噪声控制时可能由 ANC 系统使用的外部话筒。

[0059] 图 3 以截面视图解说了用于耳机 10 之一(使另一耳机 10' 相同)的图 2 中示意性示出的不同机械和电声元件的示例性实施例。我们从中可以看到,分隔件 20 将壳体 14 内部分割成前腔 22 和后腔 24,换能器 18 和内部话筒 36 被安装在该分隔件上,内部话筒 36 由网格 48 承载以将其保持在靠近用户的耳道的位置。

[0060] 图 4 作为操作框示意性地解说了根据本发明的 ANC 主动噪声控制系统。

[0061] 它是由数字信号处理器 DSP 50 实现的数字型的 ANC 系统。要注意,尽管这些图被呈现为互连电路,但不同功能的实现基本是基于软件的,这种表示仅是解说性的。

[0062] 我们在这里还可以看到反馈支路 36(上面参考图 2 已经描述了其原理),其利用 ADC 转换器 52 将由内部话筒 28 所拾取的误差信号 e 数字化。经数字化的误差信号被滤波器 54 处理,随后被 DAC 56 转换为模拟信号,以便由换能器 18 在耳机 10 的腔中呈现。所重现的信号有可能被组合为音乐信号 M ,该音乐信号在均衡 58 之后被在 60 中组合为消噪信号,以供由 DAC 56 转换并由换能器 18 重现。

[0063] 限定反馈支路的传递函数的框 54 包括能选择性切换的预定滤波器的多个配置,这些 X 滤波器中的每一个允许获得环境噪声的较强或较弱的衰减,以及对同样较强或较弱的电嘶嘶声的损害,其中各 X 滤波器中的智能切换机制因变于内部话筒 28 所拾取的信号。

[0064] 有鉴于此,重要的是,不同可选滤波器中的切换是基于内部话筒 28 所拾取的信号来操作的,因为是靠近用户的耳朵的内部话筒(而不是外部话筒 38)向该 ANC 系统提供了用户真正感知到的残留的图像,同时将耳机外壳内部和外部的潜在的声音泄漏考虑在内了。

[0065] 反馈支路的不同滤波器中的切换(其允许优化衰减/嘶嘶声折衷)将因此取决于头戴式耳机的前腔 22 内部的频谱水平和内容。

[0066] 还要注意,数字系统的选择允许更容易地对大量的滤波器进行编程(与模拟系统不同,在模拟系统中大量的电子部件将是具有这种等效所必需的),并且最重要的是能够集成允许实时分析信号的算法智能并且以非常短的响应时间切换各滤波器的算法智能,这将提供更好的衰减/嘶嘶声折衷。

[0067] 对话筒 28 所执行的误差信号的分析由“自动-ANC”模块在 DSP 50 中执行,该“自动-ANC”模块分析信号 e 并且限定建议选择反馈支路 54 中的各 X 滤波器中的哪一个,并且同样地,建议选择音乐信号均衡之路 58 的各 Y 滤波器中的哪一个(其中 Y 可以但未必等于 X)。

[0068] 更精确而言,(在图 4 的配置中)由内部话筒 28 拾取的信号 e (其被认为等同于该头戴式耳机用户的耳朵所拾取的信号)由下式给出:

$$[0069] \quad e = H_{\text{ext}} / (1 - H_a * H_{\text{FB}}) * B + H_a / (1 - H_a * H_{\text{FB}}) * H_{\text{EQ}} * M$$

[0070] B. 为外部噪声信号 30,

[0071] M 为输入音乐信号,

[0072] H_{ext} 为外部噪声源和内部话筒 28 中的传递函数,

[0073] H_{FB} 为反馈滤波器 54 的传递函数,

[0074] H_{EQ} 为均衡滤波器 58 的传递函数, 以及

[0075] H_a 为换能器 18 和内部话筒 28 中的传递函数。

[0076] 在此式中, 可以观察到, 所播放的音乐信号经受传递函数:

[0077] $H_a / (1 - H_a * H_{FB}) * H_{EQ}$

[0078] 使得, 如果反馈 ANC 支路 54 的滤波器 H_{FB} 被修改, 则对音乐的感知也被修改。因此, 为了使得对音乐的感知对用户保持不变, 自动 -ANC 控制算法 62 也将必须与反馈 ANC 支路 54 的滤波器同时修改音乐均衡支路 58 的滤波器 H_E 。

[0079] 换言之, 由自动 -ANC 算法 62 对反馈 ANC 支路 54 的 X 滤波器之一的切换将同时伴随有音乐均衡支路 58 的 Y 滤波器之一的切换以重新均衡滤波的影响 (当然如果音乐信号存在的话)。

[0080] 图 5 更精确地解说了由自动 -ANC 框 62 实现的用于信号的分析以及反馈 ANC 滤波器和均衡滤波器的选择的元件。

[0081] 由内部话筒 28 所收集的数字化信号 e 经受由一组滤波器 64 进行的频率分解, 以便在 66 中计算此信号 e 在其 N 个频率分量中的每个频率分量中的能量 Rms_1 。

[0082] 在自动头戴式耳机的主动噪声控制的框架内, 经由对周围噪声的频谱分析对周围噪声的“颜色”的分析允许区分各种显著情境: 例如, 对于在公共交通型 (飞机、火车) 的嘈杂环境中的头戴式耳机的使用, 低频和高频中的比值远远比在诸如办公室等更清静的环境中更重要。因此, 例如, Rms_1 可以是 100Hz 下话筒信号的功率, 而 Rms_2 是约 800Hz 的信号的功率等。

[0083] 所获得的值 $Rms_1, Rms_2 \dots Rms_N$ 被应用于状态机 68, 该状态机将这些能量值与相应阈值进行比较并且根据这些比较来确定必须选择滤波 ANC 支路 54 的 X 滤波器中的哪一个, 以及根据情况 (如果存在音乐), 均衡支路 58 的 Y 滤波器中的哪一个。

[0084] 图 6 更精确地解说了此状态机 68 如何操作。

[0085] 在将当前能量水平 $Rms_1, Rms_2 \dots Rms_n$ 纳入考虑的情况下, 状态机 68 将决定当传递函数 H_{FB} 和 H_{EQ} 处于初始状态时是否需要修改这些传递函数 (框 70)。

[0086] 如果那些能量超出相应的预定义阈值 (测试 72):

[0087] $Rms_1 > \text{阈值}(1, 1) \ \&\& \ Rms_2 > \text{阈值}(2, 1) \ \&\& \ \dots \ \&\& \ Rms_N > \text{阈值}(N, 1),$

[0088] 则该算法认为外部噪声足够强到使滤波器 H_{FB} 的适配 (并且同时, 对音乐信号而言, 均衡滤波器 H_{EQ} 的可能的相应适配) 成为必要 (框 74)。

[0089] 在相反情况中, 即, 如果前述条件未被验证, 则执行新的比较 (框 72'):

[0090] $Rms_1 > \text{阈值}(1, 2) \ \&\& \ Rms_2 > \text{阈值}(2, 2) \ \&\& \ \dots \ \&\& \ Rms_N > \text{阈值}(N, 2),$

[0091] 其使用更低的阈值, 即, 阈值 (1, 2) < 阈值 (1, 1), 阈值 (2, 2) < 阈值 (2, 1) ... 阈值 (N, 2) < 阈值 (N, 1)。

[0092] 如果后一个测试是肯定的, 则修改滤波器 H_{FB} 和 H_{EQ} (框 74'), 但是使用不同于前一种情形的参数。

[0093] 在否定情况下,可能用逐步变低的阈值以相同方式继续迭代(框 72''、74'' 等),以便在能被选择用于反馈支路 54 的 X 滤波器中选择哪一个产生较难感知的可能的电嘶嘶声,同时提供对声音噪声的可能的更好的衰减。

[0094] 非常有利地,在此连续测试的上游,检测该呈现链中是否存在音乐信号 M(框 76),例如通过将旨在用于此音乐信号的支路上的信号的功率与一预定阈值进行比较。

[0095] 随后根据是否存在音乐来将初始阈值调整到不同的值(框 78 或 78'),以将以下事实考虑在内:按照与外部噪声相同的方式,音乐扮演在对 ANC 控制所引入的电嘶嘶声上的掩盖的角色。

[0096] 图 7 和 8 解说了根据外部噪声条件按自动方式交替选择的两个反馈 ANC 滤波器的示例:图 7 以振幅和相位示出了这两个滤波器的传递函数 H_{FB} 的波德图,而图 8 解说了所获得的相应衰减。对于这两个滤波器,必须选择:

[0097] - 适用于嘈杂环境(诸如公共交通)的第一滤波器 F1,其强烈衰减极低频,同时在中频具有更高增益,并且具有更广的衰减带宽;以及

[0098] - 适用于清静环境的第二滤波器 F2,其具有更少的 ANC 衰减,对电嘶嘶声的更强的衰减,以及约 1000Hz 的水床效应的限制。

[0099] 图 9 是针对 ANC 系统的本发明的概述,该 ANC 系统不仅包括反馈支路 54,还包括接收外部话筒 38 的信号 n 作为输入的前馈支路。在由 ADC 80 数字化之后,此信号经受处理以在 DSP 50 内向其应用传递函数 H_{FF} (框 82)。

[0100] 如在前馈支路中的情况以下,自动-ANC 算法 62 将修改滤波器 H_{FF} 的系数,即,基于由内部话筒 28 递送的信号——而不是由外部话筒 38 递送的信号——在 Z 个预配置数字滤波器中选择一个(其中 Z 可以但未必等于 X)。由内部话筒 38 递送的信号 e 的等式为:

$$[0101] \quad e = H_a * H_{FF} * B + H_{ext} / (1 - H_a * H_{FB}) * B + H_a / (1 - H_a * H_{FB}) * H_{EQ} * M.$$

[0102] 要注意,在这一系统中,前馈滤波器 H_{FF} 对音乐的均衡没有影响,因此,修改均衡支路 58 的滤波器 H_{EQ} 不是必要的。

[0103] 用于信号 e 的分析和最适当的前馈滤波器 H_{FF} 的选择的状态机与图 6 中解说的相同,唯一的差别在于:在框 74, 74', 74' ... 中测试过不同阈值(其保持不变)之后,除了传递函数 H_{FB} 和 H_{EQ} ,还修改传递函数 H_{FF} 。

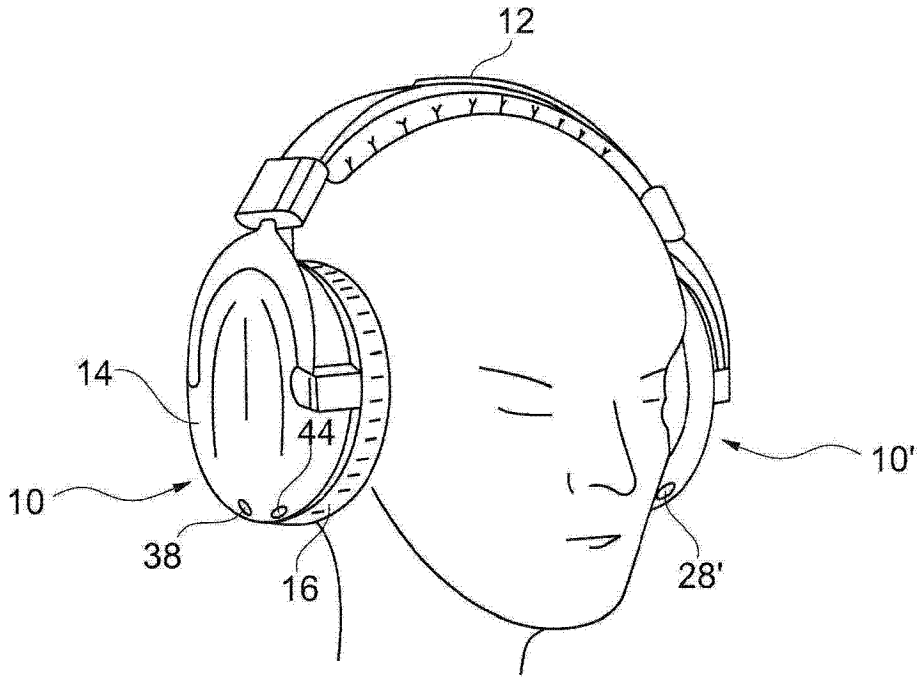


图 1

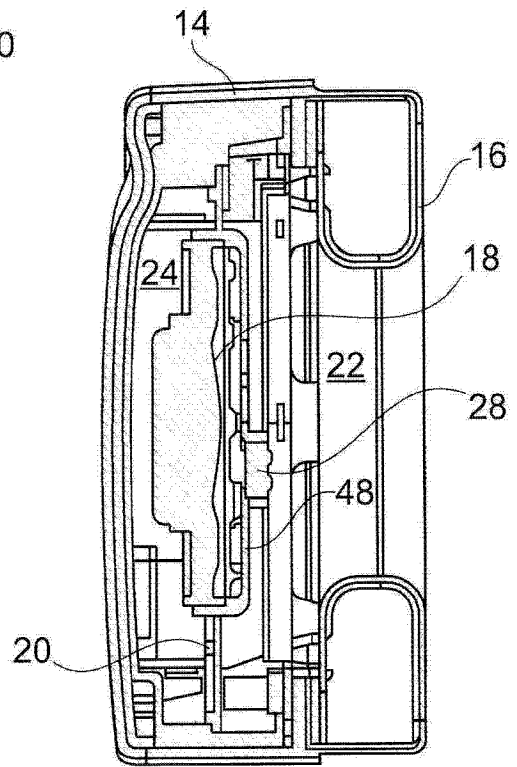
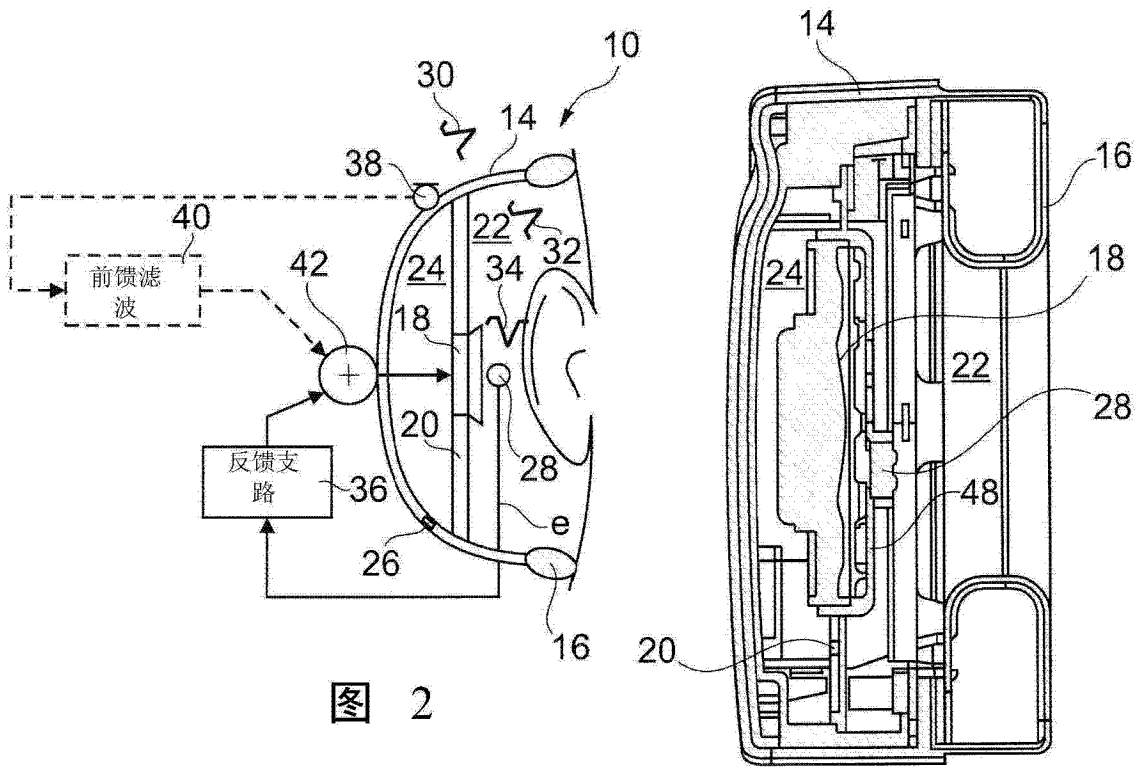


图 3

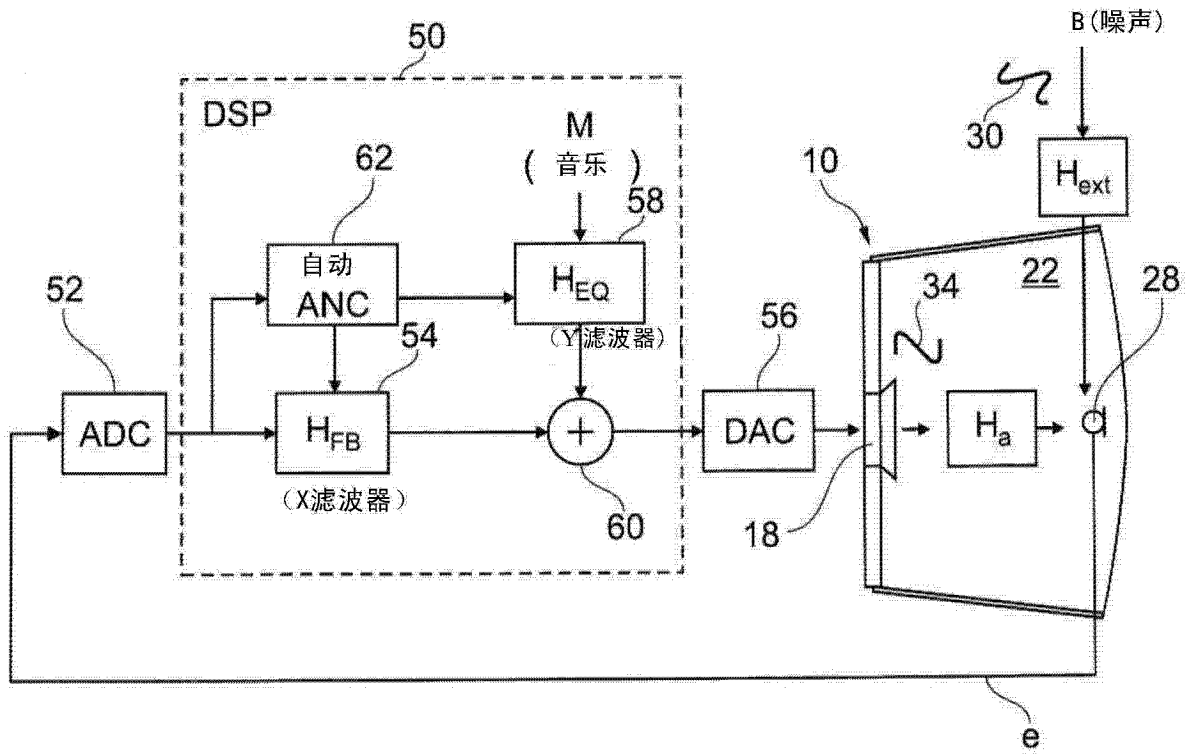


图 4

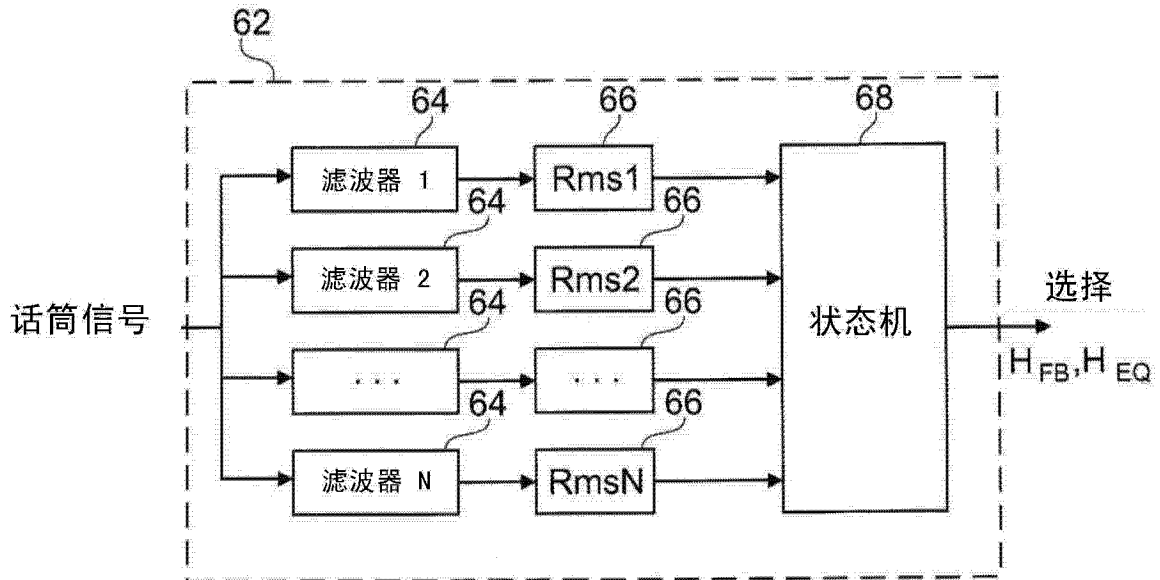


图 5

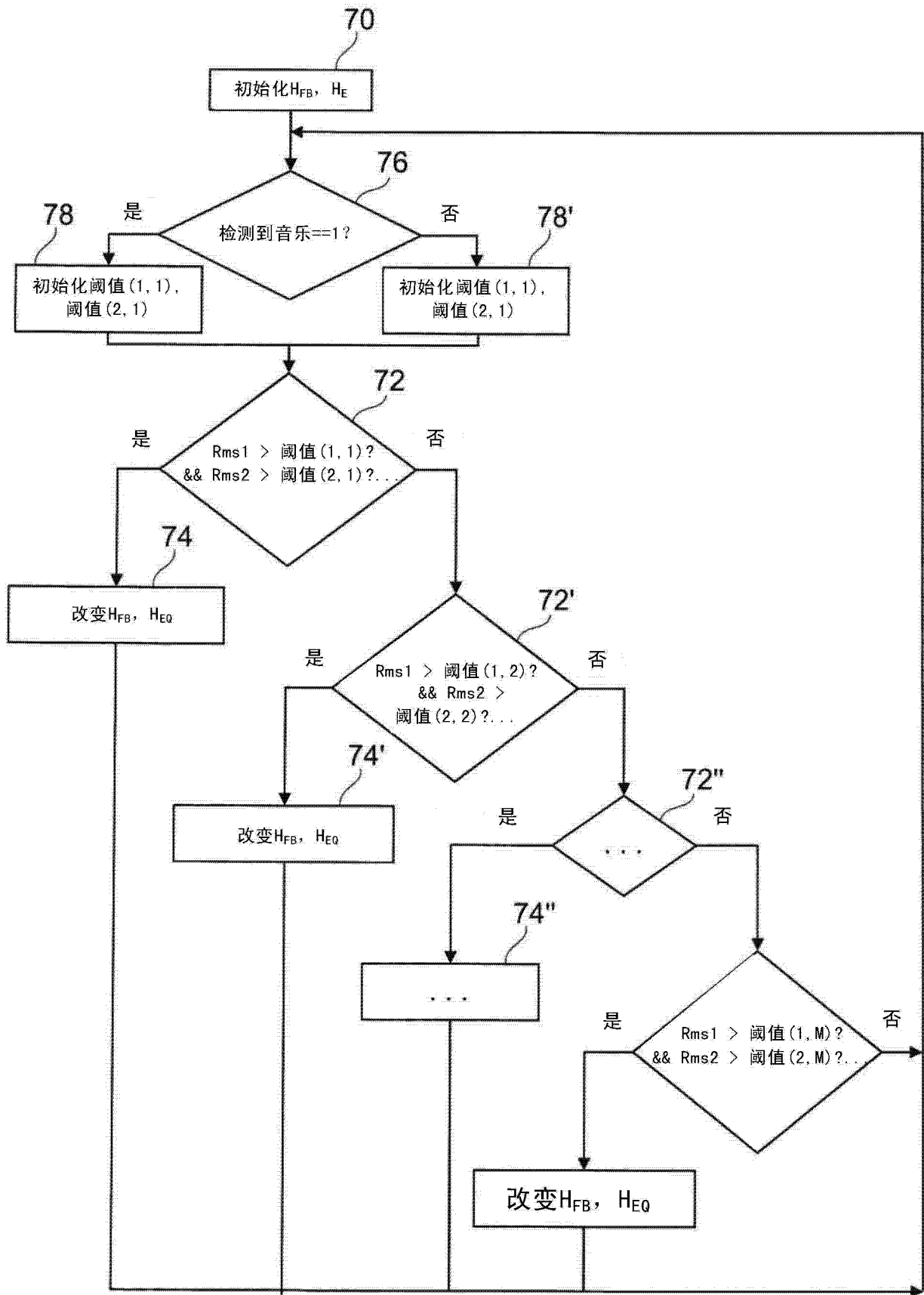


图 6

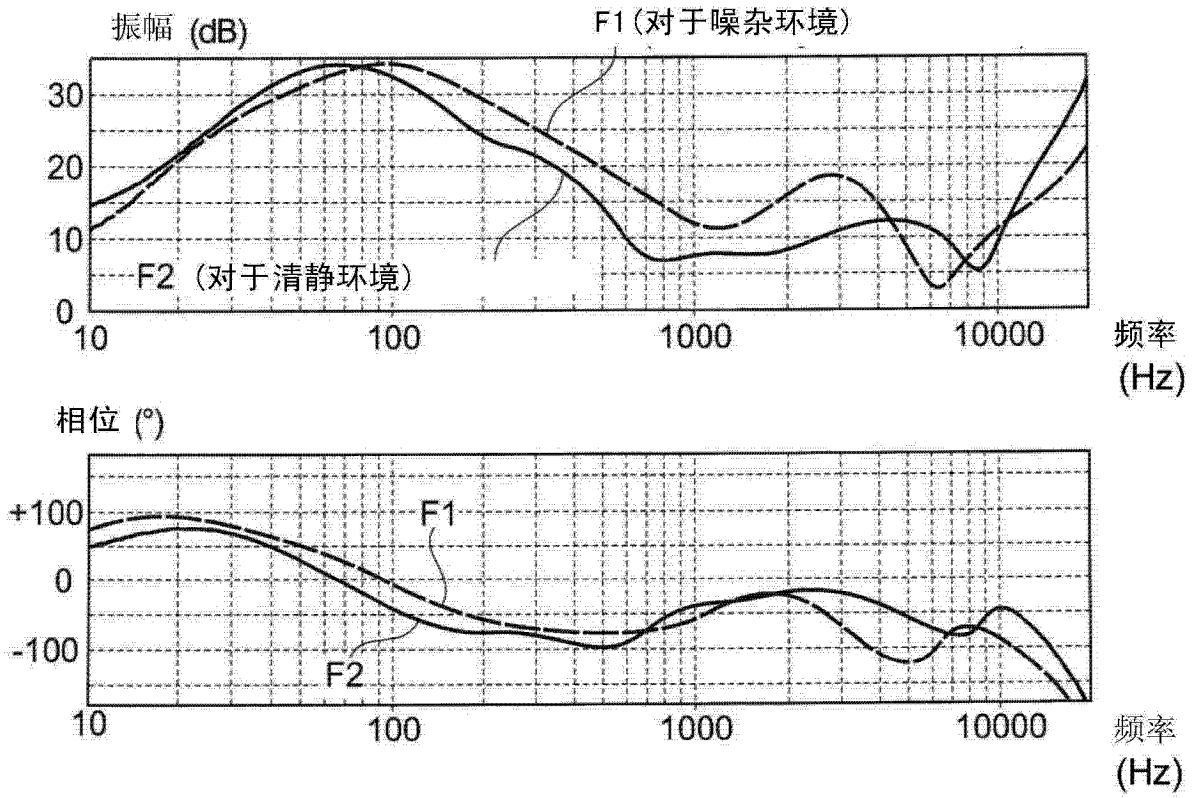


图 7

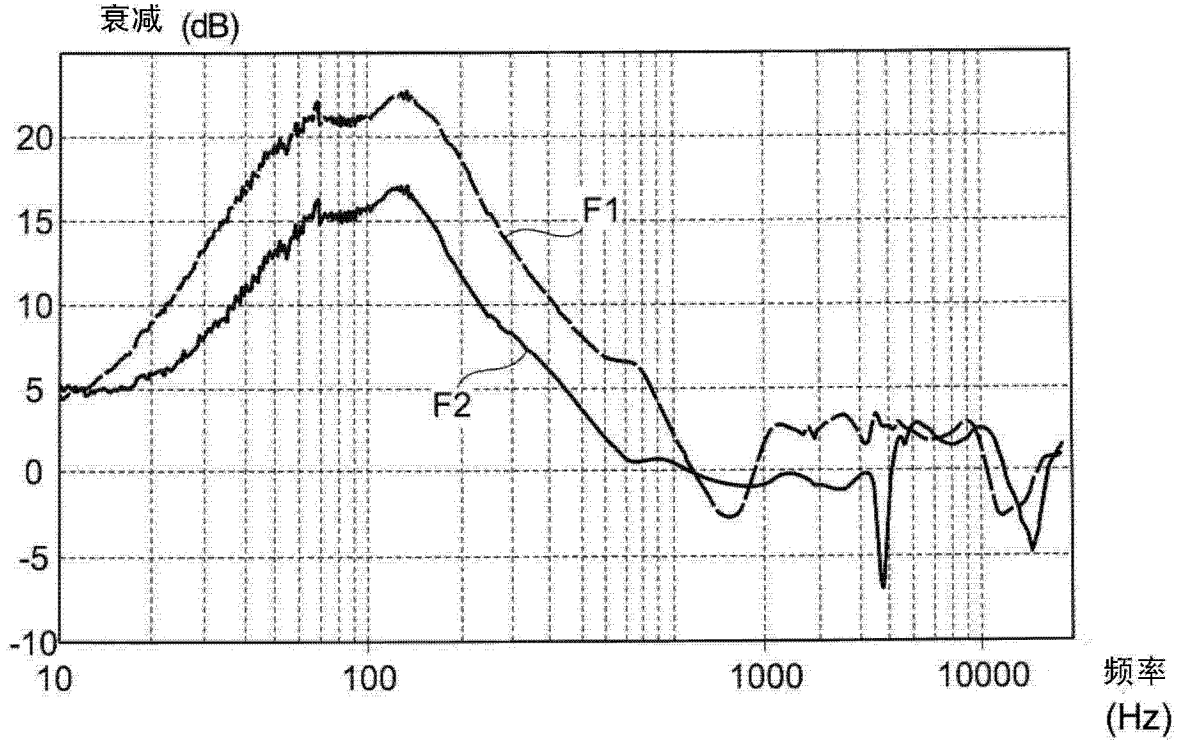


图 8

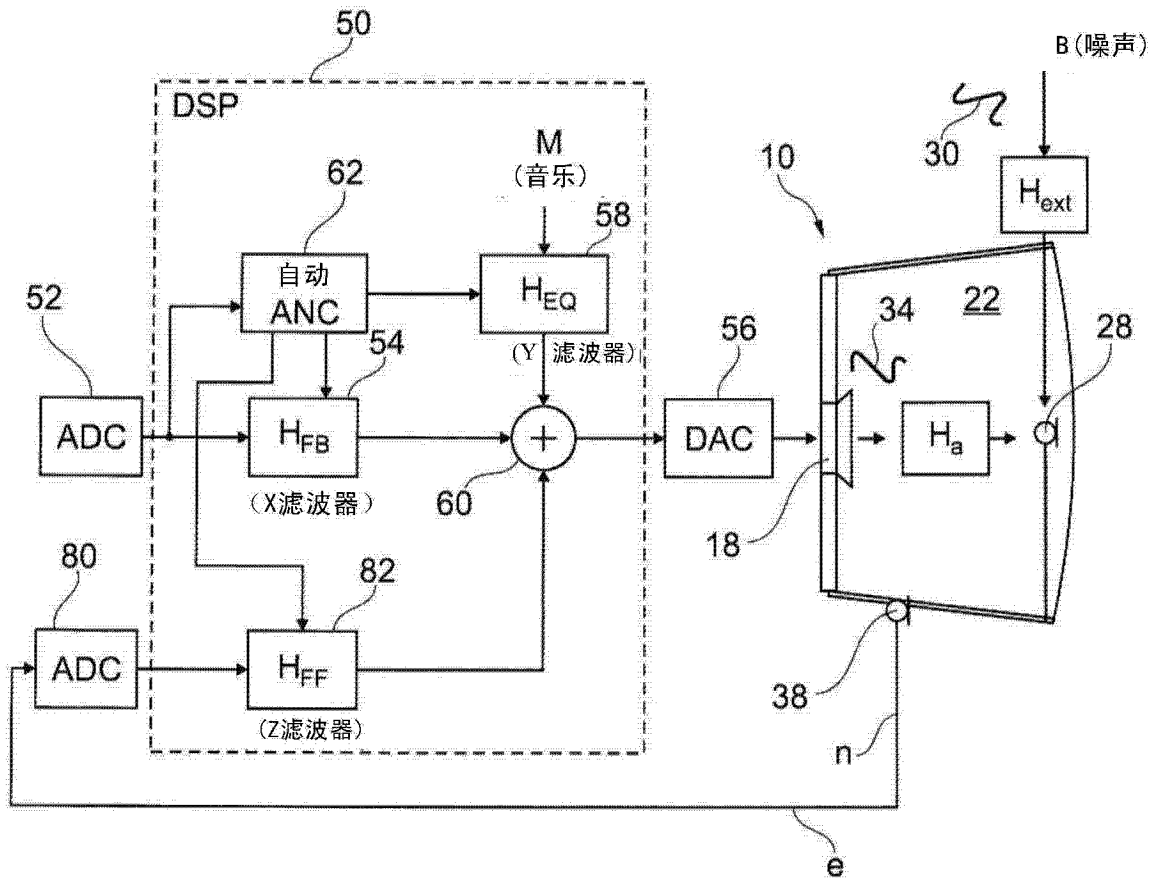


图 9