



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108476363 A

(43)申请公布日 2018.08.31

(21)申请号 201680076026.1

(74)专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322

(22)申请日 2016.12.20

代理人 顾小曼

(30)优先权数据

15202394.1 2015.12.23 EP

(51)Int.Cl.

H04R 25/00(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.06.22

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2016/081941 2016.12.20

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/108802 EN 2017.06.29

(71)申请人 GN瑞声达A/S

地址 丹麦巴勒鲁普

(72)发明人 S·珀曼

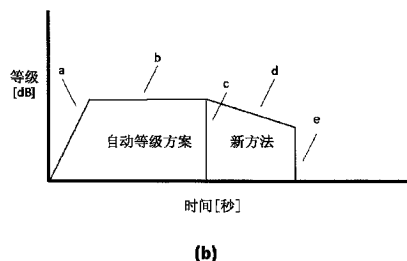
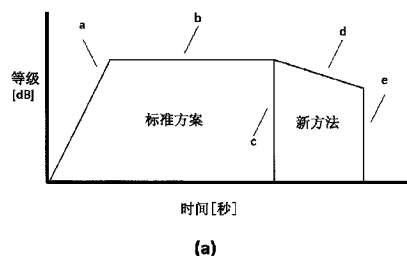
权利要求书2页 说明书12页 附图4页

## (54)发明名称

改进数字反馈抑制电路初始化的听力设备

## (57)摘要

提供一种模拟从听力设备例如助听器中的接收器到麦克风的反馈路径的新方法,该方法包括:将具有最大可允许信号等级和持续时间的电子探测信号传输到接收器,以转换为由接收器输出的声学探测信号,同时记录麦克风输出信号,基于记录的麦克风输出信号来确定反馈路径的至少一个参数,以及通过降低探测信号的信号等级来完成传输,使得模拟终止于探测信号的比探测信号的先前信号等级小的信号等级,从而缓解用户听到探测信号所经历的不适,这是因为由于诺贝尔经济学奖获得者Daniel Kahneman发现的所谓的“峰终定律”和“对持续时间的忽略”而使得在初始化过程结束时降低探测信号的信号等级被认为不那么令人烦恼。



1. 一种模拟从听力设备中的接收器到麦克风的反馈路径的方法,包括以下步骤:  
将具有最大可允许信号等级和持续时间的电子探测信号传输到接收器,以转换为由所述接收器输出的声学探测信号,同时  
记录麦克风输出信号,以及  
基于记录的麦克风输出信号来确定所述反馈路径的至少一个参数,  
其特征在在于,将探测信号传输到所述接收器的步骤包括:  
通过降低所述探测信号的信号等级,使得传输终止于所述探测信号的比所述探测信号的先前信号等级低的信号等级,来完成所述传输。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,在用于执行确定所述反馈路径的至少一个参数的步骤的时间段的至少一部分期间,从由所述探测信号的峰值信号等级、平均信号等级和rms信号等级构成的组中选择所述先前信号等级。
3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述探测信号的信号等级从其当前值线性降低从由所述先前信号等级以下的1%、2%、5%、10%、20%和50%构成的组中选择的值以上。
4. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述探测信号的信号等级在类似幅度的一步或多步中从其当前值降低从由所述先前信号等级以下的1%、2%、5%、10%、20%和50%构成的组中选择的值以上。
5. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述探测信号的信号等级从其当前值以对数比例线性降低从由所述先前信号等级以下的1dB、2dB、3dB、4dB、5dB和6dB构成的组中选择的值以上。
6. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,以降低所述探测信号的信号等级来完成所述传输的时间段为从用于适当初始化数字反馈抑制电路所需时间段的10%、20%、30%、40%、50%和60%构成的组中选择的值以上。
7. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,在以降低所述探测信号的信号等级来完成所述传输之前完成确定所述反馈路径的至少一个参数的步骤。
8. 根据权利要求1至6中任一项所述的方法,其中,确定所述反馈路径的至少一个参数的步骤在以降低所述探测信号的信号等级来完成所述传输期间继续。
9. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,包括以下步骤:  
从低等级提高所述探测信号的等级,同时  
监测基于记录的麦克风输出信号计算出的第一质量参数的值,以及  
当确定的第一质量参数达到第一预定阈值时,避免进一步提高所述探测信号的等级。
10. 根据权利要求9所述的方法,其中,传输所述探测信号的步骤还包括以下步骤:  
监测基于记录的麦克风输出信号计算出的第二质量参数的值,以及  
当确定的第二质量参数达到第二预定阈值时,终止所述探测信号向所述接收器的传输。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述第一质量参数和所述第二质量参数相同。
12. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,所述第一质量参数和所述第二质量参数中的至少一个是所述听力设备的麦克风的电子输出信号的函数。
13. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,还包括估计所述反馈路径的脉冲响应的

步骤。

14. 一种听力设备,包括:

麦克风,用于将输入的声音转换为音频信号,

数字反馈抑制电路,用于模拟所述听力设备的反馈路径并且具有被初始化的参数,

信号处理器,用于处理所述音频信号,

接收器,连接到所述信号处理器的输出端,用于将经处理的信号转换为声音信号,

探测信号发生器,用于生成至所述接收器的具有最大可允许信号等级和持续时间的探测信号,以用于转换为由所述接收器输出的声学探测信号,并且其中

所述信号处理器还配置为用于执行根据前述权利要求中任一项所述的方法。

15. 根据权利要求14所述的听力设备,其中,所述听力设备是助听器,所述助听器包括听力损失处理器,用于将所述音频信号处理为听力损失补偿音频信号,以补偿所述助听器的用户的听力损失。

## 改进数字反馈抑制电路初始化的听力设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种听力设备,例如助听器,带有包括例如在将听力设备适配于特定用户期间初始化的参数的数字反馈抑制电路。

### 背景技术

[0002] 反馈是听力设备中众所周知的问题,用于抑制和消除反馈的系统在本领域中是公知的,参见例如US 5,619,580、US 5,680,467和US 6,498,858。

[0003] 通常,在听力设备中采用数字反馈抑制电路来抑制来自接收器输出的反馈信号。在使用期间,数字反馈抑制电路估计反馈信号,例如,利用模拟反馈路径的一个或多个数字自适应滤波器。从麦克风输出信号中减去来自数字反馈抑制电路的反馈估计以抑制反馈信号。

[0004] 反馈信号可以沿听力设备壳体外侧的外部信号路径和沿听力设备壳体内侧的内部信号路径从接收器传播回麦克风。

[0005] 外部反馈,即声音从接收器沿听力设备外侧的路径传播到听力设备的麦克风,也被称为声学反馈。例如,当听力设备耳模不完全适合佩戴者的耳朵时,或者在包括用于例如通风目的的管或开口的耳模的情况下,发生声学反馈。在这两个示例中,声音可能会从接收器“泄漏”到麦克风,从而导致反馈。

[0006] 内部反馈可能由通过听力设备壳体内部的空气传播的声音以及由听力设备壳体内和听力设备壳体内部的组件内的机械振动引起。机械振动由接收器产生并传送到听力设备的其他部分,例如,通过接收器底座。在一些听力设备中,接收器灵活地安装在壳体中,由此减少振动从接收器向听力设备的其他部分传递。

[0007] WO 2005/081584公开了一种听力设备,其具有两个分离的数字反馈抑制电路,即一个用于补偿内部机械和声学反馈,另一个用于补偿外部反馈。

[0008] 外部反馈路径在听力设备“周围”延伸,因此通常比内部反馈路径更长,即与沿内部反馈路径相比,声音必须沿外部反馈路径传播更长的距离,以从接收器到达麦克风。因此,当从接收器发出声音时,与沿内部反馈路径传播的部分相比,其沿外部反馈路径传播的部分将延迟到达麦克风。因此,优选的是,分离的数字反馈抑制电路分别在第一和第二时间窗上操作,并且第一时间窗的至少一部分在第二时间窗之前。第一和第二时间窗是否重叠取决于内部反馈路径的脉冲响应的长度。

[0009] 尽管外部反馈在使用期间可能会有很大差异,但内部反馈更加稳定,并且通常在制造过程中应对。

[0010] 众所周知,数字反馈抑制电路的准确初始化对于有效抑制听力设备中的反馈非常重要。虽然原则上自适应滤波器可以自动适应反馈路径的变化,但自适应滤波器可以跟踪的反馈路径变化的程度和准确度存在限制。然而,数字反馈抑制电路的准确初始化能够快速且准确地模拟反馈路径响应,并且通过提供接近期望最终结果的自适应起始点来在随后的操作期间进行有效的反馈抑制。初始化可以在适配会话期间进行,并且可能在用户开启

听力设备时进行。

[0011] 通常,在将听力设备适配于特定用户期间,数字反馈抑制电路被初始化。听力设备连接到PC,并且探测信号传输到接收器,基于包括对探测信号的响应的麦克风输出信号,估计反馈路径的脉冲响应。通常,探测信号长度为10秒,并具有较高的等级,其会干扰用户。为了允许用户适应探测信号,在探测信号的十秒恒定信号等级之前的一秒中,探测信号以从0开始的对数比例线性上升。接收到的麦克风输出信号被传输到PC,并且计算相应的脉冲响应。然后,PC确定数字反馈抑制电路所需的参数,例如,固定数字滤波器的滤波器系数和自适应数字滤波器的初始滤波器系数,以便能够模拟反馈路径。

[0012] 在具有一个以上麦克风的听力设备中,例如具有方向性麦克风系统,听力设备可以包括用于每个麦克风的分离的数字反馈抑制电路,使用相同探测信号分别对其进行初始化。

[0013] 听力设备用户在初始化过程中抱怨不适和疼痛。

[0014] 最近,出现了开放式解决方案。根据听力设备术语,具有当壳体置于耳道中的预期操作位置时不阻塞耳道的壳体的听力设备,被归类为“开放式解决方案”。使用术语“开放式解决方案”是因为耳道壁的一部分与壳体的一部分之间的通道允许声波从壳体后方在耳鼓与壳体之间通过通道逸出到用户周围。利用开放式解决方案,堵塞效应会减弱,优选地基本消除堵塞效应。

[0015] 通常,适合大量用户且具有高度舒适度的标准大小的听力设备壳体代表一种开放式解决方案。

[0016] 开放式解决方案可能导致反馈路径具有较长的脉冲响应,因为接收器输出没有通过耳道中的紧密密封与麦克风输入分离。这使得反馈路径相对开路,导致长脉冲响应,这可能进一步增加用于估计反馈路径的探测信号的所需持续时间。

[0017] 因此,期望提供一种在初始化处理期间减少用户不适的初始化数字反馈抑制电路的方式。

[0018] EP 2 205 005 A1公开了一种具有数字反馈抑制电路的听力仪器,该数字反馈抑制电路具有参数,根据模拟从听力仪器的接收器到麦克风的反馈路径的方法,例如在将听力仪器适配于特定用户的过程中初始化该参数,方法包括以下初始化步骤:将电子探测信号传输到接收器,以转换为由接收器输出的声学探测信号,同时记录麦克风输出信号,并且基于记录的麦克风输出信号确定反馈路径的至少一个参数,其中,将探测信号传输到接收器的步骤包括以下步骤:增加探测信号的等级,同时监测基于记录的麦克风输出信号计算出的第一质量参数的值,并且当确定的第一质量参数达到第一预定阈值时,避免进一步增加探测信号的等级。

## 发明内容

[0019] 因此,提供一种新的初始化处理,其中,按照数字反馈抑制电路的适当初始化的要求,设定探测信号的作为时间的函数的信号等级和持续时间。在时间段内完成初始化处理,在该时间段期间,在探测信号的可选关断或信号等级降低至听不到的等级之前,探测信号的信号等级降低,使得初始化处理终止于探测信号的比探测信号的先前信号等级(例如,峰值等级、平均等级、均方根(rms)等级等)低的信号等级。

[0020] 由于诺贝尔经济学奖获得者Daniel Kahneman所发现的所谓的“峰终定律”和“对持续时间的忽略”(参见Daniel Kahneman and Richard H.Thaler:“Anomalies:Utility Maximization and Experienced Utility”,The Journal of Economic Perspectives, Vol.20,No.1(Winter,2006),pp.221-234,published by American Economic Association),所以通过在初始化处理完成时降低探测信号的信号等级,缓解了不得不听探测信号的用户所经历的不适。

[0021] 根据“对持续时间的忽略”,对事件的回顾性评估对持续时间的变化极不敏感。

[0022] 根据“峰终定律”,如果峰值不变,则延长一段时间的痛苦可以改善其记忆效用,并且与原始结局相比,新的结局令人反感的程度更低。

[0023] 因此,第一时间段的高疼痛及之后第二时间段的疼痛减轻,与只经历第一时间段(即,突然结束)相比,认为疼痛感更少。

[0024] 该发现被用于新的初始化处理中以缓解由探测信号引起的用户不适。

[0025] 例如,可以在时间段内完成初始化处理,在该时间段期间,探测信号的信号等级从其当前值线性减小,例如,减小1%以上,如减小2%以上,如减小5%以上,如减少10%以上,如减小20%以上,如减小50%以上等,减小到探测信号的先前信号等级(例如,峰值信号等级、平均信号等级、均方根信号等级等)以下。

[0026] 可以在时间段内完成初始化处理,在该时间段期间,探测信号的信号等级从其当前值开始在类似幅度的一步或多步中减小,例如,减小1%以上,如减小2%以上,如减小5%以上,如减少10%以上,如减小20%以上,如减小50%以上等,减小到探测信号的先前信号等级(例如,峰值信号等级、平均信号等级、均方根信号等级等)以下。

[0027] 可以在时间段内完成初始化处理,在该时间段期间,探测信号的信号等级以对数比例线性减小,例如,减小1dB以上,如减小2dB以上,如减小3dB以上,如减少4dB以上,如减小5dB以上,如减小6dB以上等,减小到探测信号的先前信号等级(例如,峰值信号等级、平均信号等级、均方根信号等级等)以下。

[0028] 完成初始化处理的时间段(在该时间段期间,探测信号的信号等级降低)可以为适当初始化数字反馈抑制电路所需时间段的10%以上,例如20%以上,30%以上,40%以上,50%以上,60%以上。

[0029] 初始化处理可以在探测信号的信号等级降低的时间段内完成初始化处理之前,完成对数字反馈抑制电路的参数的初始化。

[0030] 初始化处理可以在探测信号的信号等级降低的时间段内完成初始化处理期间,继续对数字反馈抑制电路的参数的初始化。

[0031] 初始化处理可以开始于探测信号的上升,例如,从例如听不到的等级(例如,零等级)的低等级以对数比例线性上升,同时监测第一质量参数的值。当第一质量参数值达到第一预定阈值时,探测信号在对应信号等级处保持恒定,同时监测第二质量参数的值。当第二质量参数值达到第二预定阈值时,探测信号等级再次降低,例如,降低至听不到的等级,例如,关断。

[0032] 因此,提供一种新的初始化处理,其中,按照适当初始化数字反馈抑制电路的要求,设定探测信号的作为时间的函数的信号等级和持续时间,并且其中,在时间段内完成初始化处理,在该时间段期间,在探测信号的可选关断或探测信号等级降低至听不到的等级

之前,探测信号的信号等级降低,使得初始化处理终止于探测信号的比探测信号的先前峰值信号等级低的信号等级。

[0033] 探测信号的等级和持续时间可以保持为适当初始化数字反馈抑制电路所需的最小值。最初,探测信号可以上升,例如,从例如听不到的等级(例如,零等级)的低等级以对数比例线性上升,同时监测第一质量参数的值。当第一质量参数值达到第一预定阈值时,探测信号在对应信号等级处保持恒定,同时监测第二质量参数的值。如上所述,当第二质量参数值达到第二预定阈值时,通过降低探测信号等级的信号等级来完成初始化处理。

[0034] 信号等级可以被定义为听力设备产生的声压级(SPL),例如,在鼓膜前方,或者听力设备的麦克风的声学输入或不是听力设备的一部分的分离麦克风的声学输入。

[0035] 声压级是声音相对于参考值的均方根声压的对数量度。它以分贝(dB)为单位进行测量。空气中常用的参考声压为 $20\mu\text{Pa}$ (rms),通常被认为是人体听力的阈值。

[0036] 声压级由信号等级控制,例如,到听力设备接收器的电子输入信号的均方根值。

[0037] 不需要确定所得到的声压级。所得到的最大声压级将分别是第一和第二质量参数的第一和第二阈值的函数。

[0038] 声压级可以在选择的频率处或在选择的频率范围内确定或者确定为频率的函数,或者可以基本在探测信号的整个频率范围内确定声压级。

[0039] 在监测质量参数期间,基于麦克风输出信号重复计算所讨论的质量参数,并将质量参数的连续值与相关的第一或第二阈值进行比较。

[0040] 第一或第二质量参数的值增大可以指示麦克风输出信号的质量提高。对于这种类型的质量参数,质量参数开始于较低值并且逐渐增大。当所讨论的质量参数大于或等于相应阈值时,达到相应的第一或第二阈值。

[0041] 对于另一种类型的质量参数,质量参数的值减小指示麦克风输出信号的质量提高。对于这种类型的质量参数,质量参数开始于较高值并且逐渐减小。当所讨论的质量参数小于或等于阈值时,达到相应的阈值。

[0042] 例如,第一质量参数可以涉及所确定的反馈路径的脉冲响应中的差异。当所确定的脉冲响应变得足够稳定时,即当作为连续确定的脉冲响应中的差异的测量结果的第一质量参数等于或小于第一阈值时,可以停止探测信号的上升。

[0043] 作为另一示例,第一质量参数可以涉及听力设备的麦克风处的信号等级或不是听力设备的一部分的外部麦克风处的信号等级,例如,第一质量参数可以等于所讨论的麦克风的电子输出信号的均方根值或为其函数。

[0044] 因此,提供一种模拟从听力设备中的接收器到麦克风的反馈路径的新方法,包括:

[0045] 将具有最大可允许信号等级和持续时间的电子探测信号传输到接收器,以转换为由接收器输出的声学探测信号,同时

[0046] 记录麦克风输出信号,以及

[0047] 基于记录的麦克风输出信号来确定反馈路径的至少一个参数,以及

[0048] 通过降低探测信号的信号等级,使得传输终止于探测信号的比探测信号的先前信号等级低的信号等级,来完成传输。

[0049] 可以在以降低探测信号的信号等级来完成传输之前完成确定反馈路径的至少一个参数的步骤。

[0050] 可以在以降低探测信号的信号等级来完成传输期间继续确定反馈路径的至少一个参数的步骤。

[0051] 传输探测信号的步骤还可以包括以下步骤:监测基于记录的麦克风输出信号计算出的第二质量参数的值,以及

[0052] 当确定的第二质量参数达到第二预定阈值时,终止探测信号向接收器的传输。

[0053] 第一质量参数和第二质量参数可以相同。

[0054] 该方法可以进一步包括估计反馈路径的脉冲响应的步骤。

[0055] 第一质量参数和第二质量参数中的至少一个可以是脉冲响应的参数。

[0056] 脉冲响应的参数可以从由以下组成的组中选择:脉冲响应的头部和尾部的峰-峰比率、脉冲响应的头部和尾部的噪声比和脉冲响应的峰值信号噪声比。

[0057] 在一个实施例中,数字反馈抑制电路包括固定IIR滤波器和自适应FIR滤波器。可以基于最小均方误差的最小化来更新自适应FIR滤波器系数。也可以使用在初始化处理期间允许适应的自适应滤波器。初始化之后,滤波器以冻结滤波器系数继续运行,使得滤波器操作为静态滤波器。

[0058] 探测信号可以是最大长度序列(例如,重复的255个样本的最大长度序列)宽带噪声信号等。对于最大长度序列,避免驻波的产生。

[0059] 包括对探测信号的响应的记录的麦克风输出信号可以被上传到外部计算机,该外部计算机适用于估计反馈信号路径并且将估计结果传输到数字反馈抑制电路,例如通过将确定的参数传输到数字反馈抑制电路,例如固定数字滤波器和自适应数字滤波器的滤波器系数。

[0060] 在一个实施例中,数字反馈抑制电路包括自适应滤波器,在探测信号传输到接收器期间允许该自适应滤波器适应。当滤波器系数的变化变得小于构成第二阈值的预定阈值时,即滤波器系数从一个自适应循环到构成第二质量参数值的下一个的变化时,可以终止初始化。

[0061] 根据所提供的方法,由于使用具有足够大的信号等级或振幅的探测信号以便于估计反馈路径,但不大于所需,所以减少或消除用户不适。

[0062] 可以执行所需探测信号等级的确定,开始探测信号向接收器的传输,从低等级(例如,听不到的等级,如0dB SPL)开始,并且逐渐提高探测信号的等级,直到反馈路径的脉冲响应被认为具有用于确定所需参数的足够质量,例如,通过监测构成第一质量参数的脉冲响应的确定参数中的变化,并且当变化小于第一阈值时停止探测信号的等级的提高。

[0063] 可以施加探测信号的最大可允许信号等级和持续时间,例如,其等同于根据常规初始化处理已经达到的标准初始化信号等级和持续时间。

[0064] 同样,当脉冲响应确定被认为具有足够的质量时,可以停止确定的恒定等级的探测信号的传输,从而使得探测信号的持续时间尽可能短。

[0065] 所确定的探测信号的所需等级可以根据听力设备的类型和型号以及适配类型(开放式/封闭式)而变化。

[0066] 探测信号等级的提高和/或降低速率可以根据预期的所需信号等级和预定时间段而变化,该预定时间段被设定为用于达到预期的所需信号等级。对于非听力受损用户,预期信号等级例如可以为85dB SPL。在85dB SPL的等级处,正常听力的人通常不会感到不适。应当注



意,听力受损用户通常会承受更高的初始化等级,例如102dB SPL。该等级可以达到设备的输出等级的最大值(例如,120dB SPL),但限制在限制由于过度驱动接收器而引起的失真的等级处。

[0067] 数字反馈抑制电路的第一和第二质量参数以及参数的计算可以在听力设备外部的计算机中执行,并且因此可以在听力设备和外部计算机之间建立双向数据通信链路,如在本领域中众所周知的。外部计算机可以接收麦克风输出信号并且可以根据第一和可能的第二质量参数的计算来控制探测信号发生器,例如探测信号发生器开始和停止信号生成,并且控制探测信号发生器输出的当前信号等级。

[0068] 执行初始化处理所需的计算和控制可以以各种方式在外部计算机和听力设备之间共享,例如,只要信号处理器具有足够的计算能力和用于要执行的对应程序的存储器,初始化处理中所有需要的任务就可以在听力设备中执行。

[0069] 因此,提供了一种听力设备,包括:

[0070] 麦克风,用于将输入的声音转换为音频信号,

[0071] 数字反馈抑制电路,用于模拟听力设备的反馈路径,

[0072] 信号处理器,用于将音频信号处理为经处理的音频信号,

[0073] 接收器,连接至信号处理器的输出端,用于将经处理的音频信号转换为声音信号,

[0074] 探测信号发生器,用于生成至接收器的探测信号,用于转换为由接收器输出的声学探测信号,并且其中

[0075] 信号处理器还配置为用于根据模拟从接收器到麦克风的反馈路径的方法来操作。

[0076] 信号处理器可以配置为用于:

[0077] 记录麦克风输出信号,

[0078] 基于记录的麦克风输出信号来确定数字反馈抑制电路的参数,并且

[0079] 通过降低探测信号的信号等级来完成传输。

[0080] 信号处理器还可以配置为用于:

[0081] 监测基于记录的麦克风输出信号计算出的第二质量参数的值,并且

[0082] 当确定的第二质量参数达到第二预定阈值时,终止探测信号向接收器的传输。

[0083] 信号处理器还可以配置为用于估计反馈路径的脉冲响应。

[0084] 数字反馈抑制电路可以形成前馈控制电路。

[0085] 数字反馈抑制电路可以形成反馈控制电路,并且因此提供一种听力设备,包括:

[0086] 麦克风,用于将输入的声音转换为音频信号,

[0087] 数字反馈抑制电路,用于通过模拟听力设备的外部反馈路径来生成反馈补偿信号,

[0088] 减法器,用于从音频信号中减去反馈补偿信号以形成反馈补偿音频信号,

[0089] 信号处理器,连接为用于接收反馈补偿音频信号并配置为用于处理补偿音频信号,

[0090] 接收器,连接至信号处理器的输出端,用于将经处理的信号转换为声音信号,

[0091] 探测信号发生器,用于生成至接收器的探测信号,用于转换为由接收器输出的声学探测信号,并且其中

[0092] 信号处理器还配置为用于:

- [0093] 记录麦克风输出信号,并且
- [0094] 基于记录的麦克风输出信号来确定数字反馈抑制电路的参数,
- [0095] 其特征在于,信号处理器还配置为用于:
- [0096] 提高探测信号的等级,同时
- [0097] 监测基于记录的麦克风输出信号计算出的第一质量参数的值,并且
- [0098] 当确定的第一质量参数达到第一预定阈值时,将探测信号的等级维持为恒定等级。
- [0099] 数字反馈抑制电路可以包括在信号处理器中。
- [0100] 听力设备可以是助听器,例如BTE、RIE、ITE、ITC或CIC等,以及包括双耳助听器的助听器。
- [0101] 听力设备可以是头戴式受话器、头戴式耳机、耳机、护耳器或耳罩等,例如挂耳式、入耳式、贴耳式、头戴式、颈后式、头盔式或头套式等。
- [0102] 例如,新听力设备是包括听力损失处理器的新助听器,该听力损失处理器配置为根据预定信号处理算法来处理音频信号,以生成补偿用户听力损失的听力损失补偿音频信号。
- [0103] 新听力设备中的处理(包括信号处理)可以由专用硬件来执行,或者可以在信号处理器中执行,或者以专用硬件和一个或多个信号处理器的组合来执行。
- [0104] 如本文所使用的,术语“处理器”、“中央处理器”、“消息处理器”、“信号处理器”、“控制器”、“系统”等旨在指代CPU相关实体、硬件、硬件和软件的组合、软件或执行中的软件。
- [0105] 例如,“处理器”、“信号处理器”、“控制器”、“系统”等可以是但不限于处理器上运行的进程、处理器、对象、可执行文件、执行的线程和/或程序。
- [0106] 作为说明,术语“处理器”、“中央处理器”、“消息处理器”、“信号处理器”、“控制器”、“系统”等指定在处理器上运行的应用和硬件处理器两者。一个或多个“处理器”、“中央处理器”、“消息处理器”、“信号处理器”、“控制器”、“系统”等或其任何组合可以存在于执行的进程和/或线程内,并且一个或多个“处理器”、“中央处理器”、“消息处理器”、“信号处理器”、“控制器”、“系统”等或其任何组合可以位于一个硬件处理器中、可能与其他硬件电路组合和/或分布在两个或更多个硬件处理器之间、可能与其他硬件电路组合。

## 附图说明

- [0107] 通过阅读实施例的以下详细描述,其他和进一步的方面和特征将变得显而易见。
- [0108] 附图示出实施例的设计和用途,其中,相同的元件由共同的附图标记表示。这些图不一定按比例绘制。为了更好地理解如何获得上述和其他优点和目的,将给出在附图中示出的实施例的更具体的描述。这些附图仅描绘了典型的实施例,因此不被认为是对其范围的限制。
- [0109] 在附图中:
- [0110] 图1示出具有一个反馈补偿滤波器的典型听力设备系统的框图,
- [0111] 图2示出具有内部和外部反馈补偿滤波器两者的听力设备系统的框图,
- [0112] 图3是现有技术中作为时间的函数的探测信号等级的曲线图,

[0113] 图4示出现有技术中的探测信号以及根据新方法的探测信号的曲线图,以及

[0114] 图5是示出该方法的操作原理的示意性框图。

### 具体实施方式

[0115] 现在将在下文中参考附图更全面地描述根据所附权利要求的新听力设备的各种说明性示例,其中示出新听力设备和方法的各种实施例。然而,根据所附权利要求的新听力设备可以以不同的形式来实施,并且不应被解释为限于本文所阐述的实施例。另外,所示实施例不需要示出所有方面或优点。结合特定实施例描述的方面或优点不一定限于该实施例,并且即使未示出或未明确描述,也可以在任何其他示例中实践。应当注意,为了清楚起见,附图是示意性的和简化的,并且它们仅仅示出对于理解新听力设备所必需的细节,而其余细节已被省略。

[0116] 如本文所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式“一个”、“一种”和“所述”也指代一个或多个。

[0117] 在图1中示出具有反馈补偿滤波器106的典型(现有技术)听力设备100的框图。听力设备100包括用于接收输入声音并将其转换为音频信号的麦克风101。接收器102将来自听力设备处理器103的输出转换为输出声音,例如,在听力设备100是助听器的情況下被修改为用于补偿用户听力受损。因此,听力设备处理器103可以包括例如放大器、压缩器和降噪系统等元件。

[0118] 反馈路径104在接收器102和麦克风101之间被示出为虚线。来自接收器102的声音可以沿反馈路径传播到麦克风101,这可能导致众所周知的反馈问题,例如口哨声。

[0119] 听力设备100(无反馈补偿)的(频率相关)增益响应(或传递函数) $H(\omega)$ 由下式给出:

$$[0120] \quad H(\omega) = \frac{A(\omega)}{1 - F(\omega)A(\omega)} \quad (1)$$

[0121] 这里, $\omega$ 表示(角)频率, $F(\omega)$ 是反馈路径104的增益函数, $A(\omega)$ 是听力设备处理器103提供的增益函数。

[0122] 当反馈补偿滤波器106被使能时,其将补偿信号馈送到减法单元105,由此在听力设备处理器103中进行处理之前从由麦克风101提供的音频信号中减去补偿信号。传递函数现在变为:

$$[0123] \quad H(\omega) = \frac{A(\omega)}{1 - (F(\omega) - F'(\omega))A(\omega)} \quad (2)$$

[0124] 这里, $F'(\omega)$ 是补偿滤波器106的增益函数。因此, $F'(\omega)$ 越好地估计反馈路径的真实增益函数 $F(\omega)$ , $H(\omega)$ 越接近期望的增益函数 $A(\omega)$ 。

[0125] 如前所述,反馈路径104通常是内部和外部反馈路径的组合。

[0126] 图2中示出具有分离的数字反馈抑制电路的听力设备,分别用于补偿听力设备壳体内部的内部机械和声学反馈和用于补偿外部反馈。

[0127] 再次,听力设备200包括麦克风201、接收器202和听力设备处理器203。内部反馈路径204a在接收器202和麦克风201之间被示出为虚线。此外,示出位于接收器202和麦克风

201之间的外部反馈路径204b(也为虚线)。内部反馈路径204a包括接收器202和麦克风201之间的声学连接、机械连接或声学 and 机械连接的组合。外部反馈路径204b是接收器202和麦克风201之间的(主要)声学连接。第一补偿滤波器206适于模拟内部反馈路径204a,第二补偿滤波器207适于模拟外部反馈路径204b。第一206和第二207补偿滤波器将分离的补偿信号馈送到减法单元205,由此在听力设备处理器203中进行处理之前消除沿内部和外部反馈路径204a、204b两者的反馈。

[0128] 内部补偿滤波器206模拟通常为静态或准静态的内部反馈路径204a,这是因为听力设备的内部组件基本不会随着时间改变其关于传输声音和/或振动的属性。因此,内部补偿滤波器206可以是具有从开环增益测量导出的滤波器系数的静态滤波器,其优选地在听力设备的生产期间完成。然而,在一些听力设备中,内部反馈路径204a可以随时间改变,例如,如果接收器没有固定并因此能够在听力设备壳体内移动。在这种情况下,内部补偿滤波器可以优选地包括自适应滤波器,其适应内部反馈路径的变化。

[0129] 外部补偿滤波器207优选为适应外部反馈路径204b中的变化的自适应滤波器。这些改变通常比内部反馈路径204a中的上述可能的改变更频繁,并且因此补偿滤波器207应当比内部补偿滤波器206更快地适应。

[0130] 因为内部反馈路径204a的长度小于外部反馈路径204b的长度,所以当分别测量脉冲响应时,与内部反馈路径204a的脉冲响应相比,延迟外部反馈路径204b的脉冲响应。外部反馈信号的延迟取决于听力设备的大小和形状,但通常不会超过0.25ms(毫秒)。通常,延迟为0.01ms,例如0.02ms,例如0.03ms,例如0.04ms,例如0.05ms,例如0.06ms,例如0.07ms,例如0.08ms,例如0.09ms,例如0.1ms,例如0.11ms,例如0.12ms,例如0.13ms,例如0.14ms,例如0.15ms,例如0.16ms,例如0.17ms,例如0.18ms,例如0.19ms,例如0.2ms,例如0.21ms,例如0.22ms,例如0.23ms,例如0.24ms。

[0131] 内部和外部反馈路径204a、204b的相应脉冲响应也在信号等级上不同,这是因为沿内部反馈路径204a的衰减通常已经达到沿外部反馈路径204b的衰减。因此,外部反馈信号通常会比内部反馈信号更强。

[0132] 总之,内部和外部反馈补偿滤波器206、207至少在以下三点上不同:

[0133] 1. 所需适应频率,

[0134] 2. 时域中脉冲响应的位置,以及

[0135] 3. 脉冲响应的动态范围。

[0136] 因此,由于单个滤波器所需的更高数量的滤波器系数,所以与提供单个自适应滤波器相比,提供两个补偿滤波器206、207节省了处理功率。此外,由于动态范围的差异,所以可以提高精度。

[0137] 更进一步,提供用于内部和外部反馈补偿的分离电路,出于相同的原因而改进新的初始化过程。

[0138] 内部补偿滤波器206优选在听力设备的生产期间被编程。因此,当听力设备已被组装时,估计内部反馈路径的模型。为了获得对内部反馈路径204的良好估计,有必要利用阻断的外部反馈路径来对听力设备进行系统识别。做到这一点的一种方式是将听力设备放置在耦合器(耳朵模拟器)中以向接收器提供合适的声阻抗,即与佩戴者耳朵的阻抗基本相等的阻抗。任何泄漏,例如耳内(ITE)听力设备中的通风口都必须密封,以便消除所有外部反

馈路径。听力设备(和耦合器)还可以放置在消声测试箱中以消除来自周围环境的声音反射和噪声。然后执行系统识别过程,例如开环增益测量,以测量 $F(w)$ ,参见以上等式(1)和(2)。实现这一点的一种方式是在输出端202上重放MLS序列(最大长度序列)并将其记录在输入端201上。根据记录的反馈信号,可以估计内部反馈路径。然后将获得的模型的滤波器系数存储在设备中并在听力设备的操作期间使用。

[0139] 图3是作为时间的函数的现有技术探测信号等级的曲线图,其用于在具有包括前置麦克风和后置麦克风的定向性麦克风系统的助听器中初始化两个单独的数字反馈抑制电路。在安装过程中,助听器连接到PC,并将示出的探测信号传输到助听器的接收器。基于包括对探测信号的响应的麦克风输出信号,估计前置麦克风和后置麦克风的反馈路径的脉冲响应。示出的探测信号例如以对数比例线性地在一秒内从零等级上升到稳态等级,以允许用户适应探测信号。随后,探测信号保持在恒定等级达10秒。通常,恒定等级具有干扰用户的幅度。得到的前置和后置麦克风输出信号被传输到PC,并且计算相应的脉冲响应。然后PC确定相应数字反馈抑制电路的所需参数,例如,自适应数字滤波器的初始滤波器系数,使其能够模拟相应的反馈路径。

[0140] 图4(a)示出与图3所示的现有技术探测信号相比,根据新方法的实施例生成的探测信号的曲线图。

[0141] 根据图3所示的已知方法,并且为了允许用户适应探测信号,探测信号最初从低等级(例如,听不到的等级,如零等级)以对数比例线性地上升(a)一秒,到恒定信号等级(b)。此后,信号等级保持在恒定等级(b)达10秒,在此期间,执行数字反馈抑制电路的初始化,并且随后,探测信号的信号等级再次降低(c),例如,降低到听不到的等级,例如关断。

[0142] 根据示出的新方法的实施例,探测信号还最初从低等级(例如,听不到的等级,如零等级)以对数比例线性地上升(a)一秒,到恒定信号等级(b)。此后,信号等级保持在恒定等级(b)达10秒,在此期间,执行数字反馈抑制电路的初始化;然而,代替降低探测信号等级(c),例如,降低到听不到的等级,例如关断探测信号,当信号等级保持恒定(b)时,探测信号在等于5秒的时间段内以对数比例线性减小(d)到与探测信号的信号等级的70%相等的信号等级。最后,关断探测信号(e)。

[0143] 用户不得不听探测信号的时间段的延长具有令人惊讶的效果,即用户感觉到初始化过程不那么令人讨厌。这被认为是由于上述“峰/终定律”和“对持续时间的忽略”,基于此,如果峰值不变,则延长一段时间的痛苦可以改善其记忆效用,并且与原始结局相比,新的结局令人反感的程度更低。

[0144] 图4(b)示出与EP 2 205 005 A1的图4中所公开的现有技术探测信号相比,根据新方法的实施例生成的探测信号的曲线图。

[0145] 根据EP 2 205 005 A1中公开的已知方法,最初,探测信号从例如听不到的等级(例如,零等级)的低等级以对数比例线性上升(a),同时监测第一质量参数的值。当第一质量参数值达到第一预定阈值时,探测信号在对应信号等级处保持恒定(b),同时监测第二质量参数的值。当第二质量参数值达到第二预定阈值时,数字反馈抑制电路的初始化已被执行到期望的精度,并且探测信号等级再次降低(c),例如,降低到听不到的等级,例如关闭。

[0146] 根据示出的新方法的实施例,探测信号还最初从低等级(例如,听不到的等级,如零等级)以对数比率线性地上升(a),同时监测第一质量参数的值,并且当第一质量参数值

达到第一预定阈值时,探测信号在对应的信号等级处保持恒定(b),同时监测第二质量参数的值,并且当第二质量参数值达到第二预定阈值时,数字反馈抑制电路的初始化已被执行到期望的精度;然而,代替降低探测信号等级(c),例如,降低到听不到的等级,例如关断探测信号,在与探测信号的信号等级保持恒定(b)的时间的50%相等的时间段内,探测信号以对数比例线性减小(d)到与信号等级保持恒定(b)时探测信号的信号等级的70%相等的信号等级。最后,关断探测信号(e)。

[0147] 用户不得不听探测信号的时间段的延长具有令人惊讶的效果,即用户感觉到初始化过程不那么令人讨厌。这被认为是由于上述“峰/终定律”和“对持续时间的忽略”,基于此,如果峰值不变,则延长一段时间的痛苦可以改善其记忆效用,并且与原始结局相比,新的结局令人反感的程度更低。

[0148] 图5示意性地示出具有根据新方法初始化的数字反馈抑制电路的助听器。探测信号是在MLS信号发生器中生成的最大长度序列(MLS)信号,并且输出到具有受控增益的放大器(Ramp Scale),该受控增益被控制为时间的函数,如图4(a)和图4(b)所示。反馈信号由麦克风接收并被数字化,并且一组信号样本在帧累加器中累加。在示出的示例中,数据块被传送到PC以进行处理,从而提取脉冲响应。PC执行探测信号与接收到的信号的互相关以确定脉冲响应。替代地,脉冲响应可以由助听器本身的信号处理器来计算。然后在示出的示例中由PC评估脉冲响应的质量,但是替代地,由助听器的信号处理器来评估。计算第一质量参数值并将其与第一阈值进行比较。如果第一质量参数值未达到第一阈值,则探测信号等级增加,否则信号等级保持在恒定等级并且进入稳态测量阶段。计算第二质量参数值并将其与第二阈值进行比较。如果第二质量参数值未达到第二阈值,则收集新的数据块并计算新的第二质量参数值,否则终止初始化序列,并且在示出的助听器中,PC计算数字反馈抑制电路的对应参数值并将这些值传送到助听器。

[0149] 施加探测信号的最大可允许信号等级和持续时间,其等同于根据常规初始化处理已经达到的标准初始化信号等级和持续时间。

[0150] 基于反馈路径的脉冲响应的质量参数可以为

[0151] • 脉冲响应的头部和尾部的峰-峰比(PPR)

[0152] • 脉冲响应的头部和尾部的噪声比(NNR)

[0153] • 脉冲响应的峰值信号噪声比(PSNR)

[0154] 脉冲响应可以由助听器的数字信号处理器来提取。脉冲响应可以通过将MLS序列与接收到的响应进行互相关来获得。尽管DSP以基于块的方式操作,但是提取脉冲响应是计算密集型过程,并且互相关不能在一个块内完成。脉冲响应提取必须分布在很多块上。

[0155] PPR被定义为脉冲响应的头部中的峰值幅度和尾部中的峰值的比率,用dB表示。在这种应用中,头部和尾部分别被定义为脉冲响应的前一半和后一半。

[0156] NNR被定义为脉冲响应的头部中的噪声等级和尾部中的噪声等级的比率,用dB表示。在这种应用中,头部和尾部分别被定义为脉冲响应的前一半和后一半。噪声等级使用RMS值来计算。在没有DC去除滤波器的应用中,可以使用方差来获得相似的结果。

[0157] PSNR被定义为信号峰值与均方根(RMS)噪声的比率,用dB表示。在本应用中,它被估计为提取到的脉冲响应的峰值幅度与最后64个响应样本的RMS值的比率。

[0158] 在示出的示例中,当PPR和NNR两者都超过特定阈值时,新的初始化过程终止。PSNR

也可能构成稳健可靠的质量测量。

[0159] 虽然已经示出和描述了具体实施例,但是应当理解,它们并不旨在限制所要求保护的发明,并且对于本领域技术人员显而易见的是,可以在不脱离所要求保护的发明的精神和范围的情况下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不是限制性的。所要求保护的发明旨在涵盖所有替代方案、修改和等同物。

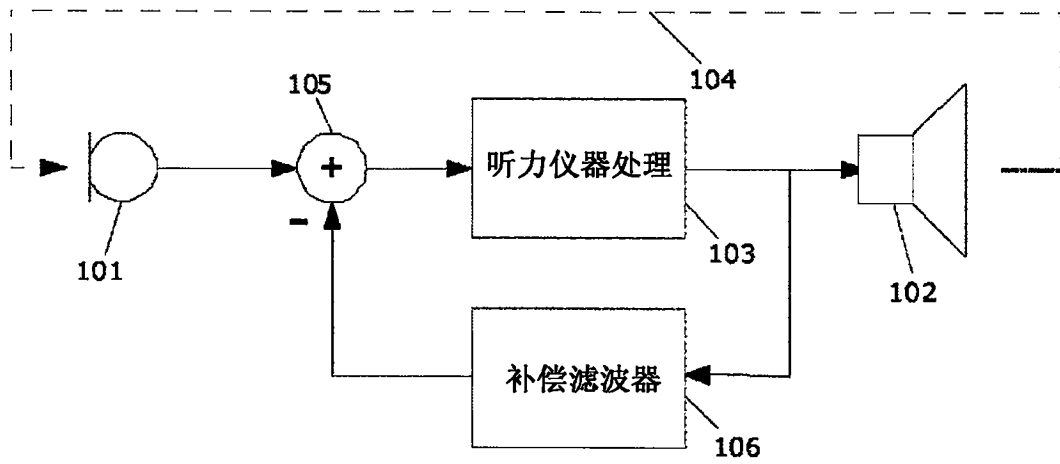


图1

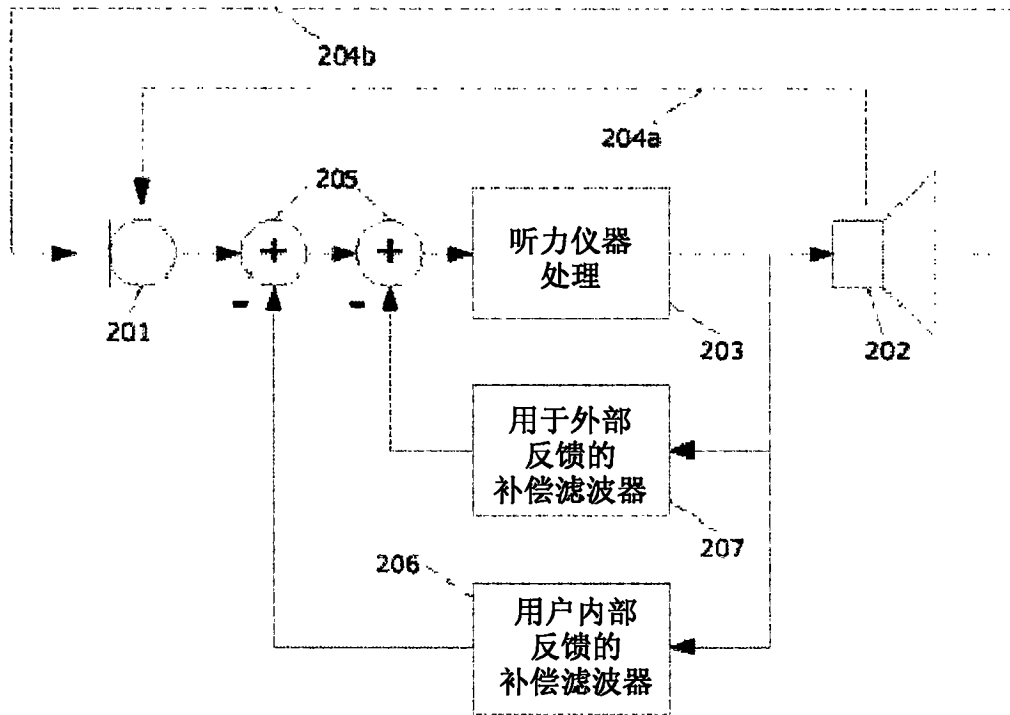
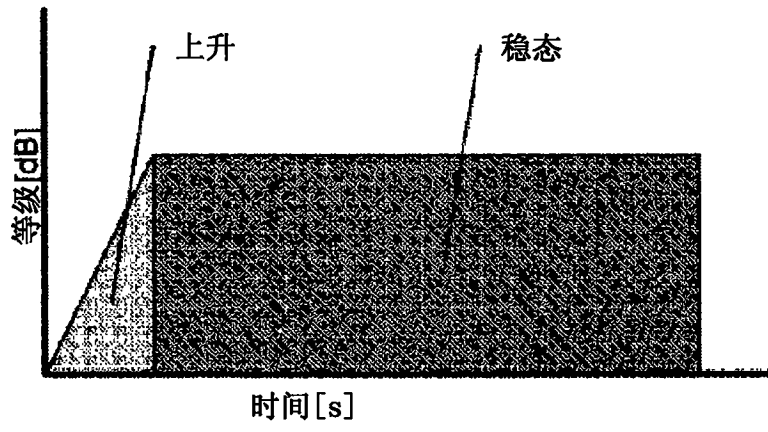


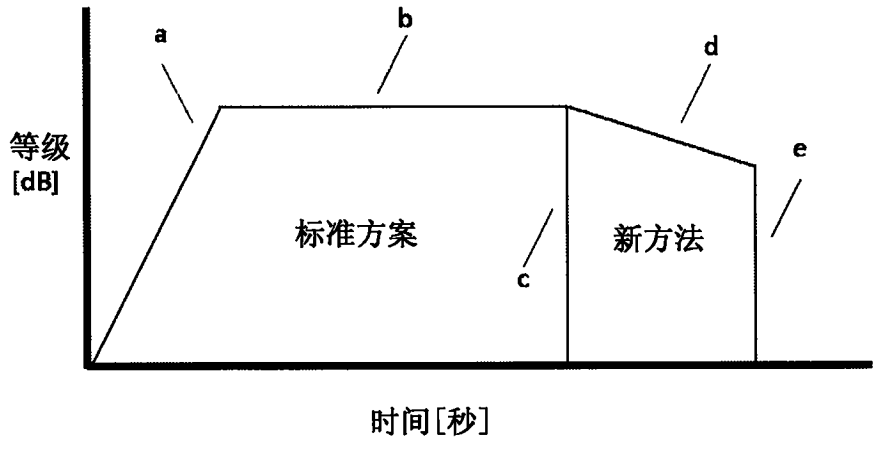
图2



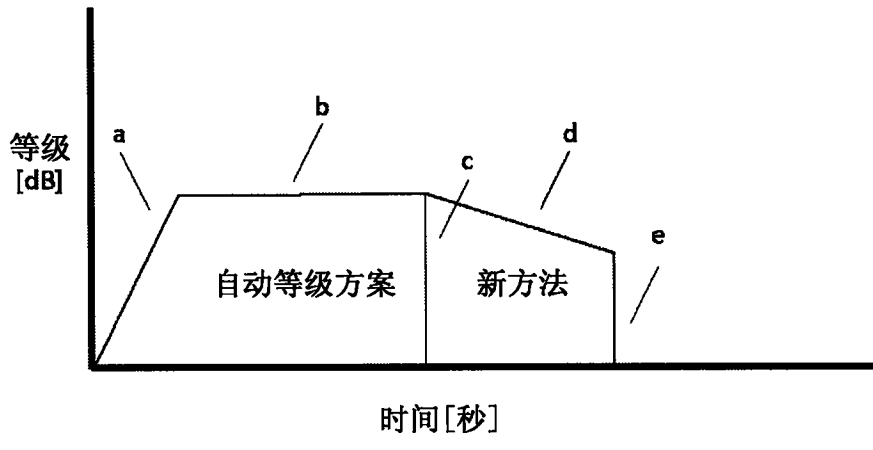


(现有技术)

图3



(a)



(b)

图4

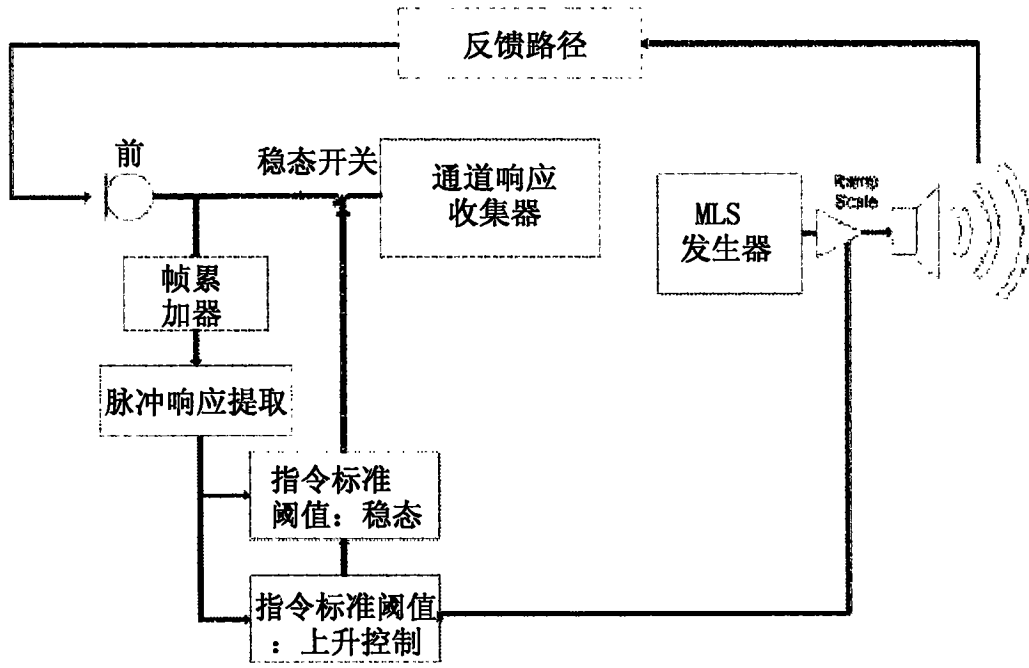


图5