

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2016 年 7 月 7 日 (07.07.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/107207 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04R 3/04 (2006.01) H04R 1/10 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/089250
- (22) 国际申请日: 2015 年 9 月 9 日 (09.09.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410854872.4 2014 年 12 月 31 日 (31.12.2014) CN
- (71) 申请人: 歌尔声学股份有限公司 (GOERTEK INC)
[CN/CN]; 中国山东省潍坊市高新技术产业开发区
东方路 268 号, Shandong 261031 (CN)。
- (72) 发明人: 刘崧 (LIU, Song); 中国山东省潍坊市高新
技术产业开发区东方路 268 号, Shandong 261031
(CN)。 王林章 (WANG, Linzhang); 中国山东省潍
坊市高新技术产业开发区东方路 268 号, Shandong
261031 (CN)。 李波 (LI, Bo); 中国山东省潍坊市高
新技术产业开发区东方路 268 号, Shandong 261031
(CN)。
- (74) 代理人: 北京市隆安律师事务所 (BEIJING
LONGAN LAW FIRM); 中国北京市朝阳区建国门

外大街 21 号北京国际俱乐部 188 室, Beijing 100020
(CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保
护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS,
JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保
护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA,
RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ,
BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第 21 条(3))。

(54) Title: HEADPHONE AUDIO EFFECT COMPENSATION METHOD AND DEVICE, AND HEADPHONE

(54) 发明名称: 一种耳机音效补偿方法、装置及耳机

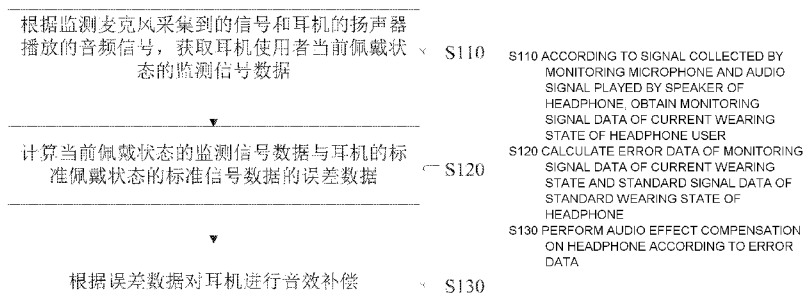


图 1 / FIG 1

(57) Abstract: Disclosed are a headphone audio effect compensation method and device, and a headphone. The method comprises: according to a signal collected by a monitoring microphone and an audio signal played by a speaker of a headphone, obtaining monitoring signal data of a current wearing state of a headphone user; calculating error data of the monitoring signal data of the current wearing state and standard signal data of a standard wearing state of the headphone; performing audio effect compensation on the headphone according to the error data. The present technical solution uses adaptive digital signal processing means, dynamically compensates an audio effect in different headphone wearing modes, and enables the headphone user to obtain a headphone standard wearing state listening effect.

(57) 摘要: 本发明公开了一种耳机音效补偿方法、装置及耳机, 本发明的方法包括: 根据监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的音频信号, 获取耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据; 计算当前佩戴状态的监测信号数据与耳机的标准佩戴状态的标准信号数据的误差数据; 根据误差数据对耳机进行音效补偿。本发明的技术方案采用自适应数字信号处理的方式, 可动态地补偿不同耳机佩戴方式下的音效, 能够使耳机使用者获得耳机标准佩戴状态下的听音效果。



WO 2016/107207 A1

一种耳机音效补偿方法、装置及耳机

技术领域

本发明涉及耳机技术领域，特别涉及一种耳机音效补偿方法、装置及耳机。

发明背景

耳机在人们的寻常生活和工作中已经得到了广泛应用，与传统的使用高保真音响的听音方式相比较，耳机因为其体积小，携带方便，听音方式不需要固定场合，而且，随着微型扬声器技术的进步，很多优秀的耳机也做到很宽、很平的频响曲线，从而保证了高保真的音乐欣赏，所以，也受到越来越多消费者的青睐，但是，很多厂商都非常关注耳机本身的质量，而忽视了使用者对耳机的佩戴状态也会影响到耳机本应带来的听音效果。

由于人耳形状不一样，人佩戴耳机的松紧和佩戴方式的不同等因素，耳机的使用者往往获取不到耳机所标称的听音效果。实验证明，不正确的佩戴方式会对听音时的低频，中高频以及混响等都会产生负面的影响。目前耳机中鲜有对耳机佩戴耦合情况进行音效补偿的产品，而且进行音效检测方法也多采用声学的检测方法，这种声学检测的方法计算比较麻烦，受外界干扰影响大，容易出现误判的情况。

发明内容

有鉴于此，本发明的主要目的在于提供了一种耳机音效补偿方法、装置及耳机，能够排除外界环境的干扰，动态地补偿不同耳机佩戴方式下的音效，使耳机使用者获得耳机标准佩戴状态下的听音效果。

为达到上述目的，本发明的技术方案是这样实现的：

一方面，本发明实施例提供了一种耳机音效补偿方法，在耳机和人耳的耦合腔内设置监测麦克风；所述方法包括：

根据监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的音频信号，获取耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据；

计算当前佩戴状态的监测信号数据与耳机的标准佩戴状态的标准信号数据的误差数据；

根据误差数据对耳机进行音效补偿。

另一方面，本发明实施例还提供了一种耳机音效补偿装置。该装置包括：

监测数据获取单元，用于根据设置在耳机和人耳的耦合腔内的监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的音频信号，获取耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据；

误差数据计算单元，用于计算当前佩戴状态的监测信号数据与耳机的标准佩戴状态的标准信号数据的误差数据；

音效补偿单元，用于根据所述误差数据对耳机进行音效补偿。

又一方面，本发明实施例提供了一种耳机，包括上述实施例提供的耳机音效补偿装置，在该耳机和人耳的耦合腔内设置有监测麦克风。

与现有技术相比，本发明的有益效果是：

本发明实施例的技术方案，通过监测耦合腔中麦克风和耳机扬声器的信号能够实时获取到使用者的当前耳机佩戴状态，通过佩戴状态之间的误差数据，能够针对不同的耳机佩戴状态进行动态的音效补偿，从而实现了一种新型的耳机音效补偿方案，使耳机使用者达到最佳的听音效果。并且，由于本发明实施例采用了自适应数字信号处理的方法，实现方式简单，抗干扰能力强。

附图简要说明

附图用来提供对本发明的进一步理解，并且构成说明书的一部分，与本发明实施例一起用于解释本发明，并不构成对本发明的限制。在附图中：

图1为本发明实施例提供的一种耳机音效补偿方法的流程图；

图2为本发明实施例提供的一种具有音效补偿性能的耳机示意图；

图3为本发明实施例的耳机音效补偿方法的工作原理图；

图 4 为本发明实施例的频响曲线匹配示意图；

图 5 为本发明实施例的另一种耳机音效补偿方法的流程图；

图 6 为本发明实施例的一种耳机音效补偿装置的结构示意图；

图 7 为本发明实施例提供的另一种耳机音效补偿装置的结构示意图。

具体实施方式

本发明的主要技术构思在于：将耳机耦合智能检测和音效补偿相结合，针对使用者对耳机的不同佩戴状态，智能剔除外界环境的干扰，实时检测跟踪耳机佩戴的耦合情况，并根据耦合情况的不同，采用动态的音效补偿方法，从而使耳机使用者达到最佳的听音效果。

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

本发明采用的是自适应数字信号处理的方法，实现方式简单，不易受到外界干扰。在耳机和人耳的耦合腔里面设置监测麦克风，耦合腔发生变化，监测麦克风采集的信号也会发生变化，通过实时监控麦克风采集的信号能够获知到耳机佩戴耦合情况。

耳机播放信号时，这个信号通过耳机的扬声器被播放出来，在耦合腔里面经过声传播最终被内置的监测麦克风采集到。发明人从数字信号处理的角度得出，播放出的信号卷积一个滤波器就能得到采集到的信号。而当耦合腔发生变化，即耳机佩戴耦合方式发生变化时，这个滤波器也会发生相应的变化。因此求得这个滤波器的函数就能反推求得耳机的佩戴状态。而要播放的信号和从耦合腔里面采集到的信号具有很强的相关性，所以可以采用数字信号的自适应方式来求解滤波器。

一方面，本发明实施例提供了一种耳机音效补偿方法。图 1 示出了本发明实施例的一种耳机音效补偿方法的流程图。如图 1 所示，该方法包括：

步骤 S110，根据监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的音频信号，获取耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据。

具体地，在当前佩戴状态下，根据监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的音频信号的互相关函数，计算耦合腔的声学路径对应的当前滤波器函数，根据当前滤波器函数得到耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据。

更具体地，在当前佩戴状态下，在预定时间内采用自适应滤波的方式计算各时刻的当前滤波器函数；设置数据窗口，根据数据窗口对各时刻的当前滤波器函数进行采样；当连续预定个数的采样出的当前滤波器函数的平均方差不超过稳态阈值时，确定计算出的各时刻的当前滤波器函数达到稳定状态；之后将达到稳定状态的任一当前滤波器函数或各时刻的当前滤波器函数的均值作为监测信号数据。

步骤 S120，计算当前佩戴状态的监测信号数据与耳机的标准佩戴状态的标准信号数据的误差数据。

为得到佩戴状态的误差数据，需要事先获取到耳机的标准佩戴状态的标准信号数据。其中，获取耳机的标准佩戴状态的标准信号数据包括：

在标准佩戴状态下，根据监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的 M 序列信号的互相关函数，计算耦合腔的声学路径对应的标准滤波器函数，根据标准滤波器函数得到标准信号数据。

该步骤 S120 具体包括：计算当前滤波器函数的当前滤波器频域函数，以及计算标准滤波器函数的标准滤波器频域函数；根据音效将频率划分为预定个数的频带；在每个频带上，计算当前滤波器频域函数和标准滤波器频域函数的幅度差的均值，或者，计算当前滤波器频域函数和标准滤波器频域函数的频响曲线围成的面积值；将所述幅度差的均值或者频响曲线围成的面积值作为耳机音效补偿所使用的误差数据。

步骤 S130，根据误差数据对耳机进行音效补偿。

该步骤 S130 具体包括：预先设定第一阈值和第二阈值，且第二阈值小于第一阈值；对于根据音效划分的每一个频带，分别做如下处理：

根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值处于衰减状态，且衰减值超过第一阈值时，对扬声器播放的音频信号同时采

用均衡器 EQ(Equalizer)音效补偿和动态范围控制 DRC(Dynamic Range Control)音效补偿;

根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值处于衰减状态,且衰减值小于第一阈值但是大于第二阈值时,对扬声器播放的音频信号只采用均衡器 EQ 音效补偿;

根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值处于增强状态,且增强值大于第二阈值时,对扬声器播放的音频信号只采用均衡器 EQ 音效补偿;

根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值变化小于第二阈值,对扬声器播放的音频信号不做音效补偿。

本发明实施例的耳机音效补偿方法,采用的是自适应数字信号处理的方式,通过监测麦克风获知耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据,计算该监测信号数据与耳机的标准佩戴状态的标准信号数据之间的误差数据,并根据该误差数据对耳机进行音效补偿,能够排除外界环境的干扰,对耳机使用者的当前佩戴状态进行实时监测和动态补偿,从而使耳机使用者达到最佳的听音效果。

如图 2 是本发明实施例提供的一种具有音效补偿性能的耳机示意图。扬声器 21 发出的声音由信号处理电路板 22 控制,同时,耦合腔 23 里面的监测麦克风 24 采集到的数据也会反馈给信号处理电路板 22 进行运算,信号处理电路板 22 会对信号进行自适应滤波处理。因为自适应滤波对外界噪声敏感,所以可以利用自适应滤波器的收敛稳定性来判断是否存在外界干扰,以及判断滤波结果的可信度高低。计算出从扬声器到监测麦克风的等效滤波器函数,并将滤波器函数转换到频域,求取滤波的频域响应,然后与标准佩戴时的滤波函数频响进行比较得到误差数据,再根据误差所在频域进行音效补偿,最终使得监测麦克风采集到的信号接近标准佩戴时采集到的信号,使耳机使用者达到或者接近标准佩戴的听音效果。

图 3 示出了本发明实施例的耳机音效补偿方法的工作原理图。如图 3 所示,耳机音效补偿过程依次包括以下三个环节:

S310, 信号采集环节, 包括采集扬声器声音信号 $x(t)$ 和采集监测麦克风的信号 $d(t)$, t 表示采样时刻, 并将模拟信号进行抽样分别得到数字信号 $x(i)$ 和 $d(i)$ 输入到自适应滤波器。

S320, 自适应滤波环节, 对输入的数字信号 $x(i)$ 和 $d(i)$ 进行自适应滤波, 输出自适应滤波器函数, 并在自适应滤波器函数达到稳态时, 求取耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据, 该监测信号数据即为当前滤波器函数。当滤波器函数处于变化期间, 没有达到稳态时, 停止对耳机音效补偿的更新, 保持以前的音效补偿。

S330, 音效补偿环节, 即根据当前滤波器函数 (自适应滤波器函数达到稳态时当前佩戴状态的监测信号数据) 与标准滤波器函数 (耳机的标准佩戴状态的标准信号数据) 的误差数据, 对扬声器的输出信号进行音效补偿, 使耳机使用者达到或者接近标准佩戴的听音效果。

下面对图 3 示出的耳机音效补偿方法的工作原理做具体说明。

耳机扬声器里面播放的声音信号为 $x(t)$, 外界噪声为 $n(t)$, 耦合腔内监测麦克风采集到的信号为 $d(t)$, 从扬声器到监测麦克风的传播路径用滤波器 $h(t)$ 来描述, 由此得到下面的表达式:

$$d(t) = x(t) * h(t) + n(t)$$

$h(t)$ 是一个能反映耳机和人耳耦合的参量。根据自适应滤波器理论, 使用 $\hat{h}(t)$ 对真实的 $h(t)$ 进行逼近, 并设置逼近原则为误差的信号均方值统计最小。将模拟信号进行抽样得到数字信号, 用 $\xi(i)$ 表示。其中用 i 表示对 t 的抽样, 即:

$$\xi(i) = E[(d(i) - x(i) * \hat{h}(i))^2] = \min$$

由此可以求出自适应滤波器函数。上式也可以看出如果外界噪声 $n(i) = 0$, 则 $\hat{h}(i)$ 则会无限逼近 $h(i)$, 当外界噪声发生变化的时候 $n(i) \neq 0$, $\hat{h}(i)$ 就会发生变化, 根据 $\hat{h}(i)$ 的变化来识别出外界噪声干扰, 据此可以避免外界噪声对判断的影响。

求解出 $\hat{h}(i)$ 后, 与耳机标准佩戴下的滤波器函数 $\hat{h}_{std}(i)$ 进行比较, 从而得到需要的误差数据。

需要说明的是, 因为每一个产品不一样, 以及耦合腔的麦克风安装的位置不一样, 所以标准佩戴下滤波器函数是不一样的。对于一个新的产品, 都需要对其标准佩戴下的滤波器函数进行求解。为了保证求解精度, 可以要求在听音实验室以标准的方法佩戴耳机, 检测在标准佩戴状态下, 耦合腔的声学路径对应的归一化的滤波器函数。具体检测方法如下:

假设扬声器输入一个功率为 1 的白噪声系列 $u(i)$, 监测麦克风进行采集, 采集到的输出信号为 $y(i)$, 计算输入和输出的互相关, 有:

$$r_{uy}(m) = E\{u(i)y(i+m)\} = r_u(m) * h(m)$$

其中, $r_u(m)$ 是输入的自相关函数, 因为输入是功率为 1 的白噪声, 所以有 $r_u(m) = \delta(m)$ 为冲击函数。即:

$$r_{uy}(m) = h(m)$$

上式表明, 求解输入和输出的互相关函数 $r_{uy}(m)$ 就求到了系统的滤波器的函数。进一步为了保证计算的有效性和精度, 可以采用 M 序列输入代替白噪声, 这样就可以求出标准佩戴下的滤波器函数, 记为 $\hat{h}_{std}(m)$ 。当然使用这种方法, 还可以求取各种不同佩戴状态下的滤波器函数。

求得 $\hat{h}_{std}(m)$ 后, 根据上面描述的均方误差统计最小原则, 对 $\hat{h}(i)$ 求导, 可得梯度函数为:

$$\nabla = 2R\hat{h} - 2p$$

其中 ∇ 为梯度, R 为扬声器信号 $x(i)$ 的自相关矩阵, P 为麦克风输入 $d(i)$ 和扬声器输入 $x(i)$ 的互相关矩阵。再根据梯度的统计平均值得到滤波器函数的递推关系如下:

$$\hat{h}(m+1) = \hat{h}(m) + 2\mu e(m)x(m)$$

当设定误差范围后, 当前佩戴状态的滤波器函数 $\hat{h}(m)$ 最终会达到稳定的值, 但是当外界出现噪声的时候, 或者当人为移动耳机的时候, 都会造成 $\hat{h}(m)$ 发生变化, 在 $\hat{h}(m)$ 发生变化的期间, 需要停止对耳机音效的补偿。也就是说, 此时

需要保持以前的音效补偿,直到 $\hat{h}(m)$ 再次达到稳定状态,才重新计算当前滤波器和标准滤波器的误差,重新进行音效补偿。这种处理方式,避免音效调节过于频繁造成的过重的数据处理负担,且过于频繁的调节也不能带来较好的听觉感受,从而保证在人耳可感知的范围内,对音效进行合理调整,符合人耳的听觉特性。

因为采用的是时域的自适应滤波器,它会逐个采样点更新滤波器函数,考虑到滤波器函数的输出更新并不需要这么迅速。所以,本发明实施例设定一个数据窗口,一般取这个窗口N为128或者256点,即数据的更新是每采样N点更新一次。也就是说,每N点就能取得一个 $\hat{h}(m)$ 的向量。

假设 $\hat{h}(m)$ 向量为L阶(由计算精度决定,一般取L=64或者128)。这里,判断稳定性的标准采用的是距离当前处理时刻最近的M(M一般取10~100)个采样点的 $\hat{h}(m)$ 值的平均方差值,当最近的M个 $\hat{h}(m)$ 的平均方差不超过一定稳态阈值,就认为当前 $\hat{h}(m)$ 是稳定值,否则就认为 $\hat{h}(m)$ 不稳定。最后对稳定状态的 $\hat{h}(m)$ 进行归一化处理。

从而根据监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的音频信号,进行自适应滤波获取到稳态归一化的滤波器函数 $\hat{h}(m)$ 。由于达到稳定状态时的不同时刻的当前处理的滤波器差异较小,则可以将达到稳定状态的任一当前滤波器函数作为耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据,或者,为了进一步减小误差,保证精度,对当前处理的各时刻的当前滤波器函数求取平均值,将求得的均值作为耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据。

求得标准佩戴状态的滤波器函数 $\hat{h}_{std}(m)$ 和当前佩戴状态的滤波器函数 $\hat{h}(m)$ 后,下一步需要做的是比较 $\hat{h}(m)$ 和 $\hat{h}_{std}(m)$ 之间的差别有多大,差别在哪些地方,为了准确的将这种差别对应到人耳的听音效果,采用将 $\hat{h}(m)$ 和 $\hat{h}_{std}(m)$ 转换到频域进行比较。具体方式如下:

将 $\hat{h}(m)$ 和 $\hat{h}_{std}(m)$,通过FFT(快速傅里叶变换)转换到频域,分别得到当前

滤波器频域函数 $\hat{H}(j\omega)$ 和标准滤波器频域函数 $\hat{H}_{std}(j\omega)$ ；根据系统音效，将 $\hat{H}(j\omega)$ 和 $\hat{H}_{std}(j\omega)$ 的频响曲线划分到相应的频带上（例如划分为十个频带）；计算每一个频带上 $\hat{H}(j\omega)$ 和 $\hat{H}_{std}(j\omega)$ 的频响曲线的差别，从而求取误差数据的各个频点和幅值误差大小。

图 4 示出了本发明实施例的频响曲线匹配示意图。该频响曲线为信号的频率-幅度的曲线。图 4 中包括标准滤波器频响曲线和当前滤波器频响曲线，事先根据系统音效将整个频响曲线划分成若干个频带，在每个频带上（例如频带 X），计算当前滤波器 $\hat{H}(j\omega)$ 和标准滤波器 $\hat{H}_{std}(j\omega)$ 的频响曲线的幅度差的均值，具体计算方式可以是，在该频带内逐频点计算这两个频响曲线的幅度的差值（两个频响曲线幅度值相减，差值可为正值、负值或 0 值），对该频带的所有频点的幅度的差值求平均得到幅度差的均值。或者，计算 $\hat{H}(j\omega)$ 和 $\hat{H}_{std}(j\omega)$ 的频响曲线围成的面积值（矢量），具体计算方式可以是，分别计算当前滤波器频响曲线在该频带内围成的面积和计算标准滤波器频响曲线在该频带内围成的面积，将两个面积相减得到两个频响曲线围成的面积值（该面积值可为正值、负值或 0 值）。将计算得到的幅度差的均值或者频响曲线围成的面积值作为耳机音效补偿所使用的误差数据。

得到每个频带的误差数据后，就可以设计均衡补偿和动态范围控制补偿，根据误差数据对耳机进行音效补偿。具体是对误差数据采用音效算法进行补偿，本发明实施例采用如下两种方式进行音效的补偿：一是均衡器补偿（EQ），二是动态范围控制进行补偿（DRC，Dynamic Range Control）。这两种方式都是分频带进行的。

比如，音效补偿能力有十个频带，预先设定阈值 A 和阈值 B，且阈值 B 小于阈值 A，那么对于每一个频带，都分别做如下处理：

- 1、当本频带的当前滤波器的值比标准滤波器的值处于衰减状态，即当前滤波器频域函数和标准滤波器频域函数的频响曲线的幅度差的均值处于递减状态

或者两者频响曲线围成的面积值处于递减状态,且两频响曲线幅度差的均值的递减值或者两频响曲线围成的面积值的递减值超过阈值 A,则对扬声器播放的音频信号采用 EQ 和 DRC 同时补偿。

2、当本频带的当前滤波器的值比标准滤波器的值处于衰减状态,即当前滤波器频域函数和标准滤波器频域函数的频响曲线的幅度差的均值处于递减状态或者两者频响曲线围成的面积值递减状态,且两频响曲线幅度差的均值的递减值或者两频响曲线围成的面积值的递减值小于阈值 A 但是大于阈值 B,则对扬声器播放的音频信号只采用 EQ 进行补偿。

3、当本频带的当前滤波器的值比标准滤波器的值处于增强状态,即当前滤波器频域函数和标准滤波器频域函数的频响曲线的幅度差的均值处于递增状态或者两者频响曲线围成的面积值处于递增状态,且两频响曲线幅度差的均值的递增值或者两频响曲线围成的面积值的递增值大于阈值 B,则对扬声器播放的音频信号只采用 EQ 进行补偿。需要说明的是,在耳机实际佩戴使用中很少发生增强的状态,即使发生其增强值也不会特别大。

4、当本频带的当前滤波器的值比标准滤波器的值变化小于阈值 B,即当前滤波器频域函数和标准滤波器频域函数的频响曲线的幅度差的均值的变化值或者两者频响曲线围成的面积值的变化值小于阈值 B,不做任何处理,即对扬声器播放的音频信号不做音效补偿。

综上,本发明实施例提供了一种新的自适应音效补偿的方法,能排除外界环境的干扰,对耳机佩戴情况进行实时检测,并根据佩戴设计不同的音效进行动态补偿,从而使耳机使用者达到最佳的听音效果。

图 5 示出了本发明实施例的另一种耳机音效补偿方法的流程图。图 5 是图 2 所示的耳机音效补偿方法的一种替代方案。如图 5 所示,该方法包括:

步骤 S510, 获取并存储耳机不同佩戴状态下的佩戴信号数据及音效补偿数据。

具体地,可以采用与求取标准佩戴下的滤波器函数 $\hat{H}_{std}(m)$ 相同的方式,在

听音实验室里向扬声器输入 M 序列, 求取出各种不同佩戴状态下的滤波器函数 $\hat{h}_1(m)$, $\hat{h}_2(m)$, $\hat{h}_3(m)$... $\hat{h}_r(m)$ 。

对应各种不同佩戴状态下的滤波器函数, 可以根据音效师预先的听音效果反馈信息, 获取相应的音效补偿数据, 并预先存储滤波器函数和音效补偿数据的对应关系。

步骤 S520, 将当前佩戴状态的监测信号数据与不同佩戴状态下的佩戴信号数据进行匹配, 获取到对应的音效补偿数据。

具体匹配方式可以是, 将当前滤波器函数与预先获取的各种不同佩戴状态下的滤波器函数 $\hat{h}_1(m)$, $\hat{h}_2(m)$, $\hat{h}_3(m)$... $\hat{h}_r(m)$ 进行比较, 取最接近的滤波器函数对应的音效补偿数据。

步骤 S530, 根据获取到的音效补偿数据对耳机进行音效补偿。

采用图 5 的耳机音效补偿方法可以使音效补偿效果快速达到或者接近耳机标准佩戴的听音效果。

另一方面, 本发明实施例还提供了一种耳机音效补偿装置。图 6 示出了本发明实施例的一种耳机音效补偿装置的结构示意图。如图 6 所示, 该装置包括: 监测数据获取单元 61、误差数据计算单元 62 和音效补偿单元 63。

监测数据获取单元 61, 用于根据设置在耳机和人耳的耦合腔内的监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的音频信号, 获取耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据。

误差数据计算单元 62, 用于计算当前佩戴状态的监测信号数据与耳机的标准佩戴状态的标准信号数据的误差数据。

音效补偿单元 63, 用于根据误差数据对耳机进行音效补偿。

在图 6 所示实施例的基础上, 监测数据获取单元 61 进一步包括: 滤波器函数计算模块 611, 自适应滤波模块 612、采样模块 613、稳态确定模块 614 和监测数据确定模块 615, 误差数据计算单元 62 进一步包括: 频域函数计算模块 621、

频带划分模块 622 和误差数据计算模块 623, 音效补偿单元 63 进一步包括: 阈值及频段设定模块 631、第一补偿模块 632、第二补偿模块 633、第三补偿模块 634 和音效保持模块 635。

具体地, 如图 7 所示, 图 7 为本发明实施例提供的另一种耳机音效补偿装置的结构示意图。

上述监测数据获取单元 61 中,

滤波器函数计算模块 611, 用于根据监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的音频信号的互相关函数, 计算耦合腔的声学路径对应的当前滤波器函数;

自适应滤波模块 612, 用于在当前佩戴状态下, 在预定时间内采用自适应滤波的方式计算各时刻的当前滤波器函数;

采样模块 613, 用于设置数据窗口, 根据所述数据窗口对所述各时刻的当前滤波器函数进行采样;

稳态确定模块 614, 用于当连续预定个数的采样出的当前滤波器函数的平均方差不超过稳态阈值时, 确定计算出的各时刻的当前滤波器函数达到稳定状态;

监测数据确定模块 615, 用于将达到稳定状态的任一当前滤波器函数或各时刻的当前滤波器函数的均值作为所述监测信号数据。

上述误差数据计算单元 62 中,

频域函数计算模块 621, 用于计算当前滤波器函数的当前滤波器频域函数, 以及计算标准滤波器函数的标准滤波器频域函数;

频带划分模块 622, 用于根据音效将频率划分为预定个数的频带;

误差数据计算模块 623, 用于在每个频带上, 计算当前滤波器频域函数和标准滤波器频域函数的频响曲线的幅度差的均值, 或者, 计算当前滤波器频域函数和标准滤波器频域函数的频响曲线围成的面积值; 将幅度差的均值或者频响曲线围成的面积值作为耳机音效补偿所使用的误差数据。

上述音效补偿单元 63 中,

阈值及频段设定模块 631, 用于预先设定第一阈值和第二阈值, 且第二阈值

小于第一阈值；对于根据音效划分的每一个频带分别进行音效补偿；

第一补偿模块 632，用于根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值处于衰减状态，且衰减值超过第一阈值时，对扬声器播放的音频信号同时采用均衡器 EQ 音效补偿和动态范围控制 DRC 音效补偿；

第二补偿模块 633，用于根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值处于衰减状态，且衰减值小于第一阈值但是大于第二阈值时，对扬声器播放的音频信号只采用均衡器 EQ 音效补偿；

第三补偿模块 634，用于根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值处于增强状态，且增强值大于第二阈值时，对扬声器播放的音频信号只采用均衡器 EQ 音效补偿；

音效保持模块 635，用于根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值变化小于第二阈值，对扬声器播放的音频信号不做音效补偿。

本发明实施例的耳机音效补偿装置，采用的是自适应数字信号处理的方式，通过监测数据获取单元监测麦克风获知耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据，误差数据计算单元计算该监测信号数据与耳机的标准佩戴状态的标准信号数据之间的误差数据，从而使音效补偿单元根据该误差数据对耳机进行音效补偿，能够排除外界环境的干扰，对耳机使用者的当前佩戴状态进行实时监测和动态补偿，从而使耳机使用者达到最佳的听音效果。

一优选实施例，本发明的耳机音效补偿装置还包括：佩戴数据获取单元，用于获取并存储耳机不同佩戴状态下的佩戴信号数据及音效补偿数据；

这时，误差数据计算单元 62，还用于将当前佩戴状态的监测信号数据与不同佩戴状态下的佩戴信号数据进行匹配，获取到对应的音效补偿数据；相应的，音效补偿单元 63，还用于根据获取到的音效补偿数据对耳机进行音效补偿。

本优选实施例的技术方案可以使音效补偿效果快速达到或者接近耳机标准佩戴的听音效果。本发明装置实施例中各单元的具体工作方式可以参见本发明的方法实施例，在此不再赘述。

又一方面，本发明实施例还提供了一种耳机，该耳机包括上述技术方案提供的耳机音效补偿装置，在该耳机和人耳的耦合腔内设置有监测麦克风。在此不再展开赘述。

综上所述，本发明实施例公开的一种耳机音效补偿方法、装置及耳机，采用自适应数字信号处理的方式，在耳机和人耳的耦合腔里面设置监测麦克风，通过监测麦克风获知耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据，计算该监测信号数据与耳机的标准佩戴状态的标准信号数据之间的误差数据，并根据该误差数据对耳机进行音效补偿，能够排除外界环境的干扰，对耳机使用者的当前佩戴状态进行实时监测和动态补偿，从而使耳机使用者达到或者接近最佳的听音效果。

以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换、改进等，均包含在本发明的保护范围内。

权利要求

1、一种耳机音效补偿方法，其特征在于，在耳机和人耳的耦合腔内设置监测麦克风；所述方法包括：

根据监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的音频信号，获取耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据；

计算当前佩戴状态的监测信号数据与耳机的标准佩戴状态的标准信号数据的误差数据；

根据误差数据对耳机进行音效补偿。

2、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述根据监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的音频信号，获取耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据包括：

在当前佩戴状态下，根据监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的音频信号的互相关函数，计算耦合腔的声学路径对应的当前滤波器函数，根据当前滤波器函数得到耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据；

其中，获取耳机的标准佩戴状态的标准信号数据包括：

在标准佩戴状态下，根据监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的M序列信号的互相关函数，计算耦合腔的声学路径对应的标准滤波器函数，根据标准滤波器函数得到所述标准信号数据。

3、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述根据监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的音频信号，获取耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据还包括：

在当前佩戴状态下，在预定时间内采用自适应滤波的方式计算各时刻的当前滤波器函数；

设置数据窗口，根据所述数据窗口对所述各时刻的当前滤波器函数进行采样；

当连续预定个数的采样出的当前滤波器函数的平均方差不超过稳态阈值时，确定计算出的各时刻的当前滤波器函数达到稳定状态；

将达到稳定状态的任一当前滤波器函数或各时刻的当前滤波器函数的均值作为所述监测信号数据。

4、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述计算当前佩戴状态的监测信号数据与耳机的标准佩戴状态的标准信号数据的误差数据包括：

计算当前滤波器函数的当前滤波器频域函数，以及计算标准滤波器函数的标准滤波器频域函数；

根据音效将频率划分为预定个数的频带；

在每个频带上，计算当前滤波器频域函数和标准滤波器频域函数的频响曲线的幅度差的均值，或者，计算当前滤波器频域函数和标准滤波器频域函数的频响曲线围成的面积值；

将所述幅度差的均值或者频响曲线围成的面积值作为耳机音效补偿所使用的误差数据。

5、根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述根据误差数据对耳机进行音效补偿包括：

预先设定第一阈值和第二阈值，且第二阈值小于第一阈值；对于根据音效划分的每一个频带，分别做如下处理：

根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值处于衰减状态，且衰减值超过第一阈值时，对扬声器播放的音频信号同时采用均衡器 EQ 音效补偿和动态范围控制 DRC 音效补偿；

根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值处于衰减状态，且衰减值小于第一阈值但是大于第二阈值时，对扬声器播放的音频信号只采用均衡器 EQ 音效补偿；

根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值处于增强状态，且增强值大于第二阈值时，对扬声器播放的音频信号只采用均衡器 EQ 音效补偿；

根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值变化小于第二阈值，对扬声器播放的音频信号不做音效补偿。

6、根据权利要求 1-5 任一项所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

获取并存储耳机不同佩戴状态下的佩戴信号数据及音效补偿数据;

将当前佩戴状态的监测信号数据与不同佩戴状态下的佩戴信号数据进行匹配, 获取到对应的音效补偿数据;

根据获取到的音效补偿数据对耳机进行音效补偿。

7、一种耳机音效补偿装置, 其特征在于, 所述装置包括:

监测数据获取单元, 用于根据设置在耳机和人耳的耦合腔内的监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的音频信号, 获取耳机使用者当前佩戴状态的监测信号数据;

误差数据计算单元, 用于计算当前佩戴状态的监测信号数据与耳机的标准佩戴状态的标准信号数据的误差数据;

音效补偿单元, 用于根据所述误差数据对耳机进行音效补偿。

8、根据权利要求7所述的装置, 其特征在于, 所述监测数据获取单元包括:

滤波器函数计算模块, 用于根据监测麦克风采集到的信号和耳机的扬声器播放的音频信号的互相关函数, 计算耦合腔的声学路径对应的当前滤波器函数;

自适应滤波模块, 用于在当前佩戴状态下, 在预定时间内采用自适应滤波的方式计算各时刻的当前滤波器函数;

采样模块, 用于设置数据窗口, 根据所述数据窗口对所述各时刻的当前滤波器函数进行采样;

稳态确定模块, 用于当连续预定个数的采样出的当前滤波器函数的平均方差不超过稳态阈值时, 确定计算出的各时刻的当前滤波器函数达到稳定状态;

监测数据确定模块, 用于将达到稳定状态的任一当前滤波器函数或各时刻的当前滤波器函数的均值作为所述监测信号数据。

9、根据权利要求7所述的装置, 其特征在于, 所述误差数据计算单元包括:

频域函数计算模块, 用于计算当前滤波器函数的当前滤波器频域函数, 以及计算标准滤波器函数的标准滤波器频域函数;

频带划分模块, 用于根据音效将频率划分为预定个数的频带;

误差数据计算模块, 用于在每个频带上, 计算当前滤波器频域函数和标准滤波器频域函数的频响曲线的幅度差的均值, 或者, 计算当前滤波器频域函数

和标准滤波器频域函数的频响曲线围成的面积值；将所述幅度差的均值或者频响曲线围成的面积值作为耳机音效补偿所使用的误差数据。

10、根据权利要求9所述的装置，其特征在于，所述音效补偿单元包括：

阈值及频段设定模块，用于预先设定第一阈值和第二阈值，且第二阈值小于第一阈值；对于根据音效划分的每一个频带分别进行音效补偿；

第一补偿模块，用于根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值处于衰减状态，且衰减值超过第一阈值时，对扬声器播放的音频信号同时采用均衡器EQ音效补偿和动态范围控制DRC音效补偿；

第二补偿模块，用于根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值处于衰减状态，且衰减值小于第一阈值但是大于第二阈值时，对扬声器播放的音频信号只采用均衡器EQ音效补偿；

第三补偿模块，用于根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值处于增强状态，且增强值大于第二阈值时，对扬声器播放的音频信号只采用均衡器EQ音效补偿；

音效保持模块，用于根据误差数据确认当前滤波器频域函数相比于标准滤波器频域函数的幅度值变化小于第二阈值，对扬声器播放的音频信号不做音效补偿。

11、根据权利要求7-10任一项所述的装置，其特征在于，所述装置还包括：

佩戴数据获取单元，用于获取并存储耳机不同佩戴状态下的佩戴信号数据及音效补偿数据；

所述误差数据计算单元，还用于将当前佩戴状态的监测信号数据与不同佩戴状态下的佩戴信号数据进行匹配，获取到对应的音效补偿数据；

所述音效补偿单元，还用于根据获取到的音效补偿数据对耳机进行音效补偿。

12、一种耳机，其特征在于，包括权利要求7-11任一项所述的耳机音效补偿装置，在该耳机和人耳的耦合腔内设置有监测麦克风。

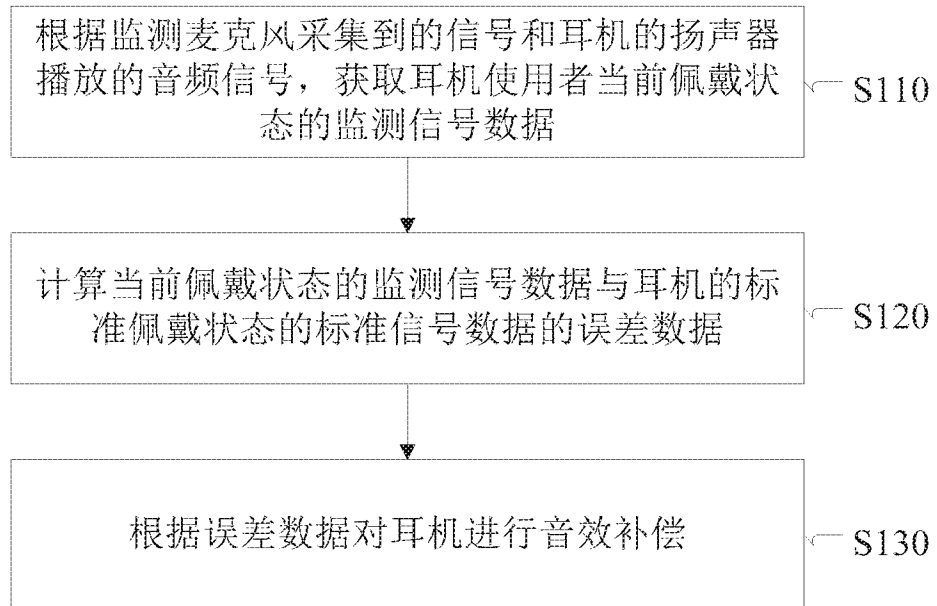


图 1

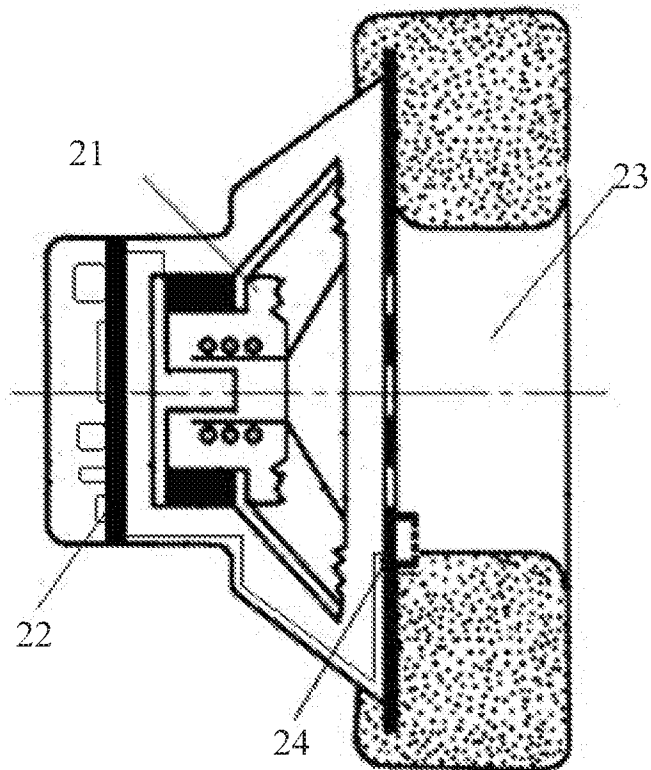


图 2

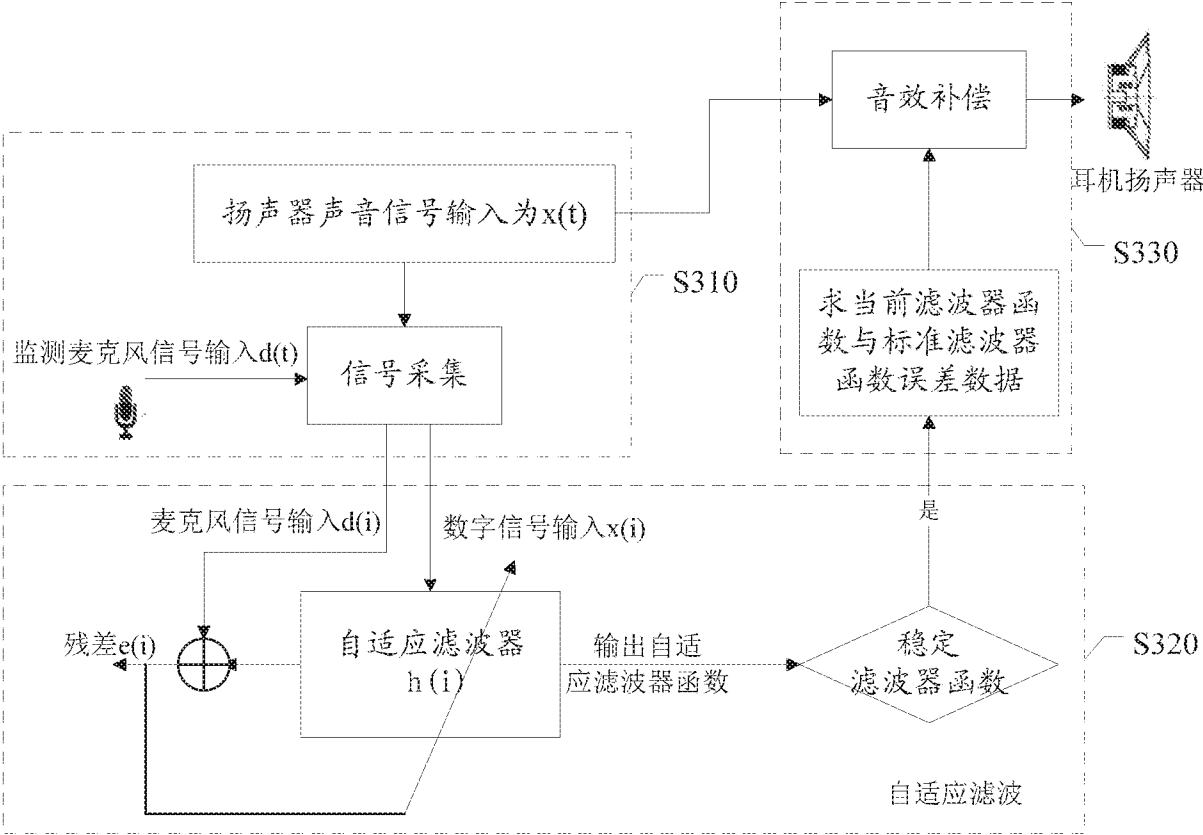


图 3

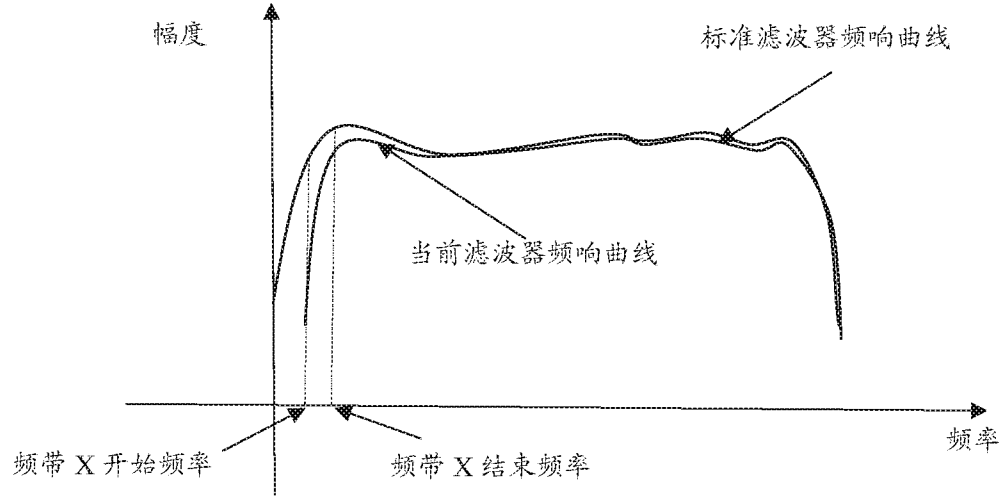


图 4

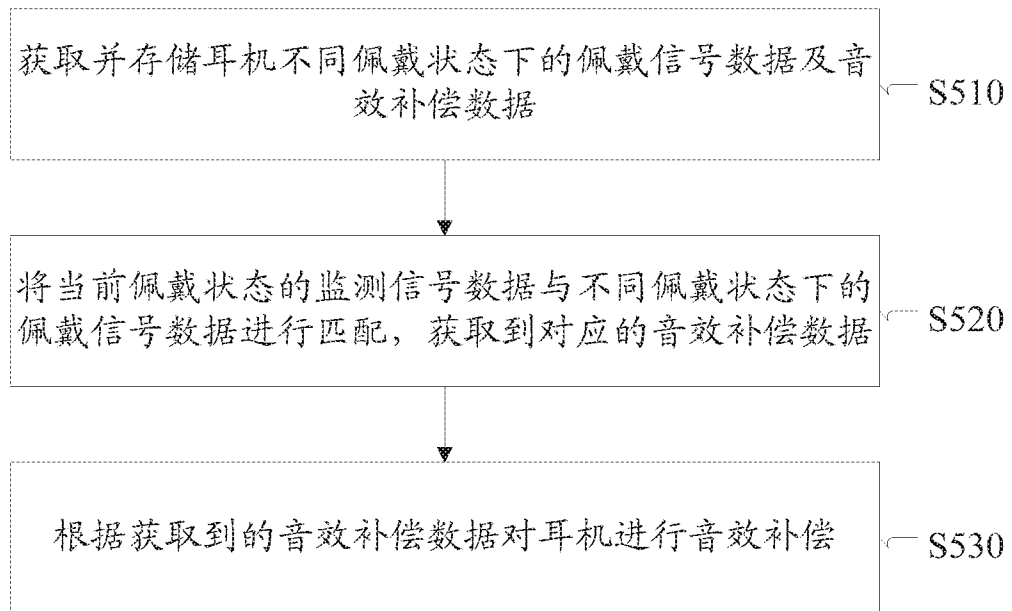


图 5

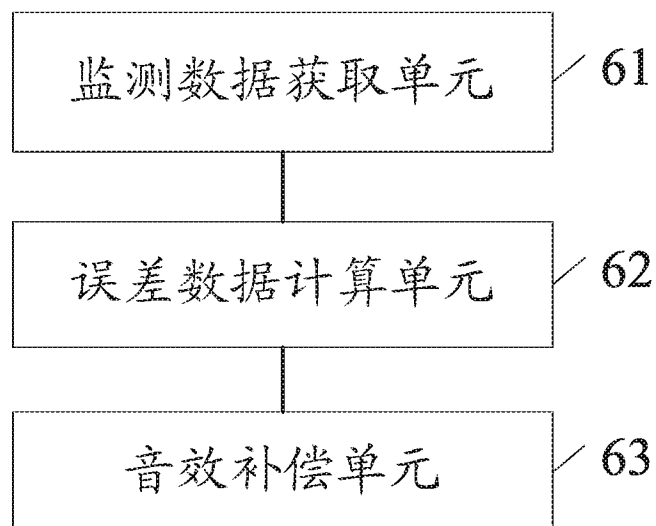


图 6

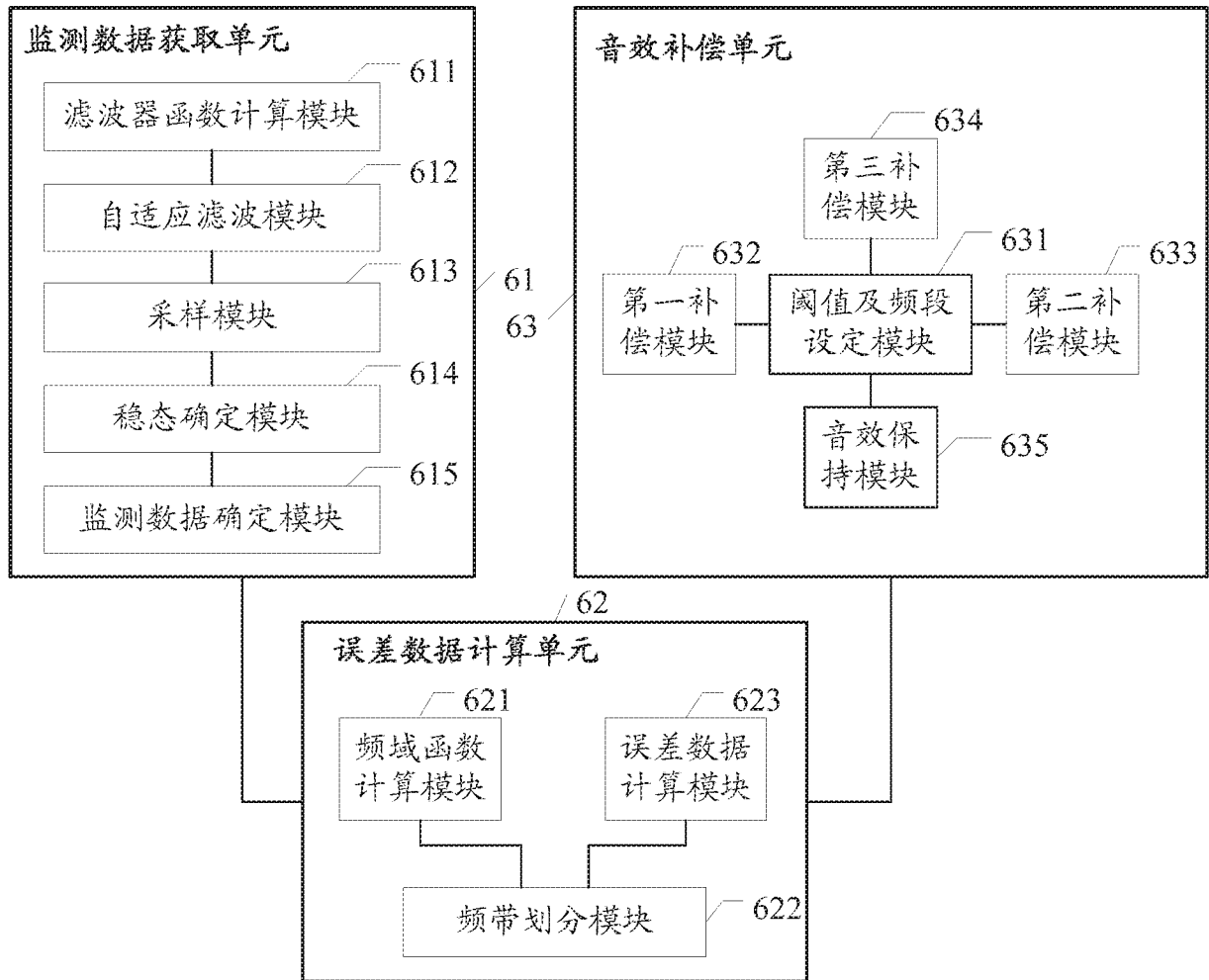


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/089250

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04R 3/04 (2006.01) i; H04R 1/10 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04R; G10K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, EPODOC, WPI, CNKI: MIC, measure, collect, amplitude, compare, present, standard, normal, wearing manner, adaptive filtering, earphone, headphone, speaker, compensate+, equalize+, microphone, mike, filter, convolution, monitor, sample, error

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104661153 A (GOERTEK INC.), 27 May 2015 (27.05.2015), claims 1-12	1-12
X	CN 102113346 A (TRUEPOSITION, INC.), 29 June 2011 (29.06.2011), description, paragraphs [0055]-[0080], and figures 1-3	1, 2, 6, 7, 12
A	CN 102340717 A (AUDIO-TECHNICA CORPORATION), 01 February 2012 (01.02.2012), the whole document	1-12
A	EP 2584558 A1 (HARMAN BECKER AUTOMOTIVE SYSTEMS GMBH), 24 April 2013 (24.04.2013), the whole document	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 04 November 2015 (04.11.2015)	Date of mailing of the international search report 02 December 2015 (02.12.2015)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer WANG, Jian Telephone No.: (86-10) 61648279

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2015/089250

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104661153 A	27 May 2015	None	
CN 102113346 A	29 June 2011	US 2011142247 A1	16 June 2011
		JP 2011530218 A	15 December 2011
		WO 2010014663 A2	04 February 2010
		EP 2311271 A2	20 April 2011
CN 102340717 A	01 February 2012	JP 2012023637 A	02 February 2012
		US 2012014532 A1	19 January 2012
EP 2584558 A1	24 April 2013	US 2013101129 A1	25 April 2013
		US 2015201277 A1	16 July 2015
		JP 2013088823 A	13 May 2013
		JP 2015007794 A	15 January 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/089250

A. 主题的分类

H04R 3/04(2006.01)i; H04R 1/10(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H04R; G10K

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, EPDOC, WPI, CNKI: 耳机, 扬声器, 补偿, 均衡, 麦克风, 话筒, MIC, 滤波器, 卷积, 监测, 测量, 采集, 采样, 误差, 幅度, 比较, 当前, 标准, 正常, 佩戴方式, 自适应滤波, earphone, headphone, speaker, compensate+, equalize+, microphone, mike, filter, convolution, monitor, sample, error

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 104661153 A (歌尔声学股份有限公司) 2015年 5月 27日 (2015 - 05 - 27) 权利要求1-12	1-12
X	CN 102113346 A (杜比实验室特许公司) 2011年 6月 29日 (2011 - 06 - 29) 说明书第[0055]-[0080]段, 图1-3	1, 2, 6, 7, 12
A	CN 102340717 A (欧力天工股份有限公司) 2012年 2月 1日 (2012 - 02 - 01) 全文	1-12
A	EP 2584558 A1 (HARMAN BECKER AUTOMOTIVE SYSTEMS GMBH) 2013年 4月 24日 (2013 - 04 - 24) 全文	1-12

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2015年 11月 4日

国际检索报告邮寄日期

2015年 12月 2日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
北京市海淀区蓟门桥西土城路6号
100088 中国

传真号 (86-10)62019451

授权官员

王健

电话号码 (86-10)61648279

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/089250

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104661153	A	2015年 5月 27日	无			
CN	102113346	A	2011年 6月 29日	US	2011142247	A1	2011年 6月 16日
				JP	2011530218	A	2011年 12月 15日
				WO	2010014663	A2	2010年 2月 4日
				EP	2311271	A2	2011年 4月 20日
CN	102340717	A	2012年 2月 1日	JP	2012023637	A	2012年 2月 2日
				US	2012014532	A1	2012年 1月 19日
EP	2584558	A1	2013年 4月 24日	US	2013101129	A1	2013年 4月 25日
				US	2015201277	A1	2015年 7月 16日
				JP	2013088823	A	2013年 5月 13日
				JP	2015007794	A	2015年 1月 15日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)