



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111918169 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 18

(21) 申请号 202010596874.3

审查员 吕鹤

(22) 申请日 2020.06.28

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111918169 A

(43) 申请公布日 2020.11.10

(73) 专利权人 佳禾智能科技股份有限公司
地址 523000 广东省东莞市松山湖高新技术
产业开发区工业南路6号1栋5楼

(72) 发明人 粟月秀 陈洪太 胡中骥

(74) 专利代理机构 东莞市华南专利商标事务所
有限公司 44215
专利代理师 刘克宽

(51) Int. Cl.
H04R 1/40 (2006.01)
H04R 3/00 (2006.01)

权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

基于多波束成形麦克风阵列的会议音箱及其
声波拾取方法

(57) 摘要

本发明提供一种基于多波束成形麦克风阵列的会议音箱及其声波拾取方法,其方法包括:步骤S1.跟踪目标声源,以计算出声源信号 $S(t)$ 离麦克风阵列所在位置的距离及角度;步骤S2.获取声源精确位置坐标,以麦克风阵列的中心点为参考点建立坐标系,以计算出声源信号离麦克风阵列的中心点的距离来作为麦克风阵列所期望拾取的声波信号的距离 $y(t)$;步骤S3.不断地选择滤波器权重以计算出 $y(n)$,直至 $y(n)$ 较大;步骤S4.选择不限于一个的后置滤波器来抑制残留噪声,以得到增强后的目标波束 $z(n)$;步骤S5.对所述目标波束 $z(n)$ 去混响后予以输出;实现全方位的声波拾取方法,提高音频/视频会议的音频质量。



1. 基于多波束成形麦克风阵列的会议音箱声波拾取方法, 其特征在于, 包括如下步骤:

步骤S1. 跟踪目标声源, 假设声源信号为平面波, 已知声波信号传播的速度C, 事先采集相邻麦克风之间的距离d及相邻麦克风接受到声波信号的时间差 Δt , 以计算出声源信号S(t)离麦克风阵列所在位置的垂直距离及角度;

步骤S2. 获取声源精确位置坐标, 假设声源信号为平面波, 以麦克风阵列的中心点为参考点建立坐标系, 根据其中一个麦克风与声源信号之间的距离、声源信号的角度以计算出声源信号离麦克风阵列的中心点的距离, 用以作为麦克风阵列所期望拾取的声源信号的距离y(t);

步骤S3. 选择合适的滤波器权重, 对相邻的麦克风所分别采集到声波信号 $x_1(t)$ 和 $x_2(t)$ 进行时延补偿以使两者在时间上对齐, 然后对两者进行传递损失处理, 得到 $x_1(n)$ 和 $x_2(n)$, 麦克风事先将无人说话的时候所采集到的声波信号e(n)作为干扰噪声, 不断随机地选择滤波器权重 w_1 、 w_2 以代入 $y(n) = w_1 x_1(n) + w_2 x_2(n) + e(n) = S(t) w_i a(\theta_i) + e(n)$ 算法中计算出目标波束形成的输出y(n), θ 为声源信号的角度, 所述传递函数 $a(\theta_i)$ 为事先测试麦克风接收到声波信号与声源信号的角度 θ 之间存在的关系, 每选择一次滤波器权重, 则将当前所得的y(n)与上一次计算所得的y(n-1)进行比较以选出较大的y(n)来代入步骤S4中操作, 选择滤波器权重的方法为: 事先通过模拟单纯人说话没有其他噪音的室内环境, 多次测试麦克风接收到声波信号与声源信号作比较得出声源信号和麦克风之所接收到的声波信号之间存

在着传递函数h的关系, 根据滤波器权重的
$$\begin{cases} w^H a(\theta_i) = 1 \\ \min_w w^H h w_i \end{cases}$$
 算法, 以分别求取滤波器权重, 所述

$i=1$ 或 2 ;

步骤S4. 选择不限于一个的后置滤波器来抑制残留噪声, 以得到增强后的目标波束z(n);

步骤S5. 对所述目标波束z(n)去混响后予以输出。

2. 根据权利要求1所述的会议音箱声波拾取方法, 其特征在于, 所述步骤S1具体为: 已知声波信号传播的速度C, 将事先采集相邻麦克风之间的距离d及相邻麦克风接受到声波信号的时间差 Δt 作为变量以代入公式 $\sin\theta = \frac{C\Delta t}{d}$ 中, 求取声源信号的角度 θ 为 $\theta = \arcsin \frac{C\Delta t}{d}$;

然后将距离d、声源信号的角度 θ 作为变量以代入公式
$$r_{s1} = \frac{d}{\cos(\frac{\pi}{2} - \theta)} + d \cos(\theta) \cot(\theta)$$

$$r_{s2} = r_{s1} - d \sin(\theta)$$

中, 以计算出相邻麦克风分别与声源信号之间的距离 r_{s1} 、 r_{s2} 。

3. 根据权利要求2所述的会议音箱声波拾取方法, 其特征在于, 所述步骤S2具体为: 将其中一个麦克风与声源信号之间的距离 r_{s1} 、声源信号的角度 θ 代入公式

$$y(t) = \sqrt{\left(r_{s1} \sin\theta + \frac{\cos^2\theta - 1}{2} d\right)^2 + \left(r_{s1} \cos\theta - \frac{d \sin\theta \cos\theta}{2}\right)^2}$$
 中, 以计算出声源信号离麦克风阵列的中心点的距离, 用以作为麦克风阵列所期望拾取的声源信号的距离y(t)。

4. 根据权利要求1所述的会议音箱声波拾取方法, 其特征在于, 所述步骤S3中的传递损

失处理为:将传递函数 $a(\theta_i)$ 、 $x_1(t)$ 和 $x_2(t)$ 分别代入公式
$$\begin{aligned} x_1(n) &= a(\theta_1)x_1(t) \\ x_2(n) &= a(\theta_2)x_2(t) \end{aligned}$$
中,以计算出传递损失处理后的声波信号分别为 $x_1(n)$ 和 $x_2(n)$,所述传递函数 $a(\theta_i)$ 为事先测试麦克风接收到声波信号与声源信号之间存在的关系。

5.根据权利要求1所述的会议音箱声波拾取方法,其特征在于,所述步骤S4中设置有不少于一级的后置滤波器,并基于阻塞矩阵B对噪声进行抑制。

6.根据权利要求1所述的会议音箱声波拾取方法,其特征在于,对于每一级后置滤波器,用后置滤波器的输入 $x_i(n)$ 通过阻塞矩阵B与 $y(n)$ 计算最小相关性从而获得 $u(n)$,将 $u(n)$ 作为后置滤波器的观测输入信号。

7.根据权利要求6所述的会议音箱声波拾取方法,其特征在于,所述阻塞矩阵为 $B_i = null\{h_i\} = I - h_i h_i^H$,其中I为单位矩阵,其中, h_i 为互相关矢量。

8.根据权利要求7所述的会议音箱声波拾取方法,其特征在于:

设置每一级的后置滤波器的输入 $X_i(n)$ 是上一级期望信号 $d_i(n)$ 与观测数据的互相关矢量 h_i ,即
$$h_i = \frac{E[d_{i-1}(n)X_{i-1}(n)]}{\sqrt{|E[d_{i-1}(n)X_{i-1}(n)]|^2}}$$
,所述互相关矢量 h_i 为测试值,所述 $i=1,2,3,\dots$,则每一级的后置滤波器的输入为 $X_i(n) = B_i^H X_{i-1}(n)$,从后往上进行滤波合成,进而计算最终增

强的目标波束 $z(n)$, $z(n) = y(n) - e_1(n)w'_1$,其中,
$$w'_i = \frac{E[d_{i-1}(n)e_i(n)]}{E[e_i(n)]^2}$$
。

$$e_{i-1}(n) = d_{i-1}(n) - w'_i e_i(n)$$

9.基于多波束成形麦克风阵列的会议音箱,包括主控制器、麦克风模块、扬声器模块、按键模块,所述麦克风模块包含多个且阵列分布的麦克风,麦克风模块中的麦克风、扬声器模块、按键模块分别与主控制器电连接,以及,被安排成存储计算机可执行指令的存储器,所述可执行指令在被执行时使所述主控制器实现如权利要求1-8中任一项所述的方法。

基于多波束成形麦克风阵列的会议音箱及其声波拾取方法

技术领域

[0001] 本发明涉及会议音箱的声波拾取方法,主要涉及一种基于多波束成形麦克风阵列的会议音箱及其声波拾取方法。

背景技术

[0002] 随着现代软件开发和数字信号处理技术的快速发展,传统的音频/视频会议音箱,通常使用定向麦克风,固定在天花板或桌上,该定向麦克风只能拾取指定区域的声波,并拒绝拾取其他区域的声波。一旦会议音箱所在的室内发生人员发生走动,就会影响会议音箱拾取人说话的声音,这样的会议音箱拾取声音的方法显得越来越落后。对会议音箱生产厂家而言,如何实现全方位声音接收的会议音箱,打破传统定向麦克风会议系统的局限性,是具有一定实际意义的。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种基于多波束成形麦克风阵列的会议音箱及其声波拾取方法,实现全方位的声波拾取方法,提高音频/视频会议的音频质量。

[0004] 为此,基于多波束成形麦克风阵列的会议音箱声波拾取方法,包括如下步骤:

[0005] 步骤S1.跟踪目标声源,假设声源信号为平面波,已知声波信号传播的速度C,事先采集相邻麦克风之间的距离d及相邻麦克风接收到声波信号的时间差 Δt ,以计算出声源信号S(t)离麦克风阵列所在位置的距离及角度;

[0006] 步骤S2.获取声源精确位置坐标,假设声源信号为平面波,以麦克风阵列的中心点为参考点建立坐标系,根据其中一个麦克风与声源信号之间的距离、声源信号的角度以计算出声源信号离麦克风阵列的中心点的距离,用以作为麦克风阵列所期望拾取的声源信号的距离y(t);

[0007] 步骤S3.选择合适的滤波器权重,对相邻的麦克风所分别采集到声波信号 $x_1(t)$ 和 $x_2(t)$ 进行时延补偿以使两者在时间上对齐,然后对两者进行传递损失处理,得到 $x_1(n)$ 和 $x_2(n)$,麦克风事先将无人说话的时候所采集到的声波信号e(n)作为干扰噪声,不断随机地选择滤波器权重w1、w2以代入 $y(n) = w_1 x_1(n) + w_2 x_2(n) + e(n) = s(t) w_1 a(\theta_1) + e(n)$ 算法中计算出目标波束形成的输出y(n),每选择一次滤波器权重,则将当前所得的y(n)与上一次计算所得的y(n-1)进行比较以选出较大的y(n)来代入步骤S4中操作;

[0008] 步骤S4.选择不限于一个的后置滤波器来抑制残留噪声,以得到增强后的目标波束z(n);

[0009] 步骤S5.对所述目标波束z(n)去混响后予以输出。

[0010] 进一步地,所述步骤S1具体为:已知声波信号传播的速度C,将事先采集相邻麦克风之间的距离d及相邻麦克风接收到声波信号的时间差 Δt 作为变量以代入公式

$\sin \theta = \frac{C\Delta t}{d}$ 中,求取声源信号的角度 θ 为 $\theta = \arcsin \frac{C\Delta t}{d}$;然后将距离d、声源信号的角度 θ

$$r_{s1} = \frac{d}{\cos(\frac{\pi}{2} - \theta)} + d \cos(\theta) \cot(\theta)$$

作为变量以代入公式

中,以计算出相邻麦克风分别与声

$$r_{s2} = r_{s1} - d \sin(\theta)$$

源信号之间的距离 r_{s1} 、 r_{s2} 。

[0011] 进一步地,所述步骤S2具体为:将其中一个麦克风与声源信号之间的距离 r_{s1} 、声源

信号的角度 θ 代入公式 $y(t) = \sqrt{(r_{s1} \sin \theta + \frac{\cos^2 \theta - 1}{2} d)^2 + (r_{s1} \cos \theta - \frac{d \sin \theta \cos \theta}{2})^2}$ 中,以

计算出声源信号离麦克风阵列的中心点的距离,用以作为麦克风阵列所期望拾取的声源信号的距离 $y(t)$ 。

[0012] 进一步地,所述步骤S3中的传递损失处理为:将传递函数 $a(\theta_1)$ 、 $x_1(t)$ 和 $x_2(t)$ 分别

代入公式 $\begin{matrix} x_1(n) = a(\theta_1)x_1(t) \\ x_2(n) = a(\theta_2)x_2(t) \end{matrix}$ 中,以计算出传递损失处理后的声波信号分别为 $x_1(n)$ 和 x_2

(n),所述传递函数 $a(\theta_i)$ 为事先测试麦克风接收到声波信号与声源信号之间存在的关系。

[0013] 进一步地,所述步骤S3中选择滤波器权重的方法为:事先通过模拟单纯人说话没有其他噪音的室内环境,多次测试麦克风接收到声波信号与声源信号作比较得出声源信号和麦克风之所接收到的声波信号之间存在着传递函数 h 的关系,根据滤波器权重的

$$\begin{cases} w^H a(\theta_i) = 1 \\ \min_w w^H h w_i \end{cases} \Rightarrow w = \lambda h^{-1} a(\theta_i) \text{ 算法,以分别求取滤波器权重,所述 } i = 1, 2, 3, \dots$$

[0014] 进一步地,所述步骤S4中设置有不少于一级的后置滤波器,并基于阻塞矩阵 B 对噪声进行抑制。

[0015] 进一步地,对于每一级后置滤波器,用后置滤波器的输入 $x_i(n)$ 通过阻塞矩阵 B 与 $y(n)$ 计算最小相关性从而获得 $u(n)$,将 $u(n)$ 作为后置滤波器的观测输入信号。

[0016] 进一步地,所述阻塞矩阵为 $B_i = null\{h_i\} = I - h_i h_i^H$,其中 I 为单位矩阵。

[0017] 进一步地,设置每一级的后置滤波器的输入 $X_i(n)$ 是上一级期望信号 $d_i(n)$ 与观测

数据的互相关矢量 h_i ,即 $h_i = \frac{E[d_{i-1}(n)X_{i-1}(n)]}{\sqrt{E[d_{i-1}(n)X_{i-1}(n)]^2}}$,所述互相关矢量 h_i 为测试值,所述 $i =$

1、2、3、……,则每一级的后置滤波器的输入为 $X_i(n) = B_i^H X_{i-1}(n)$,从后往上进行滤波合成,

进而计算最终增强的目标波束 $z(n) = y(n) - e_1(n) w'_1$,其中,

$$e_N(n) = d_N(n), i = N, N-1, \dots, 1$$

$$w'_i = \frac{E[d_{i-1}(n)e_i(n)]}{E[e_i(n)^2]} \quad \circ$$

$$e_{i-1}(n) = d_{i-1}(n) - w'_i e_i(n)$$

[0018] 还包括基于多波束成形麦克风阵列的会议音箱,包括主控制器、麦克风模块、扬声器模块、按键模块,所述麦克风模块包含多个且阵列分布的麦克风,麦克风模块中的麦克风、扬声器模块、按键模块分别与主控制器电连接,以及,被安排成存储计算机可执行指令

的存储器,所述可执行指令在被执行时使所述主控制器实现上述的方法。

[0019] 有益效果:

[0020] 1、对拾取的声波信号进行合并处理,抑制非目标方向的干扰信号,增强目标方向的声波信号;

[0021] 2、使用相关波束形成算法,对声波信号增加了限制条件,若满足条件,则让目标方向的声波信号通过,使干扰信号为零从而达到最优的目标信号;

[0022] 3、低麦克风阵列的成本。

[0023] 上述说明仅是本发明技术方案的概述,为了能够更清楚了解本发明的技术手段,而可依照说明书的内容予以实施,并且为了让本发明的上述和其它目的、特征和优点能够更明显易懂,以下特举本发明的具体实施方式。

附图说明

[0024] 通过阅读下文优选实施方式的详细描述,各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。附图仅用于示出优选实施方式的目的,而并不认为是对本发明的限制。而且在整个附图中,用相同的参考符号表示相同的部件。在附图中:

[0025] 图1为本发明的基于多波束成形麦克风阵列的会议音箱的结构示意图;

[0026] 图2为本发明的基于多波束成形麦克风阵列的声波拾取方法的流程框图;

[0027] 图3为本发明的基于多波束成形麦克风阵列的声波拾取方法中跟踪声源角度的示意图;

[0028] 图4为本发明的基于多波束成形麦克风阵列的声波拾取方法中获得目标波束的示意图;

[0029] 图5为本发明的基于多波束成形麦克风阵列的声波拾取方法中抑制残留噪声的示意图;

[0030] 图6为本发明的电子设备的结构示意图;

[0031] 图7为本发明的计算机可读存储介质的结构示意图。

[0032] 附图标记说明:21-处理器;22-存储器;23-存储空间;24-程序代码;31-程序代码。

具体实施方式

[0033] 结合以下实施例对本发明作进一步描述。

[0034] 见图1,本实施例的基于多波束成形麦克风阵列的会议音箱,包括主控制器、麦克风模块、电源模块、扬声器模块、按键模块、声源处理模块。

[0035] 所述主控制器为常规的蓝牙芯片,所述麦克风模块由多个麦克风组成阵列,阵列排布方式可以由多个麦克风呈线性排列而成,也可以由设置在同一平面上的多个麦克风构成,还可以由设置在不在同一平面上的多个麦克风所组合成立体的麦克风阵列,阵列中的各个麦克风分别与作为主控制器的蓝牙芯片电连接以传输声波信号,所述声源处理模块设置在蓝牙芯片中用于处理经蓝牙芯片所接受到的声波信号,所述电源模块与蓝牙芯片、扬声器模块电连接件以供电,所述按键模块、扬声器模块与蓝牙芯片电连接,用于操作控制蓝牙音箱。

[0036] 所述声源处理模块为存储于蓝牙芯片内的计算机程序,声源处理模块内包含有麦

克风阵列的声波拾取方法,以实现全方位的声波拾取方法,提高音频/视频会议的音频质量的有益效果。

[0037] 见图2,声源处理模块中运行的声波拾取方法,具体包括以下步骤S1-S5:

[0038] 步骤S1.跟踪目标声源,其用于计算出声源信号离麦克风阵列所在位置的距离及角度;

[0039] 当声波信号离麦克风阵列的距离较远时,常规地将麦克风所采集到的声波信号归类为远场声波信号。

[0040] 见图3,假设麦克风阵列由两个麦克风呈线性排列而成并分别将麦克标号为一号麦克风MIC1和二号麦克风MIC2,当麦克风阵列采集到远场声源信号时,默认该远场声源信号为平面波,预先将两个麦克风之间的距离 d 、声波信号传播的速度 C 输出到蓝牙芯片中,蓝牙芯片采集一号麦克风MIC1接收到声波信号所需的时间 t_1 ,二号麦克风MIC2接收到声波信号所需的时间 t_2 ,从而计算出两个麦克风接收到声波信号的时间差为 Δt 。

[0041] 将距离 d 、速度 C 、 Δt 作为变量以代入公式 $\sin \theta = \frac{C\Delta t}{d}$ 中,求取声源信号的角度 θ

为 $\theta = \arcsin \frac{C\Delta t}{d}$;

[0042] 然后将距离 d 、声源信号的角度 θ 作为变量以代入公式

$$r_{s1} = \frac{d}{\cos(\frac{\pi}{2} - \theta)} + d \cos(\theta) \cot(\theta)$$

$$r_{s2} = r_{s1} - d \sin(\theta)$$

中,以计算出一号麦克风MIC1和二号麦克风MIC2分别与声源信号之间的距离 r_{s1} 、 r_{s2} 。

[0043] 步骤S2.获取声源精确位置坐标,以其作为麦克风阵列所期望拾取的声波信号;

[0044] 具体地,因步骤S1中已默认该远场声源信号为平面波,进一步以麦克风阵列的中心点为参考点建立坐标系,现只需计算出声源信号离麦克风阵列的中心点的距离即可知道声源信号的精确位置坐标,将其中一个麦克风与声源信号之间的距离 r_{s1} 、声源信号的角度 θ

代入公式 $y(t) = \sqrt{(r_{s1} \sin \theta + \frac{\cos^2 \theta - 1}{2} d)^2 + (r_{s1} \cos \theta - \frac{d \sin \theta \cos \theta}{2})^2}$ 中,以计算出声源

信号离麦克风阵列的中心点的距离,然后将所计算出的 $y(t)$ 作为麦克风阵列所期望拾取的声源信号的距离。

[0045] 步骤S3.选择合适的滤波器权重,其用于获取目标波束;

[0046] 具体地,因为麦克风所接收到的声波信号与声源信号 $S(t)$ 相比会存在一定的衰减,据此,假定已知声源信号 $S(t)$ 的值,通过数学建模,得出理论上的一号麦克风MIC1和二号麦克风MIC2所接收到的声波信号分别为 $x_1(t) = s(t-t_1)$ 和 $x_2(t) = s(t-t_2)$,该式表明同一声源传播到不同麦克风的时刻是不同的,基于此,见图4,对一号麦克风MIC1采集到的声波信号 $x_1(t)$ 和二号麦克风MIC2所采集到的声波信号 $x_2(t)$ 分别进行时延补偿,以对齐两个麦克风的通道信号。

[0047] 然后,事先通过模拟会议音箱所处的室内环境,多次测试麦克风接收到声波信号与声源信号作比较得出声源信号和麦克风所接收到的声波信号之间存在着传递函数 a

(θ_i) , 再将传递函数 $a(\theta_i)$ 、 $x_1(t)$ 和 $x_2(t)$ 分别代入
$$\begin{aligned} x_1(n) &= a(\theta_1)x_1(t) \\ x_2(n) &= a(\theta_2)x_2(t) \end{aligned}$$
 公式中, 可计算出时延

补偿后的声波信号分别为 $x_1(n)$ 和 $x_2(n)$ 。

[0048] 分别给声波信号 $x_1(n)$ 和 $x_2(n)$ 选择合适的滤波器权重 (例如为 w_1 、 w_2) 进行过滤, 将过滤后的两个声波信号与干扰噪声合并就是目标波束形成的输出 $y(n)$, 所述干扰噪声为麦克风在无人说话的时候所采集到的声波信号 $e(n)$, 所述目标波束形成的输出 $y(n)$ 为 $y(n) = w_1x_1(n) + w_2x_2(n) + e(n) = s(t)w_1a(\theta_i) + e(n)$ 。

[0049] 事先通过模拟单纯人说话没有其他噪音的室内环境, 多次测试麦克风接收到声波信号与声源信号作比较得出声源信号和麦克风之所接收到的声波信号之间存在着传递函

数 h 的关系, 则滤波器权重的计算公式为
$$\begin{cases} w^H a(\theta_i) = 1 \\ \min_w w^H h w_i \end{cases} \Rightarrow w = \lambda h^{-1} a(\theta_i)$$
, 根据滤波器权重的

计算公式不断随机地选择滤波器权重, 每选择一次滤波器权重, 则将当前所得的 $y(n)$ 与上一次计算所得的 $y(n-1)$ 进行比较以选出较大的 $y(n)$ 来代入步骤 S4 中操作, 因目标波束形成的输出 $y(n)$ 越大, $y(n)$ 的波长越接近声源信号的距离 $y(t)$, 由此可达到准确拾音的效果, λ 具体为两个声源信号的波阵面的方向垂直线之间的距离。

[0050] 步骤 S4. 选择一个或多个后置滤波器以抑制残留噪声;

[0051] 为拾取最优的目标声源, 需要对计算的 $y(n)$ 进行干扰噪声的消除, 以实现增强目标方向声波信号的目的。

[0052] 见图 5, 虚线框表示的是后置多级滤波器的框图, $z(n)$ 是最终增强的目标波束, w'_1, w'_2, \dots, w'_N 是可选的一个或多个后置滤波的权重, B 是阻塞矩阵, 阻塞矩阵 B 的输出只有噪声能通过, 因此在反向拾取声波信号的过程中阻塞矩阵 B 可实现抑制噪声的效果。

[0053] 图中, $u(n)$ 是 $x_i(n)$ 通过阻塞矩阵 B 与 $y(n)$ 计算最小相关性得到的, 因此:

[0054] $u(n) = \min \{E[Bx_i(n)y(n)]\}$

[0055] 将 $u(n)$ 作为后置滤波器的观测输入信号, 通过级数为 N 级的多级滤波进行先分解后合成, 对信号尽可能精确估计, 而对所伴噪声进行最大限度地抑制, 其中, 每一级的滤波器输入 $X_i(n)$ 是上一级期望信号 $d_i(n)$ 与观测数据的互相关矢量 h_i , 即

[0056]
$$h_i = \frac{E[d_{i-1}(n)X_{i-1}(n)]}{\sqrt{E[d_{i-1}(n)X_{i-1}(n)]^2}}$$

[0057] 阻塞矩阵 B_i 用来抑制噪声信号, 即

[0058] $B_i = null\{h_i\} = I - h_i h_i^H$, 其中 I 为单位矩阵

[0059] 那么, 每一级的滤波器输入 $X_i(n)$ 可以表示为

[0060] $X_i(n) = B_i^H X_{i-1}(n)$

[0061] 从后往上进行滤波合成, 计算最终增强的目标波束 $z(n)$, 则有

[0062] $z(n) = y(n) - e_1(n)w'_1$

[0063] $e_N(n) = d_N(n), i = N, N-1, \dots, 1$

$$[0064] \quad w_i' = \frac{E[d_{i-1}(n)e_i(n)]}{E[|e_i(n)|^2]}$$

$$[0065] \quad e_{i-1}(n) = d_{i-1}(n) - w_i' e_i(n)$$

[0066] 进而获得增强后的目标波束 $z(n)$ 。

[0067] 步骤S5.对所述目标波束 $z(n)$ 去混响后予以输出；

[0068] 具体地,得到增强的目标波束 $z(n)$ 后,使用常规的去混响方法以减少声波在室内传播时,被墙壁、天花板、地板等障碍物形成的反射声。

[0069] 通过上述步骤S1-S5可实现在音箱中使用多波束成形麦克风阵列技术,还可以节约传统会议系统所需的人工安装、维护和管理成本,为音频/视频会议的使用提供了极大的便利。该方法还可使用在线性麦克风阵列车载音箱、平面麦克风阵列智能AI音箱等多种基于麦克风阵列的声音处理设备中。该方法还可以应用到客厅、卧室、车载等环境中,麦克风也不仅限于手持、领夹式等的麦克风。

[0070] 本实施例的有益效果:

[0071] 1、对拾取的声波信号进行合并处理,抑制非目标方向的干扰信号,增强目标方向的声波信号;

[0072] 2、使用相关波束形成算法,对声波信号增加了限制条件,若满足条件,则让目标方向的声波信号通过,使干扰信号为零从而达到最优的目标信号;

[0073] 3、低麦克风阵列的成本。

[0074] 需要说明的是:

[0075] 本实施例所用的方法,可转化为可存储于计算机存储介质中的程序步骤及装置,通过被控制器调用执行的方式进行实施。

[0076] 在此提供的算法和显示不与任何特定计算机、虚拟装置或者其它设备固有相面对特定语言所做的描述是为了披露本发明的最佳实施方式。

[0077] 在此处所提供的说明书中,说明了大量具体细节。然而,能够理解,本发明的实施例可以在没有这些具体细节的情况下实践。在一些实例中,并未详细示出公知的方法、结构和技术,以便不模糊对本说明书的理解。

[0078] 类似地,应当理解,为了精简本公开并帮助理解各个发明方面中的一个或多个,在上面对本发明的示例性实施例的描述中,本发明的各个特征有时被一起分组到单个实施例、图、或者对其的描述中。然而,并不应将该公开的方法解释成反映如下意图:即所要求保护的本发明要求比在每个权利要求中所明确记载的特征更多的特征。更确切地说,如权利要求书所反映的那样,发明方面在于少于前面公开的单个实施例的所有特征。因此,遵循具体实施方式的权利要求书由此明确地并入具体实施方式,其中每个权利要求本身都作为本发明的单独实施例。

[0079] 本领域技术人员可以理解,可以对实施例中的设备中的模块进行自适应性地改变并且把它们设置在与该实施例不同的一个或多个设备中。可以把实施例中的模块或单元或组件组合成一个模块或单元或组件,以及此外可以把它们分成多个子模块或子单元或子组件。除了这样的特征和/或过程或者单元中的至少一些是相互排斥之外,可以采用任何组合对本说明书(包括伴随的权利要求、摘要和附图)中公开的所有特征以及如此公开的任何方法或者设备的所有过程或单元进行组合。除非另外明确陈述,本说明书(包括伴随的权利要

求、摘要和附图)中公开的每个特征可以由提供相同、等同或相似目的的替代特征来代替。

[0080] 此外,本领域的技术人员能够理解,尽管在此所述的一些实施例包括其它实施例中所包括的某些特征而不是其它特征,但是不同实施例的特征的组合意味着处于本发明的范围之内并且形成不同的实施例。

[0081] 本发明的各个部件实施例可以以硬件实现,或者以在一个或者多个处理器上运行的软件模块实现,或者以它们的组合实现。本领域的技术人员应当理解,可以在实践中使用微处理器或者数字信号处理器(DSP)来实现根据本发明实施例的检测电子设备的佩戴状态的装置中的一些或者全部部件的一些或者全部功能。本发明还可以实现为用于执行这里所描述的方法的一部分或者全部的设备或者装置程序(例如,计算机程序和计算机程序产品)。这样的实现本发明的程序可以存储在计算机可读介质上,或者可以具有一个或者多个信号的形式。这样的信号可以从因特网网站上下载得到,或者在载体信号上提供,或者以任何其他形式提供。

[0082] 例如,图6示出了根据本发明一个实施例的电子设备的结构示意图。该电子设备传统上包括处理器21和被安排成存储计算机可执行指令(程序代码)的存储器22。存储器22可以是诸如闪存、EEPROM(电可擦除可编程只读存储器)、EPROM、硬盘或者ROM之类的电子存储器。存储器22具有存储用于执行实施例中的任何方法步骤的程序代码24的存储空间23。例如,用于程序代码的存储空间23可以包括分别用于实现上面的方法中的各种步骤的各个程序代码24。这些程序代码可以从一个或者多个计算机程序产品中读出或者写入到这一个或者多个计算机程序产品中。这些计算机程序产品包括诸如硬盘,紧致盘(CD)、存储卡或者软盘之类的程序代码载体。这样的计算机程序产品通常为例如图7所述的计算机可读存储介质。该计算机可读存储介质可以具有与图6的电子设备中的存储器22类似布置的存储段、存储空间等。程序代码可以例如以适当形式进行压缩。通常,存储单元存储有用于执行根据本发明的方法步骤的程序代码31,即可以由诸如21之类的处理器读取的程序代码,当这些程序代码由电子设备运行时,导致该电子设备执行上面所描述的方法中的各个步骤。

[0083] 应该注意的是上述实施例对本发明进行说明而不是对本发明进行限制,并且本领域技术人员在不脱离所附权利要求的范围的情况下可设计出替换实施例。在权利要求中,不应将位于括号之间的任何参考符号构造成对权利要求的限制。单词“包含”不排除存在未列在权利要求中的元件或步骤。位于元件之前的单词“一”或“一个”不排除存在多个这样的元件。本发明可以借助于包括有若干不同元件的硬件以及借助于适当编程的计算机来实现。在列举了若干装置的单元权利要求中,这些装置中的若干个可以通过同一个硬件项来具体体现。单词第一、第二、以及第三等的使用不表示任何顺序。可将这些单词解释为名称。

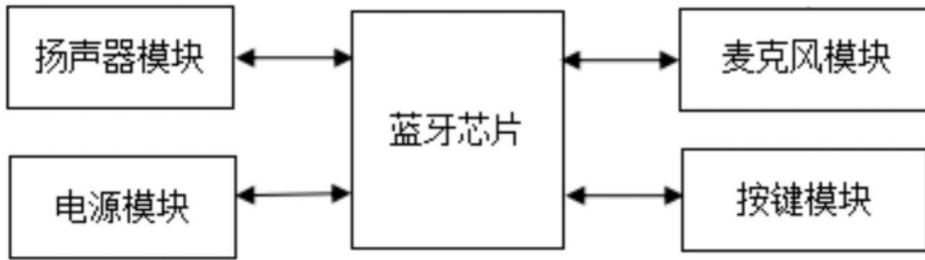


图1

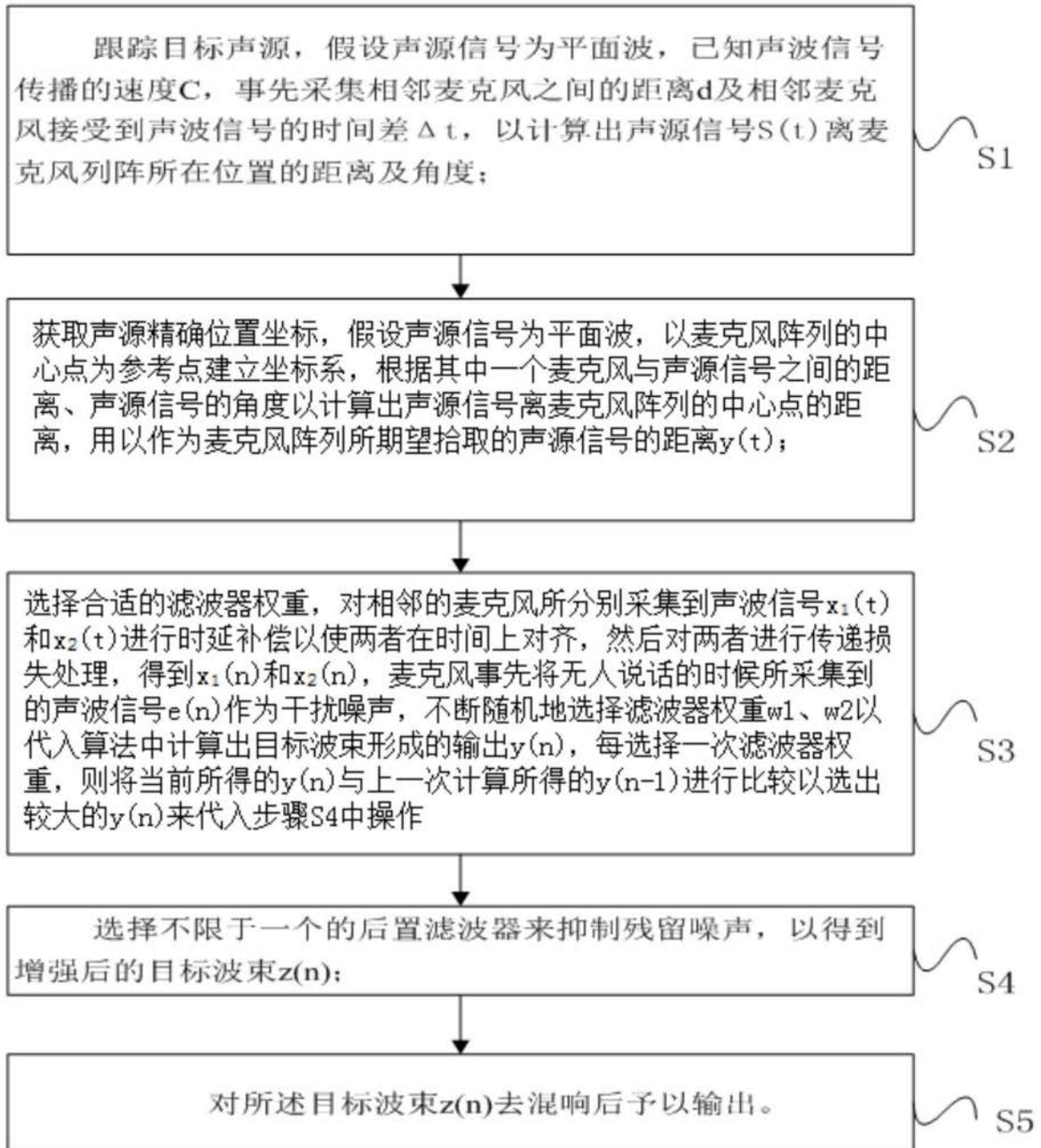


图2

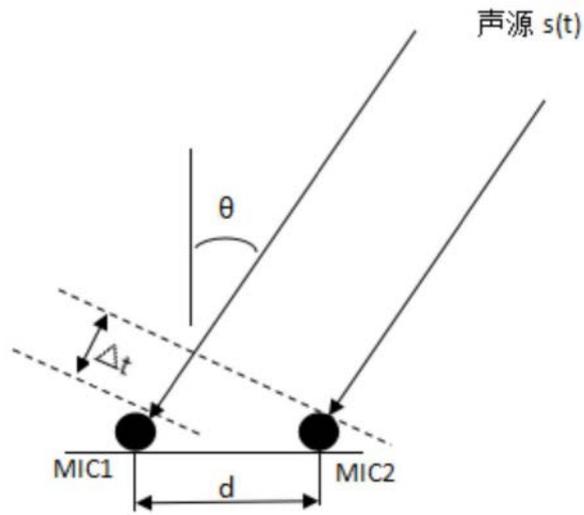


图3

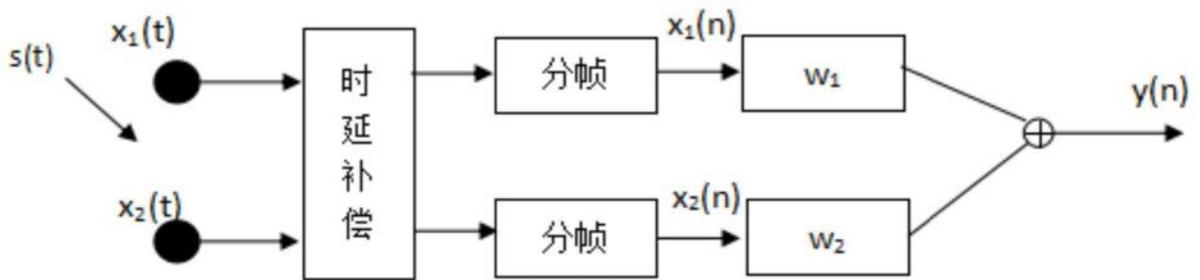


图4

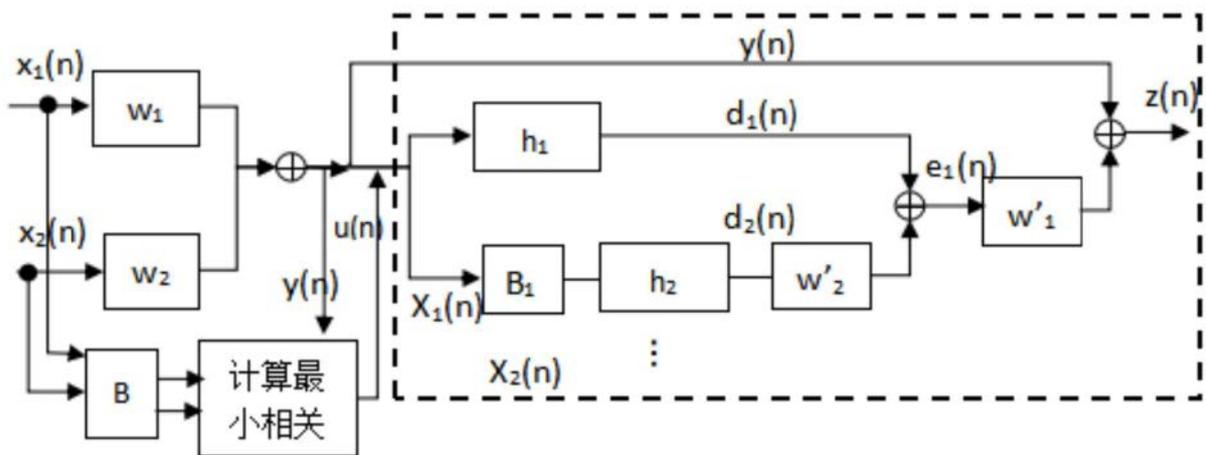


图5

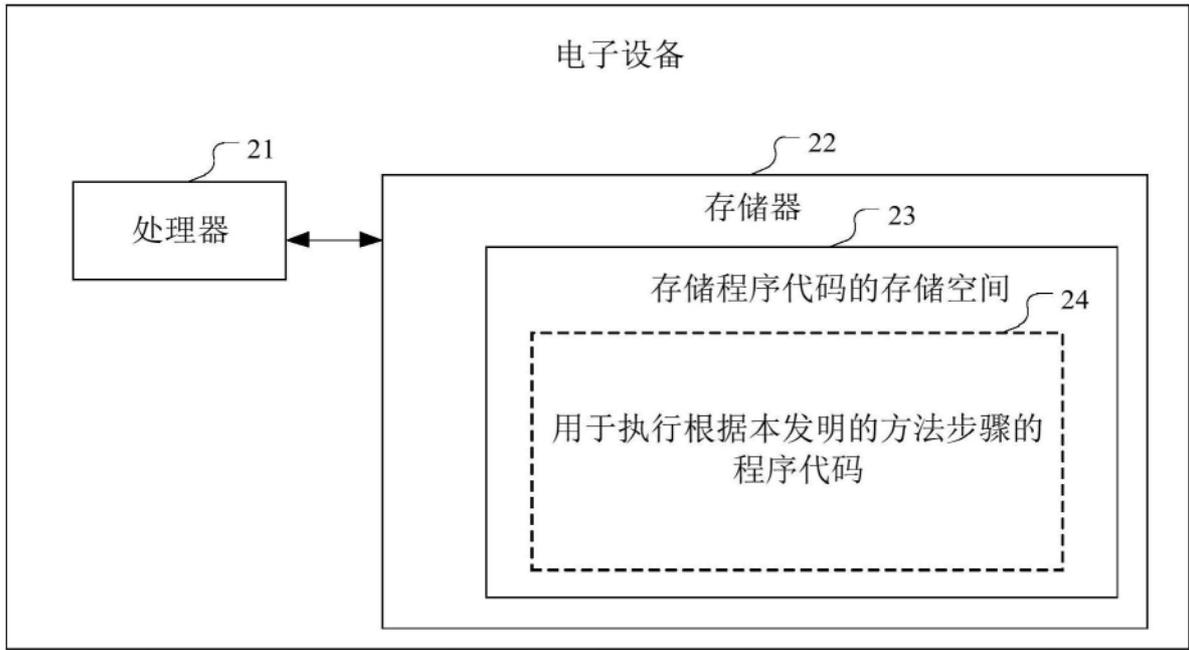


图6

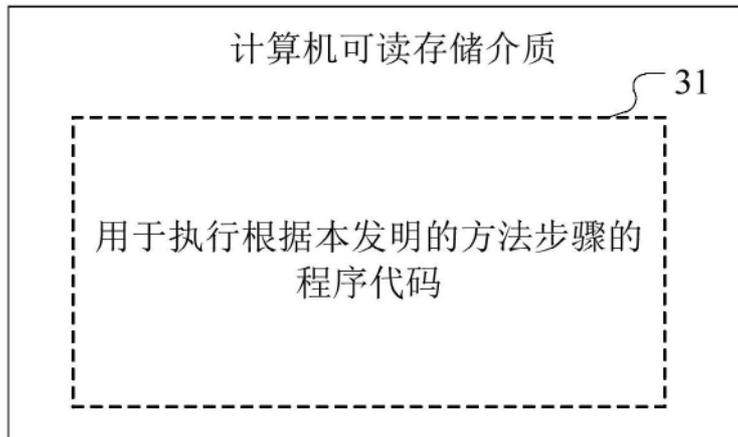


图7