



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1670823 B

(45) 授权公告日 2010.06.16

(21) 申请号 200510055432.3

(22) 申请日 2005.03.17

(30) 优先权数据

04006445.3 2004.03.17 EP

(73) 专利权人 纽昂斯通讯公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 M·巴克 T·豪里克

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 沙捷 丁艺

(51) Int. Cl.

G10L 21/02(2006.01)

G10L 15/20(2006.01)

H04M 9/08(2006.01)

(56) 对比文件

US 6154552 A, 2000.11.28, 说明书第1栏第10-14行、第2栏第40-60行、第3栏第63行至第4栏第12行、第5栏第35行至第6栏第1行及附图1-2.

US 6154552 A, 2000.11.28, 说明书第1栏第10-14行、第2栏第40-60行、第3栏第63行至第4栏第12行、第5栏第35行至第6栏第1行及附图1-2.

JP 2003140686 A, 2003.05.16, 摘要.

CN 1388517 A, 2003.01.01, 全文.

CN 1288223 A, 2001.03.21, 全文.

MAHMOUDI D ET AL. Combined Wiener and coherence filtering in wavelet domain for microphone array speech enhancement. PROCEEDINGS OF THE 1998 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SEATTLE. 1998, 第385-387页.

SARUWATARI H ET AL. SPEECH ENHANCEMENT USING NONLINEAR MICROPHONE ARRAY WITH NOISE ADAPTIVE COMPLEMENTARY BEAMFORMING. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING. 2000, 第1049-1051页.

MAHMOUDI D ET AL. Combined Wiener and coherence filtering in wavelet domain for microphone array speech enhancement. PROCEEDINGS OF THE 1998 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SEATTLE. 1998, 第385-387页.

审查员 黄素霞

权利要求书 2页 说明书 7页 附图 3页

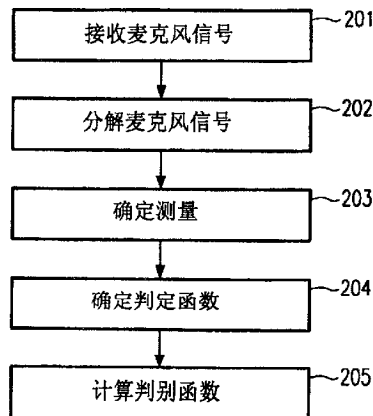
(54) 发明名称

通过麦克风阵列检测和降低噪声的方法

(57) 摘要

本发明提供一种用于检测由麦克风阵列接收的信号中的噪声的方法,该方法包括下列步骤:接收从麦克风阵列的至少两个麦克风发出的麦克风信号,将每个麦克风信号都分解成频率子带信号,对于每个麦克风信号,根据频率子带信号来确定时变测量,将时变判别函数确定为时变测量的预定统计函数,和根据预定标准来估算判别函数从而检测噪声。

CN 1670823 B



1. 用于检测由麦克风阵列接收的信号中的噪声的方法,包括下列步骤:

- a) 接收从麦克风阵列中至少两个麦克风发出的麦克风信号;
- b) 将每个麦克风信号都分解成频率子带信号;
- c) 对于每个麦克风信号,根据频率子带信号来确定时变测量;
- d) 将时变的判别函数确定为预定的时变测量的统计函数;和
- e) 根据预定标准来估算判别函数以检测噪声;

其中,在步骤 d) 中,所述判别函数被确定为时变测量的最小值和最大值的比值或在给定时刻上的时变测量的方差。

2. 如权利要求 1 的方法,其中,步骤 b) 包括数字化每个麦克风信号和将每个数字化的麦克风信号分解成复数值的频率子带信号。

3. 如权利要求 2 的方法,其中,在步骤 b) 中使用短时离散傅里叶变换、离散子波变换或滤波器组。

4. 如权利要求 1 或 2 的方法,其中,步骤 b) 包括二次抽样每个频率子带信号。

5. 如权利要求 1 的方法,其中,在步骤 c) 中,每个时变测量被确定为对应麦克风的一个或几个频率子带信号的信号功率的预定函数。

6. 如权利要求 1 的方法,其中,在步骤 c) 中,时变测量  $Q_m(k)$  被确定为:

$$Q_m(k) = \sum_{l=1_1}^{l_2} |X_{m,l}(k)|^2$$

$X_{m,l}(k)$  表示频率子带信号,  $m \in \{1, K, M\}$  是麦克风下标,  $l \in \{1, K, L\}$  是子带下标,  $k$  是时间变量,且  $1_1, 1_2 \in \{1, K, L\}$ ,  $1_1 < 1_2$ 。

7. 如权利要求 6 的方法,其中,步骤 d) 包括用下列两个等式之一来确定判别函数

$$C(k) = \frac{1}{M-1} \sum_{m=1}^M (h(Q_m(k)) - \bar{Q}(k))^2$$

或

$$C(k) = \frac{\min_m h(Q_m(k))}{\max_m h(Q_m(k))}$$

其中,  $\bar{Q}(k) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M h(Q_m(k))$  和  $h(Q_m(k)) = Q_m(k)$  或具有预定的  $a$  和  $b$  的  $h(Q_m(k)) = \log_b Q_m(k)$ 。

8. 如权利要求 1 的方法,其中,步骤 e) 包括比较判别函数与预定阈值。

9. 如权利要求 8 的方法,其中,如果判别函数大于预定阈值,则噪声被检测到。

10. 一种用于降低由连接到波束形成器的麦克风阵列接收的信号中的噪声的方法,包括下列步骤:

通过使用权利要求 1 的方法,检测由麦克风阵列接收的信号中的噪声;

如果噪声被检测到,则根据预定标准处理从波束形成器发出的当前输出信号。

11. 如权利要求 10 的方法,其中,所述处理步骤包括:如果在预定时间间隔内检测到噪声,则激活当前输出信号的修正。

12. 如权利要求 11 的方法,其中,所述处理步骤包括:如果当前输出信号的修正被激活并且没有在预定时间间隔内检测到噪声,则撤消当前输出信号修正。

13. 如权利要求 10 到 12 之一的方法,其中,所述处理步骤包括使用以下步骤来处理当前输出信号:

用已修正的输出信号来替换从波束形成器发出的当前输出信号,其中已修正的输出信号的相位被选定等于当前输出信号的相位,且已修正的输出信号的幅值被选定是麦克风信号幅值的函数。

14. 如权利要求 13 的方法,其中,只有当当前输出信号的幅值大于或等于已修正的输出信号幅值时才执行替换步骤。

15. 如权利要求 13 的方法,其中,已修正的输出信号幅值被选定是麦克风信号算术平均幅值的函数。

16. 如权利要求 13 的方法,其中,所述函数被选定是其自变量的最小值或平均值或分位数或中值。

17. 如权利要求 10 到 12 之一的方法,其中,波束形成器被选定是一个自适应波束形成器。

18. 如权利要求 17 的方法,其中,所述自适应波束形成器是具有广义旁瓣消除器结构的自适应波束形成器。

## 通过麦克风阵列检测和降低噪声的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种通过麦克风阵列来检测噪声、特别是不相关噪声的方法,以及涉及一种用于降低由连接到波束形成器的麦克风阵列所接收的噪声、特别是不相关噪声的方法。

### 背景技术

[0002] 免提系统在不同领域中有着许多不同的应用。特别地,免提电话系统和语音控制系统正越来越多地普遍应用于车辆。其起因部分归于对应的法律条文,部分归于在使用免提系统时所获得的高度增加的舒适度和安全性。特别是在车辆应用的情况下,一个或几个麦克风可以被固定地安装在车辆客舱中;替换地,用户可以配备有对应的耳机。

[0003] 然而,免提系统通常所存在的问题在于与使用听筒的情况相比,信噪比(SNR)恶化了(即降低了)。这主要是由于麦克风和说话者之间的距离较大以及在麦克风上所产生的低信号电平。此外,高环境噪声电平往往存在从而这需要使用降噪方法。这些方法是基于对由麦克风所接收信号的处理。人们往往依靠麦克风的数量来在单信道和多信道降噪方法之间进行区别。

[0004] 特别地,在车辆免提系统领域以及其它应用中,波束形成方法被用于背景降噪。通过来自与预定期望信号方向的不同方向的信号分量被抑制的方式,波束形成器处理从麦克风阵列发出的信号从而获得复合信号。从而,波束形成允许向麦克风阵列提供专门的指向性图案。在延迟求和波束形成器的情况下(例如由 Gary. W. Elko 提出的 Microphone arrays systems for hands-free telecommunication(用于免提电信的麦克风阵列系统),语音通信 1996, 229-240 页中被描述的),例如波束形成包括信号的延迟补偿和求和。

[0005] 由于空间滤波通过具有对应波束形成器的麦克风阵列被获得,它往往可能极大地提高信噪比。

[0006] 除了环境噪声之外,期望信号的信号质量也可能由于风干扰而被降低。如果风冲击麦克风的膜,则这些干扰就会产生。风压和空气扰动能够大大地偏离麦克风的膜,产生很强的类似脉冲的干扰,风噪声(有时也叫做 Popp 噪声)。在汽车中,这个问题主要出现在风扇被打开或者篷式汽车顶部开口的情况下。

[0007] 为了降低这些干扰,相应的麦克风通常装备有防风罩(Popp 罩)。防风罩降低了风速,并且因此也降低了风噪声而没有很大地影响信号质量。然而,这类防风罩的作用取决于其大小,从而增加了所有的麦克风尺寸。因为设计原因和空间不足,往往不希望得到较大的麦克风。因为这些原因,所以许多麦克风没有配备足够大的防风罩,从而导致免提电话的通话质量较差以及语音控制系统的语音识别率较低。

### 发明内容

[0008] 鉴于以上所述,本发明的要解决的根本问题是提供用于麦克风检测和降低噪声的方法,特别是诸如风噪声之类的不相关噪声。这个问题通过权利要求 1 的检测噪声方法和

权利要求 9 的降低噪声方法而被解决。

[0009] 因此,提供一种用于检测由麦克风阵列接收的信号中的噪声的方法,该方法包括下列步骤:

[0010] a) 接收从麦克风阵列中的至少两个麦克风发出的麦克风信号;

[0011] b) 将每个麦克风信号分解成频率子带信号;

[0012] c) 对于每个麦克风信号,根据频率子带信号来确定时变测量;

[0013] d) 将时变判别函数确定为时变测量的预定统计函数,和

[0014] e) 根据预定标准来估算判别函数以检测噪声。

[0015] 这个应用惊人地察出,不同麦克风信号的这类时变测量的统计函数可以被用来确定噪声、特别是诸如风噪声之类的不相关噪声存在与否。统计函数包括诸如方差、最小值、最大值或相关系数之类的函数。

[0016] 因为在麦克风阵列的不同麦克风处出现的干扰被假定是不相关的,所以这类统计判别函数提供简易和有效的可能性来检测噪声。

[0017] 步骤 b) 可能包括特别地使用短时的离散傅里叶变换 (DFT)、离散子波变换或滤波器组来数字化每个麦克风信号和把每个被数字化的麦克风信号分解成复数值的频率子带信号。从而,最适当的方法可能根据信号的进一步处理被选择。此外,专门的分解方法可能取决于当时的数据处理资源。例如短时的 DFT 于 1998 年在 K. -D. Kammeyer 和 K. Kroschel 的“Digitale Signalverarbeitung”,第四版,Teubner(Stuttgart) 中被描述;和滤波器组在 N. Fliege,“Multiraten-Signalverarbeitung, Theorie und Anwendungen”,1993, Teubner(Stuttgart) 中被描述;并且子波在 T. E. Quatieri, Discrete-time speech signal processing-principle and practice(“离散时间语音信号处理-原则和实践”),Prentice Hall 2002, Upper Saddle River NJ, USA 中被描述。

[0018] 步骤 b) 可能包括对每个子带信号进行二次抽样。这样,将被进一步处理的数据量可以大大地降低。

[0019] 在步骤 c) 中,每个时变测量可以被确定为对应麦克风的一个或几个子带信号的信号功率的预定函数。麦克风的子带信号的信号功率(或不同的子带信号的信号功率值)的数值非常适合于检测噪声的存在。特别地,假定诸如风噪声之类的不相关噪声主要出现在低频区。

[0020] 在步骤 d) 中,判别函数可以被确定为时变测量的最小值和最大值的比值或被确定为时变测量在某一时刻的方差。这些统计函数以一种可靠和有效的方法来进行噪声检测。

[0021] 在步骤 c) 中,时变测量  $Q_m(k)$  被确定为:

$$[0022] \quad Q_m(k) = \sum_{l=l_1}^{l_2} |X_{m,l}(k)|^2$$

[0023]  $X_{m,l}(k)$  表示子带信号,  $m \in \{1, K, M\}$  是麦克风下标,  $l \in \{1, K, L\}$  是子带下标,  $k$  是时间变量,和  $l_1, l_2 \in \{1, K, L\}$ ,  $l_1 < l_2$ 。在这种情况下,在特殊时刻  $k$ ,在限制  $l_1, l_2$  之内,时变测量由在几个子带上求和的信号功率给出。当然,子带是通过自然数  $1, K, L$  或是通过对应的频率值(例如用 Hz)来表示都没有关系。

[0024] 步骤 d) 可能包括用下列等式来确定判别函数  $C(k)$

$$[0025] \quad C(k) = \frac{1}{M-1} \sum_{m=1}^M (h(Q_m(k)) - \bar{Q}(k))^2$$

$$[0026] \quad C(k) = \frac{\min_m h(Q_m(k))}{\max_m h(Q_m(k))}$$

[0027] 其中,  $\bar{Q}(k) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M h(Q_m(k))$  和  $h(Q_m(k)) = Q_m(k)$  或  $h(Q_m(k)) = a \log_b Q_m(k)$ ,  $a$  和  $b$  已被确定。

[0028] 特别地,  $a, b$  可以被选择为  $a = b = 10$ 。这样, dB 值的转化被获得。取信号功率的对数有如下好处, 即判别更少地依赖于麦克风信号的饱和度。假设上面给出的方差或商在声音在静止传播介质中传播的情况下达到一个较低值, 而风扰动产生还可以显示高时间变化的较高值。

[0029] 步骤 e) 可能包括比较判别函数与预定阈值, 特别地, 其中如果判别函数大于预定阈值, 则噪声被检测到。这使得判别函数的估算的执行变得简单。

[0030] 本发明还提供一种方法, 该方法用于处理由连接到波束形成器的麦克风阵列接收的信号以降低噪声, 该方法包括用已修正的输出信号来替代当前输出信号, 其中已修正的输出信号相位被选定等于当前的输出信号相位并且已修正的输出信号的幅值被选定为麦克风信号幅值的函数。

[0031] 这样, 提供了一种当使用免提系统而不要求麦克风用大防风罩时提高信噪比的方法 (由于处理当前输出信号来降低噪声, 特别是诸如风噪声之类的不相关噪声)。这个方法对于抑制撞击声也很有用并且很有效。

[0032] 替换步骤只有在当前的输出信号幅值大于或等于已修正的输出信号幅值时才可以被执行。如果相反, 即当前的输出信号幅值小于已修正的输出信号幅值, 则假定噪声分量的大部分由于波束形成而已经从信号中被除去。

[0033] 另外或替换地, 已修正的信号幅值可以被选择为麦克风信号的算术平均幅值的函数。这个算术平均值对应于延迟求和波束形成器的输出。

[0034] 在这些降噪方法中, 函数可以被选定为求其自变量的最小值或平均值或分位数或中值。麦克风信号的这类幅值函数使得信号质量大大提高。

[0035] 波束形成器可以被选定为自适应波束形成器, 特别是具有 GSC 结构的自适应波束形成器。具有广义旁瓣消除器 (GSC) 结构的波束形成器在 L. J. Griffiths 和 C. W. Jim 发表在 1982 年 IEEE 学报的天线与传播 27-34 页的 An alternative approach to linearly constrained adaptive beamforming 中被描述。自适应波束形成器允许对进一步提高信噪比的环境噪声条件中的变化起作用。

[0036] 本发明还提供了一种方法, 其用于降低由连接到波束形成器的麦克风阵列接收的信号中的噪声, 该方法包括下列步骤:

[0037] 使用上述方法检测由麦克风阵列接收的信号中的噪声;

[0038] 如果噪声被检测到, 则根据预定标准来处理从波束形成器发出的当前输出信号。

[0039] 因此, 上述的噪声检测方法被用于有利的方式以提高经由波束形成器获得的信号的质量 (由于检测噪声, 特别是检测诸如风噪声之类的不相关噪声之后的当前输出信号的处理)。

[0040] 如果噪声在预定时间间隔中被检测到,则处理步骤可能包括激活修正当前的输出信号。因此,如果在短时间间隔(比预定时间间隔更短)内检测到干扰,则从波束形成器发出的输出信号不会被修正。只有当噪声在预定时间间隔内被检测到时,输出信号的修正才被激活(即修正被执行)。这样,因为修正步骤(即处理耗时)只发生在等候一个预定时间间隔之后,所以这个方法变得更加有效。

[0041] 该处理步骤可以包括如果修正输出信号被激活并且在预定时间间隔内没有检测到噪声,则撤消修正当前输出信号。换言之,即使修正被激活,麦克风信号仍然被监控以便一旦风噪声不再存在(在给定时限之后)则撤消修正。这也增加了方法的功效。

[0042] 所述处理步骤可能包括使用其中一个上述用于处理由连接到波束形成器的麦克风阵列接收的信号的方法,来处理信号。

[0043] 本发明还提供了一个计算机程序产品,其包括一个或多个具有计算机可执行指令的计算机可读媒介,计算机可执行指令用于执行其中一个上述方法的步骤。

### 附图说明

[0044] 本发明进一步的特色和优点将参考说明性的附图在下面被描述。

[0045] 图 1 示出用于降低信号中的噪声的一个系统示例;

[0046] 图 2 是说明检测信号中的噪声的方法示例的流程图;

[0047] 图 3 是一个说明在降低信号中的噪声的方法示例的流程图;

[0048] 图 4 是一个说明修正输出信号的去激活的示例的流程图。

### 具体实施方式

[0049] 应当理解,不同示例以及附图的下列详细说明不是意在把本发明限制于特殊的说明性实施例;被描述的说明性实施例仅仅是例证本发明的不同方面,其范围由附加的权利要求来定义。

[0050] 在图 1 中示出了一个用于降低或抑制噪声的系统,而特别是降低或者抑制诸如风噪声之类的不相关噪声。系统包括至少有两个麦克风 101 的麦克风阵列。

[0051] 麦克风阵列的麦克风的不同排列是可能的。特别地,麦克风 101 可能被置于一排,其中每个麦克风和其邻近的麦克风有预定的距离。例如,两个麦克风之间的距离可能大约是 5 厘米。取决于应用,麦克风阵列可能被安装在适当的位置。例如,在车辆客舱的情况下,麦克风阵列可能被安装在顶部上的后视镜中或头垫中(用于坐在后座的乘客)。

[0052] 从麦克风 101 发出的麦克风信号被送到波束形成器 102。在送往波束形成器的途中,麦克风信号可以经过信号处理单元(例如诸如高通或低通滤波器之类的滤波器)以用于预处理信号。

[0053] 波束形成器 102 以这样一种方式来处理麦克风信号以获得具有提高的信噪比的单个输出信号。在最简单的形式中,波束形成器可能是一个延迟求和波束形成器,其中在用于不同麦克风的延迟补偿被执行之后再求信号总和来获得输出信号。然而,通过使用更高级的波束形成器,信噪比可能被进一步提高。例如,使用自适应 Wiener 滤波器的波束形成器可能被使用。此外,波束形成器可能具有广义旁瓣消除器(GSC)的结构。

[0054] 麦克风信号还被送到噪声检测器 103。用以上描述的方法,信号还可以经过适当的

滤波器来预处理信号。此外,麦克风信号也被送到降噪器 104。再次,可以沿着信号通路来安排预处理滤波器。

[0055] 在噪声检测器 103 中,麦克风信号被处理以便确定噪声,特别是诸如风噪声之类的不相关噪声是否存在。这将更详细地在下面被描述。根据噪声检测的结果,降噪器 104 执行的噪声降低或抑制被激活。这通过开关 105 被大致地说明。如果没有检测到噪声(可能在预定的时间间隔内),则波束形成器的输出信号没有被进一步修正。

[0056] 然而,如果检测到噪声(可能地在预定时间阈值内),则通过信号修正的降噪被激活。根据波束形成器输出信号和麦克风信号,产生被修正的输出信号,将在下文详述。

[0057] 然而作为替换,信号的处理和修正也可以不需要噪声检测而被执行。换言之,噪声检测器可以被省去,并且波束形成器的输出信号总是被传递到降噪器。

[0058] 根据图 2,一个噪声检测的例子将在下面被描述。在该方法的第一步骤 201 中,来自总共 M 个麦克风的麦克风信号被接收。

[0059] 在接下来的步骤 202 中,每个麦克风信号都被分解成频率子带信号。为此,麦克风信号被数字化从而获得数字化的麦克风信号  $x_m(n)$ ,  $m \in \{1 \dots M\}$ 。在数字化之前,或者在数字化之后并且在实际分解之前,麦克风信号可以被过滤。复数值的子带信号  $x_{m,1}(k)$  经由短时的 DFT(离散傅里叶变换)或经由滤波器组被获得,1 表示频率下标或子带下标。子带信号可以通过因数 R 二次抽样,  $n = Rk$ 。

[0060] 对于不相关噪声的检测来说,时变测量  $Q_m(k)$  从每个麦克风对应的子带信号  $x_{m,1}(k)$  被导出。这个时变测量  $Q_m(k)$  在步骤 203 中被确定。风扰动的检测是基于这些测量的统计计算。这类测量的例子是在几个子带上求和的当前信号功率:

$$[0061] \quad Q_m(k) = \sum_{l=l_1}^{l_2} |X_{m,l}(k)|^2$$

[0062]  $C_{m,1}(k)$  表示子带信号,  $m \in \{1, K, M\}$  是麦克风下标,  $l \in \{1, K, L\}$  是子带下标,  $k$  是时间变量,和  $l_1, l_2 \in \{1, K, L\}$ ,  $l_1 < l_2$ 。

[0063] 统计计算存在不同的可能性。对应的判别函数  $C(k)$  在下列步骤 204 中被确定;稍后,这个判别函数将被估算。例如,判别函数可能是方差:

$$[0064] \quad \sigma^2(k) = \frac{1}{M-1} \sum_{m=1}^M (Q_m(k) - \bar{Q}(k))^2$$

[0065] 其中,  $\bar{Q}(k)$  表示麦克风上信号功率的平均值。

$$[0066] \quad \bar{Q}(k) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M Q_m(k)$$

[0067] 替换地,还可能取最小和最大时变测量的比值为判别函数来代替方差:

$$[0068] \quad r(k) = \frac{\min_m Q_m(k)}{\max_m Q_m(k)}$$

[0069] 在最后的步骤 205 中,判别函数根据预定标准来计算。用于判别函数的计算的预定标准可以由阈值 S 给出。如果判别函数  $\sigma^2(k)$  或  $r(k)$  是比阈值大的一个值,则确定噪声干扰是存在的。通常,上面给出的判别函数将显示出很大的时间偏差。

[0070] 代替直接取上面给出的用于判别函数的测量,还可能首先取测量的对数。这样的优点是,结果的标准示出更小的麦克风信号的饱和度的相关性。例如,到 dB 值的转换可以



被执行如下：

$$[0071] \quad Q_{\text{dB},m}(k) = 10 \cdot \log_{10} Q_m(k)$$

[0072] 然后,  $Q_{\text{dB},m}(k)$  被插入上述方差或商的等式, 以获得对应的判别函数。

[0073] 图 3 说明了当降低由麦克风阵列接收的信号中的无关联噪声时的行动过程的例子。该方法对应于图 1 中示出的系统, 其中, 波束形成器被连接到麦克风阵列。

[0074] 在第一步骤 301 中, 上面已经做出描述的噪声检测方法被执行。在接下来的步骤 302 中, 检查噪声是否用这个方法被实际检测到。

[0075] 如果这实际上是这种情况, 则系统进行到步骤 303, 在其中检查波束形成器输出信号的修正是否已经被激活 (其将在下面被更详细地描述)。如果是, 则这意指除了波束形成器之外的噪声抑制已经发生。

[0076] 如果不是, 即波束形成器输出信号还没有被修正, 则在下一步骤 304 中检查是否已经用预定阈值来检测到噪声。当然, 这个步骤是可选的并且可以被省去; 预定时间阈值也可以被设置为零。然而, 如果非零的时间阈值被给出而没有超过, 则系统返回步骤 301。

[0077] 如果步骤 304 的结果是正的, 即如果噪声在预定时间间隔被检测到 (或如果根本就没有给出阈值), 则在下一步骤 305 中激活当前波束形成器输出信号的修正。

[0078] 然后在步骤 306 中, 已修正输出信号被确定用于替换当前的波束形成器输出信号  $Y_1(k)$ 。例如, 已修正的输出信号可以由下列等式给出：

$$[0079] \quad Y_1^{\text{mod}}(k) = Y_1(k) \cdot \frac{\min_m \{X_{m,l}(k)\}}{|Y_1(k)|}$$

[0080] 换言之, 当前波束形成器输出信号  $Y_1(k)$  的相位被保持, 而当前的波束形成器输出信号的幅值 (或模) 由麦克风信号的最小幅值来替代。

[0081] 上述等式中的最小值不需要被确定, 只需确定麦克风信号的幅值; 当确定最小值的时候, 其它信号也可以被带入计算。例如, 当前的波束形成器输出信号的幅值可以由麦克风信号的最小幅值和延迟求和波束形成器的输出信号的幅值来替代：

$$[0082] \quad \left| \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M X_{m,l}(k) \right|$$

[0083] 在下一个 (可选) 步骤 307 中, 当前的波束形成器输出信号的幅值与已修正的输出信号幅值进行比较。如果后者较小, 则不进行当前的波束形成器输出信号的替换。然而, 如果波束形成器的输出信号大于或等于已修正的输出信号幅值, 则系统进行到步骤 308, 其中波束形成器输出信号实际上被例如在上述等式中所给出的已修正输出信号替代。

[0084] 如果至少其中一个麦克风保持未被干扰, 则风噪声可以通过上述方法来有效地抑制。如果所有的麦克风都受到干扰, 则还需要对输出信号进行改善。在任何情况下, 为了附加噪声抑制而对输出信号的进一步处理都是可能的。

[0085] 代替如上所述取最小值, 还可能使用麦克风信号幅值的其它线性或非线性的函数来替换波束形成器的输出信号。例如, 中值或算术或几何平均数可以被使用。

[0086] 如前所述, 替换地, 还可能总是把信号修正保持在激活状态并且省去步骤 301 到 305。这意味着对于每个波束形成器的输出信号来说, 被修正的信号应该在步骤 306 中被确定, 后面紧随步骤 307 和 308。

[0087] 图 4 说明了一个例子, 即在图 3 的步骤 302 中没有检测到噪声的情况下。然后由

图 3 中的箭头 309 所指示,其后可以紧随图 4 的步骤。

[0088] 在第一步骤 401 中,检查是否波束形成器输出信号的修正当前已经被激活。否则,系统简单地继续噪声检测。

[0089] 然而,如果输出信号的修正以及从而噪声抑制实际上被激活,则在步骤 402 中检查在预定时间阈值  $\tau_H$  内是否没有检测到噪声。如果没有超过阈值,则系统简单地继续噪声检测。然而,如果在预定时间间隔内没有检测到噪声,则波束形成器输出信号的修正被撤销。

[0090] 这类撤销使系统变得更加有效。很明显地,上述噪声抑制是对波束形成器的补充。麦克风信号的实际波束形成器处理没有被修正,其特别地意味着这个方法可以与不同类型的波束形成器结合。

[0091] 噪声抑制方法特别地很适合于车辆应用。在汽车的情况下,可以使用由  $M = 4$  个直线排列的麦克风组成的麦克风阵列,其中两个邻近的麦克风分别具有 5 厘米的距离。波束形成器可以是具有 GSC 结构的自适应波束形成器。

[0092] 在这种情况下,方法的参数可以从下表中选择:

[0093]

信号的抽样频率	$f_A = 11025 \text{ Hz}$
DFT 长度	$N_{FFT} = 256$
二次抽样	$R = 64$
麦克风的数量	$M = 4$
测量	$Q_{dB,m}(k) = 10 \cdot \log_{10} \sum_{l=l_1}^{l_2}  X_{m,l}(k) ^2$
总和限制	$l_1 : 0 \text{ Hz}; l_2 : 250 \text{ Hz}$
判别函数	$\sigma^2(k) = \frac{1}{M-1} \sum_{m=1}^M (Q_{dB,m}(k) - \overline{Q_{dB}}(k))^2$
检测阈值	$S = 4$
撤销阈值	$\tau_H = 2,9 \text{ s}$

[0094] 根据本说明书,本发明进一步的修改和变化对于所属领域的技术人员来说是显而易见的。因此,本说明将被看作只是说明性的并且其目的是向所属领域技术人员讲授用于执行本发明的一般方法。应当理解,本文示出和描述的本发明的形式就被视作当前的优选实施例。

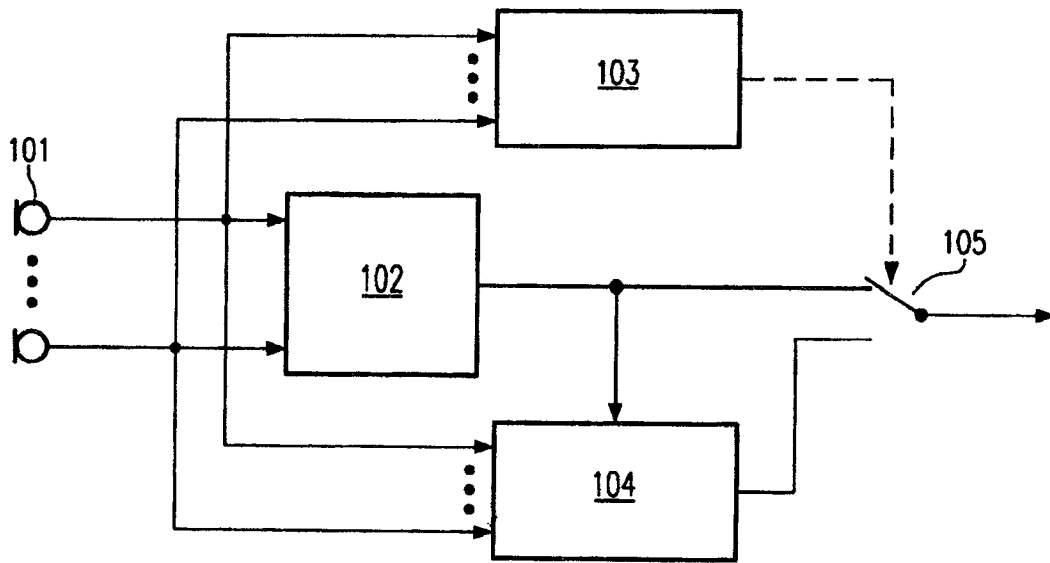


图 1

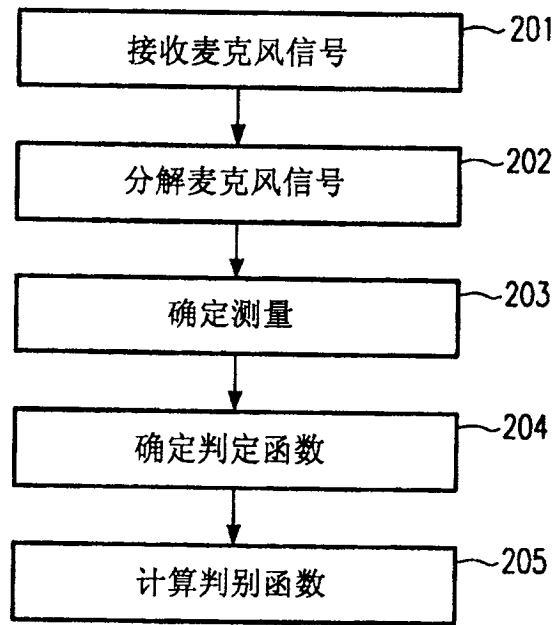


图 2

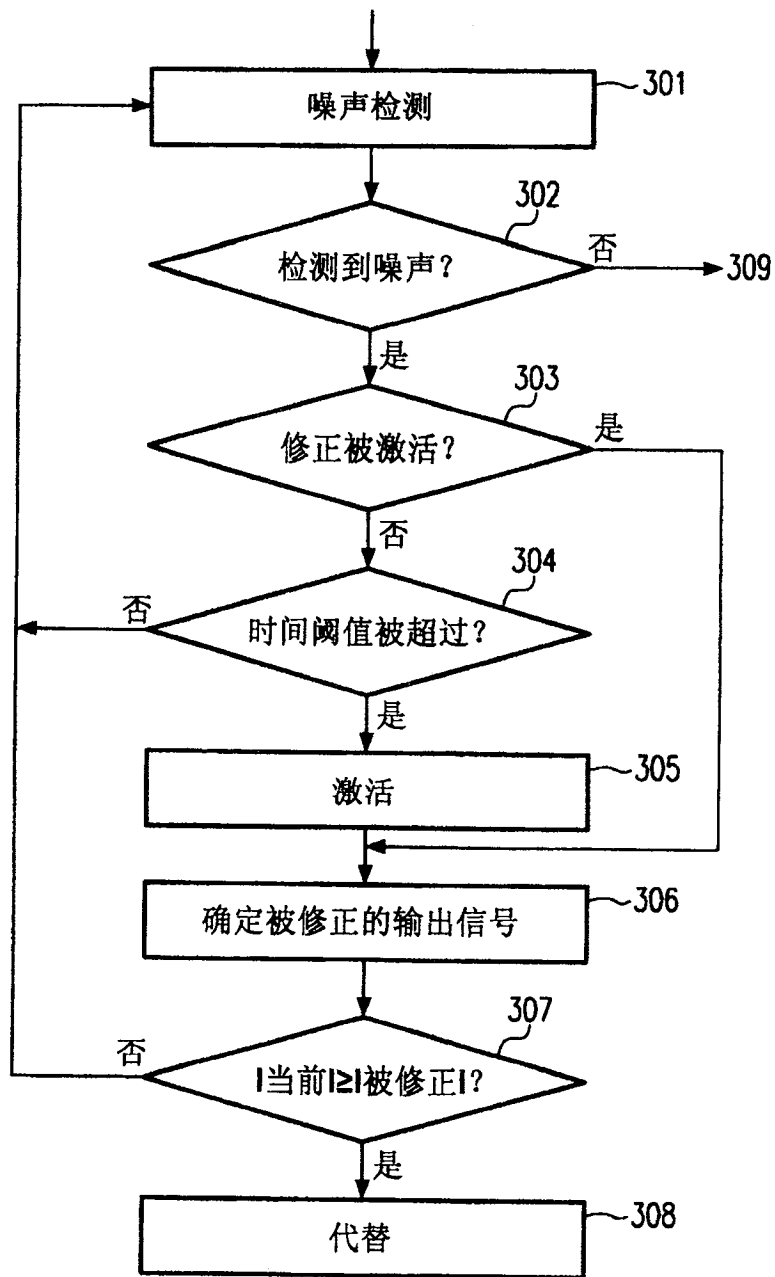


图 3

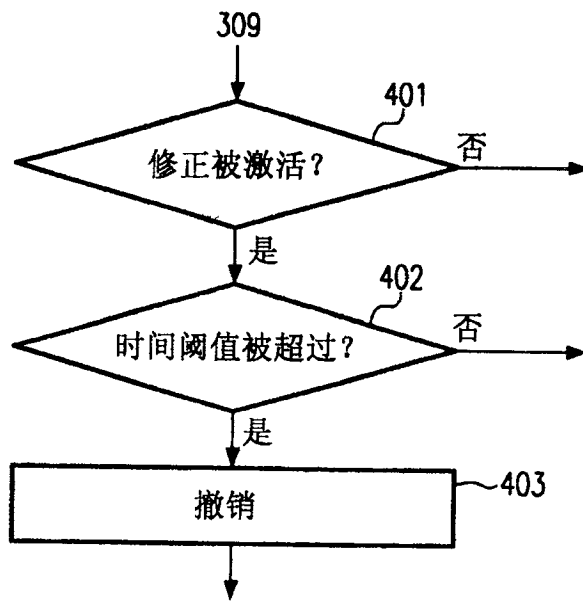


图 4