

一种噪声消除装置和方法

申请号：[200610144054.0](#)

申请日：2006-11-24

申请(专利权)人 [北京中星微电子有限公司](#)

地址 100083北京市海淀区学院路35号世宁大厦15层

发明(设计)人 [张晨](#) [邓昊](#) [冯宇红](#)

主分类号 [G10L21/02\(2006.01\)I](#)

分类号 [G10L21/02\(2006.01\)I](#)

公开(公告)号 1953059A

公开(公告)日 2007-04-25

专利代理机构

代理人

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G10L 21/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610144054.0

[45] 授权公告日 2009 年 8 月 5 日

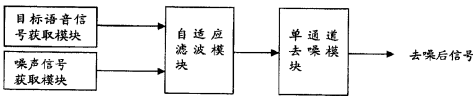
[11] 授权公告号 CN 100524465C

[22] 申请日 2006.11.24
[21] 申请号 200610144054.0
[73] 专利权人 北京中星微电子有限公司
地址 100083 北京市海淀区学院路 35 号
世宁大厦 15 层
[72] 发明人 张 晨 邓 昊 冯宇红
[56] 参考文献
CN1719516A 2006.1.11
CN1851806A 2006.10.25
CN1809105A 2006.7.26
审查员 邓 薇

权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 4 页

[54] 发明名称
一种噪声消除装置和方法

[57] 摘要
本发明公开了一种噪声消除装置和方法，使用两个麦克风构造两个零点分别指向前后方向的心形指向麦克风，使得处理之后的主麦克风一路信号主要包含目标语音，而另一路信号主要包含噪声；然后再采用频域自适应滤波，通过调节自适应滤波器的增益，来控制整个装置的波束指向范围；最后再通过单通道去噪算法，进一步消除主麦克风信号中的噪声成分。从而使得装置对于消除噪声和保持目标语音质量的性能上达到最优。可广泛应用于麦克风噪声消除领域。



1、一种噪声消除装置，其特征在于，包括：

目标语音信号获取模块，用于获取信号主要成分为语音信号的声音信号；

噪声信号获取模块，用于获取信号主要成分为噪声信号的声音信号；

自适应滤波模块，用于对所述噪声信号获取模块的输出信号进行模拟以得到所述目标语音信号获取模块中的噪声信号成分，然后从目标语音信号获取模块的输出中减去所述经过模拟得到的信号，以得到去除了噪声的语音信号；

单通道去噪模块，用于对所述自适应滤波模块的输出结果进行单通道去噪处理，得到进一步去除了噪声后的信号，

所述目标语音信号获取模块，为一指向目标语音信号方向的心形单指向性麦克风，用于吸收主要成分为目标语音信号的声音信号；

所述噪声信号获取模块，包括一全指向性麦克风以及一增益调整单元，及一减法器，所述全指向性麦克风用于吸收所有方向的声音信号，所述增益调整单元用于调整所述全指向性麦克风输出信号的增益，使得所述全指向性麦克风及心形单指向性麦克风吸收目标语音方向声音的增益相同，所述减法器用于将所述全指向性麦克风通过增益调整的信号与所述心形单指向性麦克风的输出相减，得到信号主要成分为噪声信号的声音信号；或者，所述噪声信号获取模块，为一指向与目标语音信号方向反向的心形单指向性麦克风，用于吸收主要成分为噪声信号的声音信号。

2、根据权利要求1所述的装置，其特征在于，所述自适应滤波模块为一频域自适应滤波器。

3、根据权利要求2所述的装置，其特征在于，所述频域自适应滤波器中包括系数调整单元，用于检测滤波器系数的大小，并在所述滤波器系数过大时，降低其值。

4、根据权利要求3所述的装置，其特征在于，所述滤波器系数被降低后的值为：令 $W(k+1)' = W(k+1) * \frac{Threshold}{\|W_{\max}(k+1)\|}$ ，

所述 $W(k+1) = [W_0(k+1), W_1(k+1) \dots W_{N-1}(k+1)]$, 是频域自适应滤波器的系数, 为一个 N 维的复数矢量, N 为系数长度;

所述 $W(k+1)'$ 为所述滤波器系数被降低后的值;

所述 $\|W_{\max}(k+1)\|$ 为 $W_0(k+1), W_1(k+1) \dots W_{N-1}(k+1)$ 的各个复数的模的最大值;

所述 $Threshold = \sqrt{\frac{1+\cos(\theta)}{1-\cos(\theta)}}$, 其中 θ 为希望保护的语音信号的输入角度值。

5、一种双麦克风噪声消除方法, 其特征在于, 包括:

获取目标语音信号, 即主要成分为语音信号的声音信号 $s(k)$;

获取噪声信号, 即主要成分为噪声的声音信号 $n(k)$;

自适应滤波步骤, 对所述 $n(k)$ 进行滤波, 以模拟得到所述 $s(k)$ 中的噪声信号成分, 然后令 $s(k)$ 减去模拟得到的噪声;

单通道去噪步骤, 对所述自适应滤波步骤的结果进行单通道去噪处理, 得到去除了噪声后的信号,

所述获取目标语音信号, 为使用一单指向性麦克风吸收目标语音方向的声音信号 $f(k)$, 即 $s(k) = f(k)$;

所述获取噪声信号, 包括: 使用一全指向性麦克风吸收所有方向的声音信号 $b(k)$; 调整所述 $b(k)$ 的增益 α , 使其与所述 $f(k)$ 在目标语音方向上的增益相同; 将所述通过增益调整后的信号 $\alpha * b(k)$ 与所述 $f(k)$ 相减, 得到信号主要成分为噪声信号的声音信号 $n(k)$, 即 $n(k) = \alpha * b(k) - f(k)$; 或者, 所述获取噪声信号, 为使用一心形单指向性麦克风吸收与目标语音方向反向的声音信号 $b'(k)$, 即 $n(k) = b'(k)$ 。

6、根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 所述自适应滤波步骤采用频域自适应滤波方法。

7、根据权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 在每次滤波器系数更新后检测滤波器系数的大小, 并在所述滤波器系数过大时, 降低其值。

8、根据权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 所述滤波器系数被降低后的值

为：令 $W(k+1)' = W(k+1) * \frac{Threshold}{\|W_{\max}(k+1)\|}$,

所述 $W(k+1) = [W_0(k+1), W_1(k+1) \dots W_{N-1}(k+1)]$, 是频域自适应滤波器的系数,
为一个 N 维的复数矢量, N 为系数长度;

所述 $W(k+1)'$ 为所述滤波器系数被降低后的值;

所述 $\|W_{\max}(k+1)\|$ 为所述 $W_0(k+1), W_1(k+1) \dots W_{N-1}(k+1)$ 的各个复数的模的最大
值;

所述 $Threshold = \sqrt{\frac{1+\cos(\theta)}{1-\cos(\theta)}}$, 其中 θ 为希望保护的语音信号的输入角度最大
值。

一种噪声消除装置和方法

技术领域

本发明涉及音频处理领域，特别涉及一种噪声消除装置和方法。

技术背景

麦克风接收的声音除了目标语音信号外，往往还包括背景人声、背景音乐等噪声。现有技术中噪声消除的方法主要分为单麦克风去噪和多麦克风即麦克风阵列去噪两种方法。

单麦克风去噪方法在特定的应用场景中可以取得较好的效果，其去噪原理一般都是利用目标语音和噪声成分在时-频域上的区别来进行噪声消除，如一般认为噪声信号的特性变化相对语音信号来说较为缓慢。因此对于一般情况，这种算法存在以下缺点：

- 1) 当噪声为非平稳类型，如背景人声、背景音乐时，去噪效果相对平稳类型噪声有所下降；
- 2) 信噪比较低（如低于0）时，去噪效果不明显；
- 3) 可能引入音乐噪声，所述音乐噪声是在噪声消除过程中因此需要在保持语音质量和抑制噪声之间做折中。

利用多麦克风去噪方法可以克服上述问题，以适应较为恶劣的声学环境，因此在数字助听器、车载语音设备或录音设备、飞行员及士兵的通信装置、会议麦克风、语音识别前端装置等领域得到了广泛的应用。相对于单麦克风去噪方法，多麦克风去噪方法主要利用了目标声源和噪声源在空间域上的差别，即各声源到麦克风的距离和方向不同来进行信号分离，从而实现噪声消除。

现有的肩并肩方式（broadside type）的双麦克风去噪装置主要有三种方式：采用两个全指向性麦克风；采用两个单指向性麦克风；采用一个全指向，一个单指向麦克风。所谓肩并肩方式指正前方目标语音信号到达两个麦克风的时刻相同，

称为 broadside type。

第一种，即采用两个全指向麦克风的方法，往往对目标语音的质量影响比较大，并且基本无法消除来自正后方的噪声。

第二种，即采用两个朝前指向的单指向性的麦克风的方法，除了利用单指向麦克风本身的特性对正后方的噪声有一定的抑制外，其他性能与第一种方案相似。

第三种，即一个单指向，一个全指向麦克风的组合方法，现有方案往往直接采用这两路信号来做自适应滤波，由于两路信号中都含有较强的语音成分，因此语音质量会有所下降。

综上所述，现有的双麦克风去噪方法，噪声消除的效果并不理想，而且在消除噪声的同时，会引起目标语音质量的下降。

发明内容

针对现有技术中肩并肩方式的双麦克风去噪方法的缺点，本发明的目的在于提供一种噪声消除装置和方法，可以有效消除噪声，同时不会引起目标语音质量的下降。

为了达到上述目的，本发明提供一种噪声消除装置，包括：

目标语音信号获取模块，用于获取信号主要成分为语音信号的声音信号；

噪声信号获取模块，用于获取信号主要成分为噪声信号的声音信号；

自适应滤波模块，用于利用所述噪声信号获取模块的输出信号模拟得到所述目标语音信号获取模块中的噪声信号成分，然后将模拟得到的信号从目标语音信号获取模块的输出中减去，以得到去除了噪声的语音信号；

单通道去噪模块，用于对所述自适应滤波模块的输出结果进行单通道去噪处理，得到进一步去除了噪声后的信号。

优选的，所述目标语音信号获取模块，为一指向目标语音信号方向的心形单指向性麦克风，用于吸收主要成分为目标语音信号的声音信号；

所述噪声信号获取模块，包括一全指向性麦克风以及一增益调整单元，及一减法器，所述全指向性麦克风用于吸收所有方向的声音信号，所述增益调整

单元用于调整所述全指向性麦克风输出信号的增益,使得所述全指向性麦克风及心形单指向性麦克风吸收目标语音方向声音的增益相同,所述减法器用于将所述全指向性麦克风通过增益调整的信号与所述心形单指向性麦克风的输出相减,得到信号主要成分为噪声信号的声音信号。

优选的,所述目标语音信号获取模块,为一指向目标语音信号方向的心形单指向性麦克风,用于吸收主要成分为目标语音信号的声音信号;

所述噪声信号获取模块,为一指向与目标语音信号方向反向的单指向性麦克风,用于吸收主要成分为噪声信号的声音信号。

优选的,所述自适应滤波模块为一频域自适应滤波器。

优选的,所述频域自适应滤波器中包括系数调整单元,用于检测滤波器系数的大小,并在所述滤波器系数过大时,降低其值。

优选的,所述降低滤波器系数的值具体为:令 $W(k+1)' = W(k+1) * \frac{Threshold}{\|W_{\max}(k+1)\|}$,

$W(k+1) = [W_0(k+1), W_1(k+1) \dots W_{N-1}(k+1)]$, 是频域自适应滤波器的系数,为一个N维的复数矢量,N为系数长度;

$\|W_{\max}(k+1)\|$ 为 $W_0(k+1), W_1(k+1) \dots W_{N-1}(k+1)$ 的各个复数的模的最大值;

$Threshold = \sqrt{\frac{1+\cos(\theta)}{1-\cos(\theta)}}$, 其中 θ 为希望保护的语音信号的输入角度值。

本发明还提供一种噪声消除方法,包括以下步骤:

获取目标语音信号,即主要成分为语音信号的声音信号 $s(k)$;

获取噪声信号,即主要成分为噪声的声音信号 $n(k)$;

自适应滤波步骤,对所述 $n(k)$ 进行滤波,以模拟得到所述 $s(k)$ 中的噪声信号成分,然后令 $s(k)$ 减去模拟得到的噪声;

单通道去噪步骤,对所述自适应滤波步骤的结果进行单通道去噪处理,得到去除了噪声后的信号。

优选的,所述获取目标语音信号,为使用一单指向性麦克风吸收目标语音

方向的声音信号 $f(k)$, 即 $s(k) = f(k)$;

所述获取噪声信号, 包括:

使用一全指向性麦克风吸收所有方向的声音信号 $b(k)$;

调整所述 $b(k)$ 的增益 α , 使其与所述 $f(k)$ 在目标语音方向上的增益相同;

将所述通过增益调整后的信号 $\alpha * b(k)$ 与所述 $f(k)$ 相减, 得到信号主要成分为噪声信号的声音信号 $n(k)$, 即 $n(k) = \alpha * b(k) - f(k)$ 。

优选的, 所述获取目标语音信号, 为使用一单指向性麦克风吸收目标语音方向的声音信号 $f'(k)$, 即 $s(k) = f'(k)$;

所述获取噪声信号, 为使用一心形单指向性麦克风吸收与目标语音方向反向的声音信号 $b'(k)$, 即 $n(k) = b'(k)$ 。

优选的, 所述自适应滤波步骤采用频域自适应滤波方法。

优选的, 在每次滤波器系数更新后检测滤波器系数的大小, 并在所述滤波器系数过大时, 降低其值。

优选的, 所述降低滤波器系数的值具体为: 令 $W(k+1)' = W(k+1) * \frac{Threshold}{\|W_{\max}(k+1)\|}$,

所述 $W(k+1) = [W_0(k+1), W_1(k+1) \dots W_{N-1}(k+1)]$, 是频域自适应滤波器的系数, 为一个 N 维的复数矢量, N 为系数长度;

所述 $\|W_{\max}(k+1)\|$ 为所述 $W_0(k+1), W_1(k+1) \dots W_{N-1}(k+1)$ 的各个复数的模的最大值;

所述 $Threshold = \sqrt{\frac{1 + \cos(\theta)}{1 - \cos(\theta)}}$, 其中 θ 为希望保护的语音信号的输入角度最大

值。

本发明与现有技术不同之处在于, 利用两个麦克风使得处理之后的主麦克风一路信号主要包含目标语音, 而辅麦克风一路信号主要包含噪声; 然后再采用频域自适应滤波, 并且通过调节自适应滤波器的增益, 来控制整个装置的波束指向范围, 从而使得装置对于消除噪声和保持目标语音质量的性能上达到最优。使用本发明, 可以有效消除噪声, 同时不降低目标语音的质量。

附图说明

- 图 1: 本发明装置的基本原理框图;
图 2: 本发明实施例一的电路框图;
图 3: 本发明实施例二的电路框图;
图 4: 波束形成原理图;
图 5: 频域 LMS 算法示意图;
图 6: 全指向性麦克风和心形单指向性麦克风极性图;
图 7: 本发明方法示意图。

具体实施方式

本发明在现有技术的基础上, 经过充分的理论研究和大量的实验, 提出一种新的肩并肩式的双麦克风去噪的装置及方法。本发明使用两个麦克风构造两个零点分别指向前后方向的心形指向麦克风, 使得处理之后的主麦克风一路信号主要包含目标语音, 而另一路信号主要包含噪声。在文中提到的指向前方即指向目标语音方向, 指向后方即指向目标语音的反方向; 主麦克风一路是指采集主要包含目标语音信号的一路麦克风, 而辅麦克风一路是指处理后得到的信号主要为噪音信号的一路麦克风。

下面结合说明书附图, 详细说明本发明的装置和方法。

如图 1 所示, 为本发明装置的基本原理框图。其中包括: 目标语音信号获取模块, 用于获取主要成分为语音信号的声音信号;

噪声信号获取模块, 用于获取主要成分为噪声信号的声音信号;

自适应滤波模块, 用于利用所述噪声信号获取模块的输出信号模拟得到所述目标语音信号获取模块中的噪声信号成分;

单通道去噪模块, 用于令目标语音信号获取模块的输出与自适应滤波模块的输出相减, 以得到去除了噪声的语音信号。

在此给出本发明装置的两个实施例。第一实施例如图 2 所示, 是利用一个心形单指向性麦克风采集主要成分为目标语音信号的 $f(x)$, 同时利用一个全指向性麦克风采集声音信号 $b(x)$, 然后利用波束形成模块对所述 $f(x)$ 和 $b(x)$ 进行处理, 以构造两个信号增益的零点分别指向前后方向的心形指向麦克风。第二实

施例如图 3 所示是直接使用两个分别指向前后方向的心形单指向性麦克风。上述两种方式都可以使得处理之后的主麦克风一路信号主要包含目标语音，而另一路信号主要包含噪声。然后采用频域自适应滤波器，通过调节其增益，来控制整个装置的波束指向范围。最后再通过单通道去噪模块，进一步消除主麦克风信号中的噪声成分。从而使得装置对于消除噪声和保持目标语音质量的性能上达到最优。

该两个实施例，构造两个信号增益的零点分别指向前后方向的心形指向麦克风的方式各有不同，下面详述其构造原理。

如图 4 所示：第一实施例中波束的形成需要包括心形单指向性麦克风，其增益的特性曲线如图中单指向性麦克风右边的心形图所示，其指向目标语音方向即前方的增益最大，对于后方的声音信号的增益最小为 0。还包括全指向性麦克风，以各向相同的增益收集各个方向的声音信号。图 2 中所示的波束形成模块在图 4 中由增益调整模块和减法器组成。图中所示的增益调整模块用于调整所述全指向性麦克风输出信号的增益，使得所述全指向性麦克风及心形单指向性麦克风吸收目标语音方向声音的增益相同，所述减法器用于将所述全指向性麦克风通过增益调整的信号与所述心形单指向性麦克风的输出相减，得到的差值中含有较少的目标语音信号，主要包含其他方向的噪声信号。

波束形成用数学表达式可以表示为：

$$s(k) = f(k) \quad (1.1)$$

$$n(k) = \alpha * b(k) - f(k) \quad (1.2)$$

其中：

$f(k)$ ：指向目标语音（定义为 0 度方向）的心形单指向性麦克风接收到的信号；

$b(k)$ ：全指向性麦克风接收到的信号；

$s(k)$ ：构造得到的零点为 180 度的心形指向麦克风的输出，理论上其主要成分为前方入射的目标语音信号。

$n(k)$ ：构造得到的零点为 0 度的心形指向麦克风的输出，理论上其主要成分为后方入射的噪声信号。

α ：增益因子，由增益调整模块调整得到，用来校正麦克风，使得两个麦

克风吸收正前方信号的增益相同。

经过这种波束形成方法的处理,可以使得主麦克风一路信号主要包含目标语音,而另一路辅麦克风信号主要包含噪声。这样就为下一步自适应滤波提供了理想的条件。

本发明中的第二实施例,两个分别前后指向的心形单指向性麦克风采集到的信号,等同于实施例一通过波束形成处理后产生的两路信号,因而不需要波束形成,直接进行自适应滤波。具体为使用一心形单指向性麦克风指向前方,吸收目标语音方向的声音信号 $f'(k)$, 即 $s(k) = f'(k)$; 另外,使用一心形单指向性麦克风吸收与目标语音方向反向的声音信号 $b'(k)$, 即 $n(k) = b'(k)$ 。

下面介绍频域自适应滤波模块。本发明之所以采用频域自适应滤波,主要是考虑到以下四点:

- 1) 频域自适应滤波运算复杂度低,具有更高的效率;
- 2) 频域自适应滤波鲁棒性能更好;
- 3) 频域自适应滤波,频率选择特性好,能同时消除频率成分存在差异的多个干扰噪声源产生的噪声;
- 4) 便于应用本发明提出的方法,通过调节自适应滤波器的增益,来控制整个装置的波束指向范围。

在此,简单介绍一下本发明中使用的频域自适应滤波的方法。在此采用频域的 LMS 算法,如图 5 表示,其中细箭头代表时域信号处理,粗箭头代表频域信号处理。采用频域自适应滤波,信号要分帧处理。我们知道,长序列截短后分块处理再合并,需要采用重叠相加法或者重叠保留法避免混叠,本文采用重叠保留法。

首先,假设我们采用自适应滤波器的阶数是 M , 其时域滤波器系数记为 $w(k)$, 因采用重叠保留法,为避免混叠,将 M 阶的滤波器扩展 M 个 0, 组成 $N=2M$ 个系数的滤波器,经 FFT 处理后得到滤波器的频域系数向量为:

$$W(k) = FFT \begin{bmatrix} w(k) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

从上式可以看出,频域自适应滤波器系数向量长度是时域系数向量的 2 倍。

对于频域自适应滤波算法, 自适应滤波和滤波器系数更新都是在频域中完成的, 所以将不出现时域滤波器的形式。值得注意的是以后我们提到的 FFT 或者逆 FFT 都是 N 点的 FFT。

接着我们考虑输入信号, 在以下频域自适应滤波方法的叙述中, 所述 $\bar{u}'(k)$ 即为上文中所述的主要成分为噪声信号的 $n(k)$ 经分帧后的数据, 每帧数据长度为 M , 将上一帧 $\bar{u}'(k-1)$ 和当前帧 $\bar{u}'(k)$ 合并为一个帧 $\bar{u}(k)$, 如下所示:

$$\bar{u}(k) = \underbrace{u(kM-M), \dots, u(kM-1)}_{\text{上一帧(记为 } k-1)} \underbrace{u(kM), \dots, u(kM+M-1)}_{\text{当前帧(记为 } k)} \quad (2.2)$$

其中 $\bar{u}(k)$ 为合并后的大帧, 长度为 $N=2M$ 。

将 $\bar{u}(k)$ 做 FFT, 转换到频域有:

$$U(k) = FFT[\bar{u}(k)] \quad (2.3)$$

然后我们采用重叠保留法, 对输入信号进行滤波, 即是时域上的卷积, 或者频域上的相乘, 即有:

$$\bar{y}(k) = [y(kM), y(kM+1), \dots, y(kM+M-1)] = IFFT[U(k) * W(k)] \quad (2.4)$$

其中 IFFT 的结果取后 M 个结果,

在此用 $\bar{d}(k)$ 表示上文中所述的主要成分为语音信号的 $s(k)$:

$$\bar{d}(k) = [d(kM), d(kM+1), \dots, d(kM+M-1)] \quad (2.5)$$

则滤波结果信号为:

$$\begin{aligned} \bar{e}(k) &= [e(kM), e(kM+1), \dots, e(kM+M-1)] \\ &= \bar{d}(k) - \bar{y}(k) \end{aligned} \quad (2.6)$$

经过 FFT, 得到频域的误差信号矢量为:

$$E(k) = FFT \begin{bmatrix} 0 \\ \bar{e}(k) \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

和时域 LMS 相似, 现在我们通过误差信号矢量 $E(k)$ 和输入信号矢量来计算自适应滤波器系数矢量的更新量。在频域中, 自适应滤波器系数矢量的更新量是通过计算误差信号和输入信号的相关性确定的, 由于线性相关从形式上看相当与一个逆的线性卷积, 所以, 借助于时域的卷积在频域上有 FFT 的快速算法, 根据重叠保留法, 有

$$\bar{\phi}(k) = \text{IFFT}[U^H(k) * E(k)] \quad (2.8)$$

所述 IFFT 结果取前 M 个值。

最后我们利用 $\bar{\phi}(k)$ 来更新自适应滤波器系数，注意到频域的滤波器系数是将时域系数后面补零，然后经 FFT 处理生成的。所以相应的，我们就得到了滤波器系数更新的频域形式 $W(k+1)$ 如下：

$$W(k+1) = W(k) + \mu \text{FFT} \begin{bmatrix} \phi(k) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

其中， μ 为滤波器的步长。

从上面的叙述可以看出，自适应滤波的作用就是使波束形成后的辅麦克风那一路信号 $n(k)$ ，通过自适应滤波器的滤波，能够模拟主麦克风中的噪声信号。从而进一步将主麦克风中的噪声信号消除。

然而由于麦克风特性并不是理想的，因此，辅麦克风那一路信号中含有一定的目标语音信号，因此，如果对自适应滤波器不加控制，就有可能消除一部分语音信号，从而引起语音质量的下降，目前，现有的很多算法都存在这个问题。

本文提出通过调节自适应滤波器的增益，来控制整个装置的波束指向范围，使得在装置波束指向范围内的声音不会被自适应滤波器削弱，这样就能保证目标语音质量不会下降。

之所以能够采用增益控制的方法，是由于，通过所述的波束形成后的两路信号，主麦克风一路的目标语音信号远远大于辅麦克风一路的目标语音信号。如果自适应滤波器试图消除主麦克风中的目标语音的话，滤波器系数的幅度需要比较大才行，也就是说自适应滤波器需要较大的增益。如果我们限制自适应滤波器的增益在一个阈值以内，那么自适应滤波器就无法消除目标语音了。

采用的方法就是在每次系数更新后，检查一下系数的大小，如果大于设定的阈值，我们就认为自适应滤波器试图消除目标语音了。于是降低滤波器的增益，保护目标语音质量。具体来说，对于频域 NLMS 算法，如前面所述，系数更新如下式所示：

$$W(k+1) = W(k) + \mu \text{FFT} \begin{bmatrix} \phi(k) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

式中 $W(k+1)$ 为更新后的频域自适应滤波器系数, 是一个 N 维复数矢量, N 为 FFT 点数, 即 $W(k+1) = [W_0(k+1), W_1(k+1), \dots, W_{N-1}(k+1)]^T$ (2.10)

系数的大小, 我们用复数的模来量度, 即:

$$[\|W_0(k+1)\|, \|W_1(k+1)\|, \dots, \|W_{N-1}(k+1)\|]^T \quad (2.11)$$

对于 $\|W_i(k+1)\|$, $i=0, 1, \dots, N-1$, 搜索找到最大的系数的模 $\|W_{\max}(k+1)\|$, 若 $\|W_{\max}(k+1)\| > \text{Threshold}$, 则判定此时自适应滤波器试图消除目标语音, 于是降低滤波器的增益, 即: $W(k+1)' = W(k+1) * \frac{\text{Threshold}}{\|W_{\max}(k+1)\|}$ 。

下面介绍 Threshold 值的选取。

首先参考本发明实施例 1 中用到的心形单指向性麦克风和全指向性麦克风极性图, 如图 6 所示: 其中全指向性麦克风的极性不随角度变化, 而心形单指向性麦克风, 在 0 度角时最大, 180 度角时最小, 可以用数学表达式表示如下:

$$\begin{cases} P_{\text{omni}} = 1 \\ P_{\text{uni}} = 0.5(1 + \cos \theta) \end{cases} \quad 0 \leq \theta < 360, \text{ 其中 } P_{\text{omni}} \text{ 表示全指向麦克风的极性,}$$

而 P_{uni} 表示心形单指向性麦克风的极性。

则, 波束形成后的主麦克风路和辅麦克风路的极性比值为

$$P(\theta) = \frac{P_{\text{uni}}}{P_{\text{omni}} - P_{\text{uni}}} = \frac{1 + \cos \theta}{1 - \cos \theta},$$

对于实施例二, 由于采用了两个心形单指向性麦克风, 极性相反, 即指向的角度相差 180 度, 可以用数学表达式表示如下:

$$\begin{cases} P_{\text{uni_ref}} = 0.5(1 + \cos(\theta + 180)) \\ P_{\text{uni}} = 0.5(1 + \cos \theta) \end{cases} \quad 0 \leq \theta < 360, \text{ 其中 } P_{\text{uni}} \text{ 表示主麦克风的极性, 而}$$

$P_{\text{uni_ref}}$ 表示辅麦克风的极性。

$$\text{则主麦克风路和辅麦克风路的极性比值为: } P(\theta) = \frac{P_{\text{uni}}}{P_{\text{uni_ref}}} = \frac{1 + \cos \theta}{1 - \cos \theta}。$$

可以看出, 由实施例一和二都可得出以下结论, 即 $P(\theta)$ 在 0 度时为极大, 180 度时为 0, 90 度时为 1。即波束形成后的主麦克风路和辅麦克风路的能量对比, 在 0 度时, 前者远远大于后者, 180 度时, 前者远远小于后者, 90 度时两者差不多大。因此我们可以根据 $P(\theta)$ 来确定 Threshold , 如下式所示:

$$\text{Threshold} = P(\theta)$$

比如, 我们希望保护以 0 度角为中心, 左右各偏移 30 度角这个范围内的信

号。那么可以求出： $Threshold = P(\pi/6) = \sqrt{\frac{1 + \cos(\pi/6)}{1 - \cos(\pi/6)}} \approx 3.73$ 。

单通道去噪主要有三种方式：维纳滤波、减谱法和短时谱调整法，本发明中的单通道去噪模块采用短时谱调整法去除残余的噪声。很多文献中都有介绍，此处省略其叙述。

本发明的方法流程图见图 7 所示，其详细内容在前述的装置介绍中已有体现，在此不予赘述。

以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换等，均应包含在本发明的保护范围之内。

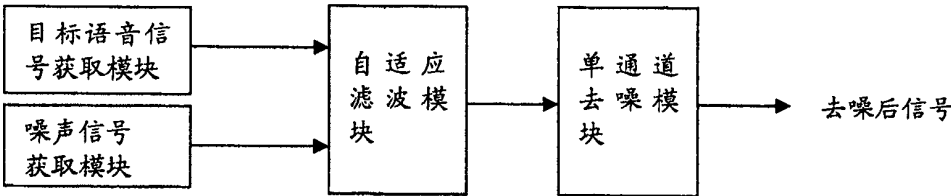


图 1

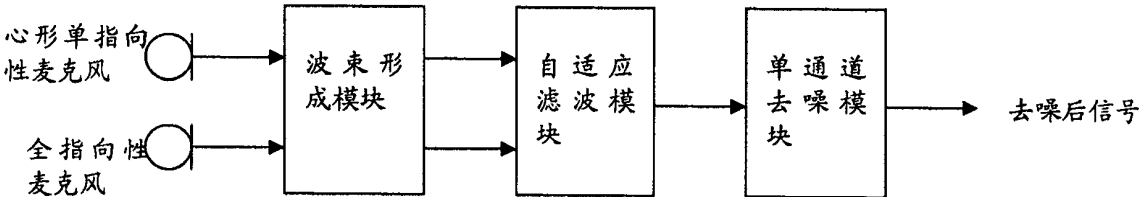


图 2

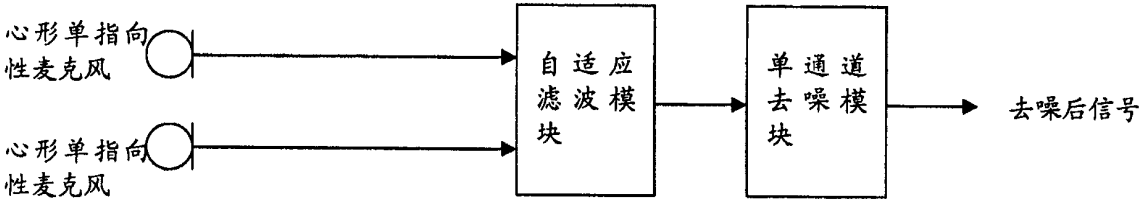


图 3

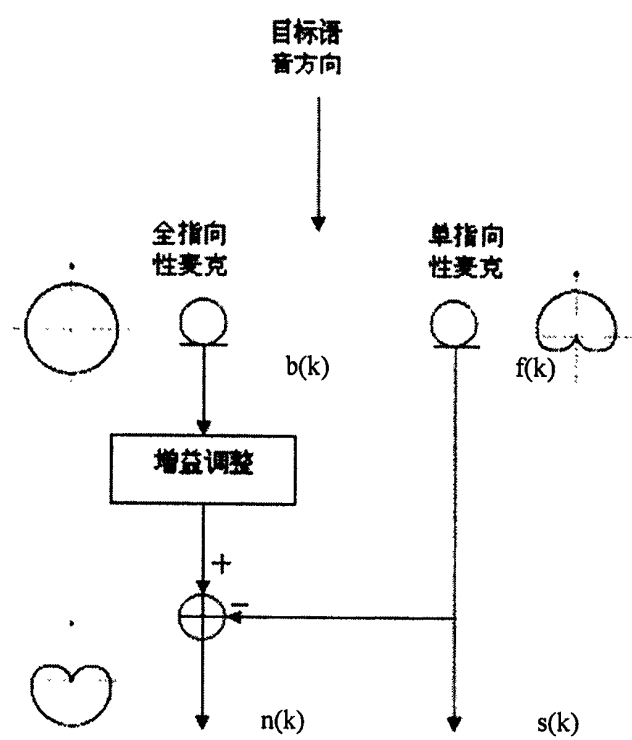


图 4

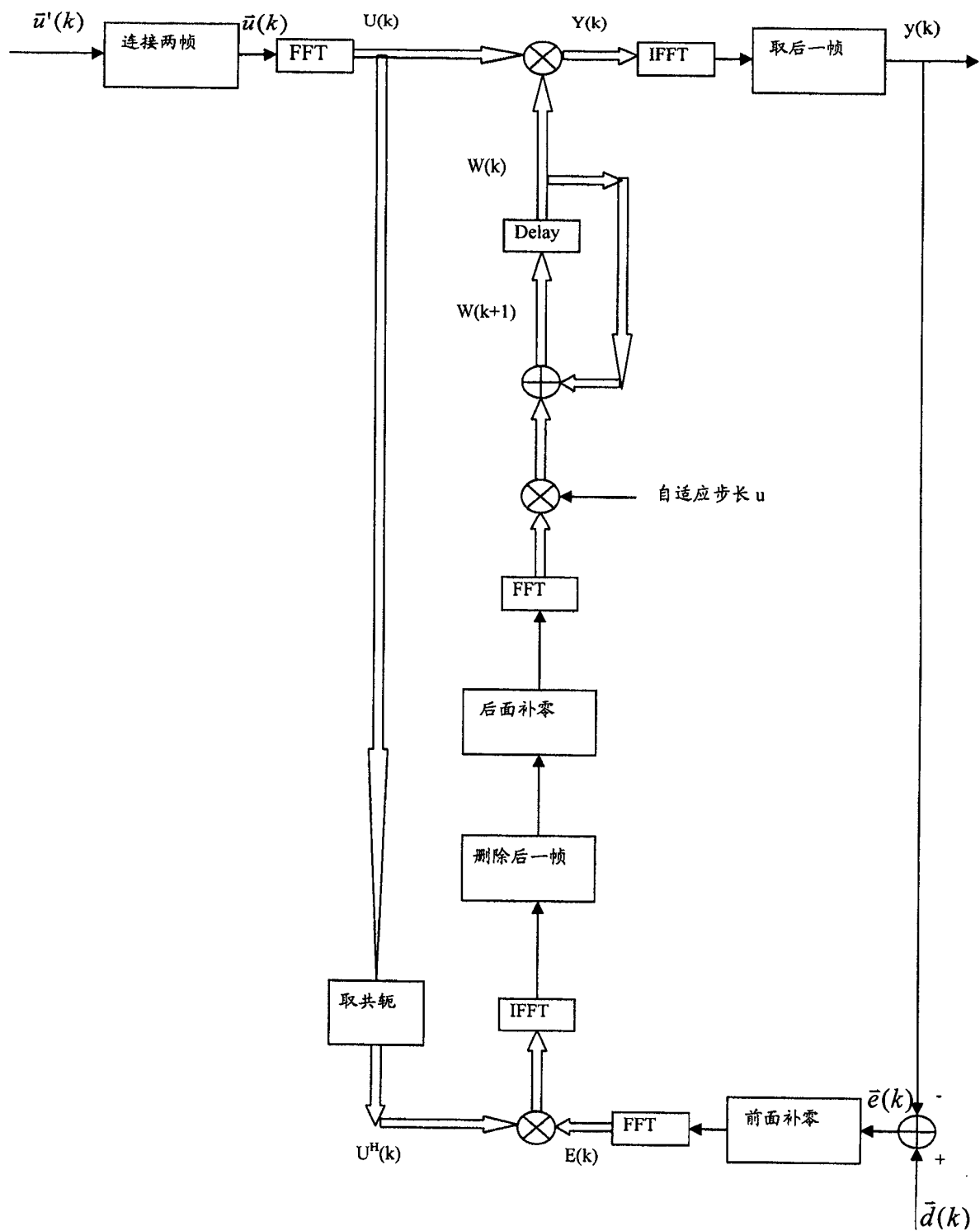


图 5

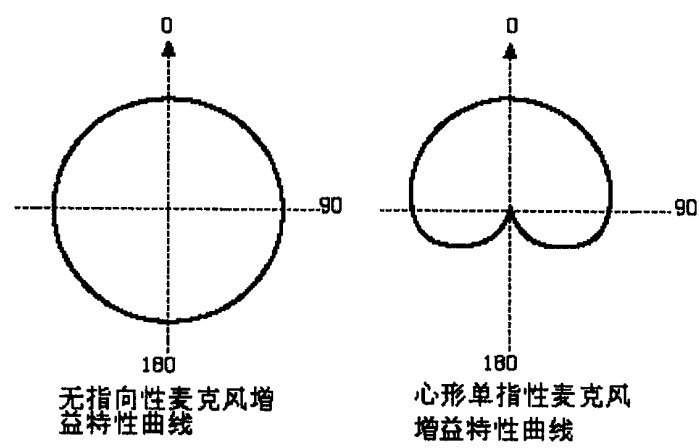


图 6

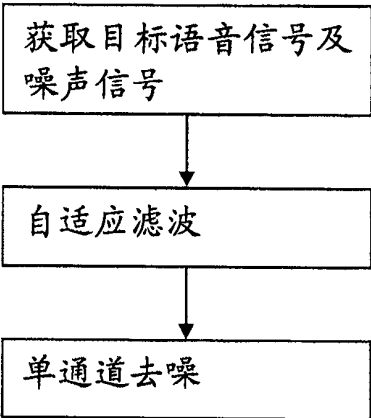


图 7