

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公开说明书

G10L 21/02 (2006.01)

H04R 25/00 (2006.01)

H04M 3/56 (2006.01)

H03H 21/00 (2006.01)

[21] 申请号 200510084210.4

[43] 公开日 2006年1月11日

[11] 公开号 CN 1719516A

[22] 申请日 2005.7.15

[21] 申请号 200510084210.4

[71] 申请人 北京中星微电子有限公司

地址 100080 北京市海淀区学院路35号世宁大厦15层

[72] 发明人 林中松

[74] 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

代理人 郝庆芬

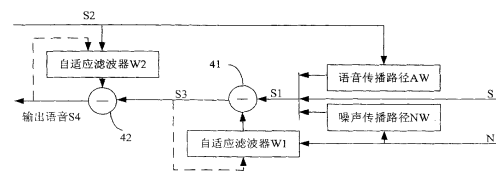
权利要求书3页 说明书11页 附图6页

[54] 发明名称

自适应滤波装置以及自适应滤波方法

[57] 摘要

本发明提供一种自适应滤波装置以及自适应滤波方法。其中，该自适应滤波器包括：第一自适应滤波器，用于根据参考噪声估计出该包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中的噪声；第一减法器，用于从包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中减去第一自适应滤波器所估计出来的噪声，获得并输出消除噪声后的语音信号；第二自适应滤波器，用于根据远端说话人的语音信号估计出该包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中的回声；以及第二减法器，用于从来自第一减法器的消除噪声后的语音信号中减去由自适应滤波器所估计出的回声，获得并输出干净的语音信号。



1. 一种自适应滤波装置，用于消除包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中的噪声和回声，其特征在于，包括：

第一自适应滤波器，用于根据参考噪声估计出该包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中的噪声；

第一减法器，用于从包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中减去第一自适应滤波器所估计出来的噪声，获得并输出消除噪声后的语音信号，同时将该消除噪声后的语音信号作为反馈信号反馈到第一自适应滤波器；

第二自适应滤波器，用于根据远端说话人的语音信号估计出该包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中的回声；以及

第二减法器，用于从来自第一减法器的消除噪声后的语音信号中减去由自适应滤波器所估计出的回声，获得并输出干净的语音信号，同时将该干净的语音信号作为反馈信号反馈到第二自适应滤波器。

2. 如权利要求 1 所述的自适应滤波装置，其特征在于，

第一自适应滤波器估计出噪声后更新归一化步长，并根据其反馈信号和更新的归一化步长更新系数；以及

第二自适应滤波器估计出回声后更新归一化步长，并根据其反馈信号和更新归一化步长更新系数。

3. 如权利要求 1 所述的自适应滤波装置，其特征在于，第一减法器 and 第二减法器分别具有数目相同的多个减法器，并且该自适应滤波装置进一步包括：

第一 PQMF 分析滤波器组，具有与第一减法器中的减法器数目相同的 PQMF 分析滤波器，用于在包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号进入第一减法器之前，将其分成与 PQMF 分析滤波器数目对应的子带，并分别对每个子带进行降采样处理，然后，将降采样处理后的每个子带输入到第一减法器中；

第二 PQMF 分析滤波器组，具有与第一减法器中的减法器数目相同的

PQMF 分析滤波器，用于在参考噪声进入第一自适应滤波器之前，将参考噪声分成与其 PQMF 分析滤波器数目对应的多个子带，并对每个子带进行降采样处理，然后，将降采样处理后的每个子带输入到第一自适应滤波器中，第一减法器的各个减法器从该包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号的各个子带中减去第一自适应滤波器估计出的对应子带的噪声，获得并输出各个子带的消除噪声后的语音信号，同时将该各个子带的消除噪声后的语音信号分别作为反馈信号反馈到第一自适应滤波器；

第三 PQMF 分析滤波器组，具有与上述第二减法器中的减法器数目相同的 PQMF 分析滤波器，用于在远端说话人的语音信号进入第二自适应滤波器之前，将其分成与第二减法器中的减法器数目对应的多个子带，并对每个子带进行降采样处理，然后，将降采样处理后的每个子带输入到第二自适应滤波器中，第二减法器的各个减法器从该来自第一减法器的语音信号的各个子带中减去第二自适应滤波器估计出的对应子带的回声，获得并输出各个子带消除噪声和回声后的纯净语音信号，同时将该各个子带的消除噪声和回声后的纯净语音信号分别作为反馈信号反馈到第二自适应滤波器；以及

PQMF 合成滤波器，用于将第二减法器输出各个子带的纯净语音信号进行合成，获得本地说话人的纯净的语音信号。

4. 如权利要求 3 所述的自适应滤波装置，其特征在于，

第一自适应滤波器估计出每个子带的噪声后更新归一化步长，并根据其各个子带的反馈信号和更新的归一化步长更新系数；以及

第二自适应滤波器估计出每个子带的回声后更新归一化步长，并根据其各个子带的反馈信号和更新的归一化步长更新系数。

5. 一种如权利要求 1 所述的自适应滤波装置的自适应滤波方法，包括以下步骤：

步骤一、利用第一自适应滤波器根据参考噪声估计出包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中的噪声，和利用第二自适应滤波器根据远端说话人的语音信号估计出包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中回声；

步骤二、分别更新第一自适应滤波器和第二自适应滤波器的归一化步长；

步骤三、利用第一减法器从包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中减去步骤一中估计出的噪声，获得消除噪声后的语音信号，同时将该消除噪声后的语音信号反馈到第一自适应滤波器，第一自适应滤波器根据其更新后的归一化步长和反馈信号来更新系数；以及

步骤四、利用第二减法器从上述消除噪声后的语音信号中减去步骤一中估计出的回声，进而获得干净的语音信号，同时将该干净的语音信号反馈到第二自适应滤波器，第二自适应滤波器根据其更新后的归一化步长和反馈信号来更新系数。

6. 如权利要求5所述的自适应滤波方法，其中，上述步骤二中的更新第一自适应滤波器的步骤可在步骤三中在消除噪声后的语音信号反馈到第一自适应滤波器之前进行。

7. 如权利要求6所述的自适应滤波方法，其中，上述步骤二中的更新第二自适应滤波器的步骤可在步骤四中在该干净的语音信号反馈到第二自适应滤波器之前进行。

8. 如权利要求5所述的自适应滤波方法，其中，上述步骤二中的更新第二自适应滤波器的步骤可在步骤四中在该干净的语音信号反馈到第二自适应滤波器之前进行。

9. 如权利要求5至8任一项所述的自适应滤波方法，其中，当上述的参考噪声，远端说话人的语音信号，以及包括噪声、回声和本地说话人的语音信号的语音信号为利用 PQMF 分析滤波器组分成的各自的经过降采样处理的子带时，该方法进一步包括：

步骤五、利用 PQMF 合成滤波器，将第二减法器输出各个子带的纯净语音信号进行合成，获得本地说话人的纯净的语音信号。

## 自适应滤波装置以及自适应滤波方法

### 技术领域

本发明涉及一种噪声和回声消除装置以及一种噪声和回声消除方法，特别是涉及一种采用自适应滤波器来消除噪声和回声的自适应滤波装置以及自适应滤波方法。

### 背景技术

噪声和回声消除都是信号处理中面临的重要问题，关于这两个问题在信号处理刚刚出现时就有人研究，在现在还是研究的热点之一。

通常，在语音传输和处理中，噪声和回声主要通过以下两种情况而产生。

引入噪声的情况：存在两个相邻的语音源和噪声源，并且采用麦克风 A 和麦克风 B 对语音源进行录制时，假设麦克风 A 离语音源近而离噪声源远，麦克风 B 离噪声源近而离语音源远。这时，可以通过麦克风 A 和 B 录制到一个双声道的语音信号。但是，由于噪声源的存在，麦克风 A 和 B 都会录制到噪声，从而导致音质变差。当然以上只是以两个相邻的语音源和噪声源为例，实际上，还存在多种语音源和噪声源共存的情况，这时，噪声对语音的影响将变得更严重。

引入回声的情况：回音是实时电话会议系统中常面临的问题。本地说话人 A 的语音在经过一定的延迟之后，被远端的接收器所接收，并且通过远端的音箱播放出来。同时，远端有一个说话人 B 试图与说话人 A 交谈，其语音连同音箱所播放的说话人 A 的语音一起被录制与传输，在本地被接收。这样说话人 A 在听到说话人 B 的语音时，同时听到自己的声音在经过一定的延迟之后被传送回来，这种现象被称为回声现象。当回声严重时，会使得实时电话会议的效果很差，甚至可能导致双方无法正常开展会议。

因此，在语音处理中的一个很重要的课题就是要减小或者消除引入的噪声和回声。

通常上述引入的噪声和回声，可以通过自适应滤波器来减小或者消除。

对于减小或者消除噪声的情况，如图 1 所示，假设将麦克风 A 所录制的声音所在信道称为信道 A，其中信道 A 中的信号为带噪语音，而将麦克风 B 所录制的声音所在信道称为信道 B，该信道 B 中的信号为参考噪声。

一种使用自适应滤波器减小噪声干扰的方法是：

首先，自适应滤波器 11，利用信道 B 中的参考噪声估计出带噪语音中的噪声；

然后，利用减法器 12，从信道 A 中的带噪语音中减去自适应滤波器 11 所估计出的噪声从而获得干净的语音，并且将干净语音作为反馈信号提供到自适应滤波器 11。这样，可以提高带噪语音的信噪比。

对于减小或者消除回声的情况，将参考图 2 进行说明。

为了反映实时电话会议中的真实语音状况，这里同时考虑了本地的语音信号源（说话人 A 所发出的声音）和噪声源，远端说话人的语音信号以及回声信号（经过音箱播放后的远端说话人的语音信号）。

为了减小或者消除回声对说话人 A 的声音的影响，可以使用自适应滤波器 21 进行处理，其方法如下：

首先，通过自适应滤波器 21，利用音箱所发出的声音所在信道的远端说话人的语音信号，估计出说话人 A 的语音中可能包含的回声；

通过减法器 22，从包含回声信号、说话人 A 的声音以及噪声的信号中减去自适应滤波器 21 所估计出的回声，获得消除回声的语音信号（带有噪声），并且将该消除回声后的语音信号作为反馈信号提供到自适应滤波器 21。这样，可以减小或者消除回声对实时电话会议的影响。

现有常用的自适应滤波算法通常包括最小均方误差（Least Mean Square, LMS）算法和递归最小方差（Recursive Least Square, RLS）算法。假设自适应滤波器的阶数为  $N$ ，LMS 算法的运算量为  $O(N)$ ，而 RLS 算法的运算量为  $O(N*N)$ 。因为 LMS 算法的运算量和对内存的需求量都很小，成为在 DSP 中广泛运用的一种算法。LMS 算法中最常使用的是 NLMS 算法（归一化最小均方误差），NLMS 算法又包括时域 NLMS、子带 NLMS 和频域 NLMS。

如图 3 所示，LMS 自适应滤波算法有两路输入：X 信号与 Y 信号。其中 X 信号为参考噪声和/或远端说话人的语音信号，而 Y 信号为带有噪声和/或

回声的语音信号。在 LMS 自适应滤波算法中，自适应滤波的目的是为了在自适应滤波器 31 中找到一组滤波器，使得式 (1) 有最小的能量值，即指  $E[n]$  的平方的平均值最小，其中， $E[n]$  为带噪信号和估计噪声之间的差，也是实际输出信号。

$$E[n]=Y[n]-\sum_{i=0}^{N-1}w_i * X[n-i] \quad (1)$$

式 (1) 中， $Y[n]$  表示带噪信号在第  $n$  时刻的值， $X[n-i]$  表示带噪信号在第  $(n-i)$  时刻的值， $W_i$  表示自适应滤波器的第  $i$  阶系数， $N$  表示自适应滤波器的阶数。

但是，上述的图 1 和图 2 中所示的现有技术存在的问题是：

1. 只有一个自适应滤波器和一个参考声源，不能同时解决噪声和回声消除的问题，要同时消除噪声和回声，就需要两个自适应滤波器和两个参考声源，而且往往回声消除滤波器的阶数比噪声消除滤波器的阶数高；

2. 如果进行自适应滤波器的串联，把回声消除滤波器放在噪声消除滤波器前面，那么很有可能造成由于参考噪声中含有回声，最后的输出结果中又类似混响的回声现象。

#### 发明内容

为了克服现有技术的上述缺陷，本发明提供一种自适应滤波装置以及自适应滤波方法，其可以有效的减少或者消除语音信号中的噪声和回声。

根据本发明的第一方面，提供一种自适应滤波装置，其包括：第一自适应滤波器，用于根据参考噪声估计出该包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中的噪声；第一减法器，用于从包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中减去第一自适应滤波器所估计出来的噪声，获得并输出消除噪声后的语音信号，同时将该消除噪声后的语音信号作为反馈信号反馈到第一自适应滤波器；第二自适应滤波器，用于根据远端说话人的语音信号估计出该包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中的回声；以及第二减法器，用于从来自第一减法器的消除噪声后的语音信号中减去由自适应滤波器所估计出的回声，获得并输出干净的语音信号，同时将该干净的语音信号作为反馈信号反馈到第二自适应滤波器。

其中，第一减法器和第二减法器分别具有数目相同的多个减法器，并且该自适应滤波装置进一步包括：

第一 PQMF 分析滤波器组，具有与第一减法器中的减法器数目相同的 PQMF 分析滤波器，用于在包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号进入第一减法器之前，将其分成与 PQMF 分析滤波器数目对应的子带，并分别对每个子带进行降采样处理，然后，将降采样处理后的每个子带输入到第一减法器中；

第二 PQMF 分析滤波器组，具有与第一减法器中的减法器数目相同的 PQMF 分析滤波器，用于在参考噪声进入第一自适应滤波器之前，将参考噪声分成与其 PQMF 分析滤波器数目对应的多个子带，并对每个子带进行降采样处理，然后，将降采样处理后的每个子带输入到第一自适应滤波器中，第一减法器的各个减法器从该包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号的各个子带中减去第一自适应滤波器估计出的对应子带的噪声，获得各个子带的消除噪声后的语音信号；

第三 PQMF 分析滤波器组，具有与上述第二减法器中的减法器数目相同的 PQMF 分析滤波器，用于在远端说话人的语音信号进入第二自适应滤波器之前，将其分成与第二减法器中的减法器数目对应的多个子带，并对每个子带进行降采样处理，然后，将降采样处理后的每个子带输入到第二自适应滤波器中，第二减法器的各个减法器从该来自第一减法器的语音信号的各个子带中减去第二自适应滤波器估计出的对应子带的回声，获得各个子带消除噪声和回声后的纯净语音信号；以及

PQMF 合成滤波器，用于将第二减法器输出各个子带语音信号进行合成，输出纯净的语音信号。

根据本发明的第二方面，提供一种采用上述自适应滤波装置的自适应滤波方法，包括以下步骤：

步骤一、利用第一自适应滤波器根据参考噪声估计出包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中的噪声，和利用第二自适应滤波器根据远端说话人的语音信号估计出包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中回声；



步骤二、分别更新第一自适应滤波器和第二自适应滤波器的归一化步长；

步骤三、利用第一减法器从包括噪声、本地说话人的语音信号以及回声的语音信号中减去步骤一中估计出的噪声，获得消除噪声后的语音信号，同时将该消除噪声后的语音信号反馈到第一自适应滤波器，第一自适应滤波器根据其更新后的归一化步长和反馈信号更新系数；以及

步骤四、利用第二减法器从上述消除噪声后的语音信号中减去步骤一中估计出的回声，进而获得干净的语音信号，同时将该干净的语音信号反馈到第二自适应滤波器，第二自适应滤波器根据其更新后的归一化步长和反馈信号更新系数。

与现有技术相比，本发明的自适应滤波装置和自适应滤波方法可以同时消除噪声和回声，从而输出纯净的语音信号，并且，消除了类似混响的回声现象。因此，可以很大程度上提高语音质量，适合于各种语音会话环境特别是实时远程会议中使用。

#### 附图说明

图 1 是现有技术中使用自适应滤波器减小或者消除噪声的一种结构图。

图 2 是现有技术中使用自适应滤波器减小或者消除回声的一种结构图。

图 3 是在 LMS 自适应滤波算法中采用自适应滤波器的简化结构图。

图 4 是本发明使用自适应滤波器来消除噪声和回声的自适应滤波装置的简化结构图。

图 5 为说明图 4 中的自适应滤波装置的操作过程图。

图 6 是本发明使用子带自适应滤波来消除噪声和回声的自适应滤波装置的示意图。

#### 具体实施方式

以下将参照附图描述本发明的实施例。

图 4 是本发明使用自适应滤波器来消除噪声和回声的自适应滤波装置的简化结构图。该自适应滤波装置应用于诸如实时电话会议之类的情況中。

在图 4 中，该自适应滤波装置包括第一自适应滤波器 W1、第一减法器 41、第二自适应滤波器 W2 以及第二减法器 42。

其中，第一自适应滤波器 W1 用于根据来自外部的参考噪声 N 进行估计

而获得语音信号 S1（包括噪声、本地说话人的语音信号 S 以及回声，该回声是远端说话人的语音信号 S2 经过播放后的声音）中的噪声，第一减法器 41 用于从语音信号 S1 中减去第一自适应滤波器 W1 输出的噪声，获得消除噪声后的语音信号 S3。

第二自适应滤波器 W2 用于根据远端说话人的语音信号 S2 进行估计，获得语音信号 S1 中的回声。第二减法器 42 从来自第一减法器 41 的语音信号 S3 中减去由自适应滤波器 W2 所估计出的回声，进而获得干净的语音信号 S4。

具体地，在图 4 中，远端说话人的语音信号 S2 在经过本地的扬声器播放之后在本地环境中被传播，由此产生回声。本地有两个麦克风，其中一个麦克风 A 离本地说话人较近，另一个麦克风 B 离背景音源较近。在放置麦克风时，麦克风 A 最好能够离本地说话人尽量近，麦克风 B 离本地说话人远而尽量离背景音源近。麦克风 A 在录制本地说话人的语音信号 S 的同时也录入经过噪声传播路径 NW 的参考噪声 N、回声，成为一个具有噪声和回声的语音信号 S1。麦克风 B 录入背景噪声，形成参考噪声 N。因为麦克风 B 离背景噪声源近，噪声先到达麦克风 B，然后达到麦克风 A，所以语音信号 S1 中的噪声不仅比参考噪声 N 中的噪声有延迟，而且在强度上有所减弱。

第一自适应滤波器 W1 根据参考噪声 N 进行估计，其目的是估计出噪声传播路径 NW，从而估计出语音信号 S1 中的噪声。通过第一减法器 41 在语音信号 S1 中减去第一自适应滤波器 W1 此估计出的估计噪声之后成为去除噪声后的语音信号 S3。第二自适应滤波器 W2 根据远端说话人的语音信号 S2 进行估计，其目的是为了对回声传播路径 AW 进行估计，从而估计语音信号 S3 中所含有的回声。通过第二减法器 42 在语音信号 S3 中减去估计出的回声之后，成为去除噪音和回声之后的语音信号 S4。语音信号 S4 为对本地说话人语音 S 的估计值，可以视为纯净的语音信号。

如图 5 所示，其中说明了图 4 的自适应滤波装置的操作过程。在本发明中，采用了一种改进的时域 NLMS 算法，其中，第一自适应滤波器 W1 和第二自适应滤波器 W2 的阶数分别设置为 N1 和 N2，N1 可以设置在 32—256 之间，而 N2 可以设置在 512—4096 之间。

步骤 1，将第一自适应滤波器 W1 和第二自适应滤波器 W2 进行初始化；

步骤 2, 对于第  $n$  时刻的输入, 进行第一自适应滤波器  $W1$  的滤波操作, 也就是根据式 (2) 计算出第  $n$  时刻的参考噪声  $N[n]$  滤波结果,

$$ew1[n] = \sum_{i=0}^{N1-1} W1[n][i] * N[n-i] \quad (2)$$

式 (2) 表示第一自适应滤波器  $W1$  根据参考噪声  $N[n]$  进行估计后, 得到带噪信号  $S1[n]$  中的噪声的估计值  $ew1[n]$ , 其中  $W1[n][i]$  表示第一自适应滤波器  $W1$  在第  $n$  时刻的第  $i$  阶系数。式 (3) 表示从该时刻的带噪信号  $S1[n]$  中减去估计出的噪声估计值  $ew1[n]$  后, 得到去噪声之后的信号  $S3[n]$ 。

$$S3[n] = S1[n] - ew1[n] \quad (3)$$

步骤 3, 使用式 (4) 计算更新第一自适应滤波器  $W1$  的归一化步长,

$$\varepsilon(n) = \frac{\varepsilon}{\delta + N1 \sigma_{s1}^2[n]} \quad (4)$$

式 (4) 计算第一自适应滤波器系数更新的步长,  $\sigma_{s1}^2[n]$  为  $S1(n)$  短时能量的估计值。

其中,  $0 < \varepsilon < 2$ ,  $\delta$  为一个正数值, 通常与  $\varepsilon$  为同一个数量级, 并且,

$$\sigma_{s1}^2[n] = (1 - \beta) \sigma_{s1}^2[n-1] + \beta S1^2[n] \quad (5)$$

或者,

$$\sigma_{s1}^2[n] = \frac{1}{N1} \sum_{i=0}^{N1-1} S1^2[n-i] = \sigma_{s1}^2[n-1] + \frac{1}{N1} (S1^2[n] - S1^2[n-N1]) \quad (6)$$

(5)、(6) 计算  $\sigma_{s1}^2[n]$ ,  $\sigma_{s1}^2[n-1]$  表示  $\sigma_{s1}^2[n]$  在上一时刻 (第  $n-1$  时刻) 的值。

$\beta$  为 0—1 之间的常数, 一般来说  $\beta = \frac{1.0}{N1}$ 。

步骤 4, 根据步骤 3 中获得的第一自适应滤波器  $W1$  的更新步长以及反馈的去噪声之后的信号  $S3[n]$ , 利用式 (7) 更新第一自适应滤波器  $W1$  的系数,

$$W1[n+1][k] = W1[n][k] + \varepsilon[n]S3[n]N[n-k] \quad (7)$$

其中,  $0 < k < N1$ ,  $\varepsilon[n]$  为计算出来的更新步长,  $N[n-k]$  为参考噪声第  $(n-k)$  时刻的样值。  $W1[n][k]$  为第一自适应滤波器 W1 在第  $n$  时刻的第  $k$  阶系数,  $W1[n+1][k]$  为第一自适应滤波器 W1 在第  $(n+1)$  时刻的第  $k$  阶系数。

步骤 5, 第二自适应滤波器 W2 根据第  $n$  时刻输入的远端说话人的语音信号 S2 进行估计, 得到去除噪声后的语音信号 S3[n] 中的回声估计值  $ew2[n]$ ,

$$ew2[n] = \sum_{i=0}^{N1-1} W2[n][i] * S2[n-i] \quad (8)$$

其中,  $W2[n][i]$  表示第二自适应滤波器 W2 在第  $n$  时刻的第  $i$  阶系数。

式 (9) 表示从该时刻的去除噪声之后的信号 S3[n] 中减去估计出的噪声估计值  $ew2[n]$  后, 得到去除噪声和回声之后的信号 S4[n]。

$$S4[n] = S3[n] - ew2[n] \quad (9)$$

步骤 6, 根据步骤 3 中的式 (4)、(5)、(6) 计算第二自适应滤波器 W2 的归一化步长  $\varepsilon_2(n)$  (用第  $n$  时刻去除噪音之后的语音信号 S3[n] 代替该时刻的 S1[n],  $N1$  替代为第二自适应滤波器的阶数  $N2$ );

步骤 7, 根据步骤 6 中获得的第二自适应滤波器 W2 的更新步长以及反馈的去除噪声和回声之后的信号 S4[n], 利用式 (10) 更新第二自适应滤波器 W2 的系数,

$$W2[n+1][k] = W2[n][k] + \varepsilon_2[n]S4[n]S2[n-k] \quad (10)$$

式 (8) (9) (10) 对应式 (2) (3) (7), 表示对远端说话人的语音信号进行第二自适应滤波 W2 的操作。

其中,  $0 < k < N2$ 。

步骤 8, 对于第  $(n+1)$  时刻, 回到步骤 2 直到来自自适应滤波装置外部的语音信号输入结束为止。

在图 5 的处理过程中, 对于该自适应滤波装置, 可以采用子带滤波的方式进行处理。

子带自适应滤波可以通过减少自适应滤波器的阶数来减少计算量，可以加快自适应滤波的收敛速度，因此在噪声/回声消除处理中经常被使用。子带自适应滤波首先通过分析滤波器组把时域输入分为多个子带的信号，由于各个子带的带宽有限，可以进行降采样而减小数据率，同时自适应滤波器的阶数可以相应减少。在对各个子带进行自适应滤波之后，其输出在进行上采样后经过合成滤波器组合成最后的输出信号。

其中，在分析滤波之后的降采样经常有两类方法：方法 1，采用临界采样，即降采样因子等于分析滤波器组的分析滤波器个数。方法 2，采用过采样方法，即降采样因子小于分析滤波器组的分析滤波器个数，通常降采样因子等于分析滤波器组的分析滤波器个数的一半，或者采用更小的值。其中方法 2 由于避免了各子带由于降采样带来的混叠，避免了交叉项，有较简单的结构和较好的性能，因而在子带自适应滤波中有着较广泛的应用。

因此，本发明提出了基于方法 2 的子带自适应滤波方法的噪音和回声消除方法。图 6 是本发明使用子带自适应滤波来消除噪声和回声的自适应滤波装置的示意图，其中第一自适应滤波器 W1 和第二自适应滤波器 W2 未表示出。通常，该第一自适应滤波器 W1 和第二自适应滤波器 W2 均可以同时多个子带进行处理，也就是说，可以将其在图 4 中的相应处理视为其所进行的一个子带的处理。

在图 6 中，该自适应滤波装置的结构与图 4 中的自适应滤波装置的大体结构大致相同，不同之处在于以下几点：

(1) 在带有噪声和回声的语音信号 S1 进入第一减法器 41 之前，通过第一 PQMF 分析滤波器组 61 将语音信号 S1 分成  $m$  个子带，并对每个子带进行降采样处理，然后，分别将降采样处理后的每个子带输入到第一减法器 41 中；

(2) 在参考噪声 N 进入第一自适应滤波器 W1 之前，通过第二 PQMF 分析滤波器组 62 将参考噪声 N 分成  $m$  个子带，并对每个子带进行降采样处理，然后，分别将降采样处理后的每个子带输入到第一自适应滤波器 W1；

(3) 在远端说话人的语音信号 S2 进入第二自适应滤波器 W2 之前，通过第三 PQMF 分析滤波器组 63 将远端说话人的语音信号 S2 分成  $m$  个子带，并对每个子带进行降采样处理，然后，分别将降采样处理后的每个子带输入

到第二自适应滤波器 W2；以及

(4) 在第二减法器 42 之后，需要采用 PQMF 合成滤波器 64 将从第二减法器 42 输出的去除噪声和回声后的  $m$  个子带语音信号进行合成，输出纯净的语音信号 S4。

另外，第一减法器 41 包括  $m$  个减法器，对语音信号 S1 的经过降采样处理后的各个子带语音信号和来自第一自适应滤波器 W1 的各个子带的估计噪声分别对应地进行减法运算，即，从第  $i$  个子带语音信号中减去对应的第  $i$  个估计噪声，从而去除第  $i$  个子带语音信号中的噪声 ( $i \in [0, m-1]$ )。

同理，第二减法器 42 包括  $m$  个减法器，对经过去除噪声后的各个子带语音信号和来自第二自适应滤波器 W2 的各个子带的估计回声分别对应地进行减法运算，即，从第  $i$  个去除噪声后的子带语音信号中减去对应的第  $i$  个估计回声，从而去除第  $i$  个子带语音信号中的回声 ( $i \in [0, m-1]$ )。

上述自适应滤波装置的各个子带的语音信号处理方式大致与图 5 中相同，每个子带（和对应子带）的语音信号处理均按照上述步骤 2—7 进行。也就是，可以不考虑采用 PQMF 分析滤波器组 61, 62, 63 和 PQMF 合成滤波器 64，而将每个子带（和对应子带）的处理视为图 4 和图 5 中的一个完整的信号来处理。

如果上述的 PQMF 分析合成滤波器 64 采用 MPEG1 LayerIII 标准 (ISO 11172-3) 中所使用的分析合成滤波器（共有 32 个子带，降采样因子为 16）时，其信号处理主要包括：

(1) 设定时域（全频段）第一自适应滤波器 W1 和第二自适应滤波器 W2 的阶数分别为  $L_n$  和  $L_e$ ，其中， $L_n$  一般在 32 和 512 之间， $L_e$  一般在 512 和 4096 之间；

(2) 设定第一自适应滤波器 W1 中的各个子带噪声消除滤波器的阶数和第二自适应滤波器 W2 中的各个子带回声消除滤波器的阶数。第一自适应滤波器 W1 中的各个子带噪声消除滤波器的阶数为  $L_n/16+32$ ，第二自适应滤波器 W2 中的各个子带回声消除滤波器的阶数为  $L_e/16+32$ ，对各个子带噪声/回声消除滤波器的系数初始化为零；

(3) 对语音信号 S1，参考噪声 N，远端说话人的语音信号 S2 进行分析

滤波，降采样，得到各个子带的信号  $S1_i, N_i, S2_i, 0 \leq i < 32$ ；

(4) 对各个子带的信号  $S1_i, N_i, S2_i$  进行上述步骤 2 到步骤 7 适应滤波操作，其中，对各子带噪声消除滤波器进行相应于第一自适应滤波器 W1 的处理，对各子带回声消除滤波器进行相应于第二自适应滤波器 W2 的处理；

(5) 把各个子带的滤波输出进行上采样后经过合成滤波器组后相加，最后得到纯净的语音信号 S4。

综上所述，本发明的自适应滤波装置和自适应滤波方法可以同时消除噪声和回声，从而输出纯净的语音信号，并且，消除了类似混响的回声现象。因此，可以很大程度上提高语音质量，适合于各种语音会话环境特别是实时远程会议中使用。

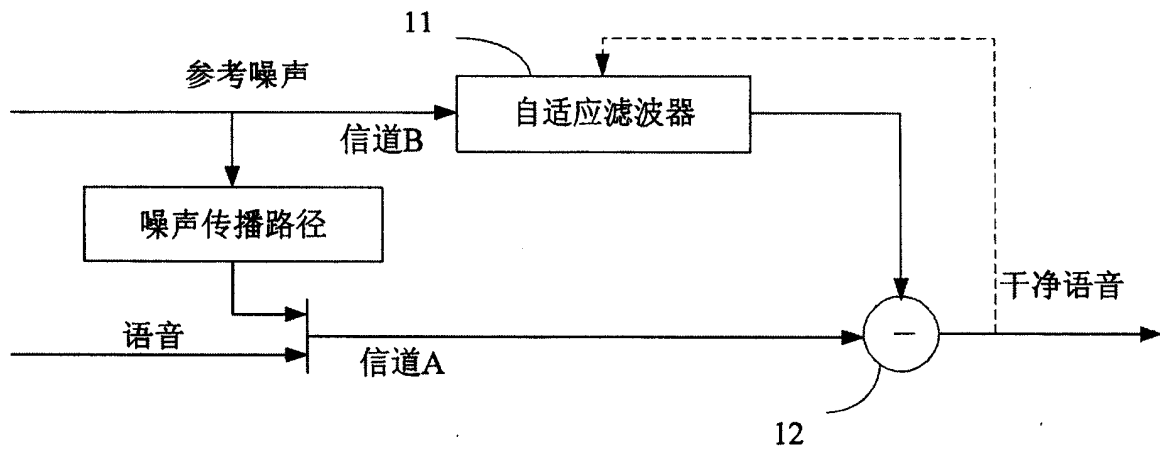


图 1



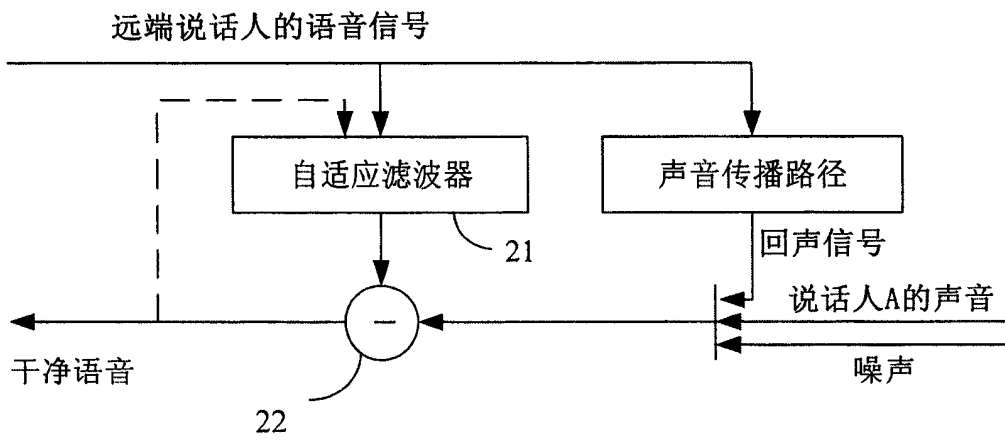


图 2

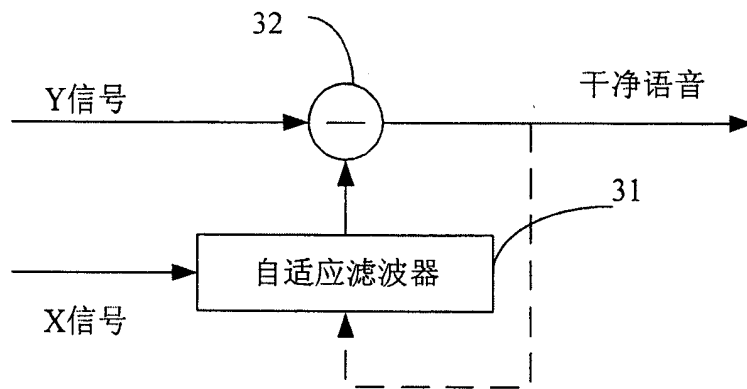


图 3

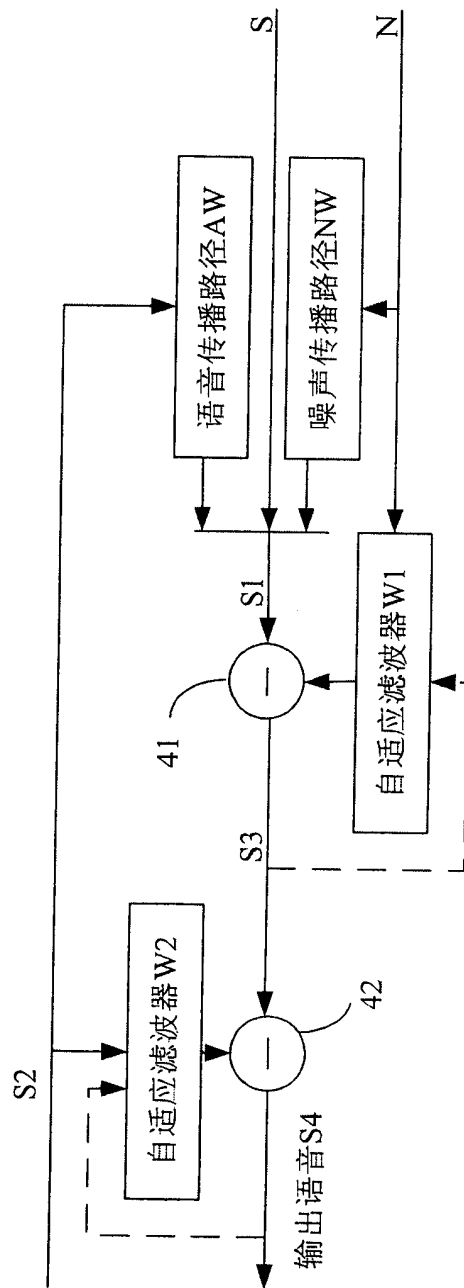


图 4

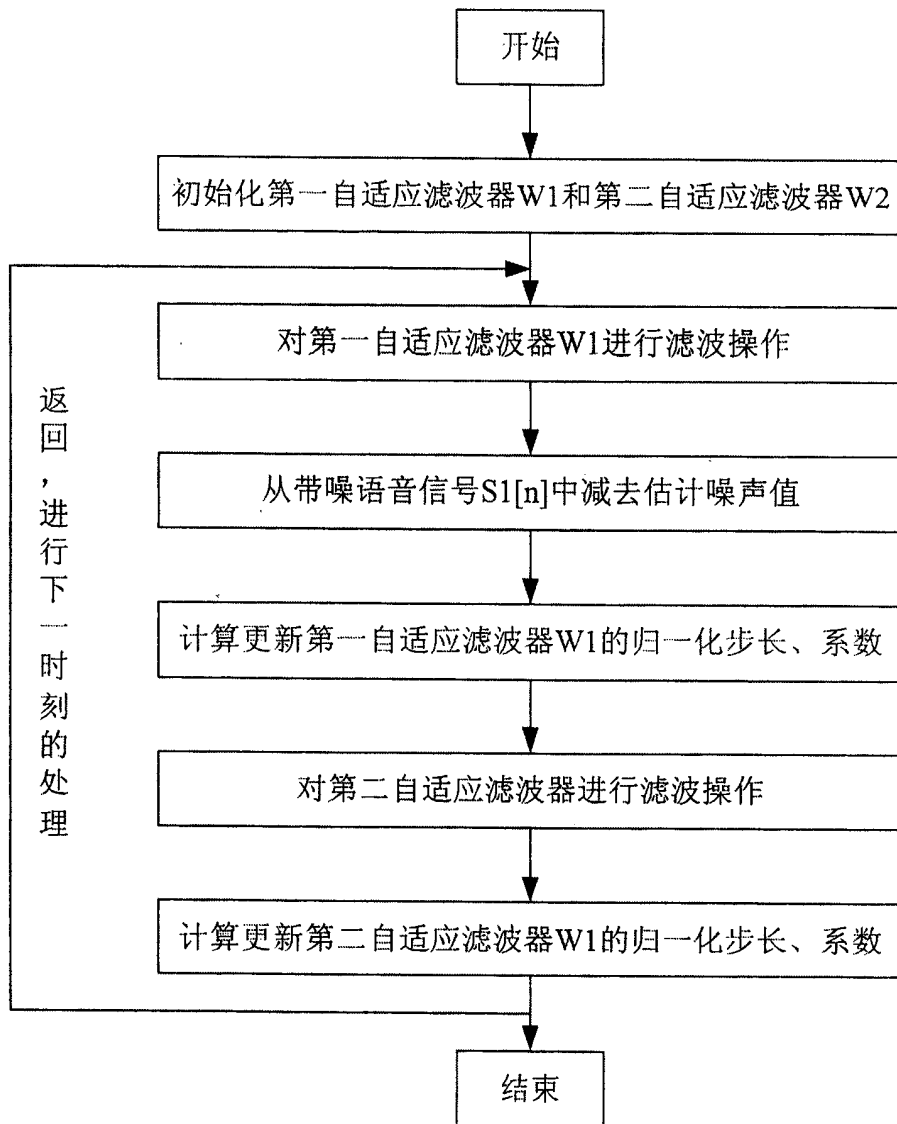


图 5

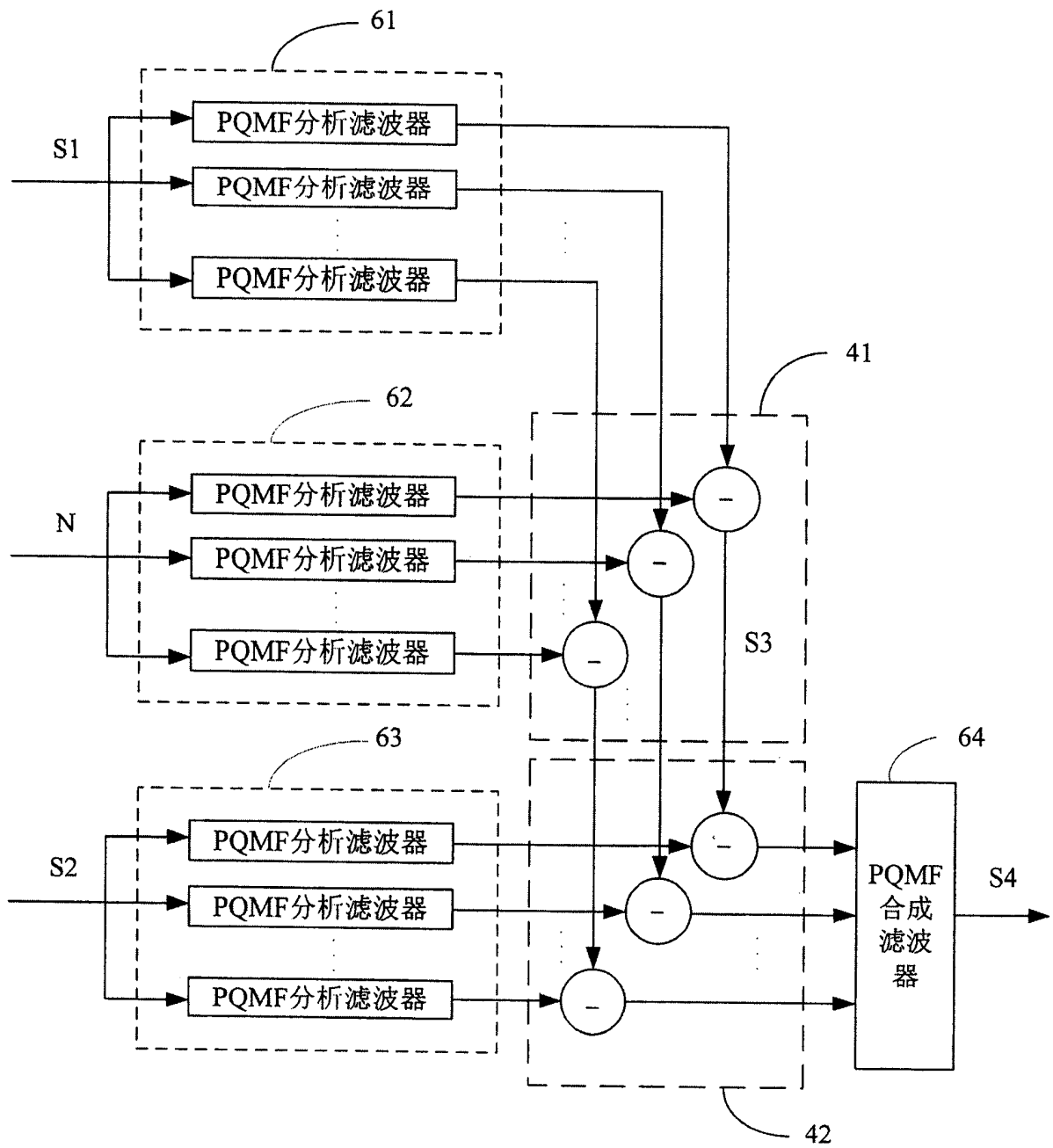


图 6