



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97180243.2

[45] 授权公告日 2003 年 8 月 20 日

[11] 授权公告号 CN 1118956C

[22] 申请日 1997.9.29 [21] 申请号 97180243.2

[30] 优先权

[32] 1996.10.1 [33] US [31] 08/725,655

[86] 国际申请 PCT/SE97/01638 1997.9.29

[87] 国际公布 WO98/15067 英 1998.4.9

[85] 进入国家阶段日期 1999.6.1

[71] 专利权人 艾利森电话股份有限公司

地址 瑞典斯德哥尔摩

[72] 发明人 K·埃尔马基

审查员 冯晓明

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

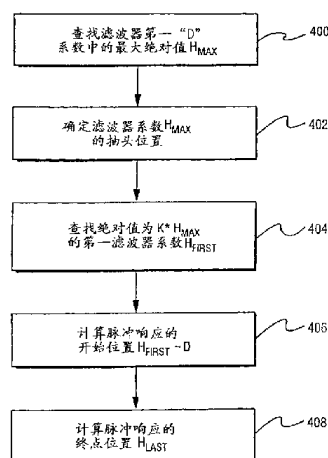
代理人 王勇 李亚非

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 6 页

[54] 发明名称 回声路径延迟估计

[57] 摘要

涉及用于分析回声路径响应的 AEPR 操作和用于配置自适应 FIR 滤波器(52)的 CR 操作的回声消除装置(20)和方法。自适应滤波器(52)的配置很好地使得仅有一部分位于两个特定抽头终点之间的滤波器抽头和系数涉及到回声消除操作过程中的滤波器相乘、相加和存储。



1 确定自适应滤波器的哪些抽头要从回声消除操作中排除的方法，该方法包括：

5 (1) 在滤波器收敛之后，在流入通讯路径上接收信号，并将该信号传送给滤波器和某个设备，从该设备处，信号至少被部分反射回流出通讯信道，然后参考该信号；

(2) 确定滤波器第一预定数量的抽头中的哪一个具有预定值；

(3) 确定滤波器的第一抽头，该抽头的数值是一个大于预定值的预定因子；

10 (4) 选择一个滤波器抽头作为配置边界第一抽头，该抽头的抽头阶数是小于在步骤(3)中所确定抽头的抽头的第二预定抽头数量；

(5) 选择一个滤波器抽头作为配置边界第二抽头，该抽头的抽头阶数是大于在步骤(3)中所确定抽头的抽头的第三预定抽头数量；

15 (6) 利用配置边界第一抽头和配置边界第二抽头来确定在回声消除操作中哪些抽头被排除在滤波器乘法之外。

2 权利要求1的方法，其中的预定值是滤波器第一预定数量抽头中的最大绝对值。

3 权利要求1的方法，其中步骤(2)的滤波器第一预定数量抽头是滤波器开始处的连续抽头。

20 4 权利要求2的方法，其中第一预定抽头数量为10。

5 权利要求1的方法，其中预定因子不小于4并且不大于20。

6 权利要求1的方法，其中第二预定数等于第一预定数。

7 权利要求6的方法，其中第二预定数和第一预定数都为10。

8 权利要求1的方法，其中第三预定数等于 $8N-1$ ，其中 $N=6$ 。

25 9 权利要求1的方法，其中所有小于配置边界第一抽头的抽头都被排除在回声消除操作中的滤波器乘法之外。

10 权利要求9的方法，其中所有小于配置边界第一抽头的抽头都充当缓存器的作用，通过该缓存器，信号的采样值在回声消除操作中被移位。

30 11 权利要求1的方法，其中所有大于配置边界第二抽头的抽头被排除在回声消除操作之外。

12 确定通讯系统回声路径长度的方法，其中的通讯系统有一个流

入通讯路径和一个流出通讯路径，该通讯系统有一个自适应 FIR 滤波器，该方法包括：

5 (1) 在滤波器收敛之后，在流入通讯路径上发送信号，并将该信号传送给滤波器和某个设备，从该设备处，信号至少被部分反射回流
出通讯信道，然后参考该信号；

(2) 确定滤波器第一预定数量的抽头中的哪一个具有预定值；

(3) 确定滤波器的第一抽头，该第一抽头的数值是一个大于预定值的预定因子；

10 (4) 选择一个滤波器抽头作为配置边界第一抽头，该抽头的抽头阶数是小于在步骤(3)中确定抽头的第二预定抽头数量；

(5) 利用边界抽头位置来确定回声路径长度。

13 权利要求 12 的方法，其中预定值是滤波器第一预定数量抽头中的最大绝对值。

15 14 权利要求 12 的方法，其中步骤(2)的第一预定数量滤波器抽头是滤波器开始处的连续抽头。

15 权利要求 12 的方法，其中第一预定抽头数量为 10。

16 权利要求 12 的方法，其中预定因子不小于 4 且不大于 20。

17 权利要求 12 的方法，其中第二预定数等于第一预定数。

18 权利要求 17 的方法，其中第二预定数和第一预定数为 10。

回声路径延迟估计

该申请涉及由 Karim EL Malki 同时提出的，这里参考引用的名为“无声段-改进的回声消除器”的美国专利申请序列号（律师档案号：1410-212）。

1、发明领域

本发明涉及语音和声学信号处理，尤其涉及回声路径延迟的确定和回声消除器的操作。

10 2、相关技术和其它见解

回声消除器广泛用于地面和空中（即无线电，微波）通讯中来消除回声现象，该现象很大程度上影响到语音和音频服务的质量。回声消除器基本上使用流向听者的数据拷贝来数字化估计应该返回到流出线上的回声。计算完估计值后，回声消除器从流出信号中减去回声估计值使得回声被消除。

回声问题的一个例子发生于电话传输中。在大多数情况中，语音通过一对单向 2 线线路（即四线）在终端设备（TE）和混合转换电路之间传送，然后通过一个双向 2 线线路从混合电路传送出去。这样，两种类型电路之间的结合点由混合转换电路来实现。因为混合转换电路被平衡以达到平均线路阻抗，它们不能很好的区分 2 个单向路径，因此会产生回声信号。此外，如果在四线路径中引入了延迟，（如同在卫星传输或数字编码中会发生的），那么回声必须被消除以保证较好的语音质量。

简单的说，回声消除器一般采用一个自适应有限脉冲响应（FIR）数字滤波器；用于控制 FIR 的消除处理器；一个减法器；一个近端语音检测器以及一个非线性处理器。FIR 接收复制的数据（当其被连续采样时），这些复制数据通过流入通讯路径从远端传送到近端。FIR 产生一个回声的估计值，除非被消除掉，该回声将通过流出通讯路径从近端反射回远端。在适当的时间，回声的 FIR 估计被减法器从流出通讯路径上的信号中减去以试图消除回声。在产生回声估计值时，FIR 由消除处理器控制。在控制 FIR 时，消除处理器不仅考虑来自近端语音检测器的表示发生双重通话的任何标识（例如，远端和近端的通话

方都在讲话)而且还考虑了减法器输出的信号。非线性处理器试图抑制任何 FIR 无法消除的残留噪声。

5 FIR 滤波器是一种横向滤波器,该滤波器有一些抽头和相应数量的系数。抽头是一个单位的等于采样时间或采样率的延迟时间。这些系数值(存储在寄存器中)被乘以输入信号以便获得回声估计值。消除处理器执行一种用来调整(即修正或更新)滤波器系数的算法,使得滤波器系数比回声响应特性变化更快地收敛到一个最佳值(或接近最佳值),并因而能够消除回声。例如,见提出于 1996 年 7 月 8 日的名为“采样数字通讯系统中的频域信号重构”的美国专利申请序列
10 号 081679, 387, 该专利在这里作为参考引用。

 在大多数回声消除器中,在近端语音检测器检测到双重通话情况时,并不发生这种调整。FIR 的长度(抽头数)和系数必须更新的速率取决于服务类型,路径(例如线路)特性,以及回声源到回声消除器的距离。

15 以前技术的回声消除器操作一般包括对整个回声路径响应的估计。一般的回声路径响应由“纯延迟”分量和“尾延迟”形成。纯延迟是信号从其源头(例如,回声消除器)向混合电路及从混合电路向其源头传播的实际时间。另一方面,“尾延迟”是混合电路的响应,该电路终止四线线路,并进行阻抗匹配。

20 并不是所有的回声路径响应都与回声消除器的计算相关。纯延迟分量和任何跟随在尾延迟之后的部分是不相关的,并且相应地不需要涉及到回声消除器的自适应算法。

 由于回声消除器的复杂度与它使用的滤波器抽头数有关,对于滤波器操作的优化来说,降低这些滤波器的抽头数是很重要的。为了最小化回声消除器的计算,需要计算回声路径延迟的估计值使得所需抽头的实际数目可以被确定。因此,确定回声路径响应这些部分持续期的方法对于最佳化回声消除器是必要的。

 对应于回声路径响应的峰值,针对 MONTAGNA 的美国专利 4,736,414 执行对自适应滤波器系数的搜索来找到最大绝对值。根据
30 MONTAGNA 技术(在图 8 中给出),假定在系数或滤波器抽头 $W_{\max}$ 上发现了最大值,那么可以通过从 $W_{\max}$ 中减去一个固定的整数来计算出 W 。假设混合电路响应持续 N 个样本(或抽头)并且设定混合电路响应开

始为 W ，那么脉冲响应相关部分的终点为 $W_{\max} + N - 1$ 。这给出了片段 T_2 的边界，该片段是回声消除仅需的回声路径部分。一旦建立了这一点，自适应滤波器回声消除器在间隔 T_2 上进行操作，并且仅将间隔 T_1 作为纯延迟。

5 然而，上面描述的技术的问题是，如图 9 中所示的，该技术假设从混合电路响应的起始处开始， $W_{\max}$ 停留在固定整数个样本上。当该假设不适用于某个系统时，会存在错误的回声路径计算，造成滤波器发散并扰乱通讯。因此，有必要在实现该技术时，对于每个应用的线路特性类型进行校准。

10 也存在其它的尝试使回声消除器以少于可得滤波器抽头总数的抽头数来操作。授予 GALAND 等人的美国专利 4, 751, 730 确定了一个操作消除滤波器所必须的系数范围，该范围是通过测量流入和流出信号能量，并将该能量与一个预定阈值比较而产生标志信息，其中的标志信息用于控制回声路径中的开关。

15 通过选取一些样本、使滤波器运行足够长的时间使得滤波器的抽头权重变的稳定、检查抽头权重来确定滤波器终端的抽头是否对回声估计起作用、并且（如果需要）增加或降低滤波器使用的抽头数，授予 VIRDEE 的美国专利申请 5473686 连续地修正自适应 FIR 滤波器的长度（或抽头数）。

20 所需要的是用来准确地确定回声路径延迟，以及用来准确地确定适当数量的抽头以用于回声消除器的 FIR 滤波器的方法和装置。

概要

一种回声消除装置和方法涉及用来分析回声路径响应的 AEPR 操作以及由此用于配置自适应 FIR 滤波器的 CR 操作。自适应滤波器的配置很好地使得仅有一部分位于两个特定抽头终点之间的滤波器抽头

25 和系数涉及到回声消除操作中的滤波器乘法、加法和存储。

用于分析回声路径响应的操作确定了通讯系统的回声路径长度，该系统有一个流入通讯路径和一个流出通讯路径。在滤波器收敛之后，该方法包括在流入通讯路径上传送信号，然后根据该信号，确定

30 滤波器第一预定数量的抽头中的哪一个具有预定值。其次，滤波器的第一抽头被找到，该抽头的数值是一个大于预定值的预定因子。再次，抽头阶数为小于选出抽头的第二预定数量抽头的滤波器抽头被选

做一个边界抽头。边界抽头的位置被用来确定回声路径长度。

用来配置自适应 FIR 滤波器的 CR 操作确定滤波器的第一预定数量的抽头中的哪一个为预定值。其次，滤波器的第一抽头被选择出来，该抽头的数值为大于预定值的预定因子。再次，抽头阶数为小于
5 选出抽头的第二预定数量抽头的滤波器抽头被选择为配置边界第一抽头。滤波器的配置边界第二抽头被选为其抽头阶数是大于配置边界第一抽头的第三预定抽头数量。配置边界第一抽头和配置边界第二抽头被用来确定那些抽头在回声消除操作中被排除在滤波器乘法之外。所有小于配置边界第一抽头的抽头都充当缓存器的作用，通过该
10 缓存器，在回声消除操作中，信号采样值被移位。

附图简要描述：

根据对附图中被说明的优选实施方案的更详细的描述，本发明的所有目标，特征和优点都会很明白。在附图中，全部视图中的相同部分有相同的字母。这些图是不一定是成比例缩放的，而是侧重于说明
15 发明原理。

图 1 是根据本发明实施方案的回声消除器的简图。

图 2 是利用图 1 中回声消除器的示例通讯系统的简图。

图 3 是一个典型回声路径脉冲响应的示例图。

图 4 是图 1 中回声消除器的控制器执行的通常步骤的流程图。

20 图 4A 是图 1 中回声消除器的回声路径延迟估计器执行的通常步骤的流程图。

图 4B 是图 1 中回声消除器的回声路径延迟估计器执行的详细步骤的流程图。

25 图 5 是描述根据本发明方法的回声路径延迟和其它计算的示例图。

图 6 是在分析回声路径响应的本发明的操作中使用 512 抽头数字滤波器的简单示例。

图 7 是根据本发明的示例情况，在滤波器的最佳配置之后，使用数字滤波器的示例。

30 图 8 是描述根据以前方法的回声路径延迟和其它计算的示例图。

图 9 是描述根据以前方法的回声路径延迟和其它计算的不准确性的示例图。

附图详细描述

图 1 给出一个通讯系统 18, 该系统利用了根据本发明的实施方案的回声消除器 20。通讯系统 18 有一个远端 26 和一个近端 28。流入通讯路径 30 将信号从远端 26 送到近端 28; 流出通讯路径 32 将信号从近端 28 送到远端 26。路径 30 和 32 可以是地上线路(例如, 电线)或微波信道或者可能涉及卫星连接。

图 2 给出了通讯系统 18' 的一个例子, 该例子使用了回声消除器 20。图 2 的例子是一个电话通讯系统 18', 其中, 通过一对单向 2 线线路 42A 和 42B (即通过 4 线), 话音在终端设备 (TE) 40 和混合转换电路 41 之间传送。然后, 通过双向 2 线线路 43 从混合电路 41 发送出去。应该理解的是, 回声消除器 20 的使用并不局限于此例, 回声消除器 20 也用于其它的应用中, 包括数字、微波和卫星应用。

图 1 的回声消除器 20 包括一个自适应 FIR 滤波器 52, 一个消除控制器 54; 一个近端语音检测器 56; 一个减法器 58; 以及一个非线性处理器 60。自适应 FIR 滤波器 52 被连接来在流入通讯路径上 30 接收信号 $x(t)$ 。FIR 滤波器 52 被连接来在控制器 54 的监视下操作。由 FIR 滤波器 52 产生的回声估计被传送给减法器 58, 减法器 58 将在路径 32 上回声估计从流出信号 $y_a(t)$ 中减去来产生信号 $e(t)$ 。近端语音检测器 56 被连接到流出通讯路径 32 用来监视发生在近端 28 的语音, 并用来产生近端语音检测信号以经线路 64 传向控制器 54。信号 $e(t)$ 被传送给控制器 54 和非线性处理器 60。控制器 54 被连接来监视非线性处理器 60 的操作。

控制器 54 包括一个回声路径延迟估计器 55。估计器 55 的功能在下面详细描述。

如同图 2 中表示的, 由混合电路终止的 4 线线路的脉冲响应具有图 3 中的形式, 表示类似的同步函数。典型的回声路径响应由纯延迟分量 PD 和尾延迟分量 TD 形成。纯延迟分量 PD 是信号从其源头(例如图 2 中的回声消除器 20)在 4 线线路上传送到混合电路(例如混合电路 41)并从混合电路传送到其源头的实际传播时间。尾延迟分量 TD 是混合电路自身的响应, 该电路终止四线线路并进行阻抗匹配。纯延迟分量 PD 和尾延迟分量 TD 之后的任何部分都不相关, 并且不应该涉及回声消除器 20 的自适应计算中。因此, 本发明的回声消除器给

出一种确定回声路径响应的这些分量或部分的持续期，并因此最佳化其操作的方法。

图 4 是表示回声控制器 52 进行的两个操作的流程图。第一操作(图 4 中的 AEPR 操作)是分析回声路径响应。回声路径响应操作 AEPR 特别由回声控制器 52 的估计器 55 执行。第二操作是配置自适应 FIR 滤波器 54 (图 4 中的 CF 操作)使得只有一部分位于两个特定抽头终点之间的滤波器抽头在回声消除操作中被使用。

图 4A 是表示在回声消除器 20 收敛之后，回声控制器 52 的估计器 55 执行的步骤的流程图。方法中的第一步 400 是对滤波器第一 D 系数中包含的最大绝对值 MAX 的初始化搜索。D 值最好比较小，在示例中该值被选为 10。该最大值的抽头位置被确定(在步骤 402)并被称做 H_{MAX} 。步骤 404 包括对第一确定滤波器系数的查找，该系数的绝对值比 MAX 值大 K 倍。K 值也称做预定因子，应该至少被设置为 4 并且不大于 20，以便避免找到噪声峰值。在步骤 404 中获得的滤波器系数的抽头位置称做 H_{FIRST} 。在步骤 406，脉冲响应的开始被计算为 $H_{FIRST}-D$ ，该抽头也称做配置边界第一抽头。在步骤 408，对应于最大尾延迟持续期的 HYBRID 值的被加入 $H_{FIRST}-D$ 以产生 H_{LAST} ，该值标志着脉冲响应的终点，并被称为配置边界第二抽头，最好的是最大尾延迟 HYBRID 被设置为 $8N-1$ 阶 (N 为整数)。

该方法保证了纯延迟和图 5 中脉冲响应的 T2 段位置的正确估计。正是在段 T2 内，FIR 滤波器 52 的系数被潜在修正以便进行回声消除。

图 4B 更详细地给出了图 4A 中示例的步骤。下面的假设是结合图 4B 中的步骤作出的。自适应 FIR 滤波器 52 已经收敛，存在包含 M 个滤波器系数的向量 H ($H[0]$ 到 $H[M-1]$)。包含在向量 H 中的脉冲响应开始于 $H[0]$ 并终止于 $H[M-1]$ 。D 被设置为一个很小的值。(例如 10)。K 被设置为适当的数 (即 4)。HYBRID 被设置为 (最大尾延迟-1=47 抽头，(例如当 $N=6$ 时， $8N-1=47$) 或大约为 6ms。

ERROR 状态已经被包括进图 4B 的流程图中。如果线路特性相对较平，那么将发生 ERROR 状态，并且会在任何情况下造成计算错误。在这种情况下，会出现可忽略数量的回声反射，并且回声消除器 20 在第一种情况下不应该被激活。

图 4B 进一步假设存在下述变量用于中间结果和循环计数。

Count1=第一循环计数器

Count2=第二循环计数器

MAX-包含在向量H的第一D系数中的最大绝对值。

$H_{\max}$ -最大值在向量H中的位置

5 abs() 函数表示变量的绝对值

在分析回声路径响应的操作过程中(图4A中的AEPR操作,它在图4B中有更详细的描述)。FIR滤波器52如图6那样操作。如图6中表示的,FIR数字滤波器52有一个512抽头的缓存器52-1,多个(M个)乘法器52-2和加法器52-3。滤波器缓存52-1是一个先进先出缓存器。该缓存器在流入通讯路径30上从信号 $X(t)$ 接收输入样本。这些样本通过缓存器52-2的512个抽头进行移位,并组成具有分量 $X(0)$ 到 $X(M-1)$ 的向量X,其中对于AEPR操作 $M=512$ 。在图6的矩形框52-1中,给出了滤波器系数 $H(t)$ 值的图形描述。乘法器52-2的第一个将 $X(0)$ 乘以 $H(0)$,乘法器52-2的第二个将 $X(1)$ 乘以 $H(1)$,如此类推,AEPR操作中一共使用了 $M=512$ 个乘法器。所有乘法器52-2的乘积在加法器52-3中相加,由此产生一个滤波器输出信号。

一旦完成了回声路径延迟估计算法,并且上述的AEPR操作确定了数字滤波器52的哪些抽头需要用于系数相乘,那么自适应FIR滤波器52被配置并以图4中CF操作表示和下面参考图7描述的最佳方式操作。

图7是根据本发明的示例,对512抽头数字滤波器操作最佳化的说明。在图7的示例情况中,假定本发明的方法使得按下述值计算回声路径: $H_{\text{FIRST}}=30$, $H_{\text{FIRST}}-D=20$; $H_{\text{LAST}}=20+(48-1)=67$ 。由此,在图7的情况下,抽头1到19和68到512被排除在自适应FIR滤波器52的计算之外。即,乘法器52-2仅在需要更新的48个抽头处被启用(抽头20-69)。FIR滤波器52的前19个抽头形成缓存器,通过该缓存器,输入样本 $X(t)$ 被串行移位,那些样本最终到达乘法被激活的抽头20-67。

30 抽头20以下和抽头67以上的段仅包含噪声和干扰,并通过在计算中存储和传播噪声给回声消除过程带来不准确性。在图7的例子中,滤波器52的前19个抽头充当缓存器的作用,该缓存器实现了平

坦的纯延迟特性，而最后 445 抽头根本就不被考虑。因此，在图 7 的最佳化之后， $M=48$ 而不是 512，因此使操作的数量（即乘法和加法）明显降低。

因此，在回声路径延迟估计算法和 AEPR 操作完成之后，回声消除器 20 的数字滤波器 52 能够被自动地并最佳地配置，然后根据其最佳配置来起作用。即，一旦控制器 54 已经建立了最佳工作所必须的抽头范围和终端抽头，控制器 54 通过降低用于乘法的抽头数量为那些所需的抽头来配置 FIR 滤波器 52。如果状态一直改变并且系统需要重新最佳化，这里描述的过程会重复下去。

应该理解的是，在本发明回声消除器 20 的具体硬件实现中，自适应 FIR 滤波器、控制器、近端语音检测器、减法器 and 无声段处理器的功能都由信号处理器（可能包括一个或多个处理器）来执行。另外，这些组件的功能可以用一个或多个集成电路（例如，ASIC）来实现。这种电路可以被设计来利用逻辑电路来执行所需的数字滤波和算法控制应用，或者可以是嵌入式 DSP 设备。

应该理解的是，本发明的回声消除器 20 可以结合在美国专利申请序列号（律师文档号：1410-212）中描述的无声段检测技术来进行操作，其中的专利由 Karim EL Malki 同时提出，名为“无声段改进的回声消除器”，这里作为参考引用。

因此，本发明的方法不仅给出计算资源的更有效的使用，而且给出了回声消除器性能的改进。在上面的例子中，由于最后 445 个系数和 445 个滤波器抽头被消除，可以节省大量内存。通常，这种方法带来了整个回声消除器计算复杂度的很大降低。并且通常给回声消除器的性能带来大的改进。

本发明的方法给出使回声消除更有效的计算。然而，本发明并不干扰正常的实时回声消除自身。如果选择的实现方式为软件/固件（DSP），那么可能的是，设备的处理限制并不允许对普通回声消除操作的实时处理，以及同时进行回声路径延迟估计计算。因此在收敛之后，滤波器系数（矢量 H ）可以被存储起来，并且当可获得处理时间时，可以针对这些系数一部分一部分地处理算法，这会花费一些完整的回声消除周期（即，对于一些将被处理的输入样本）。

尽管本发明已经参考优选实施方案被特别给出并描述，但是该领

域的技术人员应该理解的是，在形式和细节上的各种变化可以在不偏离本发明的思想和范围的情况下进行。

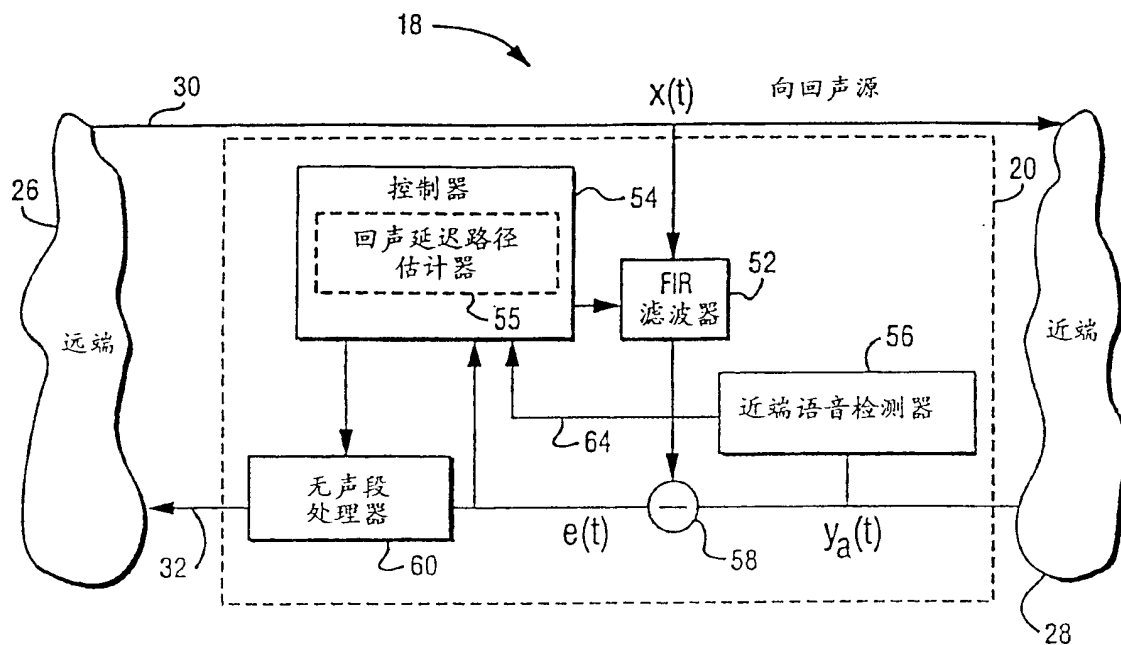


图 1

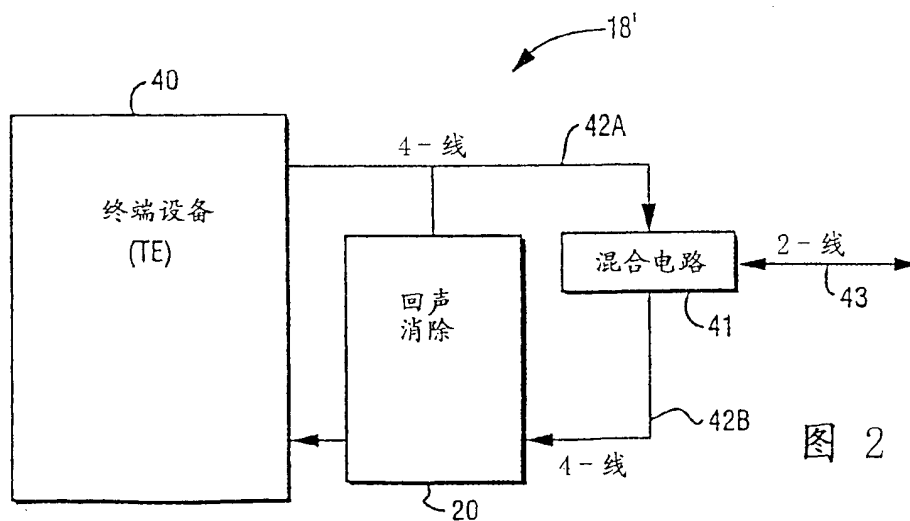


图 2

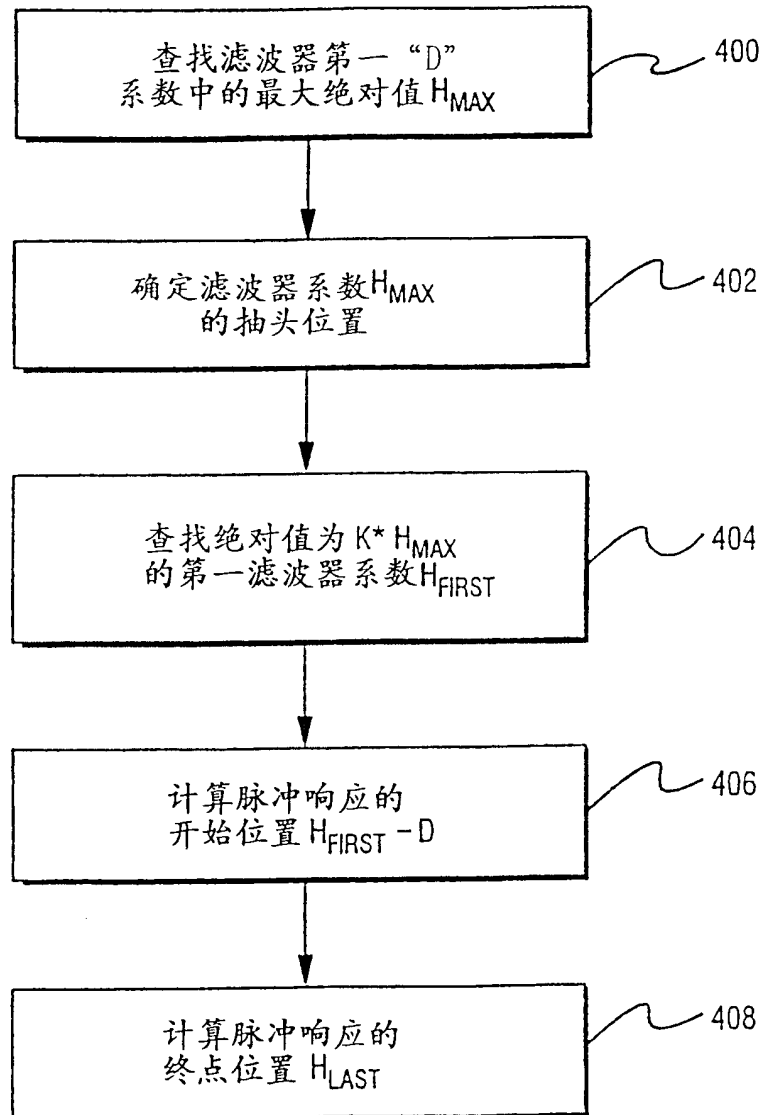


图 4A

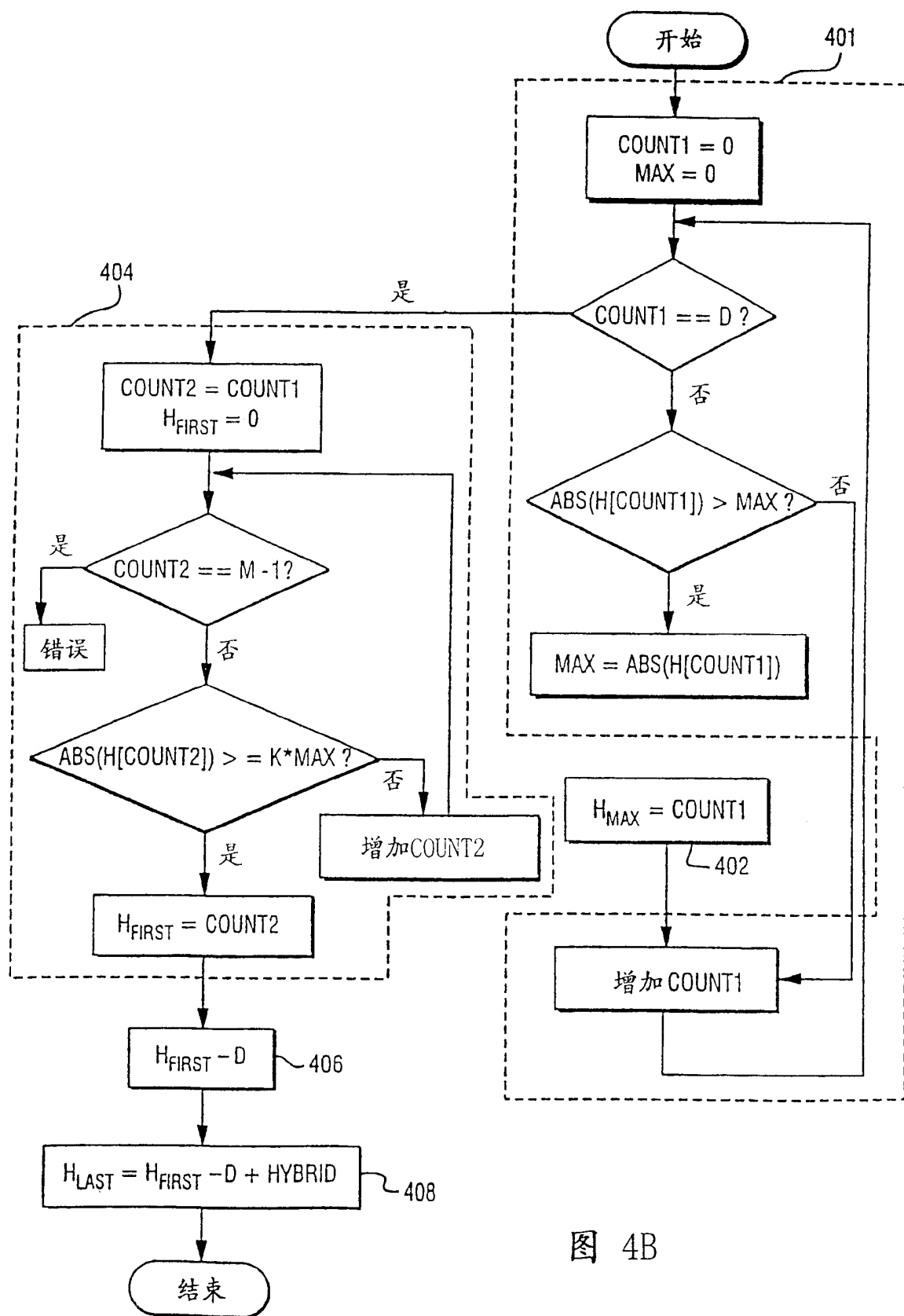


图 4B

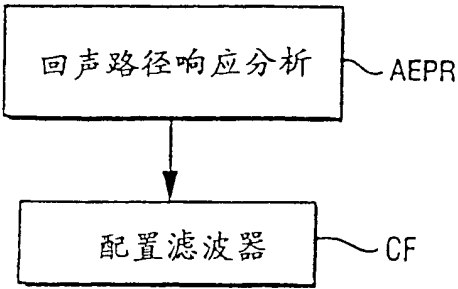


图 4

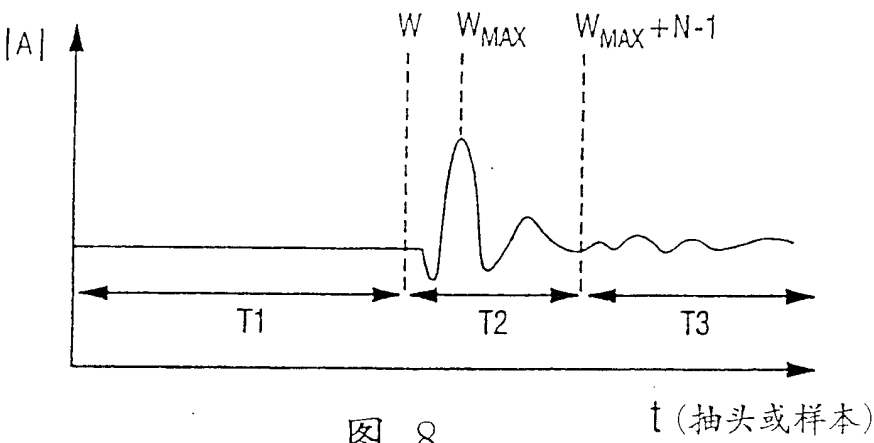


图 8

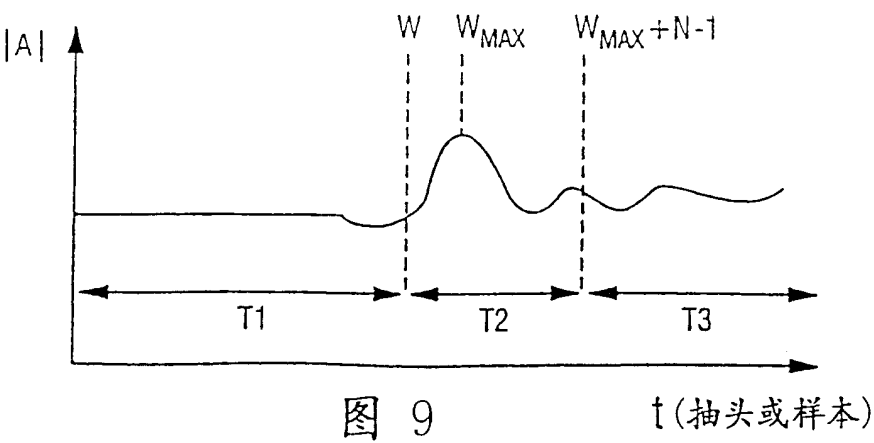


图 9

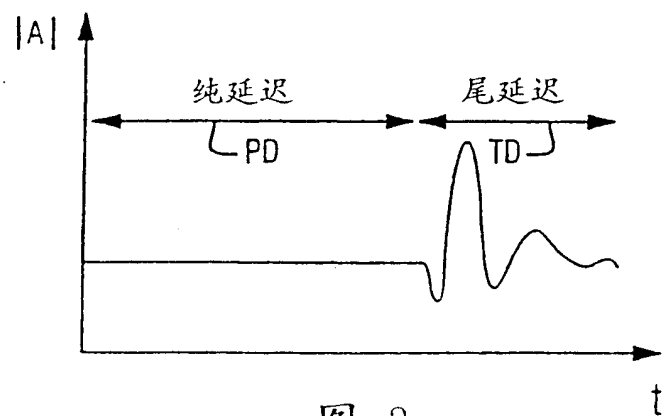


图 3

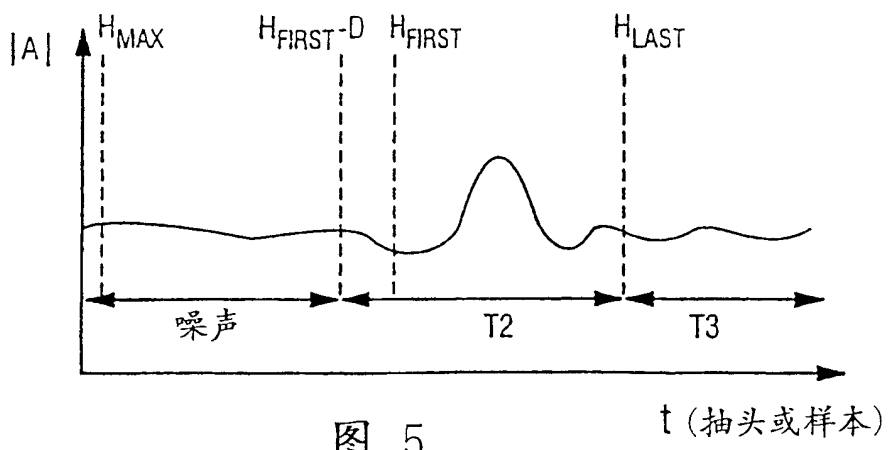


图 5

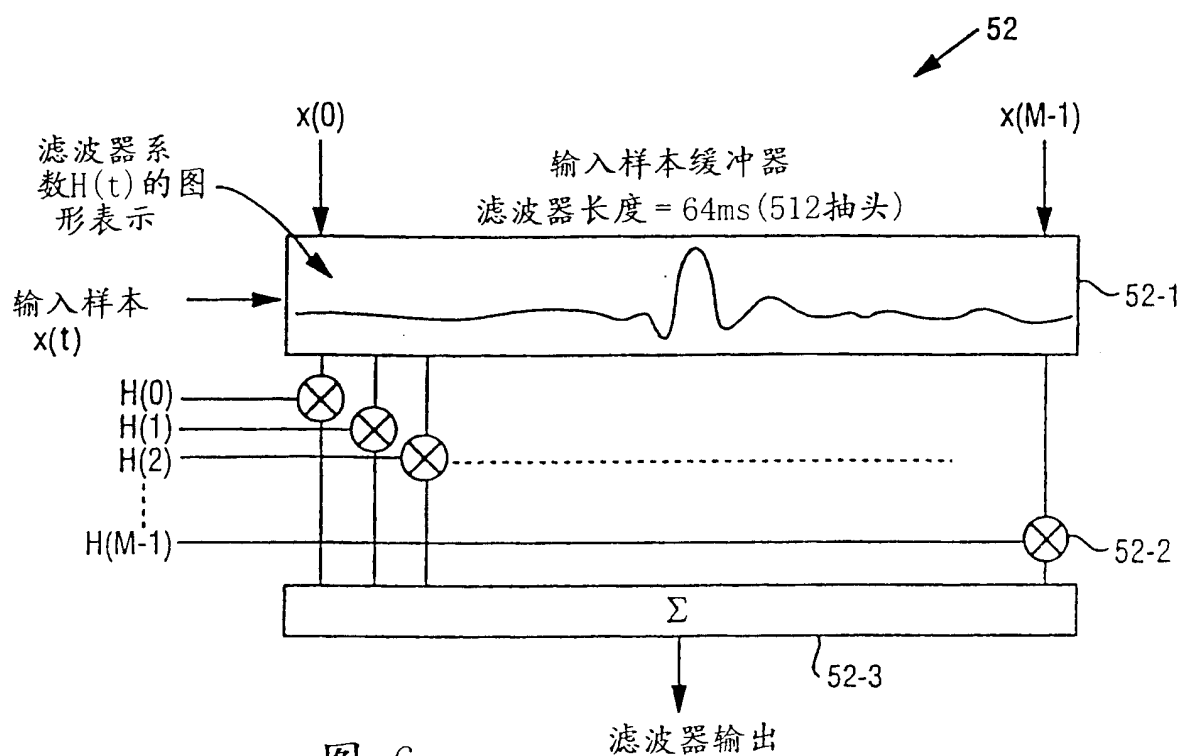


图 6

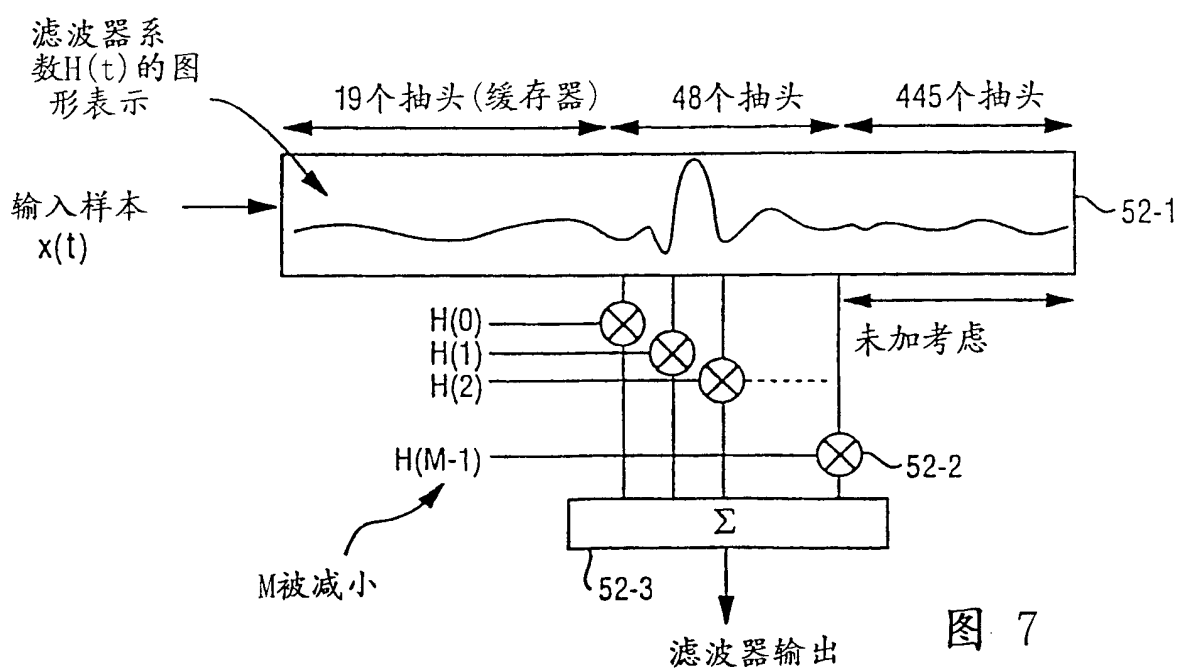


图 7