



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104969537 B

(45)授权公告日 2017. 01. 18

(21)申请号 201380067516.1

(72)发明人 P.阿格伦

(22)申请日 2013.12.21

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104969537 A

代理人 王英

(43)申请公布日 2015.10.07

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

H04M 9/08(2006.01)

1223238.5 2012.12.21 GB

H03H 17/04(2006.01)

13/789532 2013.03.07 US

H03H 17/02(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.06.23

(56)对比文件

US 2008126461 A1,2008.05.29,

CN 101262530 A,2008.09.10,

WO 2006040734 A1,2006.04.20,

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/077355 2013.12.21

审查员 张晶

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/100794 EN 2014.06.26

(73)专利权人 微软技术许可有限责任公司
地址 美国华盛顿州

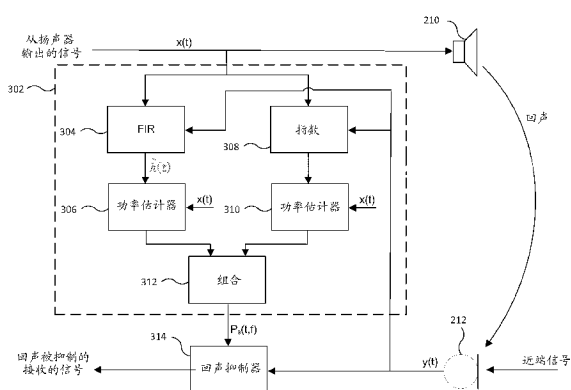
权利要求书4页 说明书11页 附图5页

(54)发明名称

用于回声抑制的方法和装置

(57)摘要

用于抑制回声的方法、用户设备和计算机程序产品。从扬声器输出音频信号。麦克风接收音频信号,该音频信号包括由所述输出的音频信号所引起的回声。使用多个模型对回声的回声路径建模。这些模型中的第一模型是基于FIR的模型,并且这些模型中的第二模型不同于第一模型。第一模型用来确定回声的第一分量的回声功率的第一模型估计。第二模型用来确定回声的第二分量的回声功率的第二模型估计。组合回声功率的第一和第二模型估计。回声功率的组合估计用来将回声抑制应用到接收的音频信号,从而抑制回声。



1. 一种抑制回声的方法,该方法包括:

输出音频信号;

接收音频信号,其中接收的音频信号包括由所述输出的音频信号所引起的回声;

使用多个模型对接收的音频信号中的回声的回声路径建模,其中所述模型中的第一模型是基于有限冲激响应的模型,并且其中所述模型中的第二模型不同于第一模型;

使用第一模型确定接收的音频信号中的回声的至少第一分量的回声功率的第一模型估计;

使用第二模型确定接收的音频信号中的回声的至少第二分量的回声功率的第二模型估计;

组合回声功率的第一和第二模型估计以便确定接收的音频信号中的回声的回声功率的组合估计;以及

使用回声功率的组合估计将回声抑制应用到接收的音频信号,从而抑制接收的音频信号中的回声。

2. 权利要求1的方法,其中第一和第二模型对接收的音频信号中的回声的不同分量建模,并且其中第一模型对接收的音频信号中的回声的早期反射分量建模,并且第二模型对接收的音频信号中的回声的后期反射分量建模。

3. 前面任一权利要求的方法,其中第一模型在对接收的音频信号中的回声的回声路径建模中比第二模型更精确,并且其中随着回声路径的长度的增加,第一模型的复杂度比第二模型的复杂度增加更多。

4. 权利要求1-2中任一项的方法,其中所述使用第一模型对接收的音频信号中的回声的回声路径建模包括在时域中基于输出的音频信号和接收的音频信号动态地调适有限冲激响应滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 。

5. 权利要求4的方法,其中滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 用来依照以下方程确定接收的音频信号中的回声的所述第一分量的回声功率 $P_s^{first}(k, f)$ 的第一模型估计:

$$\hat{P}_s^{first}(t, f) = \left(\sum_{n=0}^N \hat{h}_n(t, f) x(t - n, f) \right)^2$$

其中考虑输出的音频信号 $x(t)$ 的 $N+1$ 个样本,并且其中 $\hat{h}_n(t)$ 是描述滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 的 $N+1$ 个权重的集合。

6. 权利要求4的方法,其中滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 用来通过以下方式根据确定的滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 确定多个功率响应而确定接收的音频信号中的回声的所述第一分量的回声功率的第一模型估计:

在时域中将滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 分割成多个 P 分区;以及

变换滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 的每个分区并且对其平方以便在频域中为每个分区确定各功率响应 $|H_p(\omega)|^2$ 。

7. 权利要求6的方法,其中对于帧 k 而言,接收的音频信号中的回声的所述第一分量的回声功率 $P_s^{first}(k, f)$ 的第一模型估计 $\hat{P}_s^{first}(k, f)$ 依照以下方程确定:

$$\hat{P}_s^{\text{first}}(k, f) = \sum_{p=0}^{P-1} |H_p(f)|^2 |X(k-p, f)|^2,$$

其中 $|X(k-p, f)|^2$ 是对于帧 $k-p$ 的输出的信号的功率谱密度。

8. 权利要求3的方法, 其中第二模型是指数模型, 该方法进一步包括基于输出的音频信号和接收的音频信号确定指数模型的衰减因子估计 $\hat{\gamma}(f)$,

其中第二模型用来依照以下方程对于帧 k 确定接收的音频信号中的回声的第二分量的回声功率 $P_s^{\text{second}}(k, f)$ 的第二模型估计 $\hat{P}_s^{\text{second}}(k, f)$,

$$\hat{P}_s^{\text{second}}(k, f) = \hat{\gamma}(f) \hat{P}_{s, \text{end}}^{\text{first}}(k-1, f) + \hat{\gamma}(f) \hat{P}_s^{\text{second}}(k-1, f),$$

其中 $\hat{P}_{s, \text{end}}^{\text{first}}(k-1, f)$ 是对于帧 $k-1$ 使用所述第一模型确定的接收的音频信号中的回声的所述第一分量的部分回声功率的估计, 所述部分与回声的所述早期反射分量中的最近反射相应。

9. 一种被配置成实现回声抑制的设备, 该设备包括:

音频输出装置, 其被配置成输出音频信号;

音频输入装置, 其被配置成接收音频信号, 其中接收的音频信号包括由所述输出的音频信号所引起的回声;

建模模块, 其被配置成使用多个模型对接收的音频信号中的回声的回声路径建模, 其中第一模型是基于有限冲激响应的模型并且第二模型不同于第一模型, 其中建模模块被配置成使用第一模型确定接收的音频信号中的回声的至少第一分量的回声功率的第一模型估计, 并且使用第二模型确定接收的音频信号中的回声的至少第二分量的回声功率的第二模型估计, 并且其中建模模块包括组合模块, 该组合模块被配置成组合回声功率的第一和第二模型估计以便确定接收的音频信号中的回声的回声功率的组合估计; 以及

回声抑制模块, 其被配置成使用回声功率的组合估计将回声抑制应用到接收的音频信号, 从而抑制接收的音频信号中的回声。

10. 一种抑制回声的装置, 该装置包括:

处理器, 用于:

输出音频信号;

接收音频信号, 其中接收的音频信号包括由所述输出的音频信号所引起的回声;

使用多个模型对接收的音频信号中的回声的回声路径建模, 其中所述模型中的第一模型是基于有限冲激响应的模型, 并且其中所述模型中的第二模型不同于第一模型;

使用第一模型确定接收的音频信号中的回声的至少第一分量的回声功率的第一模型估计;

使用第二模型确定接收的音频信号中的回声的至少第二分量的回声功率的第二模型估计;

组合回声功率的第一和第二模型估计以便确定接收的音频信号中的回声的回声功率的组合估计; 以及

使用回声功率的组合估计将回声抑制应用到接收的音频信号, 从而抑制接收的音频信号中的回声; 以及

存储器,耦合到所述处理器。

11.一种抑制回声的装置,该装置包括:

用于输出音频信号的单元;

用于接收音频信号的单元,其中接收的音频信号包括由所述输出的音频信号所引起的回声;

用于使用多个模型对接收的音频信号中的回声的回声路径建模的单元,其中所述模型中的第一模型是基于有限冲激响应的模型,并且其中所述模型中的第二模型不同于第一模型;

用于使用第一模型确定接收的音频信号中的回声的至少第一分量的回声功率的第一模型估计的单元;

用于使用第二模型确定接收的音频信号中的回声的至少第二分量的回声功率的第二模型估计的单元;

用于组合回声功率的第一和第二模型估计以便确定接收的音频信号中的回声的回声功率的组合估计的单元;以及

用于使用回声功率的组合估计将回声抑制应用到接收的音频信号,从而抑制接收的音频信号中的回声的单元。

12.权利要求11的装置,其中第一和第二模型对接收的音频信号中的回声的不同分量建模,并且其中第一模型对接收的音频信号中的回声的早期反射分量建模,并且第二模型对接收的音频信号中的回声的后期反射分量建模。

13.权利要求11-12中任一项的装置,其中第一模型在对接收的音频信号中的回声的回声路径建模中比第二模型更精确,并且其中随着回声路径的长度的增加,第一模型的复杂度比第二模型的复杂度增加更多。

14.权利要求11-12中任一项的装置,其中所述使用第一模型对接收的音频信号中的回声的回声路径建模包括在时域中基于输出的音频信号和接收的音频信号动态地调适有限冲激响应滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 。

15.权利要求14的装置,其中滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 用来依照以下方程确定接收的音频信号中的回声的所述第一分量的回声功率 $P_s^{first}(k, f)$ 的第一模型估计:

$$P_s^{first}(t, f) = \left(\sum_{n=0}^N \hat{h}_n(t, f) x(t - n, f) \right)^2$$

其中考虑输出的音频信号 $x(t)$ 的 $N+1$ 个样本,并且其中 $\hat{h}_n(t)$ 是描述滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 的 $N+1$ 个权重的集合。

16.权利要求14的装置,其中滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 用来通过以下方式根据确定的滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 确定多个功率响应而确定接收的音频信号中的回声的所述第一分量的回声功率的第一模型估计:

在时域中将滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 分割成多个 P 分区;以及

变换滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 的每个分区并且对其平方以便在频域中为每个分区确定各功率响应 $|H_p(\omega)|^2$ 。

17. 权利要求16的装置, 其中对于帧k而言, 接收的音频信号中的回声的所述第一分量的回声功率 $P_s^{first}(k, f)$ 的第一模型估计 $\hat{P}_s^{first}(k, f)$ 依照以下方程确定:

$$\hat{P}_s^{first}(k, f) = \sum_{p=0}^{P-1} |\hat{R}_p(f)|^2 |X(k-p, f)|^2,$$

其中 $|X(k-p, f)|^2$ 是对于帧k-p的输出的信号的功率谱密度。

18. 权利要求13的装置, 其中第二模型是指数模型, 该装置进一步包括用于基于输出的音频信号和接收的音频信号确定指数模型的衰减因子估计 $\hat{\gamma}(f)$ 的单元,

其中第二模型用来依照以下方程对于帧k确定接收的音频信号中的回声的第二分量的回声功率 $P_s^{second}(k, f)$ 的第二模型估计 $\hat{P}_s^{second}(k, f)$:

$$\hat{P}_s^{second}(k, f) = \hat{\gamma}(f) \hat{P}_{s, end}^{first}(k-1, f) + \hat{\gamma}(f) \hat{P}_s^{second}(k-1, f),$$

其中 $\hat{P}_{s, end}^{first}(k-1, f)$ 是对于帧k-1使用所述第一模型确定的接收的音频信号中的回声的所述第一分量的部分回声功率的估计, 所述部分与回声的所述早期反射分量中的最近反射相应。

用于回声抑制的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及回声抑制,特别涉及用于回声抑制的方法、设备、装置和计算机程序产品。

背景技术

[0002] 设备可以具有可以用来接收来自周围环境的音频信号的音频输入装置。设备也可以具有可以用来向周围环境输出音频信号的音频输出装置。例如,设备可以具有一个或多个用于输出音频信号的扬声器以及一个或多个用于接收音频信号的麦克风。从设备的扬声器输出的音频信号可能作为麦克风接收的音频信号中的“回声”而被接收。情况可能是,该回声在接收的音频信号中不是所希望的。例如,设备可能是用户设备(例如移动电话、平板电脑、膝上型计算机、PC等等),其用在通过网络与另一个用户设备的通信事件(例如音频或视频呼叫)中。呼叫的远端信号可以从用户设备处的扬声器输出,并且可能作为设备处的麦克风接收的音频信号中的回声而被接收。这样的回声可能对于呼叫的用户是令人烦恼的,并且呼叫的感知质量可能由于回声的原因而降低。特别地,回声可能对于预期被麦克风接收和发送至呼叫中的远端的近端音频信号造成干扰。因此,回声消除和/或回声抑制可以应用到接收的音频信号,从而抑制接收的音频信号中的回声。接收的音频信号中的回声的功率可以根据用户设备的布置而变化。例如,用户设备可以是移动电话,并且在这种情况下,与移动电话不操作于“免提”模式时相比,接收的音频信号中的回声的功率在移动电话操作于“免提”模式时通常会更高。

[0003] 回声消除(或者“回声减法”)技术旨在基于从扬声器输出的音频信号的知识估计麦克风处接收的音频信号中包括的回声信号。然后,可以从接收的音频信号中减去回声信号的估计,从而从接收的音频信号中至少移除一些回声。回声抑制用来将依赖于频率的抑制应用到接收的音频信号,从而抑制接收的音频信号中的回声。为了有效地实现回声抑制,回声抑制器需要具有接收的音频信号中的回声功率的精确估计。

发明内容

[0004] 本发明内容部分被提供来以简化的形式引入构思的选择,这些构思在下面的具体实施方式中进一步加以描述。本发明内容部分并不预期识别要求保护的主题的关键特征或基本特征,也不预期用来限制要求保护的主题的范围。

[0005] 提供了一种抑制接收的音频信号中的回声的方法。作为回声抑制的一部分,使用两种不同的模型对回声的回声路径建模,其中这些模型中的第一个是基于有限冲激响应(FIR)的模型。该第一个模型用来确定接收的音频信号中的回声的至少第一分量的回声功率的第一模型估计。第二个模型用来确定接收的音频信号中的回声的至少第二分量的回声功率的第二模型估计。将回声功率的第一个和第二个模型估计组合以便确定回声的回声功率的组合估计。回声的回声功率的组合估计用来将回声抑制应用到接收的音频信号,从而抑制接收的音频信号中的回声。

[0006] 所述方法可以用在呼叫(例如实现在用户设备之间传输音频数据的互联网话音协议(VoIP)的呼叫)中,在这种情况下,输出的音频信号可以是来自从呼叫的远端接收的远端信号,并且接收的信号包括由此产生的回声和用于传输到呼叫的远端的近端信号。

附图说明

[0007] 图1示出了通信系统的示意图;

[0008] 图2为用户设备的示意性框图;

[0009] 图3为示出用在回声抑制中的用户设备的模块的功能图;

[0010] 图4为抑制回声的过程的流程图;以及

[0011] 图5为表示回声信号的冲激响应的曲线图。

具体实施方式

[0012] 为了有效地实现回声抑制,回声抑制器需要具有接收的音频信号中的回声的功率的精确估计。一种估计回声功率的方式是在时域中或者在功率频域中应用FIR滤波器。该滤波器进而可以在时域中或者在功率频域中进行调适。对于长的回声路径而言,这具有以下缺陷:FIR滤波器调适和相应的回声功率估计对于长回声路径而言在计算上变得复杂,因为FIR滤波器调适和相应的回声功率估计的复杂度与对其功率含量进行估计的回声的回声路径的长度成比例。

[0013] 因此,依照本文描述的方法,多个模型(例如两个模型)用于对回声路径建模。这些不同的模型可以对接接收的音频信号中的回声的不同分量建模。这允许将每个模型选择为适合回声中的不同类型的回声分量。例如,第一模型可以对接接收的音频信号中的回声的早期反射分量建模,而第二模型可以对接接收的音频信号中的回声的后期反射分量建模。图5为表示回声信号的冲激响应的幅度 $|h(t)|$ 的曲线图。可以看出,存在和扬声器与麦克风之间的直接路径相应的强响应,并且存在和扬声器与麦克风之间的回声信号的早期反射(例如从诸如墙壁之类的表面单次或双反射)相应的若干强响应。如图5中所示,回声的早期反射分量与直接路径以及回声相对表面的前几次反射相应。在图5中也可以看出,后期反射倾向于模糊在一起,导致混响而不是若干不同的可区分的反射。由于回声的不同分量具有不同的特性(例如早期反射具有不同的峰值,而后期反射在混响中模糊在一起),因此回声路径的不同模型可以用来对回声的不同分量建模。按照这种方式,不同的模型可以被选择为适合将由该模型建模的回声的特定分量的特性。后期反射可以利用指数模型良好地建模,而早期反射倾向于利用指数模型不能良好地建模。在一个示例中,存在两个模型:(i)基于FIR的模型,其用来对回声路径的早期反射部分建模,以及(ii)指数模型,其用来对回声路径的后期反射部分建模。基于FIR的模型可能在对回声的回声路径建模(尤其是对于回声的早期反射分量)中比指数模型更精确。然而,随着回声路径的长度的增加,FIR模型的复杂度比指数模型的复杂度增加更多。由于指数模型具有非常低的计算复杂度,因而它适合于用在以非常低的计算复杂度对非常长的回声路径建模中。

[0014] 如本文所描述的,回声的至少早期反射分量的功率可以使用来自FIR滤波器的输出进行估计,该FIR滤波器适于近似输出音频信号的扩音器与接收包括由输出的音频信号所引起的回声的音频信号的麦克风之间的回声路径的冲激响应。

[0015] FIR滤波器可以用来估计回声信号,回声功率由此可以被估计并且用在回声抑制方法中。然而,FIR滤波器可能仅仅用来估计回声功率,并且不估计实际的回声信号。这可能是有利的,因为与FIR滤波器用来估计实际回声信号的情况相比,当用来估计回声功率时,FIR滤波器中对于精度的要求少得多。因此,通过从FIR滤波器估计回声功率(而不是回声信号),回声抑制对于诸如VoIP客户端中的播出(例如来自扩音器)与记录侧(例如麦克风处)之间的时钟漂移、回声路径中的非线性和回声路径中的变化之类的问题更加鲁棒。在本文描述的实施例中,FIR滤波器使用包括相位信息的时域数据加以调适。

[0016] 图1示出了一种通信系统100,其包括与第一用户设备104关联的第一用户102(“用户A”)和与第二用户设备110关联的第二用户108(“用户B”)。在其他实施例中,通信系统100可以包括任何数量的用户和关联的用户设备。用户设备104和110可以通过通信系统100中的网络106通信,从而允许用户102和108通过网络106彼此通信。图1中所示的通信系统100是基于分组的通信系统,但是可以使用其他类型的通信系统。网络106可以例如是因特网。用户设备104和110中的每一个可以是例如移动电话、平板计算机、膝上型计算机、个人计算机(“PC”)(包括例如WindowsTM、Mac OSTM和LinuxTM PC)、游戏设备、电视、个人数字助理(“PDA”)或者能够连接到网络106的其他嵌入式设备。用户设备104被布置成接收来自用户设备104的用户102的信息以及向用户102输出信息。用户设备104包括诸如显示器和扬声器之类的输出构件。用户设备104也包括诸如小键盘、触摸屏、用于接收音频信号的麦克风和/或用于捕获视频信号的图像的照相机之类的输入构件。用户设备104连接到网络106。

[0017] 用户设备104执行通过与通信系统100关联的软件提供商提供的通信客户端的实例。通信客户端是一种在用户设备104中的本地处理器上执行的软件程序。该客户端执行用户设备104处所需的处理,以便用户设备104通过通信系统100发送和接收数据。

[0018] 用户设备110与用户设备104相应,并且在本地处理器上执行与在用户设备104处执行的通信客户端相应的通信客户端。用户设备110处的客户端以与用户设备104处的客户端执行允许用户102通过网络106通信所需的处理相同的方式执行允许用户108通过网络106通信所需的处理。用户设备104和110是通信系统100中的端点。图1为了清楚起见仅仅示出了两个用户(102和108)和两个用户设备(104和110),但是多得多的用户和用户设备可以包含在通信系统100中,并且可以使用在各用户设备上执行的各通信客户端通过通信系统100通信。

[0019] 图2图示出用于通过通信系统100通信的通信客户端实例206在其上执行的用户设备104的详细视图。用户设备104包括中央处理单元(“CPU”)或“处理模块”202,连接了:输出设备,例如可以实现为触摸屏的显示器208和用于输出音频信号的扬声器(或“扩音器”)210;输入设备,例如用于接收音频信号的麦克风212、用于接收图像数据的照相机216以及小键盘218;存储器214,用于存储数据;以及网络接口220,例如用于与网络106通信的调制解调器。用户设备104可以包括与图2中所示元件不同的其他元件。显示器208、扬声器210、麦克风212、存储器214、照相机216、小键盘218和网络接口220可以如图2中所示集成到用户设备104中。在可替换的用户设备中,显示器208、扬声器210、麦克风212、存储器214、照相机216、小键盘218和网络接口220中的一个或多个可以不集成到用户设备104中并且可以经由各接口连接到CPU 202。这样的接口的一个示例是USB接口。如果用户设备104经由网络接口220到网络106的连接是无线连接,那么网络接口220可以包括用于将信号无线地发送至网

络106以及无线地接收来自网络106的信号的天线。

[0020] 图2也图示出在CPU 202上执行的操作系统(“OS”)204。在OS 204之上运行的是通信系统100的客户端实例206的软件。操作系统204管理计算机的硬件资源并且处理经由网络接口220往返网络106传输的数据。客户端206与操作系统204通信,并且管理通信系统上的连接。客户端206具有客户端用户接口,其用来向用户102呈现信息以及从用户104接收信息。按照这种方式,客户端206执行允许用户102通过通信系统100通信所需的处理。

[0021] 参照图3和图4,现在描述一种抑制回声的方法。图3为用户设备104的部分的功能图,其示出如何实现回声抑制过程,并且图4是用于抑制回声的过程的流程图。

[0022] 如图3中所示,用户设备104包括扬声器210、麦克风212、建模模块302和回声抑制模块314。建模模块302包括FIR滤波器模块304、第一功率估计模块306、指数滤波器模块308、第二功率估计模块310和组合模块312。要从扬声器210输出的信号 $x(t)$ 耦合到扬声器210的输入。应当指出的是,在本文描述的实施例中,只存在一个扬声器(由图中的附图标记210指示),但是在其他实施例中,可以存在超过一个扬声器,要输出的信号耦合到所述超过一个扬声器(以便从其输出)。类似地,在本文描述的实施例中,只存在一个麦克风(由图中的附图标记212指示),但是在其他实施例中,可以存在超过一个麦克风,其接收来自周围环境的音频信号。要从扬声器210输出的信号也耦合到建模模块302。特别地,要从扬声器210输出的信号耦合到FIR滤波器模块304的第一输入和指数滤波器模块308的第一输入。麦克风212的输出耦合到建模模块302。特别地,麦克风212的输出耦合到FIR滤波器模块304的第二输入和指数滤波器模块308的第二输入,第一功率估计模块306的第一输入和第二功率估计模块310的第一输入。麦克风212的输出也耦合到回声抑制模块314的第一输入。FIR滤波器模块304的输出耦合到第一功率估计模块306的第二输入。指数滤波器模块308的输出耦合到第二功率估计模块310的第二输入。第一功率估计模块306的输出耦合到组合模块312的第一输入。第二功率估计模块310的输出耦合到组合模块312的第二输入。建模模块302的输出耦合到回声抑制模块314的第二输入。特别地,组合模块312的输出耦合到回声抑制模块314的第二输入。回声抑制模块314的输出用来提供接收的信号(应用了回声抑制)以便在用户设备104中进一步处理。

[0023] 在步骤S402中,接收要从扬声器210输出的信号。例如,要输出的信号可以是在用户102与108之间通过通信系统100呼叫期间用户设备104处从用户设备110接收的远端信号。需要在接收的信号上执行的任何处理(例如使用语音编解码器的解码、去分组等等)如本领域中所知的执行(例如通过客户端206)以便得到适合从扬声器210输出的信号 $x(t)$ 。信号 $x(t)$ 是数字信号。从扬声器210输出信号之前用户设备104中的信号的至少一些处理在数字域中执行。如本领域中所知的,在从扩音器210播出之前,将数模转换器(DAC)应用到数字信号 $x(t)$ 。类似地,将模数转换器(ADC)应用到麦克风212捕获的信号以便得到数字信号 $y(t)$ 。

[0024] 在其他实施例中,要输出的信号可能从某处,而不是通过呼叫中的通信系统100接收。例如,要输出的信号可能存储在存储器214中,并且步骤S402可以包括从存储器214取回信号。

[0025] 在步骤S404中,从扬声器210输出音频信号 $x(t)$ 。按照这种方式,将音频信号 $x(t)$ 输出至用户102。

[0026] 在步骤S406中,麦克风212接收音频信号。如图3中所示,接收的音频信号可以包括近端信号,该近端信号是希望的信号或者“初级信号”。近端信号是用户102预期麦克风212接收的信号。然而,接收的音频信号也包括由在步骤S404中从扬声器210输出的音频信号所产生的回声信号。接收的音频信号也可能包括噪声,例如背景噪声。因此,总的接收的音频信号 $y(t)$ 可以通过近端信号、回声和噪声的和给出。回声和噪声充当近端信号的干扰。

[0027] FIR滤波器模块304将输出的音频信号 $x(t)$ 和接收的音频信号 $y(t)$ 取为输入。在步骤S408中,FIR滤波器模块304在时域中基于输出的音频信号 $x(t)$ 和接收的音频信号 $y(t)$ 动态地调适FIR滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 以便对接收的音频信号 $y(t)$ 中的回声的回声路径 $h(t)$ 建模。“回声路径 $h(t)$ 的冲激响应”在本文中也称为“回声路径 $h(t)$ ”。FIR滤波器模块304用来对接收的音频信号 $y(t)$ 中的回声的早期反射分量建模。为了这样做,FIR滤波器模块304用来对回声路径建模的FIR滤波器的长度具有有限长度 L ,该长度足够长以便对回声的早期反射分量建模,但是不足以完全对回声的后期反射分量建模(参见图5)。按照这种方式,FIR滤波器模块304使用的FIR模型的长度无需与接收的音频信号 $y(t)$ 中的回声的完整回声路径一样长。这可以确保FIR模型的复杂度不变得太大。

[0028] 对于近似线性的回声路径,回声路径 $h(t)$ 例如依照方程 $y^{\text{echo}}(t) = \sum_{n=0}^{N_{\text{true}}-1} h_n(t)x(t-n)$ 描述了接收的音频信号中的回声如何与来自扬声器210的音频信号 $x(t)$ 输出有关,其中 $y^{\text{echo}}(t)$ 是接收的音频信号 $y(t)$ 中的回声, N_{true} 是麦克风212接收的输出信号 $x(t)$ 的样本数量,并且 $h_n(t)$ 是描述回声路径 $h(t)$ 的权重。回声路径 $h(t)$ 可以在时间和频率中变化,并且可以在本文中称为 $h(t)$ 或 $h(t, f)$ 。回声路径 $h(t)$ 可以取决于(i)扬声器210和麦克风212周围的当前环境条件(例如音频信号从扬声器210到麦克风212的通道是否存在任何物理障碍、空气压力、温度、风等等),以及(ii)在信号被输出和/或接收时可能改变信号的扬声器210和/或麦克风212的特性。

[0029] FIR滤波器模块302通过确定输出的音频信号 $x(t)$ 的当前值和有限数量(N)个先前值的加权和而对接收的音频信号中的回声的回声路径 $h(t)$ 的早期反射分量建模。FIR滤波器模块302因此实现具有有限(时间)长度的 N 阶FIR滤波器,在该长度上,它在确定回声路径的早期反射分量的估计 $\hat{h}(t)$ 中考虑输出的音频信号 $x(t)$ 的值。按照这种方式,FIR滤波器模块302动态地调适FIR滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 。该操作通过以下方程描述,该方程依据输出的音频信号 $x(t)$ 限定接收的音频信号 $y(t)$ 中的回声: $y^{\text{echo}}(t) = \sum_{n=0}^N \hat{h}_n(t)x(t-n)$ 。

[0030] 因此,输出的音频信号 $x(t)$ 的 $N+1$ 个样本和各 $N+1$ 个权重 $\hat{h}_n(t)$ 一起使用。 $N+1$ 个权重 $\hat{h}_n(t)$ 的集合在本文中简单地称为回声路径的估计 $\hat{h}(t)$ 。换言之,回声路径的估计 $\hat{h}(t)$ 是具有 $N+1$ 个值的矢量,其中FIR滤波器模块302考虑信号 $x(t)$ 的 $N+1$ 个值(例如 $N+1$ 帧)实现 N 阶FIR滤波器。

[0031] 可以理解,当回声是接收的音频信号的主导部分时,即当 $y(t) \approx y^{\text{echo}}(t)$ 时,调适FIR滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 更容易。例如,在一些实施例中,可以检测何时近端信号的功率大于回声的功率(例如用户102正在说话时),而这是不调适FIR估计 $\hat{h}(t)$ 的情况,但是当近端信号的功率小于接收的音频信号 $y(t)$ 中的回声的功率时(例如当用户102不在说话时),调适FIR

估计 $\hat{h}(t)$ 。

[0032] 然而,甚至当回声不是接收的音频信号的主导部分时,也可以调适FIR滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 。

[0033] 将FIR滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 从FIR滤波器模块304传递至第一功率估计模块306。第一功率估计模块306如下文中所描述的以至少两种方式之一估计接收的音频信号中的回声的早期反射分量的回声功率。

[0034] 在一种方法中,在步骤S410中,功率估计模块304基于步骤S408中确定的滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 并且基于输入信号 $x(t)$ 估计接收的音频信号中的回声的早期反射分量的回声功率。步骤S410可能不包括估计接收的音频信号 $y(t)$ 中的回声信号 $y^{\text{echo}}(t)$ 。回声的早期反射分量的回声功率被估计为时间和频率的函数。在回声抑制中,回声功率估计的相当低的精度足以实现良好的回声抑制。依照本文描述的方法,可以以对问题不太灵敏的方式计算功率响应。此外,可以以不同于估计实际回声路径的方式估计功率响应。例如,对于一定频率 f 的功率响应可以使用对于该频率 f 的FIR滤波器的估计计算。可替换地或者此外,对于该频率 f 的FIR滤波器的估计可以用来计算对于不同频率 v 的功率响应,其中 $v \neq f$ 。换言之,该方法可以包括使用针对与其所应用的频率区不同的另一个频率区计算的外推回声路径功率响应。在这个意义上,基于FIR滤波器估计计算功率响应,尽管可能需要某种外推以确定对于特定频率的功率响应。换言之,对于某个频率区获得的FIR滤波器估计可以用来计算对于另一个频率区的预测(或外推)功率响应,即用来估计回声功率的功率响应不是必要的,FIR滤波器的功率响应也可以是基于FIR滤波器计算的功率响应(例如对于不同频率区)。

[0035] 步骤S410可以包括估计回声的早期反射分量的回声功率 $P_s^{\text{early}}(t, f)$, 其是具有用于时间 t 和频率 f 的值的标量功率面元并且其依照以下方程对于特定频率和时间进行计算:

$$[0036] \quad P_s^{\text{early}}(t, f) = \left(\hat{y}_{\text{echo}}(t, f) \right)^2 = \left(\sum_{n=0}^N \hat{h}_n(t, f) x(t - n, f) \right)^2,$$

[0037] 按照这种方式,使用扬声器和麦克风信号 $x(t)$ 和 $y(t)$ 调适以近似VoIP客户端的时变回声路径 $h(t)$ 的FIR滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 与输出的音频信号样本 $x(t)$ 一起用来估计时间 t 和频率 f 下回声信号的早期反射分量的功率 $P_s^{\text{early}}(t, f)$ 。

[0038] 在第二方法中,在步骤S410中,第一功率估计模块306根据FIR滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 确定至少一个功率响应。功率响应信息通过分析FIR滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 而确定。功率响应(或“频率响应”)给出作为频率函数的回声路径 $h(t)$ 的功率响应的指示。应当指出的是,尽管回声路径在本文表示为 $h(t)$,但这是为了简单起见,并且再次申明,回声路径 $h(t)$ 和回声路径的估计 $\hat{h}(t)$ 是时间和频率二者的函数。

[0039] 然后,进一步在步骤S410中,第一功率估计模块306基于确定的功率响应估计接收的音频信号中的回声的早期反射分量的回声功率。事实上,步骤S410可以不包括估计接收的音频信号 $y(t)$ 中的回声信号 $y^{\text{echo}}(t)$ 。回声的早期反射分量的回声功率被估计为时间和频率的函数。

[0040] 特别地,FIR滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 在时域中具有长度 L 。步骤S410包括在时域中将FIR滤

波器估计 $\hat{h}(t)$ 分割成多个(P)分区,每个长度为L/P。将FIR滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 的每个分区变换到频域并且平方以便在频域中确定每个分区的各功率响应 $|\hat{H}_p(f)|^2$ 。因此,可以理解的是, $|\hat{H}_p(f)|^2$ 是分区p的频率响应。

[0041] 步骤S410包括通过执行输出的音频信号的各自多帧的功率的多个度量的加权和而估计接收的音频信号中的回声的回声功率,其中和中的权重由各自的功率响应 $|\hat{H}_p(f)|^2$ 给出。

[0042] 因此,对于帧k而言,接收的音频信号中的回声的早期反射分量的回声功率 $p_s^{early}(k, f)$ 的估计可以在步骤S410中依照以下方程估计:

$$[0043] \quad \hat{p}_s^{early}(k, f) = \sum_{p=0}^{P-1} |\hat{H}_p(f)|^2 |X(k-p, f)|^2,$$

[0044] 其中 $|X(k-p, f)|^2$ 是对于帧k-p的扩音器信号的功率谱密度。帧索引k是时间的度量,并且因此可以将 $p_s^{early}(k, f)$ 重写为时间而不是帧索引的函数以便给出回声功率的估计 $\hat{p}_s^{early}(t, f)$,并且反之亦然。应当指出的是,为了上面的方程正确,用来计算 $|\hat{H}_p(f)|^2$ 和 $|X(k-p, f)|^2$ 的扩音器信号和滤波器分区的长度应当仔细选择,以便最小化循环卷积效应。该选择被执行以便确保h的分区的长度和扩音器输入信号帧正确匹配用来调适滤波器估计h并且要为其估计回声功率的麦克风信号的长度。如果每个分区具有长度P,每个扩音器(X)帧长度为M并且每个麦克风信号帧长度为N,那么能够避免循环卷积效应的典型要求是 $N+P-1 < M$ 。本文描述的方法不管所述选择如何都起作用,因为在这些方法中忽略了循环卷积效应。

[0045] 按照这种方式,使用扩音器和麦克风信号 $x(t)$ 和 $y(t)$ 调适以便近似VoIP客户端的时变回声路径 $h(t)$ 的FIR滤波器估计 $\hat{h}(t)$ 与输出的音频信号 $x(t)$ 一起用来确定功率响应 $|\hat{H}_p(f)|^2$,这些功率响应然后用来估计时间t和频率f下回声信号的早期反射分量的功率 $p_s^{early}(t, f)$ 。

[0046] 通常,线性(例如FIR)模型用来对回声路径的早期反射部分建模,其然后用来对与早期反射相应的回声功率建模。存在这样做的许多方式,并且本公开的范围并不限于上面给出的示例。根据早期反射的回声功率估计可以被估计为时间和频率的函数。

[0047] 当第一功率估计模块306依照上面描述的任何方法确定它时,回声的早期反射分量的回声功率的估计 $\hat{p}_s^{early}(t, f)$ 从第一功率估计模块306输出并且被组合模块312接收。

[0048] 指数滤波器模块308将输出的音频信号 $x(t)$ 和接收的音频信号 $y(t)$ 取为输入。在步骤S412中,指数滤波器模块308用来对接收的音频信号 $y(t)$ 中的回声的至少后期反射分量建模。如图5中可以看到,回声的后期反射分量(其主要包括混响)非常适合用指数模型建模。

[0049] 步骤S412包括基于输出的音频信号 $x(t)$ 和接收的音频信号中的回声 $y^{echo}(t)$ 确定指数模型的衰减因子的估计 $\hat{\gamma}(f)$ 。估计的衰减因子 $\hat{\gamma}(f)$ 是频率的函数,但是它也可能在时间上变化。动态地调适衰减因子的估计。类似于上面关于步骤S408中的FIR模型的调适所描述的,当回声是接收的音频信号的主导部分时,即当 $y(t) \approx y^{echo}(t)$ 时,调适衰减因子的估计

更容易。

[0050] 衰减因子 $\hat{\gamma}(f)$ 可以使用某种估计方法进行估计(一个示例是将直线拟合到构成用于回声的早期反射分量的模型的FIR滤波器的功率响应的尾部的对数)。应当清楚的是,可以使用其他技术以确定衰减因子的估计 $\hat{\gamma}(f)$ 。

[0051] 将指数模型的衰减因子的估计 $\hat{\gamma}(f)$ 从指数滤波器模型308传递至第二功率估计模块310。在步骤S414中,第二功率估计模块310使用指数模型的衰减因子的估计 $\hat{\gamma}(f)$ 确定回声的回声功率的第二模型估计。特别地,第二功率估计模块310使用指数模型的衰减因子的估计 $\hat{\gamma}(f)$ 确定接收的音频信号 $y(t)$ 中的回声的后期反射分量的回声功率 $\hat{p}_s^{plate}(k, \Omega)$ 。 k 是帧索引,并且因此给出时间指示。

[0052] 例如,第二功率估计模块310可以依照以下方程估计回声的后期分量的功率 $\hat{p}_s^{plate}(k, \Omega)$:

$$[0053] \quad \hat{p}_s^{plate}(k, \Omega) = \sum_{i=1}^{\infty} \hat{\gamma}^i(\Omega) \hat{p}_{s,end}^{early}(k-i, \Omega) = \hat{\gamma}(\Omega) \hat{p}_{s,end}^{early}(k-1, \Omega) + \hat{\gamma}(\Omega) \hat{p}_s^{plate}(k-1, \Omega)$$

[0054] 其中 $\hat{p}_{s,end}^{early}(k, \Omega)$ 是用于早期反射的模型的最后部分的功率贡献的估计。 $\hat{\gamma}(\Omega)$ 是特定时间(即对于特定帧)用于指数衰减模型的估计的衰减因子。 $\hat{\gamma}(\Omega)$ 是指数衰减而不是加权函数。该方程确定指数衰减功率的递归。为了上面的方程精确地正确,衰减因子 $\hat{\gamma}(\Omega)$ 必须恒定。 $\hat{\gamma}^i(\Omega)$ 中的上标 i 表示 $\hat{\gamma}(\Omega)$ 升高到 i 次幂。在实践中, $\hat{\gamma}(\Omega)$ 可能随着时间变化。在这种情况下,可以通过假定 $\hat{\gamma}(\Omega)$ 仅仅在时间上缓慢地变化而使用上面的方程。

[0055] 如上面所描述的, $\hat{p}_{s,end}^{early}(k, \Omega)$ 是用于早期反射的模型的“最后部分”的功率贡献的估计。换言之, $\hat{p}_{s,end}^{early}(k, \Omega)$ 是对于帧 $k-1$ 使用基于FIR的模型确定的接收的音频信号中的回声的早期反射的功率的估计的最后部分回声功率的估计,该最后部分与回声的早期反射分量中的最近反射相应。按照这种方式,指数模型使用回声的最近早期反射分量(例如图5中所示的早期反射和后期反射分量的边界处),并且然后假定该回声分量随着时间呈指数衰减以便确定回声的后期反射分量。

[0056] 例如,在上面描述的其中依照方程 $\hat{p}_s^{early}(k, \Omega) = \sum_{p=0}^{P-1} |\hat{h}_p(\Omega)|^2 |X(k-p, \Omega)|^2$ 确定接收的音频信号中的回声的早期反射分量的功率的估计的情况下,那么可以将用于早期反射的模型的最后部分的功率贡献的估计 $\hat{p}_{s,end}^{early}(t, \Omega)$ (在与帧 k 相应的时间 t 处) 计算为:

$$\hat{p}_{s,end}^{early}(t, \Omega) = |\hat{h}_{P-1}(\Omega)|^2 |X(k-P+1, \Omega)|^2,$$

[0057] 其中 $|\hat{h}_{P-1}(\Omega)|^2$ 是FIR滤波器模型考虑的最后分区 $(P-1)$ 的功率响应,并且 $|X(k-P+1, \Omega)|^2$ 是输出的音频信号的当前帧 k 的前 $P-1$ 的帧的功率的度量。回顾当前帧 k 之前的 $P-1$ 帧在时间上向后和FIR滤波器考虑的一样远。为了考虑具有比此更长的回声路径的回声,使用指数模型,由此假定当前帧 k 前 $P-1$ 的帧的回声的值呈指数衰减。

[0058] 当第二功率估计模块310依照上面描述的任何方法确定它时,回声的后期反射分

量的回声功率的估计 $\hat{p}_s^{late}(k, f)$ 从第二功率估计模块310输出, 并且被组合模块312接收。

[0059] 在步骤S416中, 组合模块312组合回声的早期反射分量的回声功率的估计 $\hat{p}_s^{early}(k, f)$ 和回声的后期反射分量的回声功率的估计 $\hat{p}_s^{late}(k, f)$ 以便确定回声功率的组合估计 $\hat{P}_s(k, f)$ 。回声功率的组合估计 $\hat{P}_s(k, f)$ 给出考虑到回声的早期和后期反射分量(其可以构成所有分量)的接收的音频信号中的回声的回声功率的估计。换言之, 回声功率的组合估计给出接收的音频信号中的总回声的估计。回声的早期反射分量的回声功率的估计 $\hat{p}_s^{early}(k, f)$ 和回声的后期反射分量的回声功率的估计 $\hat{p}_s^{late}(k, f)$ 的组合可以被执行为这两个估计的和。即, 可以依照以下方程确定回声功率的组合估计 $\hat{P}_s(k, f)$:

$$\hat{P}_s(k, f) = \hat{p}_s^{early}(k, f) + \hat{p}_s^{late}(k, f)。$$

[0060] 将接收的音频信号中的回声的回声功率的组合估计 $\hat{P}_s(k, f)$ 从组合模块312传递至回声抑制模块314。回声抑制模块314也接收来自麦克风212的音频信号 $y(t)$ 。在步骤S418中, 回声抑制模块314使用回声功率的估计 $\hat{P}_s(k, f)$ 将回声抑制应用到接收的音频信号 $y(t)$, 从而抑制接收的音频信号中的回声。回声功率的估计 $\hat{P}_s(k, f)$ 是依赖于频率的, 并且回声抑制模块314应用的抑制也是依赖于频率的。如上面所描述的, 帧索引 k 是时间的度量, 并且因此可以依照时间重写 $\hat{P}_s(k, f)$ 以给出 $\hat{P}_s(t, f)$ 。

[0061] 回声抑制器的目的是将例如VoIP客户端中的麦克风信号中存在的扩音器回声抑制到足够低的水平以便其在存在麦克风212拾取的近端声音(非回声声音)的情况下不可察觉/令人烦恼。为了能够选择适当的回声抑制量, 需要回声功率的良好估计(例如作为频率和时间的函数), 并且如上面所描述的, 这由功率组合模块312提供给回声抑制模块314。回声抑制模块314被设计为将随着时间和频率变化的依赖于信号的抑制应用到接收的音频信号 $y(t)$ 。回声抑制方法在本领域中是已知的。此外, 回声抑制模块314应用的回声抑制方法可以以不同的方式实现。这样, 回声抑制方法的确切细节因此在这里不详加描述。

[0062] 回声抑制模块314输出回声被抑制的接收的信号以便在用户设备104处进一步处理。例如, 在用户102与108之间的呼叫中, 从回声抑制模块314输出的信号可以由客户端206处理(例如编码和分组化), 并且然后通过网络106传输至用户设备110。此外或者可替换地, 从回声抑制模块314输出的信号可以由用户设备104用于其他目的, 例如, 可以将信号存储在存储器214中, 或者用作在用户设备104处执行的应用程序的输入。

[0063] 本文因此描述了使用两个单独的模型(例如FIR滤波器模块304和指数滤波器模块308)对回声路径建模以估计麦克风212拾取的频带中的扩音器回声信号的功率, 以用于计算和应用回声抑制效果/滤波的目的(例如供VoIP客户端206使用)。在本文描述的示例中, 由一个基于FIR的模型和一个指数模型组成的混合模型用来估计接收的音频信号中的回声的回声功率。FIR模型用来对与回声相对表面的前几次反射相应并且不能很好地近似指数衰减的回声的早期反射分量建模。指数模型用来对与众多叠加的回声反射相应并且典型地可以很好地近似指数衰减的回声的后期反射分量建模。

[0064] 在上面描述的实施例中,回声抑制在VoIP系统中实现(例如,接收的音频信号可以包括在用户102与108之间通过通信系统100的呼叫期间用于传输至用户设备110的用户102的语音)。然而,本文描述的回声抑制方法可以应用于其中要应用回声抑制的任何适当的系统中。

[0065] 在上面描述且在图中示出的实施例中,没有将回声消除(或者“回声减法”)应用到接收的音频信号 $y(t)$ 。换言之,在用户设备104中不存在回声消除模块,并且在没有将回声消除应用到接收的音频信号 $y(t)$ 的在先步骤的情况下将回声抑制应用到接收的音频信号 $y(t)$ 。

[0066] 然而,在其他实施例中,可以通过回声消除模块将回声消除应用到接收的音频信号 $y(t)$ 。特别地,回声抑制模块314应用的回声抑制可以在接收的音频信号 $y(t)$ 的处理中的回声消除的下游(即之后)应用。回声消除模块从接收的音频信号中减去回声信号的估计,但是由于回声信号的估计中的不精确性,残余回声将很可能留在接收的音频信号中。正是残余回声然后被回声抑制模块314抑制。该回声抑制可以以本文在其中没有应用回声消除的实施例中所描述的相同方式应用。如果使用了回声减法,那么可以在回声抑制中考虑其作用。

[0067] 本文描述的方法可以通过在用户设备104处执行计算机程序产品(例如客户端206)而实现。即,计算机程序产品可以被配置成抑制接收的音频信号 $y(t)$ 中的回声,其中该计算机程序产品包含在计算机可读存储介质上(例如存储在存储器214中),并且当在CPU 202上执行时执行本文描述的任何方法的操作。

[0068] 在上面描述的方法中,使用了两个模型:对回声的早期反射分量建模的基于FIR的模型以及对回声的后期反射分量建模的指数模型。然而,在其他方法中,可以使用任何数量(大于1)的模型对回声的各分量建模。不同模型建模的回声的分量可以重叠或者可以不重叠,使得不同的模型彼此可以对或者可以不对回声的相同分量建模。这些模型的不同模型可以适合对回声的不同分量建模。每个模型可以被选择成适合它用来对其建模的回声的特定分量。这可以在上面给出的示例中看出,其中基于FIR的模型适于对回声的早期反射分量建模,而指数模型适合于对回声的后期反射分量建模。

[0069] 在另一个示例中,可以存在三个模型,其分别适合于且用于对以下分量建模:(i)回声的直接声音分量(如图5中所示),(ii)排除直接声音分量的回声的早期反射分量,以及(iii)回声的后期反射分量。例如,这三个模型可以分别是:(i)第一基于FIR的模型,其使用在滤波器抽头之间具有精细时间间距的第一FIR滤波器,使得该模型提供直接声音分量的非常精确的模型,(ii)第二基于FIR的模型,其使用具有比第一FIR滤波器的精细时间间距更粗糙的滤波器抽头之间的时间间距的第二FIR滤波器,使得第二基于FIR的模型提供排除直接声音分量的回声的早期反射分量的模型,该模型不像第一基于FIR的模型那样精确,但是其复杂度对于比直接声音分量的路径更长的回声路径而言较低;以及(iii)指数模型,其提供这三个模型的最低精度,但是其对于具有到回声的后期反射分量的长度的回声路径而言也提供了最低的复杂度。

[0070] 通常,本文描述的任何功能(例如图3中示出的功能模块和图4中示出的功能步骤)可以使用软件、固件、硬件(例如固定逻辑电路系统)或者这些实现方式的组合实现。图3和图4中单独地示出的模块和步骤可以实现为或者可以不实现为单独的模块或步骤。例如,回

声抑制模块314可以执行功率估计模块306和310以及组合模块312的功能。当在本文中使用时,术语“模块”、“功能”、“部件”和“逻辑”通常表示软件、固件、硬件或者其组合。在软件实现的情况下,模块、功能或逻辑表示当在处理器(例如CPU或CPUs)上执行时执行规定的任务的程序代码。该程序代码可以存储在一个或多个计算机可读存储设备中。本文描述的技术的特征是平台无关的,这意味着这些技术可以在具有各种各样的处理器的各种各样的商业计算平台上实现。

[0071] 例如,用户设备也可以包括使得用户设备的硬件执行操作(例如,处理器功能块等等)的实体(例如软件)。例如,用户设备可以包括可以被配置成维持指令的计算机可读介质,这些指令使得用户设备、更特别地用户设备的操作系统和关联的硬件执行操作。因此,这些指令用来将操作系统和关联的硬件配置成执行操作并且按照这种方式导致操作系统和关联的硬件转变为执行功能。这些指令可以由计算机可读介质通过各种各样的不同配置提供给用户设备。

[0072] 计算机可读介质的一种这样的配置是信号承载介质,并且因此被配置成例如经由网络将指令(例如作为载波)传输至计算设备。计算机可读介质也可以被配置成计算机可读存储介质并且因此不是信号承载介质。计算机可读存储介质的示例包括随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、光盘、闪存、硬盘存储器和可以使用磁、光和其他技术存储指令和其他数据的其他存储设备。

[0073] 尽管以特定于结构特征和/或方法动作的语言描述了本主题,但是应当理解的是,在所附权利要求书中限定的本主题不必限于上面描述的特定特征或动作。相反地,上面描述的特定的特征和动作作为实现权利要求的示例形式而被公开。

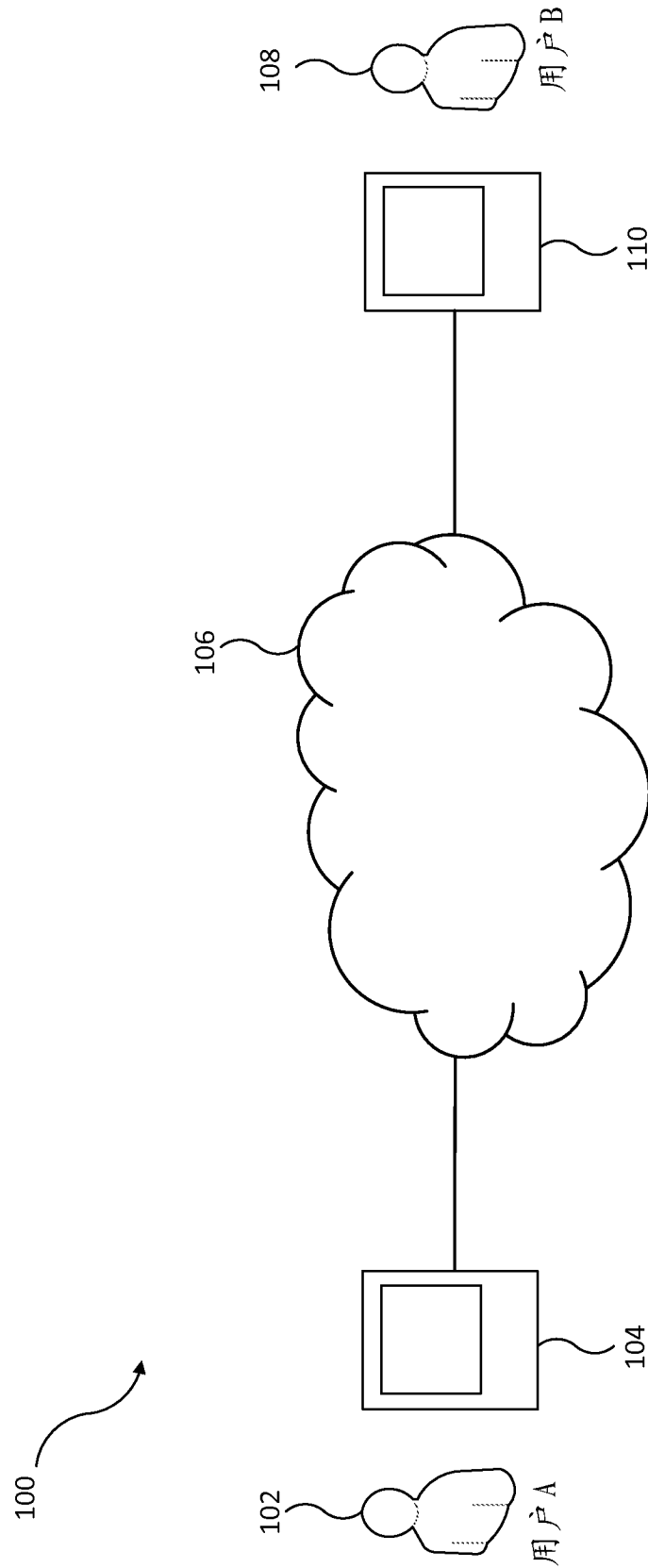


图 1

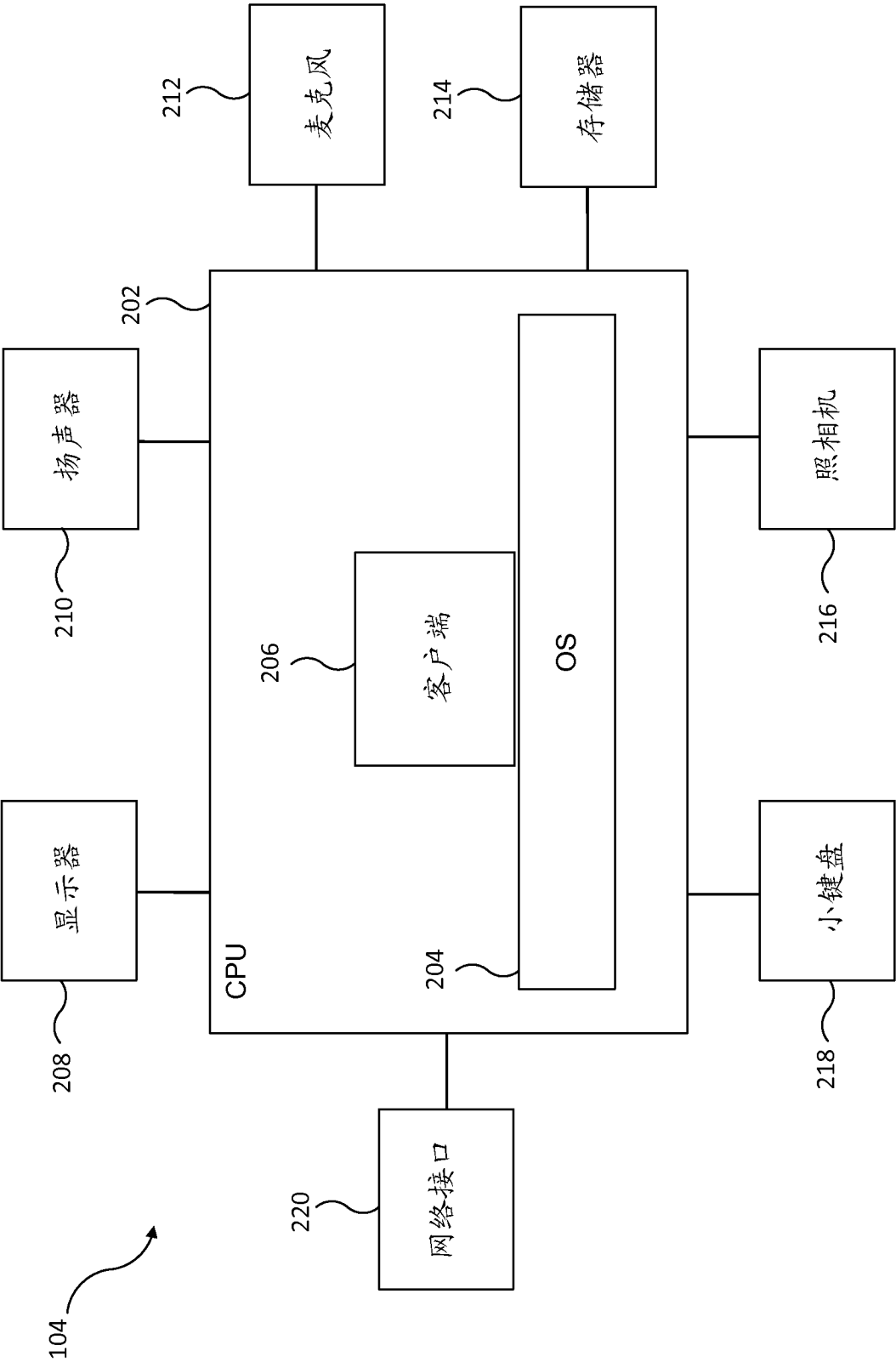


图 2

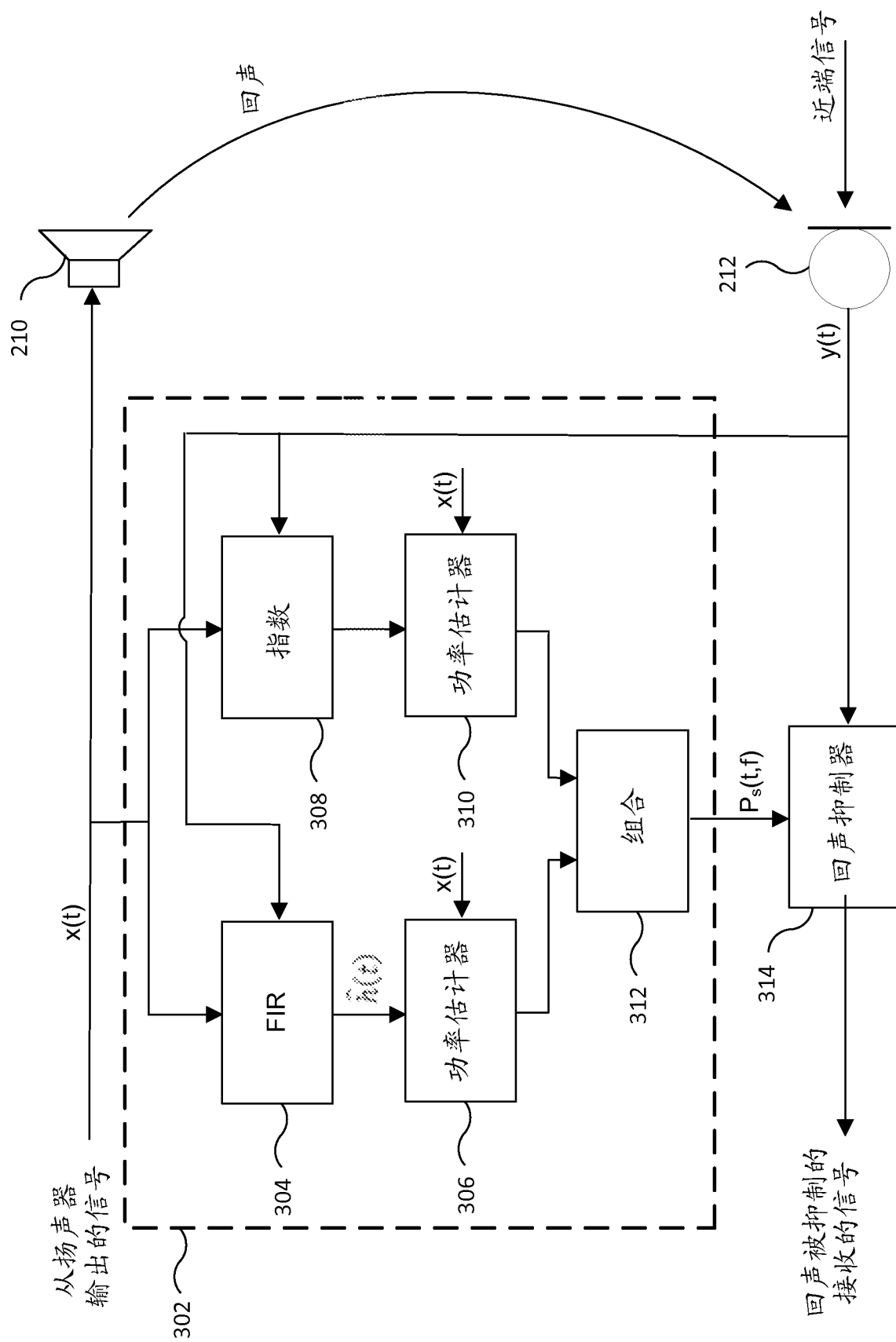


图 3

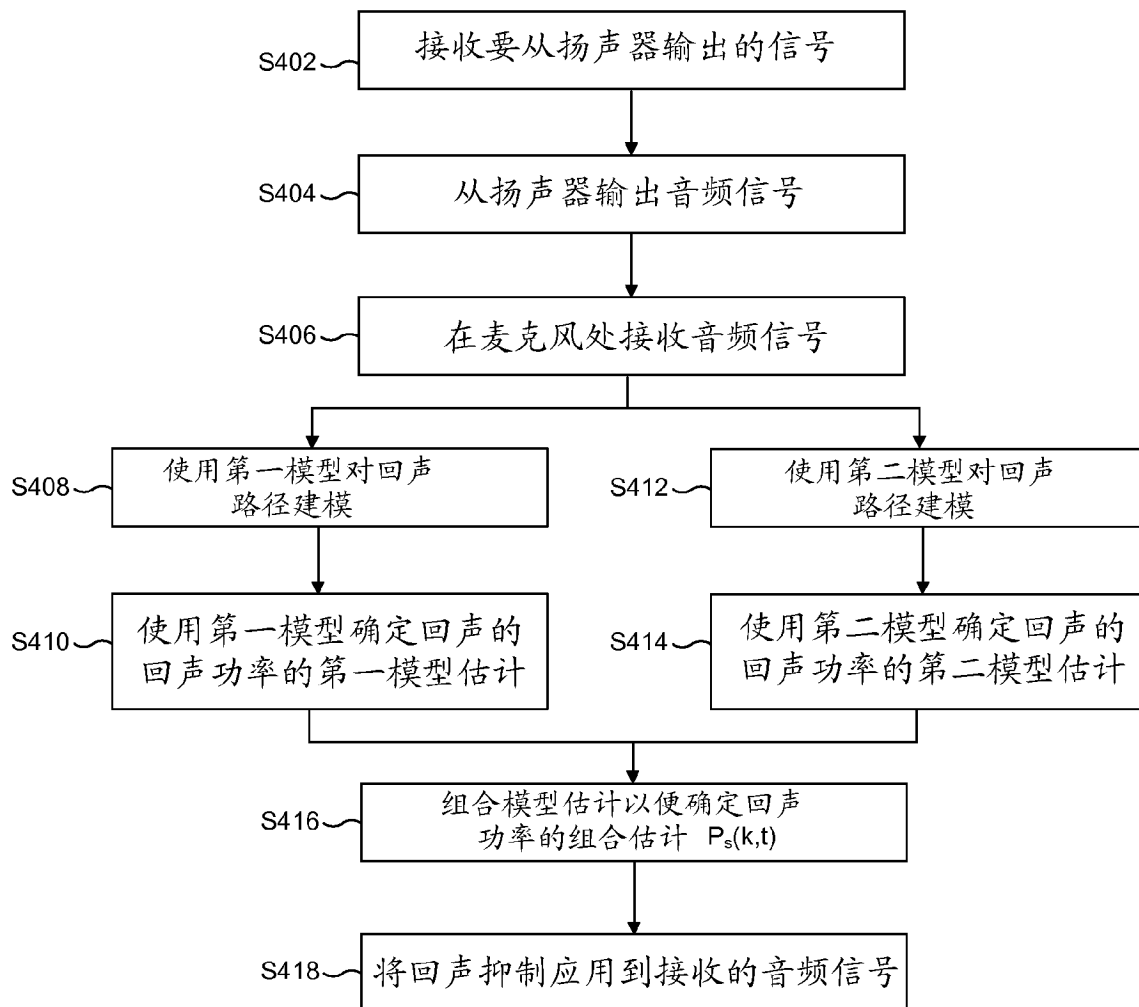


图 4

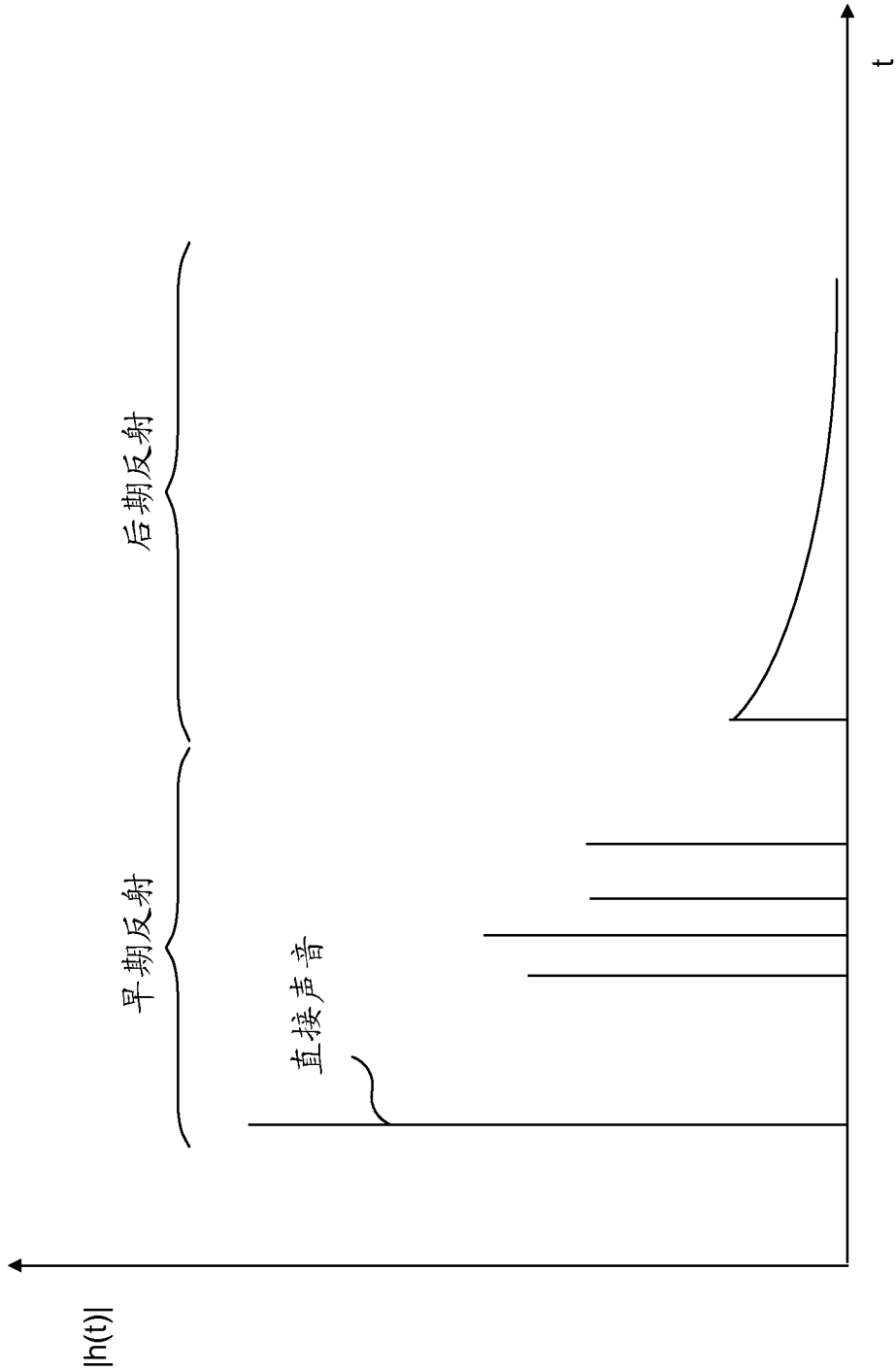


图 5