

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G06F 3/033 (2006.01)

G01S 5/18 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410034740.3

[45] 授权公告日 2009 年 9 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 100538607C

[22] 申请日 2004.5.9

[21] 申请号 200410034740.3

[30] 优先权

[32] 2003.5.9 [33] US [31] 10/435,231

[73] 专利权人 马维尔国际贸易有限公司

地址 巴巴多斯 圣迈克尔

[72] 发明人 维卡斯·C·雷卡尔

伊戈尔·科津采夫 赖纳·林哈特

[56] 参考文献

CN 1344983A 2002.4.17

WO 0126335A2 2001.4.12

CN 1260044A 2000.7.12

GB 2329778A 1999.3.31

审查员 王晓萍

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限公司

代理人 王 怡

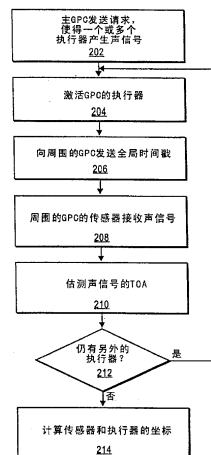
权利要求书 4 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称

分布式计算平台上的音频传感器和执行器的
三维位置校正

[57] 摘要

本发明公开了一种方法，所述方法包括第一计算设备向第二计算设备和第三计算设备发送无线信号，所述信号请求所述第二计算设备的执行器产生将要被所述第三计算设备的传感器接收的声信号，其中所述执行器和传感器是不同步的。所述第一计算设备基于所述声信号从所述第二计算设备的所述执行器到达所述第三计算设备的所述传感器的时间估测值，计算所述第二计算设备的所述执行器和所述第三计算设备的所述传感器的物理定位。



1. 一种用于确定物理定位的方法，包括：

第一计算设备的执行器产生声信号；

第二计算设备的传感器接收所述声信号；

生成所述声信号从所述执行器到达所述传感器的时间估测值，其中所述传感器和执行器是不同步的；

第三计算设备基于所述时间估测值，计算包括所述第二计算设备的所述传感器和所述第一计算设备的所述执行器的组中的至少一个的物理定位；

第四计算设备的传感器接收所述声信号；以及

生成所述声信号从所述执行器到达所述第四计算设备的所述传感器的第二时间估测值，其中所述第一计算设备的所述执行器和所述第四计算设备的所述传感器是不同步的；以及

所述第三计算设备基于所述第二时间估测值，计算包括所述第四计算设备的所述传感器和所述第一计算设备的所述执行器的组中的至少一个的物理定位。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述方法还包括：

所述第二计算设备的执行器产生第二声信号；

第一计算设备的传感器接收所述第二声信号；

生成所述第二声信号从所述第二计算设备的所述执行器到达所述第一计算设备的所述传感器的第三时间估测值；以及

所述第三计算设备基于所述第三时间估测值，计算包括所述第一计算设备的所述传感器和所述第二计算设备的所述执行器的组中的至少一个的物理定位。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其中所述执行器是扬声器。

4. 如权利要求 3 所述的方法，其中所述传感器是麦克风。

5. 如权利要求 4 所述的方法，其中由所述第一计算设备和所述第二计算设备产生的所述声信号选自由最大长度序列信号和线性调频信号组成的

组。

6. 如权利要求 1 所述的方法，还包括：

估测所述声信号何时由所述执行器发出的发出开始时间。

7. 如权利要求 6 所述的方法，其中所述发出开始时间的估测包括所述第一计算设备利用回路设备来估测所述发出开始时间；以及

利用所述发出开始时间来确定所述声信号从所述第一计算设备的所述执行器到达所述第二计算设备的所述传感器的时间估测值。

8. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述方法还包括在所述第三计算设备计算包括所述第二计算设备的所述传感器和所述第一计算设备的所述执行器的组中的至少一个的物理定位之前，通过使用一个或多个摄像机来计算所述第二计算设备的所述传感器和所述第一计算设备的所述执行器的所述物理定位的初始估测值。

9. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述方法还包括在所述第三计算设备计算包括所述第二计算设备的所述传感器和所述第一计算设备的所述执行器的组中的至少一个的物理定位之前，通过多维定标来计算所述第二计算设备的所述传感器和所述第一计算设备的所述执行器的所述物理定位的初始估测值。

10. 一种用于确定物理定位的方法，包括：

第一计算设备向第二计算设备和第三计算设备发送无线信号，所述信号请求所述第二计算设备的执行器产生将要被所述第三计算设备的传感器接收的声信号，其中所述执行器和所述传感器是不同步的；以及

所述第一计算设备基于所述声信号从所述第二计算设备的所述执行器到达所述第三计算设备的所述传感器的时间估测值，计算包括所述第二计算设备的所述执行器和所述第三计算设备的所述传感器的组中的至少一个的物理定位。

11. 如权利要求 10 所述的方法，其中所述方法还包括：

所述第一计算设备向所述第二计算设备和第四计算设备发送所述无线信号，所述无线信号请求所述第二计算设备的所述执行器产生将要被所述第四计算设备的传感器接收的所述声信号，其中所述第四计算设备的所述

执行器和所述传感器是不同步的；以及

所述第一计算设备基于所述声信号从所述第二计算设备的所述执行器到达所述第四计算设备的所述传感器的时间估测值，计算包括所述第二计算设备的所述执行器和所述第四计算设备的所述传感器的组中的至少一个的物理定位。

12. 如权利要求 11 所述的方法，其中所述方法还包括：

所述第一计算设备向所述第二计算设备和第三计算设备发送第二无线信号，所述第二无线信号请求所述第三计算设备的执行器产生将要被所述第二计算设备的传感器接收的第二声信号，其中所述第三计算设备的所述执行器和所述第二计算设备的传感器是不同步的；以及

所述第一计算设备基于所述第二声信号从所述第三计算设备的所述执行器到达所述第二计算设备的所述传感器的时间估测值，计算包括所述第三计算设备的所述执行器和所述第二计算设备的所述传感器的组中的至少一个的物理定位。

13. 如权利要求 12 所述的方法，其中所述执行器是扬声器。

14. 如权利要求 13 所述的方法，其中所述传感器是麦克风。

15. 如权利要求 14 所述的方法，其中由所述第二计算设备和所述第三计算设备产生的所述声信号选自由最大长度序列信号和线性调频信号组成的组。

16. 如权利要求 10 所述的方法，还包括：估测所述声信号何时由所述第二计算设备的所述执行器发出的发出开始时间。

17. 如权利要求 16 所述的方法，其中所述发出开始时间的估测包括所述第二计算设备利用回路设备来估测所述发出开始时间；利用发出开始时间来确定所述声信号从所述第二计算设备的所述执行器到达所述第三计算设备的所述传感器的时间估测值。

18. 如权利要求 10 所述的方法，其中所述方法还包括：

在所述第一计算设备确定包括所述第二计算设备的所述执行器和所述第三计算设备的所述传感器的组中的至少一个的物理定位之前，所述第一计算设备通过使用一个或多个摄像机来计算所述第二计算设备的所述执行

器和所述第三计算设备的所述传感器的所述物理定位的初始估测值。

19. 如权利要求 10 所述的方法，其中所述方法还包括：

在所述第一计算设备确定包括所述第二计算设备的所述执行器和所述第三计算设备的所述传感器的组中的至少一个的物理定位之前，所述第一计算设备通过多维定标来计算所述第二计算设备的所述执行器和所述第三计算设备的所述传感器的所述物理定位的初始估测值。

分布式计算平台上的音频传感器和执行器的三维位置校正

技术领域

本发明涉及分布式计算平台中的音频传感器和执行器（actuator）的位置校正。

背景技术

象多流音频/视频输出、免提语音通信、目标定位和语音增强的许多新兴应用使用多个传感器和执行器（分别类同于多个麦克风/摄像机和扬声器/显示屏）。但是，目前大量工作集中于在单个平台上设置所有的传感器和执行器。这种设置需要许多专用硬件。例如，在单个通用计算机上设置麦克风阵列一般需要昂贵的多信道声卡和具有更高计算能力的中央处理单元（CPU）来处理所有的多个流。

诸如便携式电脑、个人数据助理（PDA）、平板电脑（tablet）、蜂窝电话和可携式摄像机之类的计算设备已普及。这些设备配备有音-像传感器（例如麦克风和摄像机）和执行器（例如扬声器和显示器）。不同设备上的音频/视频传感器可用来形成分布式传感器网络。这种特别（ad-hoc）网络可用来以分布式方式捕捉不同的音-像场景（诸如商业会议、婚礼或公共事件之类的事件），然后将所有的所述多个音-像流用于新兴应用。例如，可想象在会议过程中使用由与会者的便携式电脑形成的分布式麦克风阵列，从而取代了昂贵的单个扬声器电话。这种传感器网络也可用来检测、标识、定位并追踪静态的或移动的源和目标。

实现分布式音频/视频 I/O 平台包括将传感器、执行器和平台放置在空间坐标系中，其中包括确定传感器和执行器的三维位置。

发明内容

为解决上述问题，根据本发明的一个方面，提供了一种用于确定物理

定位的方法，包括：第一计算设备的执行器产生声信号；第二计算设备的传感器接收所述声信号；生成所述声信号从所述执行器到达所述传感器的时间估测值，其中所述传感器和执行器是不同步的；第三计算设备基于所述时间估测值，计算包括所述第二计算设备的所述传感器和所述第一计算设备的所述执行器的组中的至少一个的物理定位；第四计算设备的传感器接收所述声信号；以及生成所述声信号从所述执行器到达所述第四计算设备的所述传感器的第二时间估测值，其中所述第一计算设备的所述执行器和所述第四计算设备的所述传感器是不同步的；以及所述第三计算设备基于所述第二时间估测值，计算包括所述第四计算设备的所述传感器和所述第一计算设备的所述执行器的组中的至少一个的物理定位。

根据本发明的第二个方面，提供了一种用于确定物理定位的方法，包括：第一计算设备向第二计算设备和第三计算设备发送无线信号，所述信号请求所述第二计算设备的执行器产生将要被所述第三计算设备的传感器接收的声信号，其中所述执行器和所述传感器是不同步的；以及所述第一计算设备基于所述声信号从所述第二计算设备的所述执行器到达所述第三计算设备的所述传感器的时间估测值，计算包括所述第二计算设备的所述执行器和所述第三计算设备的所述传感器的组中的至少一个的物理定位。

根据本发明的第三个方面，提供了一种其上存储有指令集的机器可读介质，当所述指令被执行时，会使所述机器执行包括如下步骤的方法：第一计算设备的执行器产生声信号；第二计算设备的传感器接收所述声信号；生成所述声信号从所述执行器到达所述传感器的时间估测值，其中所述传感器和执行器是不同步的；以及第三计算设备基于所述时间估测值，计算包括所述第二计算设备的所述传感器和所述第一计算设备的所述执行器的组中的至少一个的物理定位。

根据本发明的第四个方面，提供了一种其上存储有指令集的机器可读介质，当所述指令被执行时，会使所述机器执行包括如下步骤的方法：第一计算设备向第二计算设备和第三计算设备发送无线信号，所述信号请求所述第二计算设备的执行器产生将要被所述第三计算设备的传感器接收的声信号；以及所述第一计算设备基于所述声信号从所述第二计算设备的所

述执行器到达所述第三计算设备的所述传感器的时间估测值，计算包括所述第二计算设备的所述执行器和所述第三计算设备的所述传感器的组中的至少一个的物理定位。

附图说明

图 1 示出了根据一个实施例的分布式计算平台的示意图。

图 2 是描述根据一个实施例的音频传感器和执行器的产生位置校正的过程的流程图。

图 3 示出了生成位置坐标的计算方案。

具体实施方式

这里公开了分布式计算平台中的音频传感器和执行器的三维位置校正的实施例。在下面的描述中，提到了许多具体细节。但是，应该理解没有这些具体细节仍可实施实施例。在其他情况下，为了不混淆对本说明书的理解，公知的电路、结构和技术都没有详细地示出。

本说明书中凡提及“一个实施例”或者“实施例”，表示结合该实施例描述的具体特征、结构或者特性包括在至少一个实施例中。因此，通篇说明书中出现在各处的“一个实施例中”或者“实施例中”的字样，未必都是指同一个实施例。而且，所述具体特征、结构或特性可以适当的方式结合在一个或多个实施例中。

图 1 图示了由一组通用计算机（GPC）102-106（有时称之为计算设备）组成的分布式计算平台的示意图。GPC 102 配置为主计算机（master），执行定位估测。图 1 中所示的 GPC（102-106）可包括个人计算机（PC）、便携式电脑、PDA、平板 PC（tablet PC）或其他计算设备。在一个实施例中，每个 GPC 具有音频传感器 108（例如麦克风）、执行器 110（例如扬声器）和无线通信能力 112。如以下将详细解释的，多个 GPC 的传感器和执行器用来估测它们各自的物理定位。

例如，在一个实施例中，倘若一组 M 个声传感器和 S 个声执行器在未知位置处，一个实施例估测它们各自的三维坐标。利用预定的校正信号来激励声执行器，例如最大长度序列信号或线性调频信号（chirp signal），并估测每对声执行器和传感器的到达时间（TOA）。在一个实施例中，指定一对麦克风和扬声器的 TOA 被定义为声信号由扬声器到达麦克风的时间。测得 TOA，并已知声音在声介质中的速度，就可计算每个声信号源与声传感器之间的距离，从而确定执行器和传感器的三维位置。

图 2 是更详细地描述根据一个实施例在分布式计算平台中产生音频传感器和执行器的三维位置校正的过程的流程图。图 2 流程图中所描述的过程周期性地提及图 1 所示的分布式计算机平台的多个 GPC。

在方框 202, 可视为分布式平台的主 GPC 的第一 GPC 102 将无线信号发送给分布式平台中的周围 GPC 集(分布式平台中所包括的 GPC 的实际数目可根据实现而变化)。第一 GPC 102 的信号包括请求激励其中一个 GPC (例如, 第二 GPC 103) 的特定执行器以产生将要被周围多个 GPC (例如 GPC 102、104-106) 的传感器接收的声信号。在一个实施例中, 来自主 GPC 102 的初始无线信号标识要被激励的特定执行器 110。

响应于来自主 GPC 102 的信号, 在方框 204, 第二 GPC 103 激励执行器 110 以产生声信号。在一个实施例中, 声信号可以是最大长度序列信号或线性调频信号, 或另一种预定信号。在方框 206, 第二 GPC 103 还向其他 GPC 104-106 传输第一全局时间戳。在一个实施例中, 全局时间戳标识第二 GPC 103 何时启动第二 GPC 103 的执行器 110 的动作。在方框 208, GPC 102, 104-106 的传感器接收由第二 GPC 103 所产生的声信号。

在方框 210, 估测声信号从第二 GPC 103 的执行器 110 到达各个传感器的时间(以下称之为到达时间(TOA))。在一个实施例中, 指定一对麦克风和扬声器的 TOA 被定义为声信号从扬声器到达麦克风所需的时间。

在一个实施例中, 通过其传感器接收声信号的多个 GPC 继续估测各自的 TOA。在一个实施例中, 分布式平台中存在共用时钟, 使得 GPC 102-106 能够确定被各自的传感器捕捉的音频样本的到达时间。结果, 基于由第二 GPC 103 发出的第一全局时间戳与传感器接收到声信号的时间之间的差别可估测 TOA。

但是, 考虑到传感器分布在不同平台, 所以不同 GPC 间的音频流一般在时间上不同步(例如不同 GPC 的执行器和传感器的模数转换器和数模转换器是不同步的)。结果, 所估测的 TOA 未必等于实际的 TOA。具体地, 声信号的 TOA 可包括发出开始时间, 其被定义为一且各个 GPC (例如 GPC 103) 已发出命令, 则扬声器(例如执行器 110) 实际发出声音之前的时间。实际的发出开始时间一般不为 0, 并且取决于各个 GPC 的声卡

和处理器负荷实际上可能在时间上有变化。

因此，为说明发出开始时间的变化，可使用多个替换例。例如，在一个实施例中，如果在 GPC 激励执行器时有多个音频输入信道可利用，则可将其中一个输出信道直接与其中一个输入信道相连接，形成回路（loop-back）。然后可估测指定扬声器的源发出开始时间，并可将其全局地发送给其他 GPC 102，104-106，以更精确地确定各个 TOA。而且，在一个实施例中，在利用回路的情况下，所估测的发出开始时间将包括在由各个 GPC 传输的全局时间戳中。

一旦接收 GPC 104-106 已估测了声信号的 TOA，其可包括说明如上所述的未知发出开始时间，则 TOA 被传输给主 GPC 102。在可替换的实施例中，主 GPC 102 可计算 TOA，在这种情况下 GPC 104-106 的每个传感器分别产生声信号何时到达的第二全局时间戳。在可替换的实施例中，主 GPC 102 使用第一全局时间戳（标识第二 GPC 103 何时启动执行器 110 的动作）和第二全局时间戳来估测各对执行器和传感器的 TOA。这种情况下，主 GPC 102 也可估测声信号的发出开始时间以估测 TOA。

在判定方框 212，如果分布式平台中仍有另外的执行器，则重复方框 202-210 的过程，使得平台中的每个执行器产生声信号来确定其与各个接收传感器之间的 TOA。在可替换的实施例中，可并行地启动多个独立的执行器，其中每个执行器利用唯一的信号（例如线性调频信号或 MLS 信号的不同参数）来复用执行器信号。在并行地启动多个独立的执行器的情况下，主 GPC 102 为每个执行器标识唯一的信号参数，当激励执行器时，这些参数将要用到。

一旦所有的不同对的执行器和传感器的 TOA 已被计算出并传输给主 GPC 102，在方框 214，主 GPC 102 计算传感器和执行器的坐标。更具体地说，如图 3 的位置计算方案所示的，在一个实施例中，主 GPC 102 利用非线性最小平方（NLS）算法 302 来确定执行器和/或传感器的坐标 304。在一个实施例中，NLS 算法 302 考虑 TOA 306，平台中麦克风的数目 308 和扬声器的数目 310，以及执行器和扬声器的坐标的初始估测值 312。主 GPC 102 所用的基于 TOA 来计算执行器和传感器的坐标的实际计

算法可基于实现而变化。例如，在计算具有未知发出开始时间的传感器和执行器的位置的可替换实施例中，NLS 程序用来一起估测位置和发出时间。发出时间将额外的 S 个（执行器的数目）变量加入计算程序中。

为提供如 NLS 所用的初始估测值，几种替换方法可利用。例如，如果麦克风和扬声器位置的近似概念可利用，则可手工完成初始化。在另一个实施例中，使用一个或多个摄像机可提供粗略估测以作为初始估测值使用。

产生初始估测值的另外实施例包括假定在指定计算平台上的麦克风和扬声器大致在同一位置处，并且如果给定了所有独立的 GPC 之间的对偶（pairwise）距离的估测值，则在一个实施例中可用多维定标方法（multidimensional scaling approach）从几何距离（Euclidean distance）矩阵来确定坐标。这种方法包括将对称对偶距离矩阵转化为关于某个原点的标量积矩阵，然后进行单值分解（singular value decomposition）来获得坐标矩阵。矩阵坐标依次可用作各个 GPC 以及位于其上的麦克风和扬声器的坐标的初始推测或估测值。

上述技术可存储在其中一个计算设备或 GPC 的存储器中，作为要执行的指令集。此外，执行上述过程的指令还可以存储在其他形式的计算机和/或机器可读介质上，包括磁盘和光盘。另外，指令可以编译和链接版本的形式被下载到数据网络上的计算设备中。

或者，执行如上讨论的技术的逻辑可在另外的计算机和/或机器可读介质中实现，例如诸如大规模集成电路（LSI）、专用集成电路（ASIC）之类的分立硬件组件，诸如电可擦除可编程只读存储器（EEPROM）之类的固件；以及电、光、声和其他形式的传播信号（例如载波、红外信号、数字信号等）等。

已参照其具体示例性实施例描述了这些实施例。但是，对于受益于本公开的人来说很明显，在不偏离这里所述的实施例的更广泛精神和范围的情况下，可对这些实施例进行各种改进和变化。因此，本说明书及附图应视为是示意性的，而非限制性的。

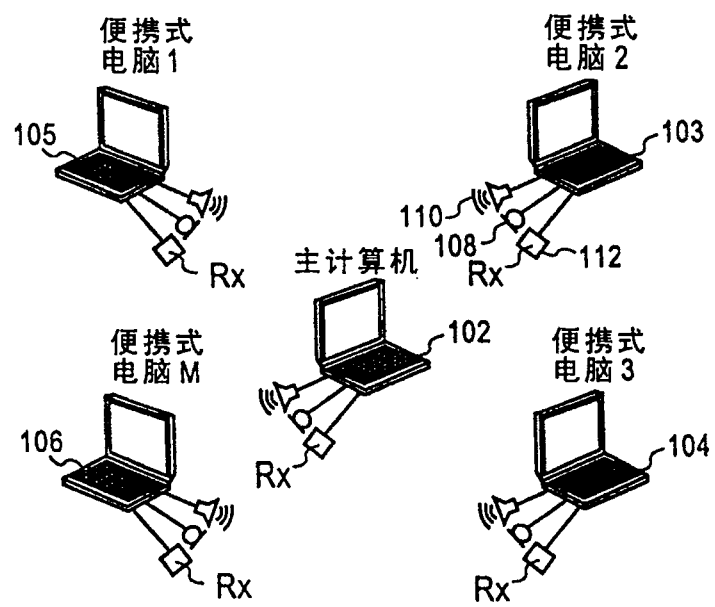


图 1

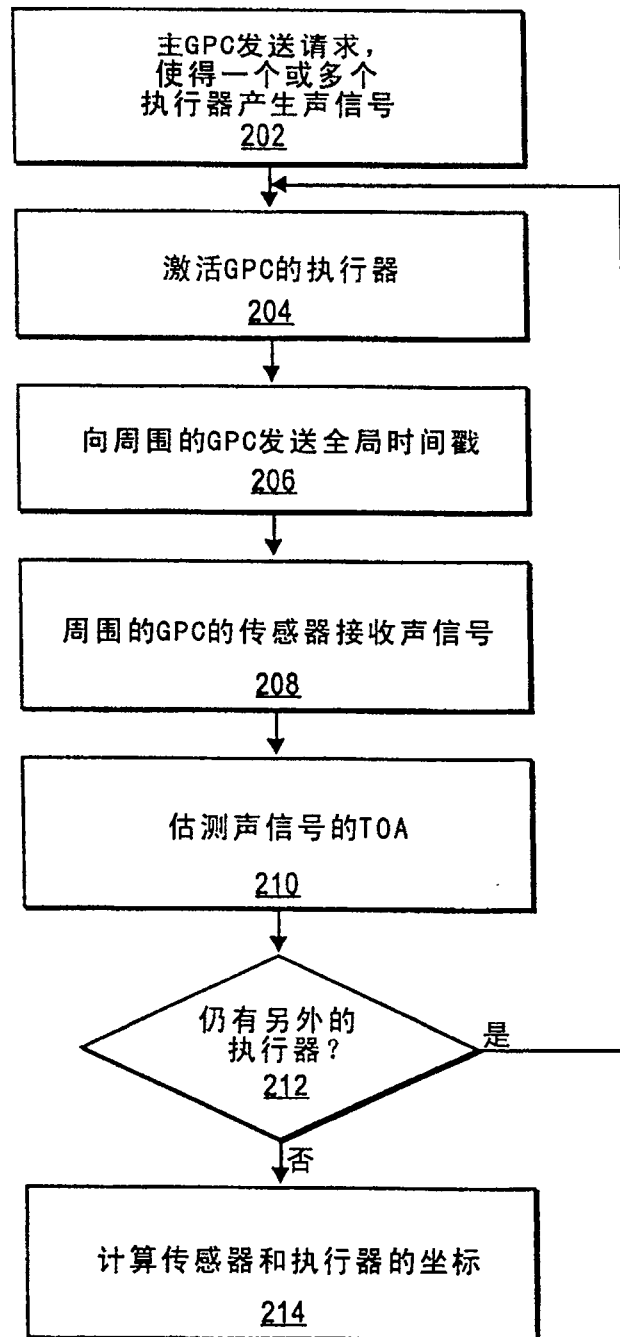


图2

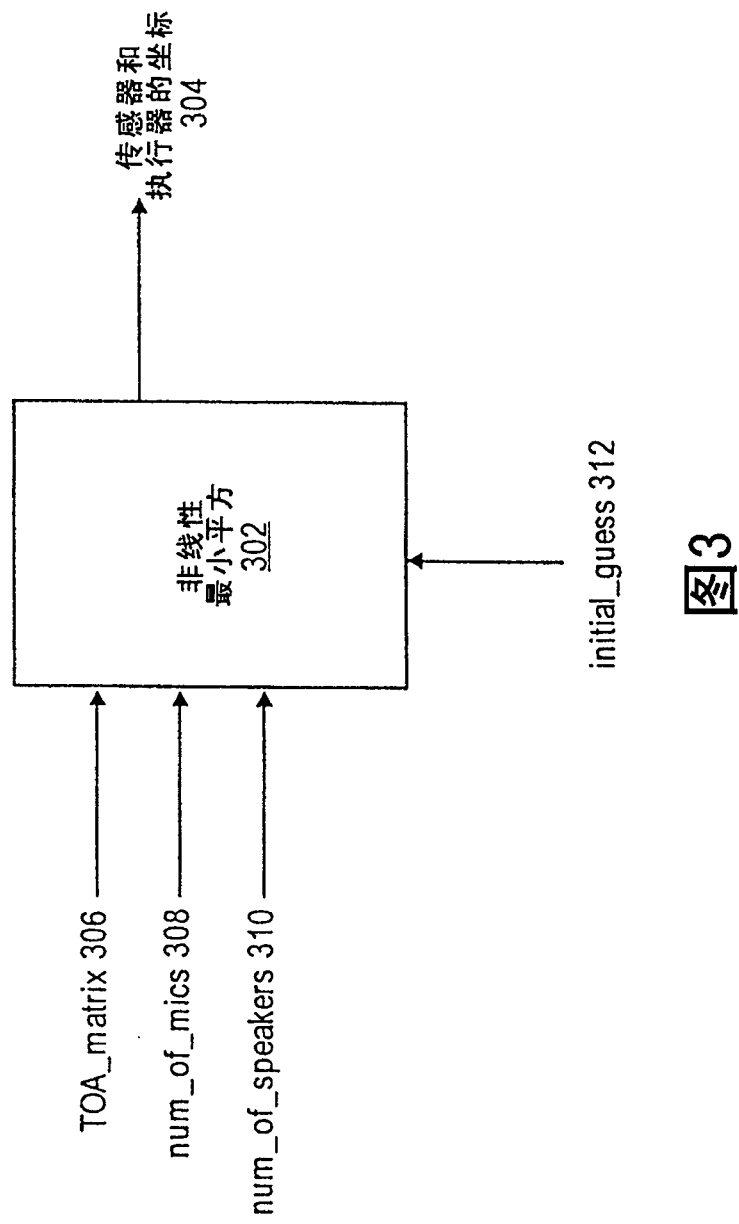


图3