



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102893175 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 29

(21) 申请号 201180024988. X

(22) 申请日 2011. 05. 13

(30) 优先权数据

10163401. 2 2010. 05. 20 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 11. 20

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2011/052105 2011. 05. 13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/145030 EN 2011. 11. 24

(73) 专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 W. J. 兰布 R. M. 亚尔特斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 刘红 汪扬

(51) Int. Cl.

G01S 7/534 (2006. 01)

G01S 15/32 (2006. 01)

G01S 15/89 (2006. 01)

H04R 29/00 (2006. 01)

H04S 7/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 6445804 B1, 2002. 09. 03, 全文.

US 2005/0276163 A1, 2005. 12. 15, 全文.

US 2006/0153391 A1, 2006. 07. 13, 全文.

CN 1973317 A, 2007. 05. 30, 全文.

审查员 阎冬

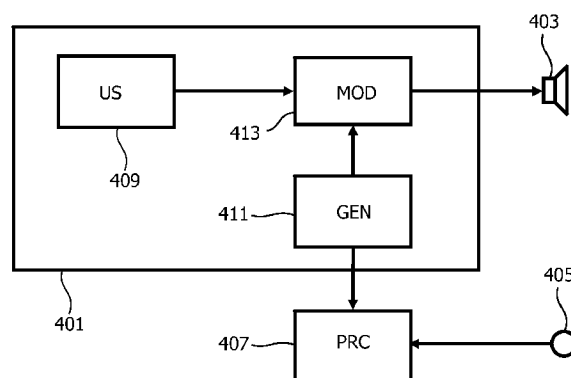
权利要求书2页 说明书17页 附图10页

(54) 发明名称

使用声音信号的距离估计

(57) 摘要

一种设备包括测试信号发生器(401), 其通过将音频带测试信号调制到超声波信号上来生成超声波测试信号。超声波测试信号从参量扩音器(403)中辐射, 并且在空中利用非线性来解调。反射的音频信号可以源于诸如墙体之类的对象的反射。音频带传感器(405)生成音频带捕获信号, 其包括解调的反射音频带信号。距离电路(407)随后针对从参量扩音器(403)到对象的距离生成距离估计, 以响应音频带捕获信号与音频带测试信号的比较。特别地, 两个信号可以被相关, 以确定与全路径长度相对应的延迟。基于距离估计, 音频环境可以被估计, 并且音响系统可以相应地被适配。



1. 一种用于确定至对象的距离的设备,所述设备包括:

测试信号发生器(401),用于通过将音频带测试信号调制到超声波信号上来生成超声波测试信号;

参量扩音器(403),用于在第一方向辐射超声波测试信号;

音频带传感器(405),用于基于被所述对象反射的源于超声波测试信号的解调的反射音频带信号生成音频带捕获信号;和

距离电路(407),用于针对从参量扩音器(403)到对象的距离生成距离估计,以响应音频带捕获信号以及音频带测试信号的反射音频信号估计。

2. 权利要求1的设备,其中距离电路(407)被安排来生成在第一方向与对象的反射表面之间的角度估计,以响应音频带捕获信号的频率分布特性。

3. 权利要求1的设备,其中距离电路(407)被安排来为对象生成大小估计,以响应音频带捕获信号的频率分布特性。

4. 权利要求1的设备,其中距离电路(407)被安排来确定在时间阈值之后在音频带捕获信号与反射音频信号估计之间最早的相关峰值以及生成多次反射距离估计,以响应在音频带捕获信号与反射音频信号估计之间的后续相关峰值的定时。

5. 权利要求1的设备,进一步包括音频环境电路(1003),其被安排为:

改变第一方向;

接收针对第一方向的不同值的距离估计;和

响应于距离估计,确定音频环境几何形状。

6. 权利要求5的设备,其中参量扩音器(403)包括超声波换能器阵列,以及音频环境电路(1003)被安排为通过控制超声波换能器的相对延迟、相位和增益中的至少一项来控制第一方向的值。

7. 权利要求5的设备,其中距离电路(407)被安排来生成多次反射距离估计,以响应音频带捕获信号与反射音频信号估计的比较,多次反射距离估计指示包括多个反射的从参量扬声器(403)到音频带传感器的路径的距离;以及其中音频环境电路(1003)进一步被安排来确定音频环境几何形状,以响应多次反射距离估计。

8. 权利要求5的设备,其中音频环境电路(1003)被安排来针对音频环境确定混响时间以及响应于混响时间来确定音频环境几何形状。

9. 权利要求5的设备,其中音频环境电路(1003)被安排来接收包括用户始发的声音的另一音频带捕获信号以及响应于另一音频带捕获信号和音频环境几何形状而确定收听位置。

10. 权利要求5的设备,其中距离电路被安排来迭代地确定针对第一方向的相应值的距离估计,以及音频环境电路(1003)被安排来估计音频环境几何形状,以响应针对第一方向的相应值的距离估计的动态变化。

11. 权利要求5的设备,其中距离电路被安排来迭代地确定针对第一方向的相应值的距离估计,以及音频环境电路(1003)被安排来估计音频环境中的收听位置,以响应针对第一方向的相应值的距离估计的动态变化。

12. 一种空间声音再生系统,其包括权利要求5的设备,以及其中音频环境电路(1003)被安排来适配空间声音再生的特性,以响应音频环境几何形状。

13. 权利要求 12 的空间声音再生系统,其中音频环境电路(1003)被安排来控制针对至少一个空间通道的定向声音的方向,以响应音频环境几何形状。

14. 权利要求 12 的空间声音再生系统,其中参量扬声器(403)被安排来针对至少一个空间通道再生声音。

15. 一种确定至对象的距离的方法,该方法包括:

通过将音频带测试信号调制到超声波信号上,生成超声波测试信号;

在第一方向从参量扩音器(403)辐射超声波测试信号;

由音频带传感器(405)捕获音频带捕获信号,音频带捕获信号基于被所述对象反射的源于超声波测试信号的解调的反射音频带信号;和

响应于音频带捕获信号和音频带测试信号的反射音频信号估计,针对从参量扩音器(403)到对象的距离生成距离估计。

使用声音信号的距离估计

技术领域

[0001] 本发明涉及至对象的距离的估计,并且特别地而非排他地涉及基于距离的估计的音频环境的表征(characterisation)。

背景技术

[0002] 对于许多应用来说,距离的自动确定是重要的。例如,音频环境极大地影响扩音器系统的性能,并且例如,房间的音响效果显著地影响利用空间声音再生系统能够提供的空间体验。为了提供最佳可能的空间再现(render),声音再生系统适当地被校准到特定音频环境因此是重要的。因为不可能事先说明(account for)房间大小、音响系统位置和收听者位置等等的每一种可能的排列,所以在实践中只可能提供有限数量的预设选项。声音再生系统的适当校准因此必须就地利用设备来完成。为了优化声音再生,房间几何形状、收听位置以及再现设备的位置应该最好是已知的。虽然有可能人工测量这个数据,但是这对用户而言将代表不受欢迎的工作量,并且将遭受用户错误。如果能够自动地测量房间几何形状(geometry),那么优化能够是自动的并且没有用户错误。这样的房间几何形状可以从诸如墙体(wall)之类的房间对象的距离测量中进行确定,并因此用于确定这样的至对象的距离的实用系统是非常有利的。

[0003] 已提议基于定向声音信号的测量来确定至墙体的距离。W02004666731A1 公开一种系统,其中使用常规的扩音器阵列和至少一个麦克风来校准条形音箱(sound bar)系统,其中多个空间通道使用扩音器阵列以及声音信号的定向辐射、从单个扩音器设备中生成。

[0004] 所公开的系统使用常规的扩音器阵列来创建指向墙体的定向声音的波束。所反射的声音利用麦克风来记录,并且在声音的发射和声音的捕获之间的时间差用于确定至反射对象的距离。此方案与标准的声纳系统非常相似。针对这个系统的常规扩音器阵列的使用具有若干缺陷。常规扩音器阵列只能在利用阵列的宽度和扩音器的间隔所确定的有限范围的频率上产生高度定向的声束。有限的带宽导致所公开的系统将单个频率测试音调用于校准,这与较宽带宽信号相比可能导致例如降低的信噪比。所公开的系统也可能易于产生能够引起虚假结果的波瓣伪像(lobbing artefact)。

[0005] 常规扩音器阵列的使用所面临的另一问题是:高定向性所需要的大孔径也导致大的音频束斑大小,其降低测量系统的分辨率。为了解决这个问题,W0200466673A1 建议使用聚焦算法来减小束斑大小。然而,为了聚焦波束,至反射对象的距离必须提前知道,即,其要求将要测量的距离是已经知道的。就此而论,需要迭代优化程序来将波束聚焦到合适的斑大小并利用合适的精度来识别墙体的位置。这在处理能力和测量/设置时间方面是昂贵的。

[0006] 基于超声的距离检测系统也已被用于确定至墙体的距离。这些系统朝向墙体辐射超声信号,并且测量在返回接收到超声信号之前所花费的时间。该距离随后可以被确定为与超声信号的往返延迟的一半相对应。然而,这样的超声波测距系统要求:反射表面垂直于超声波声束,并且对于其之间的偏差是非常敏感的。实际上,在许多情况下,甚至与垂直角

度的小偏差也导致与具有(例如,更多墙体的)多次反射的路径相对应的测量信号,从而导致错误的结果,并因而导致例如声音再生系统的错误校准。对于其中测距设备不能实用地被定位并且不能直接地被指向正测量至其的距离的对象的许多固定校准系统来说,这样的超声波测距系统因此往往是不切实际的。特别地,这些系统往往需要人工操作并且不适合用于其中从测距设备到对象的确切位置和方向不是已知的许多自动化系统。

[0007] 因此,用于确定距离的改善系统将是有益的,并且特别地,虑及增加的灵活性、便利的实现方式、便利的操作、改善的精度、增加的在系统与对象之间的几何关系的灵活性、改善的针对自动测距和校准的适用性、改善的方向性、增加的聚焦和 / 或改善的性能的系统将是有益的。

发明内容

[0008] 相应地,本发明寻求优选地单独或以任何组合来缓解、减轻或消除上述缺陷之中的一个或多个缺陷。

[0009] 根据本发明的一个方面,提供一种用于确定至对象的距离的设备:测试信号发生器,用于通过将音频带测试信号调制到超声波信号上来生成超声波测试信号;参量扩音器,用于在第一方向辐射超声波测试信号;音频带传感器,用于生成音频带捕获信号,其中音频带捕获信号包括源于超声波测试信号的解调的反射音频带信号;和距离电路,用于针对从参量扩音器到对象的距离生成距离估计,以响应音频带捕获信号和音频带测试信号的反射音频信号估计。

[0010] 本发明可以提供改善的和 / 或便利的距离估计。距离测量在许多实施例中可能更适用于自动距离估计和 / 或可能对测量情景的几何特性的变化更不敏感。特别地,本发明可以为其中来自传感器 / 参量扩音器的方向不与对象的表面垂直的情景提供改善的距离估计。在许多情景中,可以实现更精确的定向距离测量,并且特别地,在保持低复杂度的同时,可以实现较小的束斑大小。

[0011] 距离电路可以生成距离估计,以响应音频带捕获信号与音频带测试信号的相对定时。

[0012] 音频带可以低于 20kHz,而超声波信号具有高于 20kHz 的频率。音频带捕获信号可以对应于在从 0Hz 到 15kHz 的频带内的频率间隔中的捕获声音,并且通常可以包括来自包括低于 10kHz 或 5kHz 的频率的频率间隔的声音。

[0013] 在许多实施例中,音频带测试信号可以有利地具有不小于 500Hz 的频率带宽,并且在一些实施例中可以更有利地具有不小于 1kHz、2kHz 乃至 5kHz 的频率带宽。这在许多情景中允许更精确的估计,并且时常可以允许改善的相关特性诸如反射表面的角度或反射对象的大小的估计。

[0014] 例如,音频带测试信号可以是(例如,对数)频率扫描信号、最大长度序列或随机带有限噪声信号。在一些实施例中,例如,音频带测试信号可以是单音信号。

[0015] 参量扩音器和音频带传感器通常可以实质上共同定位(co-locate)。例如,这样的共同定位可以对应于低于要估计的距离的十分之一,并且在许多实施例中可以小于 50 厘米(cm)、25 厘米乃至 10 厘米。

[0016] 超声波测试信号可以定向进行辐射,例如,诸如利用对于从 3kHz 到 10kHz 的频率

间隔乃至对于从 1500Hz 上至 15kHz 的频率间隔在小于 10° 或 20° 的角度上具有 6dB 衰减的定向波束进行辐射。主波瓣角度在较低频率上可能是较大的,并且例如在 500Hz 上可能小于 40°。

[0017] 距离电路可以被安排来确定距离估计,以响应在时间阈值之后在音频带捕获信号与音频带测试信号之间最早的相关峰值的定时。

[0018] 这可以允许实用且精确的距离确定。时间阈值可以是预定的时间延迟并且一般可以对应于比从参量扩音器到音频带传感器的距离更长的路径长度。

[0019] 反射的音频信号估计在一些实施例中可以与音频带测试信号相同,或者例如,反射的音频信号估计可以是经修改或经处理版本的例如被确定来补偿非线性解调的效果的音频带测试信号。

[0020] 根据本发明的可选特征,距离电路被安排来生成在第一方向与对象的反射表面之间的角度估计,以响应音频带捕获信号的频率分布特性。

[0021] 这可以提供可允许改善和 / 或扩展功能的附加信息。例如,当被用于确定或估计音频环境几何形状时,它可以允许更精确的几何形状的确定并因而可以允许在此基础上改善的声音再生。

[0022] 特别地,距离电路可以被安排来生成角度估计,以致于较高的相对高频能量集中指示更接近垂直的角度。距离电路可以被安排来使角度估计偏向 90°,以便朝向较高频率来增加能量集中。这在许多实施例中可以允许角度的合适估计。

[0023] 根据本发明的可选特征,距离电路被安排来生成对象的大小估计,以响应音频带捕获信号的频率分布特性。

[0024] 这可以提供可允许改善和 / 或扩展功能的附加信息。例如,当被用于确定或估计音频环境几何形状时,它可以允许更精确的几何形状的确定,并因而可以允许在此基础上改善的声音再生。附加地或替代地,它在音频环境中可以允许或辅助对象识别。

[0025] 特别地,距离电路可以被安排来生成大小估计,以致于较高的相对低频能量集中指示较大尺寸。距离电路可以被安排来将大小估计偏向于较大尺寸,以便朝向较低频率增加能量集中。这在许多实施例中可以允许反射对象的大小的合适估计。

[0026] 根据本发明的可选特征,距离电路被安排为确定在时间阈值之后在音频带捕获信号与反射音频信号估计之间最早的相关峰值,以及生成多次反射距离估计,以响应在音频带捕获信号与反射音频信号估计之间后续相关峰值的定时。

[0027] 这可以提供可允许改善和 / 或扩展功能的附加信息。例如,当被用于确定或估计音频环境几何形状时,它可以允许更精确的几何形状的确定,并因而可以允许在此基础上改善的声音再生。

[0028] 根据本发明的可选特征,该设备进一步包括音频环境电路,其被安排为:改变第一方向;接收对于第一方向的不同值的距离估计;以及响应于距离估计来确定音频环境几何形状。

[0029] 该方案对于确定音频环境几何形状诸如房间几何形状可能是特别有利的。在许多实施例中可以获得改善的精度,从而允许改善的声音再生系统的适配性并因而允许利用声音再生系统改善的声音再生。特别地,对于空间音响系统,能够实现改善的空间声音再生。

[0030] 根据本发明的可选特征,参量扩音器包括超声波换能器的阵列,并且音频环境电

路被安排为通过控制超声波换能器的相对延迟、相位和增益中的至少一个来控制第一方向的值。

[0031] 这可以允许特别有利的方案,并且可以例如降低复杂度、便于操作和/或提供第一方向的更精确控制。音频环境处理器可以为超声波换能器阵列实现波束形成(beamforming)算法。

[0032] 根据本发明的可选特征,距离电路被安排来生成多次反射距离估计以响应音频带捕获信号与反射音频信号估计的比较,多次反射距离估计指示从参量扩音器到音频带传感器、包括多个反射的路径的距离;以及其中音频环境电路进一步被安排来确定音频环境几何形状,以响应多次反射距离估计。

[0033] 这可以允许更精确的几何形状的确定,并因而可以允许在此基础上改善的声音再生。

[0034] 根据本发明的可选特征,音频环境电路被安排来确定音频环境的混响时间以及响应于混响时间来确定音频环境几何形状。

[0035] 这可以允许更精确的几何形状的确定,并因而可以允许在此基础上改善的声音再生。

[0036] 根据本发明的可选特征,音频环境电路被安排为:接收包括用户始发的声音的进一步音频带捕获信号,并且响应于进一步音频带捕获信号和音频环境几何形状来确定收听位置。

[0037] 这可以提供能够允许改善的声音再生系统的适配性的附加信息,并且尤其可以允许对于收听位置的最优化。用户始发的声音可以是假设的用户始发的声音,并且该方案可以基于进一步音频带捕获信号包括用户始发的声音以及估计的音频环境几何形状的假设来确定收听位置。

[0038] 进一步音频带捕获信号可以由音频带传感器来生成,并且可以与音频带捕获信号相同或者例如可以是由另一传感器提供的另一信号。

[0039] 根据本发明的可选特征,该设备被安排为迭代地确定对于第一方向的相应值的距离估计,并且音频环境电路被安排来估计音频环境几何形状,以响应对于第一方向的相应值的距离估计的动态变化。

[0040] 在一些实施例中,该设备可以被安排来迭代地确定对于音频环境的距离估计,并且音频环境处理器被安排为响应于距离估计的动态变化来估计音频环境几何形状。

[0041] 动态变化的考虑可以允许改善的音频环境的估计。相应的方向可以是实质上相同的方向。

[0042] 根据本发明的可选特征,该设备被安排为迭代地确定对于第一方向的相应值的距离估计,并且音频环境电路被安排为响应于对于第一方向的相应值的距离估计的动态变化来估计音频环境中的收听位置。

[0043] 在一些实施例中,该设备可以被安排为迭代地确定对于音频环境的距离估计,并且音频环境处理器被安排为响应于距离估计的动态变化来估计收听位置。

[0044] 动态变化的考虑可以允许收听位置的特别有效的估计。相应的方向可以是实质上相同的方向。

[0045] 根据本发明的可选特征,提供包括前述的设备的空间声音再生系统,并且其中音

频环境电路被安排为响应于音频环境几何形状来适配空间声音再生的特性。

[0046] 本发明可以允许具有改善的针对特定使用环境的适配性的特别有利的空间声音再生系统。

[0047] 根据本发明的可选特征,音频环境电路被安排为响应于音频环境几何形状来控制针对至少一个空间通道的定向声音的方向。

[0048] 本发明可以允许用于针对空间通道来控制定向声音辐射的特别有利的方案。空间通道可以具体地是环绕(侧或后)通道。该方案对于定向打算经由一次或多次反射到达收听位置的空间通道是特别有利的,以致于空间通道被感知为从与辐射该信号的扩音器的位置不同的另一位置中始发。

[0049] 根据本发明的可选特征,参量扬声器被安排来针对至少一个空间通道再生声音。

[0050] 该方案可以允许参量扩音器提供空间通道,从而允许这利用小波束来精确地定向,以提供精确的空间感知。这样的信号的关键且精确的定向辐射可以自动地适应于特定音频环境而不需要附加扩音器。相同的参量扩音器因而可以用于不同的但互连的功能,以便在保持低成本的同时提供改善的空间感知。

[0051] 根据本发明的方面,提供确定至对象的距离的方法,该方法包括:通过将音频带测试信号调制到超声波信号上,生成超声波测试信号;在第一方向从参量扩音器辐射超声波测试信号;由音频带传感器捕获音频带捕获信号,音频带捕获信号包括源于超声波测试信号的解调的反射音频带信号;以及响应于音频带捕获信号以及音频带测试信号的反射音频信号估计,对于从参量扩音器到对象的距离生成距离估计。

[0052] 本发明的这些和其他方面、特征和优点从下文描述的(一个或多个)实施例中将显然是并将参考这(一个或多个)实施例来阐述。

附图说明

[0053] 本发明的实施例将仅利用示例、参考附图来描述,其中:

[0054] 图 1 是用于环绕音响系统的扬声器系统设置的图示;

[0055] 图 2 是用于环绕音响系统的扬声器系统设置的示例的图示;

[0056] 图 3 是用于环绕音响系统的扬声器系统设置的示例的图示;

[0057] 图 4 示出根据本发明的一些实施例的用于确定至对象的距离的设备的元素的示例;

[0058] 图 5 示出根据本发明的一些实施例的用于确定至对象的距离的设备的测量情景的示例;

[0059] 图 6 示出根据本发明的一些实施例的用于确定至对象的距离的设备的测量情景的相关响应的示例;

[0060] 图 7 和 8 示出根据现有技术的用于超声波测距系统的超声波距离测量情景的示例;

[0061] 图 9 示出根据本发明的一些实施例的用于确定至对象的距离的设备的测量情景的示例;

[0062] 图 10 示出根据本发明的一些实施例的空间声音再生系统的元素的示例;和

[0063] 图 11 示出根据本发明的一些实施例的由空间声音再生系统进行的房间几何形状

确定的示例。

具体实施方式

[0064] 以下描述集中于可应用于基于从距离测量中确定的音频环境几何形状来校准空间声音再生系统的本发明的实施例。然而,将意识到:本发明并不限于这种应用,而可以应用于许多其他的情景以及应用于许多其他的应用。

[0065] 图 1 示出用于诸如家庭影院系统之类的常规的五通道环绕声空间声音再生系统的扬声器系统设置。该系统包括提供中央前通道的中央扬声器 101、提供左前通道的左前扬声器 103、提供右前通道的右前扬声器 105、提供左后通道的左后扬声器 107 以及提供右后通道的右后扬声器 109。五个扬声器 101-109 在收听位置 111 上一起提供空间声音体验,并且允许在这个位置上的收听者感受环绕的且身临其境的声音体验。在许多家庭影院系统中,该系统可以进一步包括用于低频音效(Low Frequency Effect)(LFE)通道的低音炮。

[0066] 对于扩音器被定位在收听位置的侧面或后面的要求一般被认为是不利的,这是因为其不仅需要附加扩音器定位在不方便的位置上,而且还需要将这些扩音器连接到驱动源,诸如一般家庭影院功率放大器。在典型的系统设置中,需要将电线从环绕扩音器位置 107、109 延伸至通常在前置扬声器 101、103、105 的附近定位的放大器单元。这对于如同打算在没有针对声音体验进行优化或不是专用于声音体验的环境中具有广泛吸引力和应用的家庭影院系统之类的产品而言是特别不利的。

[0067] 图 2 示出修改的扬声器系统设置的示例。在这个示例中,前置扩音器即左前扩音器 103、中央扩音器 101 以及右前扩音器 105 向收听位置 111 的前面提供声像(sound image)。然而,在图 2 的系统中,环绕声信号不是由定位于用户的后面的单独扩音器来提供的,而是由定位于收听位置 111 的前面的扩音器 201、203 来提供的。在该具体示例中,左环绕扬声器 201 与左前扬声器 103 相邻定位,而右环绕扬声器 203 与右前扬声器 105 相邻定位。

[0068] 在该示例中,环绕扬声器 201、203 被安排为辐射被侧墙体 209、211 以及后墙体 213 反射的声音信号 205、207,以便从至收听者的后面的方向到达收听位置 111。因而,后环绕扬声器 201、203 提供对收听者而言似乎自背部始发的环绕信号 205、207。这种效果通过辐射后向声音信号 205、207 以致于这些信号被墙体 209、211、213 反射来实现。在具体示例中,环绕声音信号 205、207 主要经由两个墙体反射即侧墙体 209、211 的反射以及后墙体 213 的反射到达收听位置。然而,将意识到:其他的实施例和情景可以包括更少或更多的反射。例如,环绕信号 205、207 可以被辐射,以便通过侧墙体 209、211 的单次反射到达收听位置 111,从而对于用户的侧边提供感知的虚拟声源。

[0069] 在图 2 的示例中,每一个空间通道利用其自己的个别扬声器来辐射。所描述的方案虑及有效的环绕体验,同时允许环绕扬声器 201、203 被定位在用户的前面并且特别地与前置扬声器 101、103、105 之一共同定位或与之相邻。然而,这进一步允许相同的扬声器被用于再现一个以上的空间通道。因而,在许多实施例中,环绕扬声器 201、203 也可以被用于再现前置通道之一。

[0070] 在具体示例中,左环绕扬声器 201 也可以再现左前通道,并且右环绕扬声器 203 也可以再现右前通道。然而,由于左右前通道应该直接被提供给收听位置(经由直接路径)以

致于这些通道似乎来自前面,即直接来自扬声器位置,所以前通道在与环绕通道不同的方向上被再现。

[0071] 因而,相应地,左前扬声器 103 和右前扬声器 105 能够被移除,并且反而能够使用左环绕扬声器 201 和右环绕扬声器 203,从而导致图 3 的系统。图 2 和 3 的空间系统因而以至至少由左环绕扬声器 201 和右环绕扬声器 203 进行的定向声音辐射为基础。例如,这可以通过使用在期望方向固定角度(angle)的定向驱动器单元来实现,但是可以更频繁地通过使用能够是波束偏转的换能器阵列来实现。因而,左环绕扬声器 201 和右环绕扬声器 203 中的每一个可以包括多个换能器单元,其中这些单元被馈送不同加权(相位和 / 或振幅)和 / 或延迟版本的驱动信号,以提供期望的波束形成并因而提供方向性。

[0072] 此外,所有的系统将在收听位置 111 上提供严重依赖于音频环境的几何形状的空间声音体验。特别地,房间几何形状影响所感知的空间声音。特别地,图 2 和 3 的环绕通道的空间感知通过墙体的反射来实现,并因而非常严重地依赖于具体的房间几何形状。

[0073] 相应地,重要的是针对特定的音频环境并且尤其针对房间几何形状来校准和适配声音再生系统。这时常可以人工或半自动来实现,而这需要用户将麦克风定位在收听位置上并执行专用校准处理。然而,这对于许多典型用户来说往往是复杂、耗时、令人困惑且不切实际的。

[0074] 在下文,将描述能够生成房间 / 音频环境几何形状的自动估计的系统,其允许声音再生系统针对具体环境来校准。该系统基于距离测量,其使用超声与音频带信号和测量的组合。

[0075] 所描述的方案使用参量扩音器在给定的方向辐射调制的超声波信号。因而,超声波发射机(采用超声波扩音器的形式)投射利用音频带测试信号调制的高强度超声波的高定向束。在超声波通过空气传播时,音频带测试信号被解调,以形成高度定向的声束。当这个声束遇到诸如墙体、天花板或大型对象之类的障碍物时,音频声音在广泛角度上被反射并且随后利用放置在发射机附近的音频带传感器(诸如标准的音频麦克风)来记录。在反射信号的发送与接收之间的时间差随后被用于识别至反射 / 散射对象的距离。

[0076] 该方案可以用于在一组角度上执行扫描,从而允许计算例如从设备到房间的墙体和 / 或天花板的距离以及允许构建房间的几何模型。使用这个信息,声音再生系统随后能够被调节来针对任何给定的房间和收听位置优化声音再现。下面的描述将集中于通过确定房间的墙体的距离和位置来确定二维房间几何形状,但是将意识到:该方案同样可以应用于三维房间几何形状的确定。特别地,将意识到:所描述的方案同样适合于例如确定至房间的天花板的距离。

[0077] 图 4 更详细地示出测量系统的示例。该系统包括测试信号发生器 401,其通过将音频带测试信号调制到超声波信号上来生成超声波测试信号。测试信号发生器 401 耦合到辐射调制的超声波测试信号的参量扩音器 403。

[0078] 参量扩音器是使用空气的非线性属性来从高强度超声波载波信号中解调音频的音频设备。超声波载波信号一般是具有非常短的波长的超声波载波。当从具有的尺寸远大于声音的波长的换能器投射超声波声波时,产生非常窄的超声波束。在超声波通过空气传播时,从超声波载波信号中解调音频信号。特别地,音频路径中的任何非线性能够充当解调器,从而重建用于调制超声波载波信号的原始音频测试信号。这样的非线性可以自动出现

在传输路径中。特别地,空气作为传输介质固有地展现出非线性特性,其导致超声波变成可闻的。因而,在该示例中,空气本身的非线性特性引起高强度超声信号中的音频解调。

[0079] 解调的音频信号也由于主要超声波载波的紧密捆绑而形成高定向波束。声源的高定向性允许可闻声音被定向至非常具体的位置,这对于精确估计距离的目的而言是非常有利的。此外,参量扩音器是紧凑的且具有固有小的斑大小而不需要附加聚焦。

[0080] 虽然参量扩音器能够利用非常高的精度朝向房间的任何点定向声束,但是一旦波束撞击到对象,音频分量遍及整个房间被散射。如果麦克风碰巧与参量换能器放置在一起,那么它将检测反射的音频信号。这个系统似乎类似于基于超声波发射机和接收机的常规的超声波距离检测声纳系统。关键区别在于:超声波声纳系统发射和接收超声波,而图4的系统发送超声波和接收音频范围信号。以高度镜面方式从墙体反射超声波。如果墙体与发射机垂直,那么将朝向接收机反射回强信号。由于发射机和墙体之间的角度变得越来越平行,所以远离接收机反射该信号。信噪比因而被降低,并且也具有超声波束的后续反射可能在接收机上导致强信号的潜在风险,从而引起异常读数。

[0081] 新方法发送超声波束,但是接收音频信号。高频分量往往比低频分量更像镜面被散射,实际上低频分量以几乎全向的分散模式被散射。由于大部分的反射音频信号近似全向地被反射,所以无论换能器与墙体形成的角度如何,声音始终朝向接收机被反射回。新方法因此总是能够精确地确定在给定波束角度上至墙体或反射对象的最近距离。

[0082] 在图4的系统中,参量扩音器403的输出是利用音频测试信号调制的超声波载波。在从扩音器到墙体的传输期间,利用非线性交互从超声波载波信号中解调音频,以形成可闻声束。因而,高度定向且窄的声音信号被生成并朝向墙体被辐射。

[0083] 在声束遇到的第一障碍物上,音频带信号相对均匀地被散射到房间中,并因而也朝向参量扩音器403被反射回。

[0084] 图4的系统进一步包括生成音频带捕获信号的音频带传感器405。在具体示例中,音频带传感器405是标准的音频带麦克风,其具有从例如低于1kHz到高于例如8kHz的带宽。因而,麦克风405捕获音频带(的至少一部分)并生成相应的电信号。对象(墙体)的反射/散射导致解调的音频测试信号朝向麦克风405被反射,并因而捕获的音频带信号包括由于调制的超声波测试信号的空中解调而产生的解调的反射音频带信号。

[0085] 麦克风405耦合到接收捕获音频带信号的距离电路或处理器407。它进一步耦合到测试信号发生器401,其中它从测试信号发生器接收对于音频带测试信号的反射音频信号估计。特别地,反射音频信号估计可以被确定为对应于由于音频带测试信号在空中的非线性解调而产生的音频信号。因而,反射音频信号估计与音频带测试信号之间的差异可以反映音频路径(并且特别地,解调)的非线性。

[0086] 距离电路407随后着手响应于音频带捕获信号与反射音频信号估计之间的比较并且特别地通过比较这二者的相对定时来针对从参量扩音器403到对象的距离生成距离估计。

[0087] 为了简洁清晰起见,初始地将针对其中这些非线性效应不是显著的即其中反射音频信号估计与音频带测试信号是相同的情景来描述以下方案。因而,在这样的实施例中,距离电路或处理器407被直接馈送音频测试带。

[0088] 该系统可以基于与从参量扩音器403到麦克风405的路径长度相对应的测量的延

迟时间来确定距离。特别地,通过测量在发送的信号与反射的信号之间的时间差,能够使用声速来计算在那个方向上在该系统与反射对象 / 墙体之间的距离。

[0089] 特别地,参量扩音器 403 和麦克风 405 可以被共同定位,在这种情况下,所测量的路径长度将对应于该距离的两倍。将意识到:当参量扩音器 403 与麦克风 405 之间的距离增加时,在参量扩音器 403 与麦克风 405 之间的这个距离以及路径将形成三角形,这允许使用简单的几何关系来计算该距离(例如,参见图 5)。在许多实施例中,参量扩音器 403 与麦克风 405 之间的距离是如此之小,以致于对所估计距离的影响能够被忽略,并且该距离被简单地计算为路径长度除以 2。如果参量扩音器 403 与麦克风 405 之间的距离小于将要测量的最小距离的 5-10%,那么这一般可以实现。

[0090] 为了简洁清晰起见,以下描述将假设参量扩音器 403 与麦克风 405 被完全共同定位。

[0091] 为了确定距离,距离处理器 407 可以特别地使用基于相关的技术,因为这样的技术对于从嘈杂的测量数据中提取距离信息而言往往是特别稳健的。

[0092] 特别地,将生成的音频测试信号与从麦克风 405 捕获的音频测试信号互相关将导致与时间采样 T_r 相对应的互相关的峰值,其中在时间采样 T_r 在麦克风 405 上返回接收到每一个回声,即,包括一次或多次反射的路径将导致音频测试信号以相应延迟到达麦克风。因而,这些峰值可以被检测并被用于确定路径长度估计。例如,如在图 6 的示例中所示的,一般在指示多次反射的脉冲响应中将具有若干峰值。第一峰值 T_1 对应于第一反射。这能够用于提供有关至与墙体的距离的信息。进一步峰值可以对应于多次反射,并且能够用于确定这样的多条反射路径。例如,这可以用于房间的更高阶建模。

[0093] 通过将采样数的第一峰值即 T_1 转换成时间索引(通过除以采样频率 f_s)并且随后乘以声速(大约 340ms^{-1}),能够导出总路径长度的估计:

$$[0094] \quad 2D_a = \frac{T_1}{f_s} \times 340。$$

[0095] 图 6 示出在典型的房间中使用对数扫描测试信号和参量扬声器获得的测量脉冲响应。前 4000 个采样由于参量扬声器 403 与麦克风 403 之间的耦合而显示“假脉冲”。这由于在驱动电子设备的参量阵列中包括的预处理而被延迟大约 2600 个采样。从后续峰值中减去第一“伪峰值”的索引给出音频路径的实际传播时间 / 路径延迟。在大约 6000 个采样上的第一大峰值归因于第一反射。更高阶反射产生随后的较小峰值。

[0096] 在该示例中,距离处理器 407 响应于相关峰值的定时来确定距离估计。例如,相关峰值可以被选择为所测量的相关响应中的第 N 个相关峰值,其中 N 可以是 1、2、……。在许多实施例中,第一相关峰值对应于直接耦合,并且距离估计可以响应于第二相关峰值的定时来确定。因而,距离估计可以响应于在给定的时间阈值 / 延迟之后出现的第一峰值的定时来确定。这个延迟可以基于相关响应本身来确定,例如,它可以被设置为对应于第一(直接耦合)相关峰值的时间或者可以被设置为预定时间延迟,例如对应于高于参量扩音器 403 和麦克风 405 之间的最大期望距离的延迟但小于与将要测量的最小距离的两倍相对应的延迟。

[0097] 类似地,针对多次反射的路径长度可以从与 $N=3、4、5、\dots$ (或 2,如果直接耦合被

足够衰减的话)的值相对应的相关峰值或在给定延迟之后的反射的定时中进行确定。

[0098] 该方案可以在许多情景中提供改善的距离估计。特别地,该方案可以克服或缓解与使用常规扩音器阵列相关联的波瓣(lobbing)、斑大小、带宽限制以及扬声器(阵列)尺寸的问题。实际上,该方案可以允许低复杂度方案,其能够提供将用于距离确定的非常定向的声音辐射,同时保持减小的尺寸和低成本/复杂度。

[0099] 此外,该方案不容易遭受通常与超声波测距系统相关联的问题。这样的超声波测距系统在诸如图 7 所示的超声波测距设备与反射墙体相垂直的情况中可以表现良好。然而,在反射表面与测距设备成角度时,超声波测试信号不被反射回到测距设备,如图 8 所示。在最好的情况下,这导致降低的信噪比,并且也具有超声波束的后续反射可能在接收机上导致强信号的潜在风险。因而,具有这导致不精确或错误的可能反而对应于多个反射的距离测量的高概率。相应地,超声波测距不适合于灵活的系统,并且对于例如自动房间校准系统而言时常是没有用的,而需要人工干预和操作。

[0100] 相比之下,所描述的方案发送超声波束,但接收音频信号。高频分量往往比低频分量更像镜面地被散射,并且实际上低频分量以几乎全向分散模式被散射。这在其中大部分的反射音频信号如图 9 所示近似全向地被反射的图 4 的系统中被利用。相应地,无论参量扬声器 403 与墙体形成的角度如何,声音总是朝向麦克风 405 被反射回。该方案因此对于角度的变化而言是相当稳健的,并且一般将总是能够精确地确定在给定波束角度上至反射对象的最近距离。因而,例如,该系统特别适合于诸如在确定音频环境或房间几何形状时使用的自动距离测量。

[0101] 更详细地,信号发生器 401 包括超声发生器 409,其生成在特定情况下是单个超声载体的超声信号。超声信号具有频率带宽,其包括在超声波范围中并且特别地高于 20kHz 的声音。在具体示例中,超声波发生器 409 因而生成超声信号,其是具有的频率高于 20kHz 的单音信号。

[0102] 信号发生器 401 进一步包括生成音频带测试信号的音频发生器 411。音频带测试信号包括低于 15kHz 的频率分量以及通常低于 10kHz 的频率分量。在许多实施例中,音频带测试信号包括低于 5kHz 或 2kHz 的频率分量。在许多实施例中,较低频率可能是有利的,这是因为反射对于较低频率来说是日益非定向的。然而,较高频率可以在反射表面上提供有利的入射声束的方向性。相应地,音频带测试信号的确切频率成分可以取决于个别实施例的需求和偏好。

[0103] 音频带测试信号在一些实施例中可以是单音信号。在其他实施例中,音频带测试信号可以具有增加的频率带宽,并且例如可以是白或粉红噪声信号,而且可以例如作为最大长度序列来生成。作为另一示例,音频带测试信号可以是单音的(对数)扫描。在个别实施例中使用的具体信号可以被选择来适合具体的偏好和需求。

[0104] 音频发生器 411 进一步被耦合至距离处理器 407,其中距离处理器接收音频带测试信号的拷贝,以便在距离的确定中使用并且特别地在相关中使用。在许多实施例中,发送的音频带测试信号与用于相关的测试信号可能不是相同的。例如,在许多实施例中,可以使用反射音频信号估计来替代被调制到超声波信号上的音频带测试信号。

[0105] 特别地,音频发生器可以生成音频带测试信号并且随后着手将预期非线性应用于该信号,以生成反射音频信号估计,该反射音频信号估计随后被馈送到距离处理器 407 并

被用于距离估计以及具体地用于相关。

[0106] 等价地, 音频发生器 411 可以首先生成适合于由距离处理器 407 执行的相关的初始音频信号。它可以随后着手通过在调制超声波信号之前执行初始音频信号的预补偿来生成音频带测试信号, 其中预补偿寻求补偿音频路径的非线性效应。因而, 在这样的示例中, 初始生成的音频信号被用作反射音频信号估计, 并且预补偿版本的相关音频信号被用作音频带测试信号。

[0107] 取决于具体的实施例, 不同的方案可以用于这样的预补偿。本质上, 非线性解调导致失真版本的输入音频信号, 并且为了实现与在解相关中使用的期望音频信号相对应的干净(clean)音频信号, 逆非线性滤波器可以应用于相关音频测试。在空中的解调期间, 通过预补偿创建的非线性失真将至少部分地被抵消。

[0108] 用于逆非线性滤波操作以便从参量扩音器的音频输出中移除非线性失真分量的各种具体方案对于本领域技术人员来说将是已知的, 并且为了简洁起见将不在此进一步描述。例如, 合适方案的示例可以在 Lee, K. 和 Gen, W. 的“Bandwidth-Efficient Recursive Pth-Order Equalisation for correcting Baseband Distortion in Parametric Loudspeakers” IEEE Trans. on Audio Speech and Language Proc. Vol14, No2. 2006 年 3 月以及 Kite, T.D.、Post J.T. 和 Hamilton M.F. 的“Parametric Array in Air: Distortion Reduction by Preprocessing” Proc 16th Int. Cong. Acoust., Vol. 2. 1998 年 6 月中找到。

[0109] 在一些实施例中, 音频测试信号可以有利地具有不小于 500Hz、1kHz、2kHz、5kHz 或 8kHz 的带宽。

[0110] 例如, 使用这样的宽带信号可以用于导出关于反射对象的附加信息。

[0111] 例如, 发明人已认识到: 在麦克风 405 上接收的谱信号将取决于反射表面与声束之间的角度。特别地, 当对象表面是垂直的时, 高频分量将被强烈地朝向麦克风反射。然而, 当相对于对象表面的波束角度越来越平行时, 到达麦克风 405 的反射波束的高频内容将减少。

[0112] 在图 4 的系统中, 距离处理器 407 被安排为响应于来自麦克风 405 的音频带捕获信号的频率分布特性来进一步生成在超声束方向与对象的反射表面之间的角度估计。麦克风信号在一些实施例中可以被直接使用(例如, 如果房间否则是足够寂静的话)或者或许有可能首先被处理(例如, 可以被滤波)。

[0113] 在具体示例中, 距离处理器 407 被安排为生成角度估计, 以致于较高的相对高频能量集中指示更接近垂直的角度。距离处理器 407 朝向 90° 角偏置角度估计, 以便朝向更高频率增加能量集中。

[0114] 作为具体示例, 距离处理器 407 可以针对音频带测试信号和针对捕获的麦克风信号二者测量在高频间隔和低频间隔中的能量。每一个频带中相对衰减的比率可以随后被生成。角度可以随后作为这个比率的函数来确定。例如, 该比率可以用于在将该比率与角度相关的预定值的表格中执行查找。预定值可以通过专用测量处理例如作为制造或设计阶段的一部分来生成。

[0115] 发明人已进一步认识到: 在麦克风 405 上接收的谱信号将取决于反射表面的大小。实际上, 已发现: 朝向麦克风的反射的频率响应将取决于从中散射波束的对象的大小和

形状。如果对象与调制信号的音频波长相比是大的话,则该信号的高比例部分将被反射回到麦克风 405 (在那个音频上)。如果对象与波长相比是小的话,那么较少的信号将被反射回到麦克风 405。基于在麦克风上捕获到的信号的频率特性,距离处理器 407 能够为该对象生成大小估计。

[0116] 在图 4 的系统中,距离处理器 407 因而被安排为响应于音频带捕获信号的频率分布特性来进一步为对象生成大小估计。麦克风信号在一些实施例中可以直接地被使用(例如,如果房间否则是足够寂静的话)或者或许有可能首先被处理(例如,可以被滤波)。

[0117] 在具体示例中,距离处理器 407 被安排为生成大小估计,以致于较高的相对低频能量集中指示较大尺寸。距离处理器 407 朝向较大尺寸估计偏置角度估计,以便朝向较低频率增加能量集中。

[0118] 作为具体示例,距离处理器 407 可以针对音频带测试信号以及针对捕获到的麦克风信号二者测量在高频间隔和低频间隔中的能量。随后可以生成每一个频带中相对衰减的比率。大小估计随后可以作为这个比率的函数来确定。例如,该比率可以用于在将该比率与大小相关的预定值的表格中执行查找。预定值可以通过专用测量处理例如作为制造或设计阶段的一部分来生成。

[0119] 图 4 的系统可以具体地被用于控制和自动适配空间声音再生。图 10 示出包括图 4 的系统的空间声音再生系统的示例。

[0120] 除了图 4 的系统之外,空间声音再生系统还包括空间音响系统 1001,其特别地可以是五通道环绕系统,例如,诸如使用诸如图 1-3 所示的扩音器设置的系统。

[0121] 该系统进一步包括音频环境电路 1003,其被安排为控制图 4 的距离估计系统以及适配空间音响系统 1001,以响应从这个系统接收的距离估计。

[0122] 具体地,音频环境电路 1003 包括用于迭代地改变辐射超声波信号的方向的功能,以便能够确定在许多不同的方向上至墙体以及其他对象的距离。

[0123] 例如,测量和校准处理可以通过音频环境电路 1003 以任意角度假定 -90 度定向超声波束来开始,其中 0 度垂直于声音再现系统。距离评估随后在这个方向被执行,并且所产生的距离估计被馈送至音频环境电路 1003。波束角度随后被递增更新,并且测量处理重复,直至收集到了足够的数据。

[0124] 通常,声音再生硬件被放置在房间的角落中或嵌到墙体上,并且用户将占据在系统的前面的区域。由于这个原因,适当的角度测量可能是以 5 或 10 度为增量的 -90 度到 +90 度。角度分辨率越精细,则更多数据将可用于确定音频环境几何形状。

[0125] 例如,波束被定向的角方向能够通过物理地旋转换能器或者通过使用波束形成技术以及分段的换能器阵列的电子转向(steering)来控制。

[0126] 例如,通过将参量扩音器 403 安装在电动铰链机制或轴承上,能够实现测量方向的改变。使用反馈控制系统,能够精确地控制波束相对于声音再生系统的绝对角方向。电动机能够允许参量扩音器 403 被物理地旋转,以允许房间的全光栅扫描。

[0127] 在一些实施例中,参量扩音器可以包括超声波换能器阵列,并且音频环境电路 1003 可以被安排为通过控制针对超声波换能器的相对延迟、相位和增益中的至少一项来控制第一方向的值。因而,音频环境电路 1003 可以控制和激活所辐射的超声波信号的波束形成。

[0128] 例如,有可能通过改变换能器在其上再生声信号的相位来控制换能器阵列的方向性。利用超声波换能器阵列,因而能够构造允许主超声波载波信号被电子转向到大范围的角度而无需物理改变换能器阵列的方位的参量扩音器。这样的实施例可以用于房间的光栅扫描。

[0129] 基于针对不同方向的距离测量,音频环境电路 1003 可以着手估计用于空间音响系统 1001 的音频环境几何形状。在该示例中,音频环境电路 1003 因而着手估计房间几何形状。

[0130] 例如,音频环境电路 1003 可以通过使用优化算法来建立房间的数值模型,以使得所建模的墙体拟合(fit)数据。在一些情况中,诸如矩形之类的正多边形能够针对测量数据进行拟合。这由于一些房间具有不规则形状和弯曲墙体而并非总是如此。在这样的情况下,每一个墙体能够单独地利用启发式算法而针对该数据来拟合。

[0131] 图 11 显示使用对数扫描方法和峰值提取来识别参量扩音器与墙体之间的距离的实际房间测量的结果。代表房间的最佳拟合矩形 1101 与测量数据 1103 一起被示出。以 10 度的增量从 -90 度到 90 度进行总共 19 次测量。只有一阶反射被考虑,并且相关脉冲响应中的所有其他峰值被忽略。该模型预测相对于参量扩音器的墙体位置在 0.1 米(m)之内。在这种情况下,在参量扩音器后面的墙体没有被测量。由于收听者将位于扩音器系统的前面,所以后墙体的影响对于收听者所感知的空间图像通常将几乎没有什么影响。

[0132] 一旦确定了音频环境(并且尤其,房间)的几何形状,音频环境电路 1003 可以着手自动地使空间音响系统 1001 适应这个环境。

[0133] 例如,对于使用反射音频来提供诸如在图 2 和 3 中所例示的空间体验的空间声音再生系统来说,在声束到达用户之前的最后反射点的反射声音被收听者感知为声源的起源。为了优化空间体验(例如,家庭影院体验),需要仔细挑选反射点,并因而应该精确地控制辐射的声束,以匹配特定音频环境。这只有在墙体相当于空间音响系统的扩音器以及(可能,假设的)收听位置的相对位置是已知的情况下才能完成。这能够基于所估计的房间几何形状来执行,并因而图 10 的系统可以实现空间音响系统 1001 的自动或半自动设置。

[0134] 所描述的系统对于寻求模拟离散的多通道扩音器系统的小型音响系统诸如家庭影院声吧(soundbar)系统而言可能是特别有益的。几何房间模型允许扬声器系统例如通过调节超声束的角方向以提供非常广泛的收听体验来调节扩音器系统的参数,以便最佳地适合房间几何形状和提供最佳的主观空间效果。

[0135] 在一些实施例中,音频环境的估计可以基于更复杂的算法并考虑更具体的信息。例如,在所辐射的声束与反射表面之间的角度的估计可以用于建模房间,以致于墙体位于与测量相对应的角度上。这个信息可以大幅度增加被设计来识别房间几何形状的算法的精度和速度。

[0136] 此外,如前所述,进一步的相关峰值可以用于针对在参量扬声器与音频带传感器之间包括一个以上的反射的音频路径生成多次反射距离估计。这些多次反射路径距离随后可以附加地用于针对可用测量数据来拟合该模型。

[0137] 例如,如果测量数据是特别嘈杂的或者进行太少的角度测量,那么增加重建的精度可能需要使用更高阶反射数据。例如,这可以通过首先考虑单次反射距离估计以确定一阶房间模型来完成。多次反射随后可以使用射线追踪而针对一阶房间模型来拟合,并且该

模型可以被修改来改善针对所测量的多次反射距离的匹配。

[0138] 作为另一个示例,如果例如为了低频率房间模式的预测和均衡而需要房间大小的精确模型,有可能估计背墙体的位置。这可以通过检查考虑所估计的多次反射路径距离的较高阶反射模型来实现。

[0139] 在一些实施例中,音频环境电路 1003 也可以确定音频环境的混响时间,并且使用这个来确定音频环境几何形状。混响时间代表声音衰减到比其初始值低例如 -60dB 的强度所耗费的时间的长度,并且被强耦合到房间体积。能够从测量的脉冲响应中自由计算混响时间。例如,用于测量混响时间的方案的示例可以在文献 Schroeder M. R. 的“New Method of Measuring Reverberation Time”, J. Acoust. Soc. Am. 1965 以及 Schroeder M. R. 的“Integrated-Impulse method measuring sound decay without using impulses”, J. Acoust. Soc. Am. Vol. 66(2) 1979 中找到。测量的混响时间能够具体地用于为可能的房间体积设置界限,并且该模型能够在这约束下进行拟合。

[0140] 在许多实施例中,参量扩音器 403 和麦克风 405 可以独立于空间音响系统 1001。然而,在一些实施例中,相同的功能可以用于距离测量以及用于空间音响系统 1001 的正常操作二者。

[0141] 特别地,在一些实施例中,参量扬声器 403 也可以用于为至少一个空间通道再生声音。特别地,参量扬声器 403 可以用于利用墙体的反射来为空间音响系统 1001 的环绕通道再生声音。由于参量扩音器 403 在这样的情况下可能已经是空间音响系统的一部分,所以执行所描述的空间音响系统 1001 的自动校准和适配所需要的唯一添加将是麦克风 403 以及相关电子设备和软件包。

[0142] 使用参量扬声器来生成环绕通道的空间音响系统 1001 的示例可以参考图 2 来描述。

[0143] 在图 2 的系统中,环绕声信号 205、207 可以具体地不是常规的音频声音信号,而反而可以作为超声信号来辐射。因而,该系统采用辐射超声波环绕声信号 205、207 的参量扩音器。

[0144] 这样的高度定向束能够被更好地控制,并且在图 2 的系统中,它能够经由良好定义的房间的墙体 209-213 的反射而被定向到收听位置 111,而且能够基于所生成的房间几何模型来控制。反射的声音将到达耳部,这给收听者提供声源位于房间的后面的感觉。

[0145] 因而,图 2 的系统使用超声换能器/参量扩音器,其具有非常定向的声束作为位于收听位置 111 前面的环绕扬声器 201、203 或作为环绕扬声器 201、203 的一部分。这个超声束能够容易地被定向至房间的侧墙体或后墙体 209-213,以致于所反射的声音将到达收听者的耳朵来提供将声源放置在房间的后面的感觉。相同的超声换能器/参量扩音器能够用于执行距离测量。

[0146] 超声波信号 205、207 通过利用环绕通道的音频信号幅度调制超声载波信号来生成。这个调制信号随后从环绕扬声器 201、203 中辐射。超声信号不是人类收听者直接可感知的,但是调制音频信号能够利用非线性来解调,以重建用于调制超声载波信号的原始音频信号。因而,超声波信号可以自动地被解调,以便给收听者提供音频声音。

[0147] 例如,使用超声换能器用于音频辐射的示例和进一步描述可以在 F. Joseph Pompei 的博士论文“Sound from Ultrasound: The Parametric Array as an Audible Sound

Source”, 2002, Massachusetts Institute of Technology 中找到。

[0148] 环绕通道的超声辐射的使用提供非常窄的波束。这虑及反射被更好地定义和控制,并且特别能够在收听位置上提供更精确的到达角度的控制。因而,该方案可以允许环绕声源的虚拟感知位置被更好地定义和控制。此外,超声信号的使用可以允许这样的位置被感知为更靠近点源,即,更不模糊(smeared)。此外,超声换能器的窄波束减小声音沿着其他路径的辐射,并且尤其减小任何声音通过直接路径到达收听位置的声级。此外,与所描述的精确房间建模相结合,这能够被适配为紧随特定的房间几何形状。

[0149] 在具体示例中,环绕扩音器 201、203 并不仅仅包含超声换能器或者仅辐射超声信号。相反,环绕扩音器 201、203 中的每一个包括扬声器装置(arrangement),其包括用于朝向墙体 205、207 发射出超声波的定向超声换能器以及辐射在音频范围(假设低于 5-10kHz)中的声音的音频范围扩音器二者。

[0150] 特别地,由于这样的超声波方案的使用而导致的音频声音质量在一些实施例和情景中并不是最优的,这是因为用于解调超声波载波以使得调制音频信号是可闻的处理往往是效率低的且固有地是非线性的。超声波扩音器因此往往产生通常次最优的声音质量,并且也往往具有低功率处理容量,从而使之难以产生高声级。

[0151] 在图 2 的系统中,这种效果通过利用进一步从环绕通道辐射一些声音的电动力前推式(electro dynamical front-firing)扩音器补充超声换能器来缓解。这个音频带信号辐射可以经由直接路径到达收听位置 111。因而,除了反射的超声信号 205、207 之外,环绕扩音器 201、203 还可以生成特别地可以通过直接路径到达收听者的音频带信号 215、217。

[0152] 使用音频范围扩音器来补充定向超声换能器在许多实施例中提供改善的声音质量。特别地,它可以在较低频率上提供改善的声音质量。这样的较低频率一般无法提供与较高频率一样多的空间线索,并因此收听者可能仍然感知环绕声音从后面到达,即,可能仍然感知在后面具有虚拟声源。此外,音频带信号可以相对于反射路径被延迟,以致于利用反射的信号来提供主要空间线索。

[0153] 这样的方案的进一步细节可以在欧洲专利申请 EP09162007.0 中找到。

[0154] 在一些实施例中,音频环境电路 1003 也可操作来估计收听位置。特别地,它可以被安排来从麦克风 407 接收捕获的包括用户始发的声音的信号,并且它可以随后确定收听位置以响应这个以及音频环境几何形状(具体地,房间模型)。

[0155] 例如,有可能通过提示用户发出诸如拍手声之类的脉冲声、使用新近识别的房间模型来确定用户位置。拍手声的脉冲性质将在麦克风 403 上产生由一系列具有递减幅度的尖峰组成的信号。第一峰值起因于从收听者到麦克风的直接声音,并且随后的峰值源于房间边界的后续反射。因为脉冲序列利用相对于用户和麦克风 405 的墙体位置来确定,所以每一个收听位置产生独特的信号。使用优化例程,能够从房间的数值模型以及独特的脉冲序列信号中推断出用户位置。

[0156] 作为选择,音响系统相对于房间几何形状的方位能够用于推断最可能的收听区域。例如,对于家庭影院应用来说,收听者时常将坐在电视的正前方。假设声音再生系统与电视对准,能够推断收听区域而无需专用测量。

[0157] 在一些实施例中,音频环境电路 1003 可以进一步被安排为考虑针对相应方向的距离估计的动态变化。例如,针对实质上相同(或差别小于阈值)方向的距离估计的动态变

化可以被确定并被考虑。例如,在给定方向上的距离估计可以利用特定时间间隔被重复许多次。这些测量中的一些测量可能导致与其他测量相比更短的距离,并且这可能起因于对象在设备与墙体之间经过。相应地,音频环境电路 1003 在确定房间几何形状时可以对此加以考虑。

[0158] 作为示例,该系统可以将测量处理重复许多次。例如,可以将扫描(例如从 -90° 到 $+90^{\circ}$)重复许多次(或连续地重复)。在这种情况下,诸如墙体之类的固定对象将提供固定的背景,而用户或其他移动对象将生成针对不同的扫描而改变的动态信号。这种动态变化随后可以在确定房间几何形状时例如通过忽略显示太多动态变化的测量而加以使用。因而,音频环境电路 1003 可以被安排为响应于距离估计中的动态变化来估计音频环境几何形状。

[0159] 在一些实施例中,音频环境电路 1003 可以替代地或附加地使用动态变化来确定收听位置。因而,音频环境电路 1003 可以被安排为响应于距离估计中的动态变化来估计收听位置。

[0160] 例如,用户将往往出现相对短比例的时间,但是在使用空间音响系统 1001 时对于一些时间往往是静态的。音频环境电路 1003 可以搜索针对其的距离测量显示出具有适当时间变化的动态变化的方向。例如,对于 80%-90% 的时间提供假设 5 米的距离估计以及对于大部分的剩余时间提供假设 3 米的距离估计的方向可以被认为是有可能是有可能对应于收听位置。将意识到:在实践中能够应用更复杂的标准。此外,大小估计可以用于估计是否有可能检测到的对象具有与人类相对应的尺寸。

[0161] 因此,通过执行房间的多次光栅扫描以及提取动态信号,能够识别收听位置。动态数据随后能够用于外推最可能的收听位置。

[0162] 在以上的描述中,使用声速来估计距离。在许多实施例中,可以使用预定的声速。然而,在一些实施例中,该设备可以被安排为基于测量来估计声速以及响应于该估计来确定距离。

[0163] 实际上,例如,在诸如家庭影院设置之类的应用中,利用声速的简单标称值(例如 340ms^{-1})能够实现的精度有可能是足够的。然而,在更一般的距离测量中,可能希望具有更精确的距离估计,并因此测量取决于空气的温度、高度和湿度的环境声速可能是有用的。因而,该设备可以包括用于测量相关参数以便在特定音频环境中提供更精确的环境声速的估计的功能。例如,温度计能够用于基于众所周知的公式/关系来测量温度和调节速度估计。如果测量湿度和环境压力的话,能够进一步改善估计。

[0164] 测量环境声速的另一方法牵涉对于声音传播固定距离所耗费的时间的测量。例如,如果系统的布局可能是已知的话,因而在麦克风与扩音器之间的相对距离可能是已知的。使用这个信息,有可能从标准距离时间关系和测量的飞行时间中确定声速。

[0165] 在其中对于后置通道使用两个超声扩音器的应用中,例如,在平坦墙体/反射表面的某个区域上使用两个扩音器可以进行多次测量。如果收集足够的的数据,能够获得在不同角度上的一组相互依赖的时间测量。将这个数据连同已知的活动组件的布局一起输入数学模型,这允许开发只能利用声速的一个值来满足的关系。随后,这个速度此后可以用于距离确定。

[0166] 在一些实施例中,该设备可以进一步包括用于捕获检测到的超声波信号的装置,

其中超声波信号包括从参量扩音器 403 辐射的超声波信号。在这样的实施例中,距离测量可以进一步响应于这个检测到的超声波信号。替代地或附加地,第一方向与对象的反射表面之间的角度估计可以响应于检测到的超声波信号来确定。

[0167] 因而,该设备可以被安排来测量反射的超声波信号,从而提供能够用于距离测量的第二测量。这对于其中反射表面可能接近于与波束方向垂直的情景来说可以提供特别有利的性能。

[0168] 实际上,对于接近 90° 的角度,高比例的超声波被反射,从而允许基于超声波的精确的距离确定。然而,在显著偏离 90° 的角度上,音频带检测有可能由于低的超声反射而提供最佳的距离测量。在一些实施例中,该设备可以基于音频信号来确定距离估计并且可以基于超声波信号来确定另一距离估计。最终的距离估计随后可以被确定为这两个估计的加权组合,例如,其中加权取决于超声波信号的信号电平(例如功率、能量或幅度)。

[0169] 附加测量也可以用于估计反射表面的角度。例如,超声波的高度集中将指示表面是垂直的,而较低的信号电平有可能指示偏离垂直的角度。

[0170] 将意识到:上面的描述为了清楚起见而参考不同的功能电路、单元和处理器描述了本发明的实施例。然而,在不减损本发明的情况下,可以使用不同的功能电路、单元或处理器之间任何适当的功能分布,这将是显然的。例如,被示意成由单独的处理器或控制器执行的功能可以由相同的处理器或控制器来执行。因此,对于特定的功能单元或电路的引用将仅仅被视为针对用于提供所描述的功能的适当装置的引用,而不是指示严格的逻辑或物理结构或组织。

[0171] 本发明能够采用包括硬件、软件、固件或这些的任何组合的任何适当的形式来实现。本发明可以选择地至少部分被实现为在一个或多个数据处理器和/或数字信号处理器上运行的计算机软件。本发明的实施例的元素和组件可以在物理上、功能上和逻辑上采用任何适当的方式来实现。实际上,功能可以在单个单元中、在多个单元中实现或作为其他功能单元的一部分来实现。就此而论,本发明可以在单个单元中实现,或可以在物理上和功能上在不同的单元、电路和处理器之间进行分布。

[0172] 虽然结合一些实施例描述了本发明,但是本发明并不打算限于在这里阐述的特定形式。相反,本发明的范围仅仅利用随附的权利要求书来限制。此外,虽然特征可能似乎是结合特定的实施例来描述的,但是本领域技术人员将认识到:所描述的实施例的各种特征可以根据本发明来组合。在权利要求书中,术语包括并不排除其他元素或步骤的存在。

[0173] 此外,虽然被个别地列出,但是多个装置、元素、电路或方法步骤可以利用例如单个电路、单元或处理器来实现。另外,虽然个别特征可能被包括在不同的权利要求中,但是这些特征也有可能有利地进行组合,并且在不同权利要求中的包括并不暗示:这些特征的组合不是可行的和/或有益的。特征在一组类别的权利要求中的包括并不暗示针对这种类别的限制,而是反而指示该特征同样酌情可应用于其他的权利要求类别。此外,特征在权利要求中的顺序并不暗示这些特征必须据此工作的特定顺序,并且特别地,个别步骤在方法权利要求中的顺序并不暗示:必须以这个顺序来执行这些步骤。相反,这些步骤可以按照任何适当的顺序来执行。此外,单数引用并不排除复数。因而,对于“一”、“一个”、“第一”、“第二”等等的引用并不排除多个。权利要求中的参考符号仅仅作为澄清示例来提供,而不应被解释为以任何方式来限制权利要求的范围。

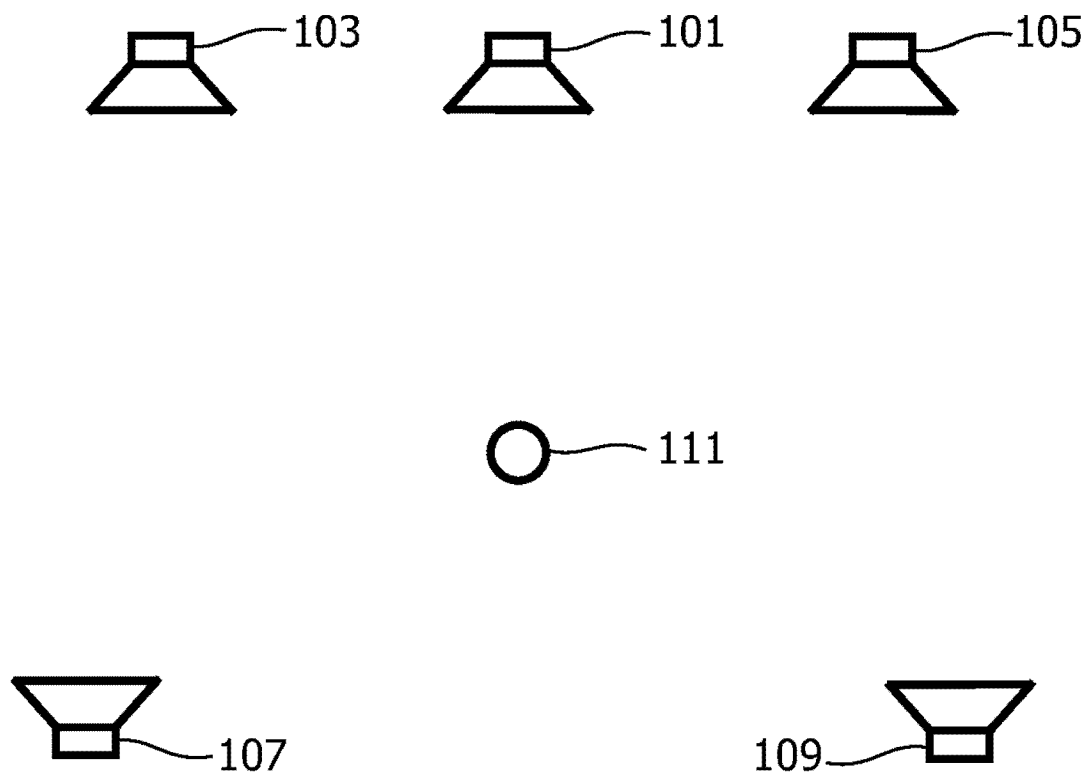


图 1

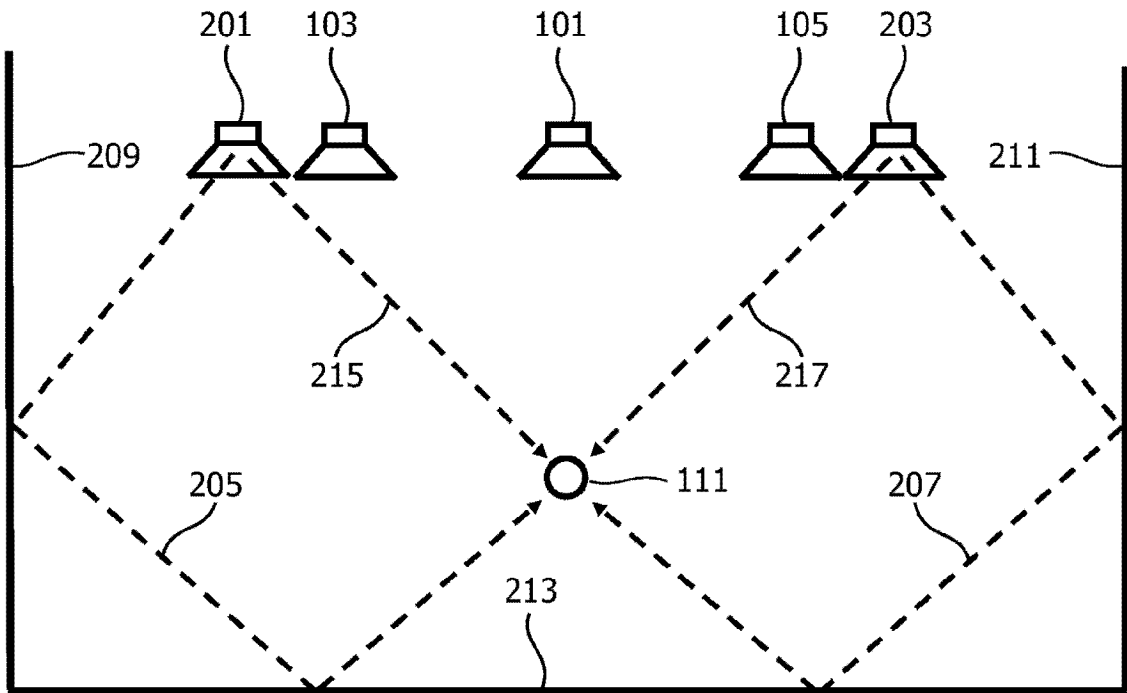


图 2

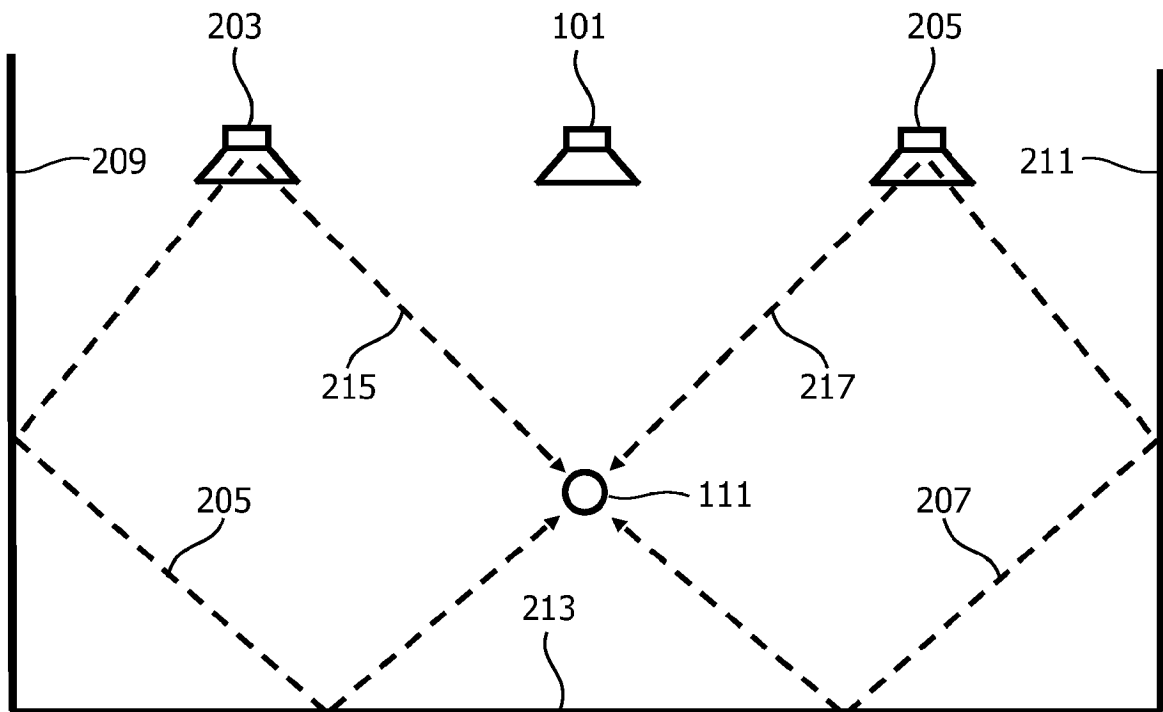


图 3

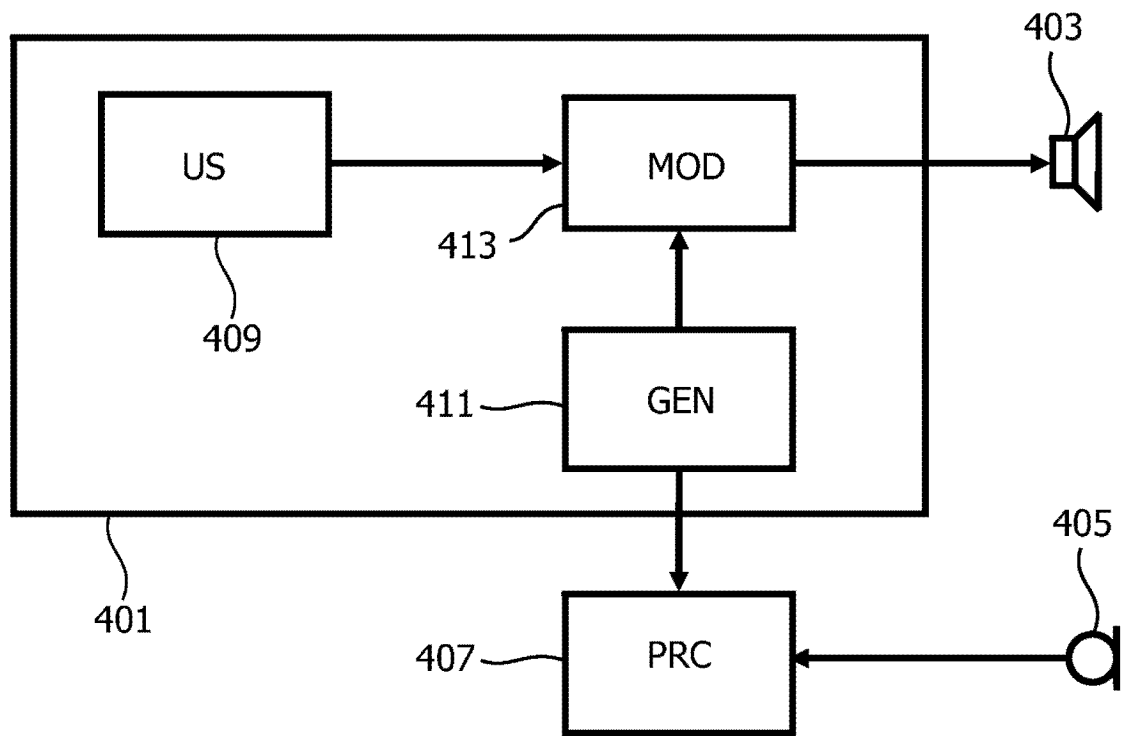


图 4

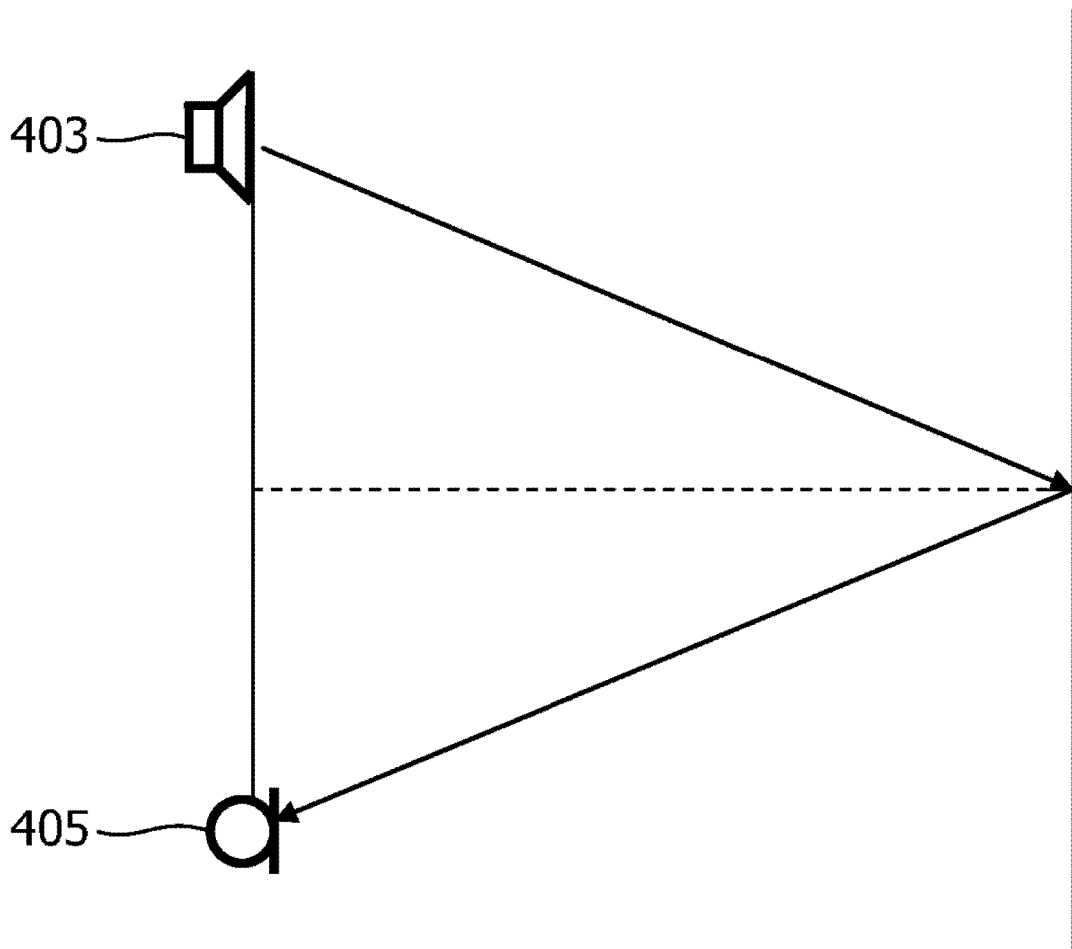


图 5

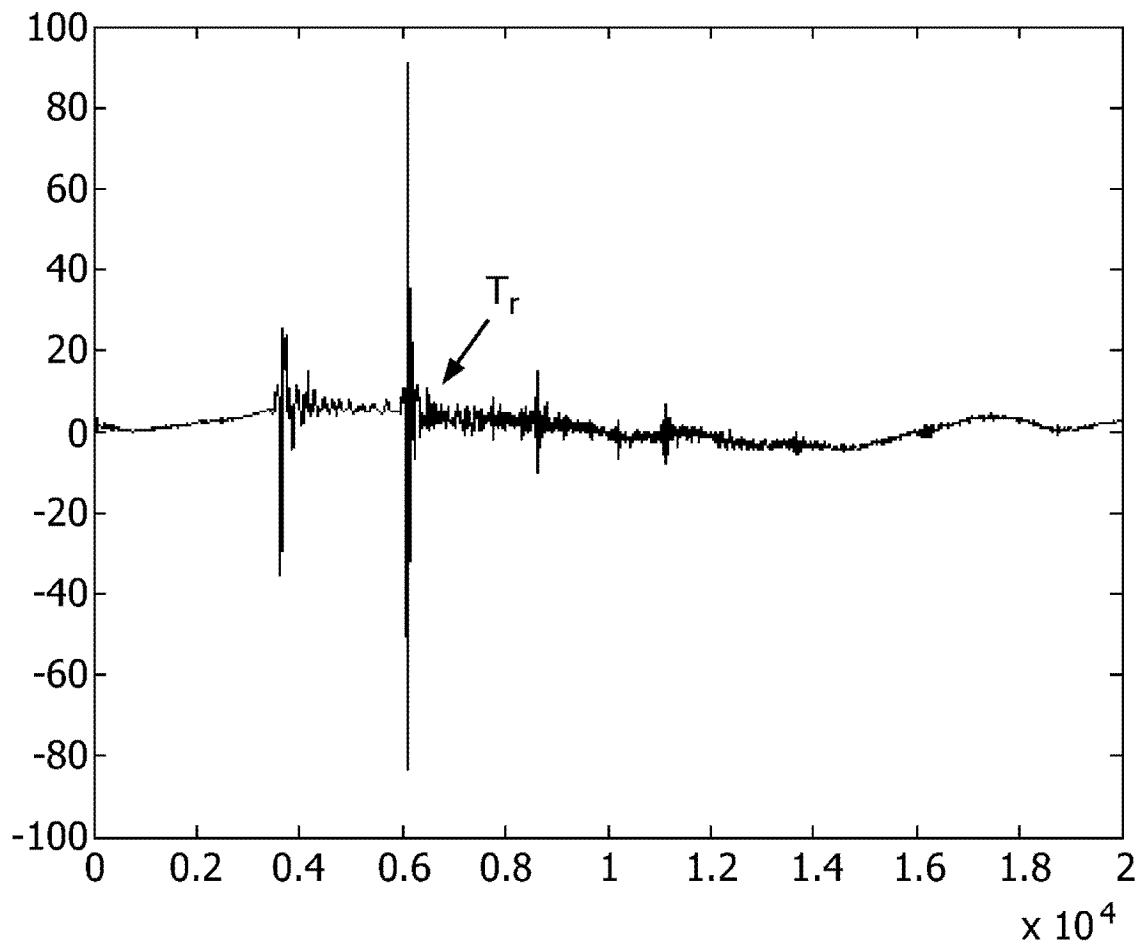


图 6

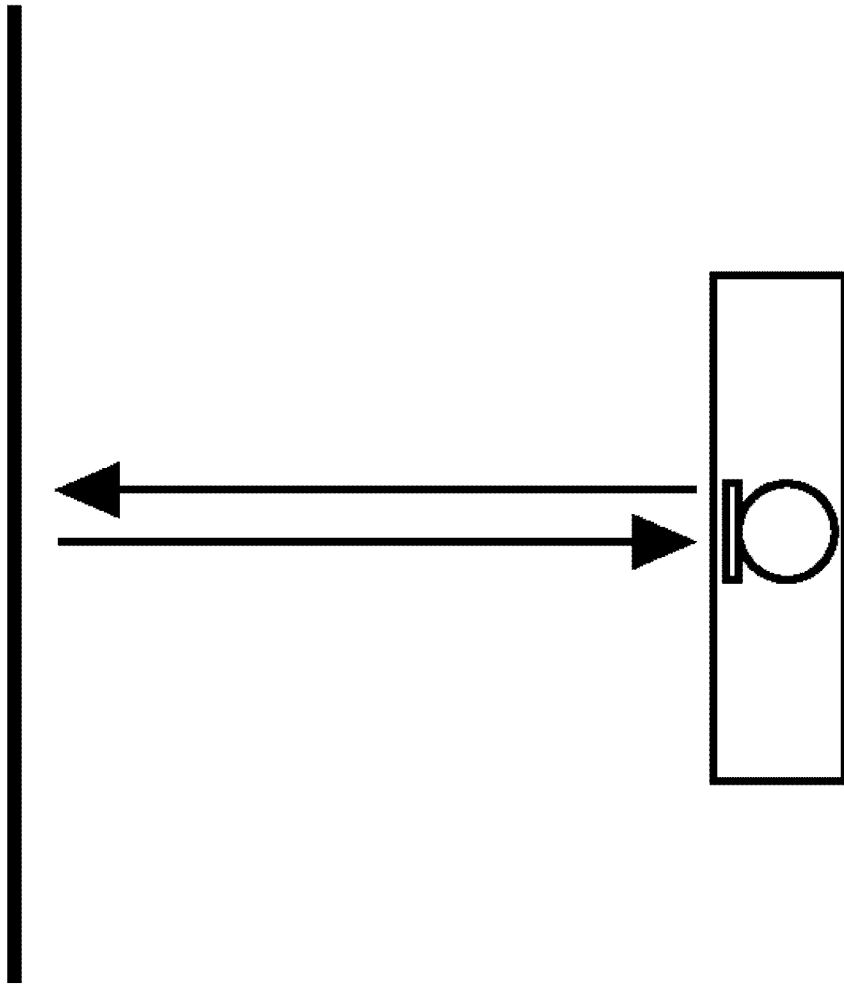


图 7

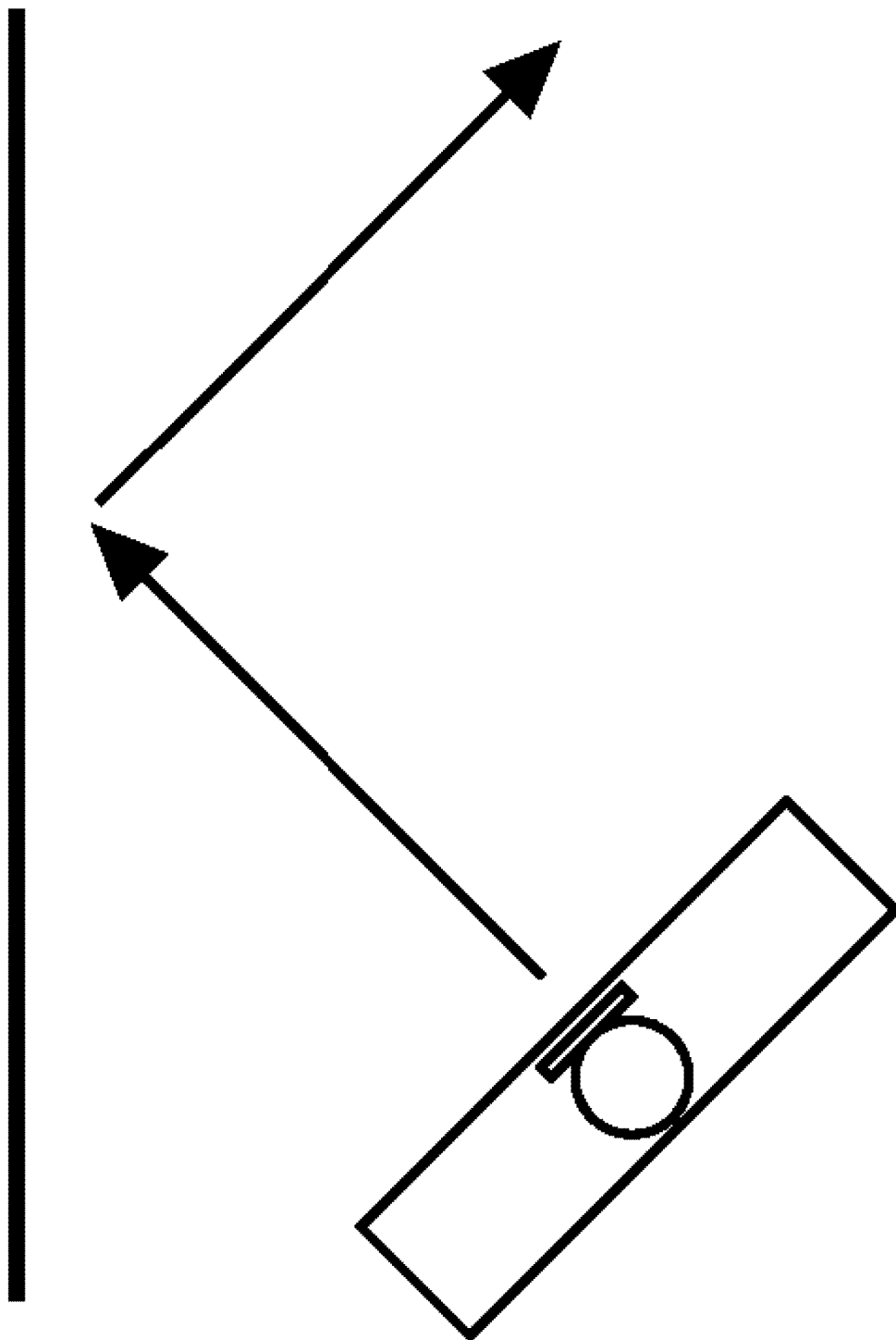


图 8

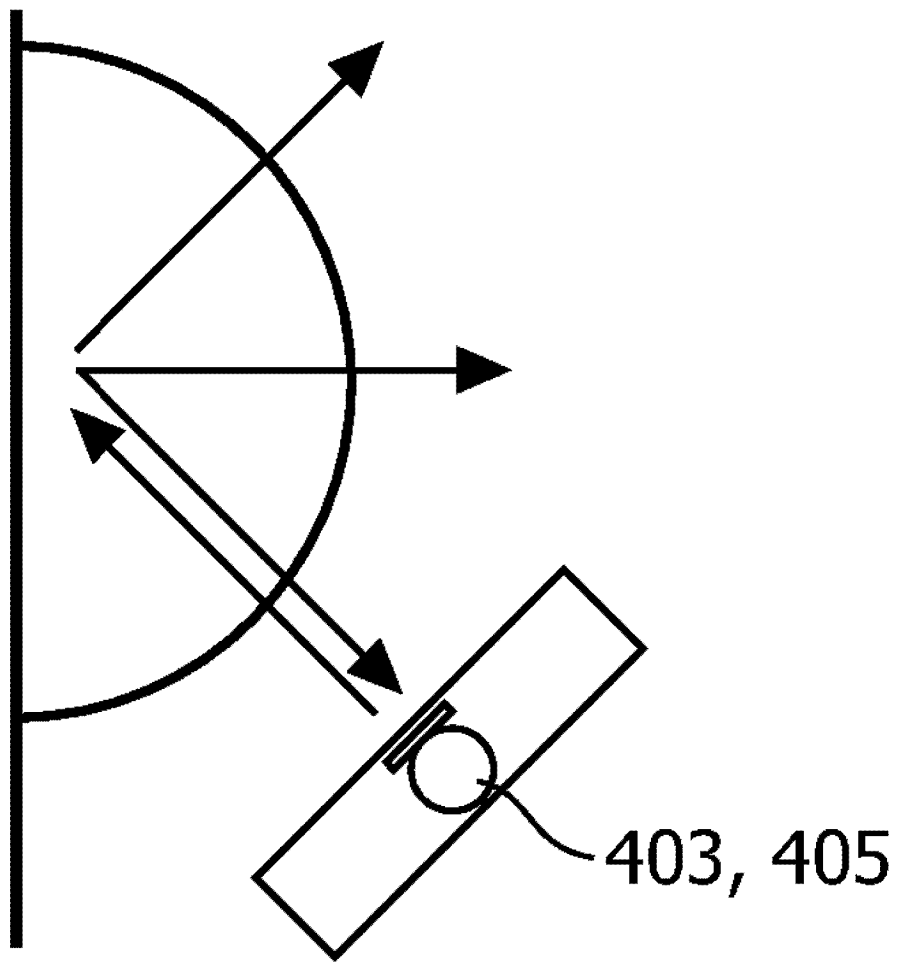


图 9

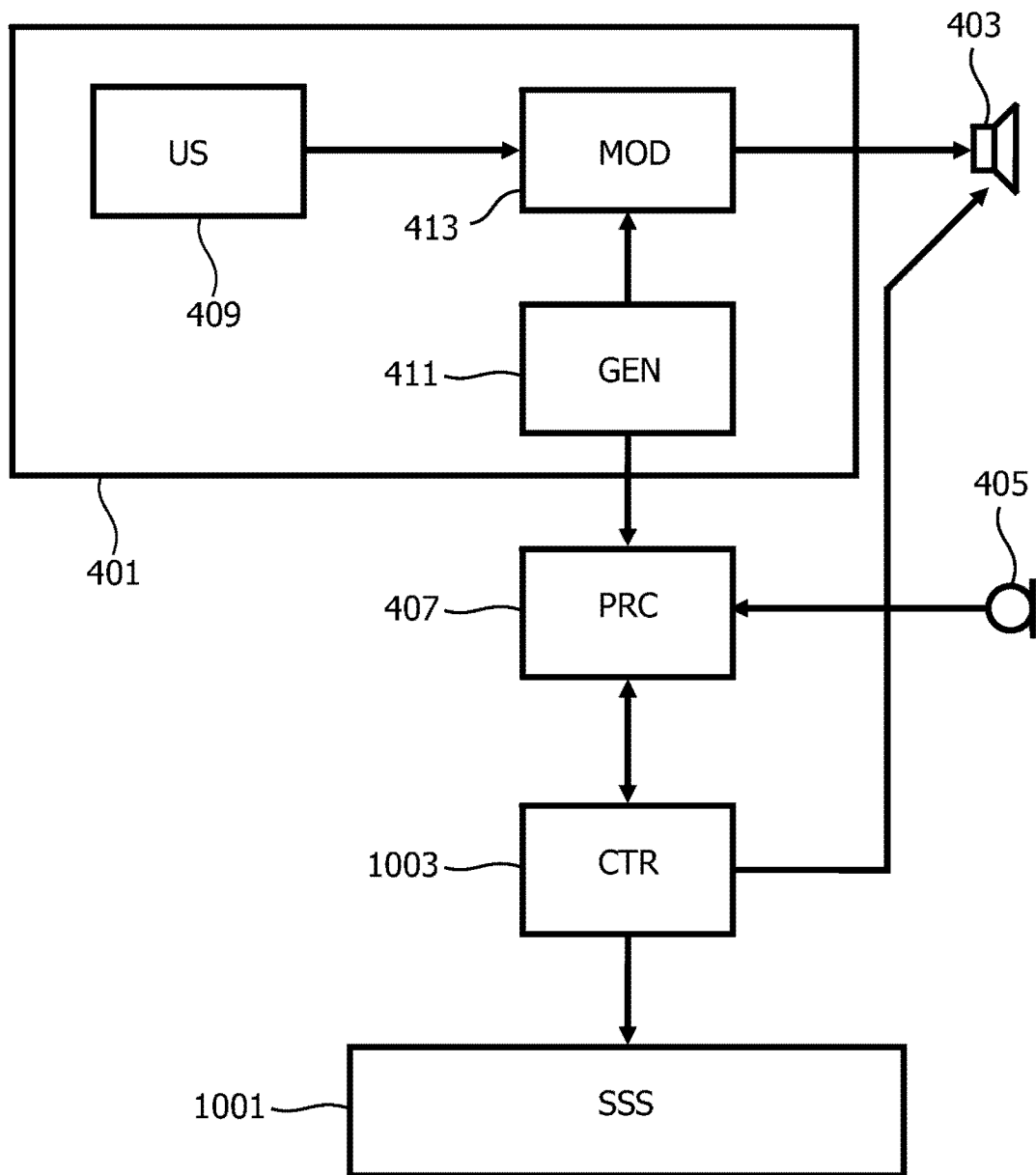


图 10

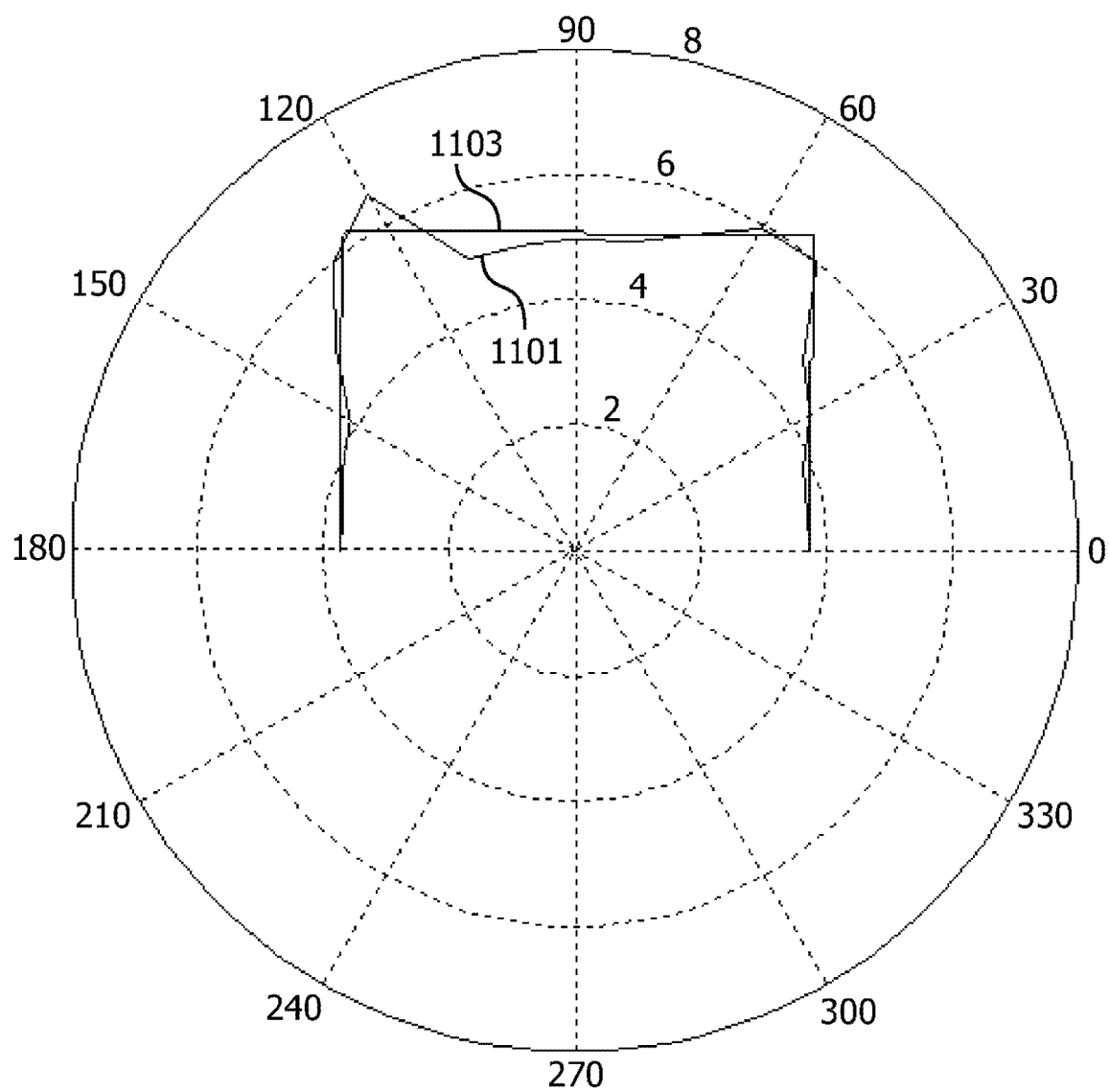


图 11