(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117795988 A
(43)申请公布日 2024.03.29

(21)申请号 202280054081.6

(22)申请日 2022.07.26

(30)优先权数据
21189872.1 2021.08.05 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.02.02

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2022/070876 2022.07.26

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/011970 EN 2023.02.09

(71)申请人 皇家飞利浦有限公司
地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 J·G·H·科庞

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
专利代理师 刘兆君

(51)Int.Cl.
H04S 7/00(2006.01)
G10K 15/12(2006.01)

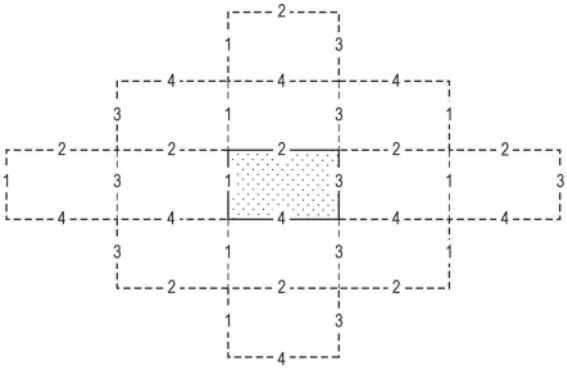
权利要求书2页 说明书18页 附图5页

(54)发明名称

确定虚拟音频源位置

(57)摘要

通过迭代地对在先前迭代的房间的边界(例如墙壁)周围的房间进行镜像(305)来生成用于房间中的早期反射的声学图像源模型。通过确定(605、607)两个房间中的匹配参考位置和两个房间之间的方向的相对映射(611)来执行对原始房间中的音频源的图像房间中的镜像位置的确定。通过对音频源的位置与参考位置之间的相对偏移进行映射来确定(701、703、705)来自原始房间中的音频源的镜像房间中的镜像位置。该方法可以提供计算上非常有效的方法。



CN 117795988 A

1.一种确定针对表示第一房间中的第一音频源的反射的音频源的虚拟音频源位置的方法,所述方法包括:

接收(601)描述第一房间的边界的数据;

生成(603)所述第一房间的一组镜像房间,每个镜像房间由多个镜像操作产生,其中,每个镜像操作是先前镜像房间的围绕所述先前镜像房间的边界的镜像操作,所述多个镜像的初始先前镜像房间是所述第一房间;

针对所述一组镜像房间中的至少第一镜像房间提供(611)所述第一房间中的方向到所述第一镜像房间中的方向的映射;

确定(605)所述第一房间中的源参考位置;

确定(607)所述第一镜像房间中的第一镜像参考位置,所述第一镜像参考位置是由将导致所述第一镜像房间的镜像操作应用于所述第一源参考位置而产生的所述第一镜像房间中的位置;

确定(701)针对第一音频源的在所述源房间中的源位置偏移,所述源位置偏移表示所述源参考位置与所述第一音频源在所述第一房间中的位置之间的位置偏移;

确定(703)针对所述第一音频源的在所述第一镜像房间中的第一镜像位置偏移;

根据所述第一镜像参考位置和所述第一镜像位置偏移来确定(705)针对所述第一音频源的在所述第一镜像房间中的镜像位置;

其中,确定所述第一镜像位置偏移(705)包括通过将所述映射应用于所述源位置偏移来确定所述第一镜像位置偏移。

2.根据权利要求1所述的方法,其中,所述映射由映射矩阵表示,并且将所述映射应用于所述源位置偏移包括将所述映射矩阵与所述源位置偏移相乘。

3.根据权利要求2所述的方法,其中,所述源位置偏移是二维偏移,并且所述映射矩阵是2x2矩阵。

4.根据权利要求2所述的方法,其中,所述源位置偏移是三维偏移,并且所述映射矩阵是3x3矩阵。

5.根据任一前述权利要求所述的方法,其中,针对所述第一房间的镜像操作的次数为至少两次,并且所述映射矩阵是多个边界镜像映射矩阵的组合,每个边界镜像映射矩阵表示由围绕单个房间边界的镜像操作产生的方向变化。

6.根据权利要求5所述的方法,其中,所述第一房间的每个房间边界与一个边界镜像映射矩阵链接,并且所述映射是与所述第一镜像房间的所述多个镜像操作中的镜像操作的房间边界链接的所述边界镜像映射矩阵的组合。

7.根据权利要求6所述的方法,其中,所述第一房间的平行房间边界与相同的边界镜像映射矩阵链接。

8.根据任一前述权利要求所述的方法,其中,所述映射是距离保持映射。

9.根据任一前述权利要求所述的方法,其中,所述第一镜像位置偏移的距离等于所述源位置偏移的距离。

10.根据任一前述权利要求所述的方法,还包括:

确定针对所述第一房间的边界的房间边界位置;

确定所述源房间中的针对所述房间边界位置的边界位置偏移,所述边界位置偏移表示

所述源参考位置与所述房间边界位置之间的位置偏移;

通过将所述映射应用于所述第一镜像房间中的边界位置偏移来确定所述边界位置偏移;

根据所述第一镜像参考位置和所述边界位置偏移来确定针对所述第一镜像房间的镜像边界位置。

11.根据任一前述权利要求所述的方法,其中,所述第一房间是棱正交的多胞形,并且所述源参考位置和所述源位置偏移由没有与所述棱正交的多胞形的边缘对准的坐标轴的坐标表示。

12.根据任一前述权利要求所述的方法,还包括确定针对所述第一房间的房间响应函数,所述房间响应函数包括反射分量,所述反射分量表示来自当被定位于所述镜像位置处时的所述音频源的音频。

13.根据任一前述权利要求所述的方法,还包括对包括来自被定位于所述镜像位置处的音频源的分量的音频输出信号进行呈现(617、619)。

14.一种包括计算机程序代码单元的计算机程序产品,当所述程序在计算机上运行时,所述计算机程序代码单元适于执行根据权利要求1-13所述的所有步骤。

15.一种用于确定表示针对第一房间中的第一音频源的反射的音频源的虚拟音频源位置的装置,所述装置包括处理电路(203),所述处理电路被布置为:

接收(601)描述第一房间的边界的数据;

生成(603)所述第一房间的一组镜像房间,每个镜像房间由多个镜像操作产生,其中,每个镜像操作是先前镜像房间的围绕所述先前镜像房间的边界的镜像操作,所述多个镜像的初始先前镜像房间是所述第一房间;

针对所述一组镜像房间中的至少第一镜像房间提供(611)所述第一房间中的方向到所述第一镜像房间中的方向的映射;

确定(605)所述第一房间中的源参考位置;

确定(607)所述第一镜像房间中的第一镜像参考位置,所述第一镜像参考位置是由将导致所述第一镜像房间的镜像操作应用于所述第一源参考位置而产生的所述第一镜像房间中的位置;

确定(701)针对第一音频源的在所述源房间中的源位置偏移,所述源位置偏移表示所述源参考位置与所述第一音频源在所述第一房间中的位置之间的位置偏移;

确定(703)针对所述第一音频源的在所述第一镜像房间中的第一镜像位置偏移;

根据所述第一镜像参考位置和所述第一镜像位置偏移来确定(705)针对所述第一音频源的在所述第一镜像房间中的镜像位置;

其中,确定所述第一镜像位置偏移(705)包括通过将所述映射应用于所述源位置偏移来确定所述第一镜像位置偏移。

确定虚拟音频源位置

技术领域

[0001] 本发明涉及用于确定表示房间中的音频源反射的虚拟音频源的位置的装置和方法,并且特别地,但非排他性地涉及用于在增强/虚拟现实应用中呈现音频的虚拟音频源。

背景技术

[0002] 近年来,随着不断开发和引入新的利用和消费视听内容的服务和方式,基于视听内容的各种各样的体验大大增加。特别地,正在开发许多空间和互动服务、应用和体验,以给户带来更具参与感和沉浸感的体验。

[0003] 此类应用的示例是虚拟现实(VR)应用、增强现实(AR)应用和混合现实(MR)应用,这些应用迅速变成主流,其中的许多解决方案针对消费者市场。许多标准化机构也正在开发许多标准。此类标准化活动正在积极制定针对VR/AR/MR系统的各个方面(例如,流媒体、广播、呈现等)的标准。

[0004] VR应用倾向于提供与用户处于不同的世界/环境/场景的情况相对应的用户体验,而AR(包括混合现实MR)应用倾向于提供与用户处于当前环境但具有添加的额外信息或虚拟对象或信息的情况相对应的用户体验。因此,VR应用倾向于提供完全沉浸式的以合成方式生成的世界/场景,而AR应用往往提供部分合成的世界/场景,这种部分合成的世界/场景被叠加在用户物理存在的现实场景上。然而,这些术语通常可以互换使用并且具有高度的重叠性。在下文中,将使用术语虚拟现实/VR来指代虚拟现实和增强/混合现实。

[0005] 作为示例,一项越来越流行的服务是以以下这种方式提供图像和音频:使得用户能够主动且动态地与系统交互以改变呈现的参数,使得这将适应用户的位置和取向的移动和改变。在许多应用中,一个非常吸引人的特征是能够改变观看者的有效观看位置和观看方向的能力,例如允许观看者在正在展示的场景中移动并“环顾四周”。

[0006] 这种特征能够特别允许为用户提供虚拟现实体验。这可以允许用户在虚拟环境中(相对)自由地到处移动并且动态地改变他的位置和他正在观看的地方。通常,此类虚拟现实应用基于场景的三维模型,其中,该模型被动态评价以提供特定的请求视图。这种用于计算机和控制台的方法在例如游戏应用中(例如,在第一人称射击游戏类别中)是众所周知的。

[0007] 也希望呈现的图像是三维图像,特别是对于虚拟现实应用。事实上,为了优化观看者的沉浸感,通常优选将用户体验的场景展示为三维场景。事实上,虚拟现实体验应当优选允许用户选择他/她自己的位置、相机视点以及相对于虚拟世界的时刻。

[0008] 除了视觉呈现以外,大多数VR/AR应用还提供了对应的音频体验。在许多应用中,音频优选提供空间音频体验,其中,音频源被感知为是从与视觉场景中的对应对象的位置相对应的位置到达的。因此,音频场景和视频场景优选被感知为是相符的,并且这两者都提供了完整的空间体验。

[0009] 例如,许多沉浸式体验都是通过使用双耳音频呈现技术的耳机重现生成的虚拟音频场景提供的。在许多场景中,这种耳机重现可以基于头部跟踪,使得能够响应于用户的头

部移动而做出呈现,这大大提高了沉浸感。

[0010] 然而,为了向用户提供高度沉浸式、个性化且自然的体验,尽可能逼真地呈现音频场景很重要,并且对于组合式视听体验(例如,许多VR体验)来说,音频体验紧密地匹配视觉体验(即,所呈现的音频场景和视频场景紧密匹配)非常重要。

[0011] 为了提供高质量的体验,并且特别是为了感知到逼真的音频,用准确逼真的模型来表征声学环境非常重要。无论正在展示的音频场景是纯虚拟场景,还是希望音频场景与特定的现实世界场景相对应,上述要求都是必需的。

[0012] 在模拟房间声学中,或者更一般地在模拟环境声学中,声波在环境的墙壁、地板和天花板上的反射(如果存在的话)会引起从不同方向到达听众的音频源信号的延迟和衰减(通常是频率依赖性)版本。这会引起将被称为房间脉冲响应(RIR)的脉冲响应。

[0013] 如图1所示,房间脉冲响应包括直接声音/无回声部分以及接下来的回响部分,该直接声音/无回声部分取决于音频源到听众的距离,所述回响部分表征房间的声学属性。房间的大小和形状、音频源和听众在房间中的位置以及房间表面的反射属性在该回响部分的表征中都会起作用。

[0014] 回响部分能够被分成两个时间区域,这两个时间区域通常是交叠的。第一区域包含所谓的早期反射,它是音频源在到达听众之前在房间内部的墙壁或障碍物上的孤立反射。随着时滞的增大,固定时间间隔中存在的反射次数增加,现在还包含次级反射和更高阶的反射。

[0015] 回响部分中的第二区域是其中的这些反射的密度增加到无法被人脑隔离和分离的程度的部分。该区域被称为漫射回响、晚期回响或回响尾巴。

[0016] 回响部分包含给出关于源的距离、房间大小和声学属性的听觉系统信息的提示。与无回声部分的能量有关的回响部分的能量在很大程度上决定了所感知的音频源距离。最早的反射的水平和延迟可以给出音频源到墙壁的接近程度的提示,并且通过人体测量对它的过滤可以加强关于是哪个墙壁、地板或天花板的评估。

[0017] (早期)反射的密度对感知房间大小有贡献。反射在能量水平上降低60dB所花费的时间(用T_{60}指示,回响时间)是衡量反射在房间中的消散速度的衡量标准。回响时间给出了关于房间的声学属性的信息;房间墙壁的反射性很强(例如,浴室)还是对声音的吸收性很强(例如,具有家具、地毯和窗帘的卧室)。

[0018] 为了有回响以提供沉浸式体验,需要多个RIR来表达反射从哪个方向到达听众。这些内容可以与扬声器设置相关联,其中,每个RIR都与已知位置处的扬声器中的一个有关。可以采用像VBAP这样的平移算法来根据已知的反射方向生成RIR。

[0019] 此外,由于RIR被头部、耳朵和肩膀过滤(即,头部相关脉冲响应(HRIR)),因此当沉浸式RIR是双耳房间脉冲响应(BRIR)的部分时,沉浸式RIR可以取决于用户的人体测量属性。

[0020] 无法再对晚期回响中的反射进行隔离,因此能够利用参数仿真(例如,诸如Jot回响器之类的反馈延迟网络)对晚期回响中的反射进行参数模拟。对于早期反射,入射方向和距离依赖性延迟是人类提取关于房间和音频源相对位置的信息的重要提示。因此,对于逼真的沉浸式体验来说,必须更多地利用早期反射模拟而不是晚期回响模拟。

[0021] 一种对早期反射进行建模的方法是镜像反映房间边界中的每个房间边界中的音

频源,以生成表示反射的虚拟音频源。这种模型被称为图像源模型,并且在Allen JB、Berkley DA的“Image method for efficiently simulating small-room acoustics”(The Journal of the Acoustical Society of America 1979;65(4):943-50)中进行了描述。EP3828882公开了实施这种方法的示例。然而,虽然这种模型与诸如射线跟踪或有限元建模之类的受房间形状限制较小的方法相比可以为早期反射提供高效且高质量的建模,但是它往往也具有一些缺点。具体地,这种模型往往仍然相对复杂,并且具有高计算资源要求,特别是为了找到虚拟反射源的位置。确定镜像位置所需的过程并且尤其是围绕房间边界进行反射所需的几何计算往往是复杂且需要资源的。这些缺点往往会导致要考虑的反射次数升高,并且在许多实际应用中,反射次数相应地受到限制,从而导致模型的准确性和质量降低,这导致用户体验降低。

[0022] 因此,用于确定表示反射的虚拟音频源的位置的改进的模型和方法将是有利的。特别地,一种具有以下优点的方法/模型将是有利的:它允许改进操作,提高灵活性,降低复杂性,便于实施,改善音频体验,降低复杂性,降低计算负担,改善音频质量,提高模型准确性和质量和/或改善性能和/或操作。

发明内容

[0023] 因此,本发明寻求优选以单独方式或以任何组合方式减轻、缓解或消除上面提到的缺点中的一个或多个缺点。

[0024] 根据本发明的一个方面,提供了一种确定针对表示第一房间中的第一音频源的反射的音频源的虚拟音频源位置的方法,所述方法包括:接收描述第一房间的边界的数据;生成所述第一房间的一组镜像房间,每个镜像房间由多个镜像操作产生,其中,每个镜像操作是先前镜像房间的围绕所述先前镜像房间的边界的镜像操作,所述多个镜像的初始先前镜像房间是所述第一房间;针对所述一组镜像房间中的至少第一镜像房间提供所述第一房间中的方向到所述第一镜像房间中的方向的映射;确定所述第一房间中的源参考位置;确定所述第一镜像房间中的第一镜像参考位置,所述第一镜像参考位置是由将导致所述第一镜像房间的镜像操作应用于所述第一源参考位置而产生的所述第一镜像房间中的位置;确定针对第一音频源的在所述源房间中的源位置偏移,所述源位置偏移表示所述源参考位置与所述第一音频源在所述第一房间中的位置之间的位置偏移;确定针对所述第一音频源的在所述第一镜像房间中的第一镜像位置偏移;根据所述第一镜像参考位置和所述第一镜像位置偏移来确定针对所述第一音频源的在所述第一镜像房间中的镜像位置;其中,确定所述第一镜像位置偏移包括通过将所述映射应用于所述源位置偏移来确定所述第一镜像位置偏移。

[0025] 本发明可以提供对表示房间中的反射的虚拟音频源的镜像/虚拟位置的改进的和/或便利的确定。该方法可以允许便利地和/或更高效地生成针对房间中的早期反射的模型。在许多实施例中,该方法可以显著方便确定镜像位置,并且可以显著减少确定对应于反射的镜像位置所需的计算的次数和/或复杂性。在许多实施例中,该方法可以允许以降低的计算要求和/或降低的复杂性生成表示房间中的反射的准确模型。

[0026] 该方法可以用于生成/更新图像源模型。

[0027] 该方法可以特别适合于动态应用,其中例如房间中的一个或多个音频源可以移

动,导致(一个或多个)音频源的反射的变化。镜像位置的对应变化通常可以以降低的复杂性来确定,从而允许针对音频源移动的方便的动态调整,包括对早期反射的属性的结果变化的准确表示。特别地,在许多实施例中,该方法可以允许确定和评估到不同镜像房间的映射/镜像以表示多于一个反射所需要的相对复杂的操作可以在初始化时仅执行一次,其中以显著更低的复杂性来确定由移动产生的随后效果。

[0028] 该方法可以导致更低的复杂性和资源需求处理来表示第一房间中的反射。该方法可以具体地允许以显著更低的计算负担生成/更新给定质量/复杂性的图像源模型。

[0029] 该方法可以是计算机实施的方法。该方法可以由计算机/处理器执行。在许多实施例中,该方法可以包括生成包括来自位于镜像位置处的音频源的分量的音频信号的步骤。

[0030] 可以提供一种包括用于执行该方法的器件的数据处理装置/设备/系统。

[0031] 镜像房间可以是由原始房间和/或一个或多个先前生成的镜像房间的边缘/侧面/边界周围的一个或多个镜像操作产生的房间。镜像位置可以是镜像房间中的位置。镜像房间/镜像位置可以是虚拟位置。

[0032] 第一房间(和镜像房间)可以被表示为二维矩形和/或三维矩形。第一房间可以是二维或三维的棱正交的多胞形(也被称为直角矩形棱柱、矩形立方体、或长方体),并且通常在本领域中称为鞋盒房间。

[0033] 针对房间的边界可以是对房间进行界定/定界/划界的平面元素,例如,墙壁、地板或天花板。边界可以是声学反射元素,或例如在一些情况下可以是其中不存在(显著)声学反射元素的边界的虚拟或理论(任意)描绘。

[0034] 房间可以是任何由基本上平面的且通常声学反射的元素界定的声学环境。平面元素可以是成对平行的,并且二维房间可以包括两个这种平行对,并且三维房间可以包括三个这种平行对(对应于四个墙壁、一个地板和一个天花板)。

[0035] 跨边界对音频源的镜像可以对应于通过将音频源的音频源位置镜像在边界周围来确定经镜像的音频源位置。先前镜像房间可以是属于包括第一房间和由多个镜像的先前镜像生成的镜像房间的集合的房间。

[0036] 相邻镜像房间中的反射音频源的镜像音频源位置可以对应于由在边界周围对源/第一房间中的音频源的音频源位置进行镜像而产生的位置。

[0037] 根据本发明的可选特征,所述映射由映射矩阵表示,并且将所述映射应用于所述源位置偏移包括将所述映射矩阵与所述源位置偏移相乘。

[0038] 在许多实施例中,这可以允许改进的性能和/或操作。在许多实施例中,它可以允许更有效的操作,并且可以显著减少计算资源负担/要求。源位置偏移可以由多个坐标表示,包括被表示为坐标偏移,并且矩阵乘法可以将这些坐标偏移映射到对应于第一镜像位置偏移的坐标偏移。

[0039] 根据本发明的可选特征,所述源位置偏移是二维偏移,并且所述映射矩阵是2x2矩阵。

[0040] 在许多实施例中,这可以提供改进的和/或便利的操作。该方法可以导致更低的复杂性和资源需求处理来表示第一房间中的反射

[0041] 根据本发明的可选特征,所述源位置偏移是三维偏移,并且所述映射矩阵是3x3矩阵。

[0042] 在许多实施例中,这可以提供改进的和/或便利的操作。该方法可以导致更低的复杂性和资源需求处理来表示第一房间中的反射

[0043] 根据本发明的可选特征,针对所述第一房间的镜像次数为至少两次,并且所述映射矩阵是多个边界镜像映射矩阵的组合,每个边界镜像映射矩阵表示由围绕单个房间边界的镜像产生的方向变化。

[0044] 这可以提供改进的和/或便利的操作。在许多实施例中,它可以提供从房间的边界发生的反射的有效确定和表示。特别地,它可以促进和/或改进第一房间中的相同音频源的多个反射的表示。

[0045] 根据本发明的可选特征,所述第一房间的每个房间边界与一个边界镜像映射矩阵链接,并且所述映射是与所述第一镜像房间的所述多个镜像中的镜像的房间边界链接的所述边界镜像映射矩阵的组合。

[0046] 这可以促进和/或改进表示第一房间中的多次反射的操作。

[0047] 根据本发明的可选特征,所述第一房间的平行房间边界与相同的边界镜像映射矩阵链接。

[0048] 这可以提供改进的和/或便利的操作。在许多实施例中,它可以提供从房间的边界发生的反射的有效确定和表示。特别地,它可以减少确定映射和/或第一镜像位置偏移的计算资源要求。

[0049] 根据本发明的可选特征,所述映射是距离保持映射。

[0050] 这可以提供改进的性能和/或操作。在许多实施例中,对于第一房间的声学反射环境的给定准确性,它可以实现降低的计算资源要求。

[0051] 根据本发明的可选特征,所述第一镜像位置偏移的距离等于所述源位置偏移的距离。

[0052] 在许多实施例中,这可以提供改进的性能和/或操作。在许多实施例中,对于第一房间的声学反射环境的给定准确性,它可以实现降低的计算资源要求。偏移的距离可以是偏移(并且具体地表示偏移的向量)的大小/幅值。

[0053] 根据本发明的可选特征,所述方法还包括:确定所述第一房间的边界的房间边界位置;确定所述源房间中的针对所述房间边界位置的边界位置偏移,所述边界位置偏移表示所述源参考位置与所述房间边界位置之间的位置偏移;通过将所述映射应用于所述边界位置偏移来确定所述第一镜像房间中的所述边界位置偏移;根据所述第一镜像参考位置和所述边界位置偏移确定针对所述第一镜像房间的镜像边界位置。

[0054] 在许多实施例中,这可以提供改进的性能和/或操作。在许多实施例中,对于第一房间的声学反射环境的给定准确性,它可以实现降低的计算资源要求,并且可以特别地便于镜像房间的几何特性的确定。房间边界位置可以是包括在一个或多个边界中的位置,诸如特别是房间的拐角的位置。

[0055] 根据本发明的可选特征,所述第一房间是棱正交的多胞形,并且所述源参考位置和所述源位置偏移由不与所述棱正交的多胞形的边缘对齐的坐标轴的坐标表示。

[0056] 在许多实施例中,这可以提供改进的性能和/或操作。

[0057] 根据本发明的可选特征,所述方法还包括确定针对所述第一房间的房间响应函数,所述房间响应函数包括反射分量,所述反射分量表示来自当被定位于所述镜像位置处

时的所述音频源的音频。

[0058] 在许多实施例中,本发明可以允许房间的反射特性的改进的表示和/或降低的复杂性。

[0059] 根据本发明的可选特征,所述方法包括对包括来自被定位于所述镜像位置处的音频源的分量的音频输出信号进行呈现。

[0060] 本发明可以提供改进的和/或便利的音频呈现,从而提供通常具有更逼真环境的感知的改进的用户体验。

[0061] 根据本发明的一个方面,提供了一种用于确定针对表示第一房间中的第一音频源的反射的音频源的虚拟音频源位置的装置,所述装置包括处理电路,所述处理电路被布置为:接收描述第一房间的边界的数据;生成所述第一房间的一组镜像房间,每个镜像房间由多个镜像操作产生,其中,每个镜像操作是先前镜像房间的围绕所述先前镜像房间的边界的镜像操作,所述多个镜像的初始先前镜像房间是所述第一房间;针对所述一组镜像房间中的至少第一镜像房间提供所述第一房间中的方向到所述第一镜像房间中的方向的映射;确定所述第一房间中的源参考位置;确定所述第一镜像房间中的第一镜像参考位置,所述第一镜像参考位置是由将导致所述第一镜像房间的镜像操作应用于所述第一源参考位置而产生的所述第一镜像房间中的位置;确定针对第一音频源的在所述源房间中的源位置偏移,所述源位置偏移表示所述源参考位置与所述第一音频源在所述第一房间中的位置之间的位置偏移;确定针对所述第一音频源的在所述第一镜像房间中的第一镜像位置偏移;根据所述第一镜像参考位置和所述第一镜像位置偏移来确定针对所述第一音频源的在所述第一镜像房间中的镜像位置;其中,确定所述第一镜像位置偏移包括通过将所述映射应用于所述源位置偏移来确定所述第一镜像位置偏移。

[0062] 在许多实施例中,这可以提供改善的性能和/或降低的复杂性/资源使用情况。通常,它可以允许以降低的复杂性和计算资源使用情况来生成改进的模型。

[0063] 参考下文描述的(一个或多个)实施例,本发明的这些和其他方面、特征和优点将变得明显并且得到阐明。

附图说明

[0064] 参考附图,将仅通过举例的方式来描述本发明的实施例,在附图中:

[0065] 图1图示了声学房间响应的组成的示例;

[0066] 图2图示了根据本发明的一些实施例的装置的元件的示例;

[0067] 图3图示了用于对房间的一条边界的声学反射进行建模的镜像的示例;

[0068] 图4图示了用于对房间的两条边界的声学反射进行建模的镜像的示例;

[0069] 图5图示了对房间进行镜像以获得针对房间中的声学反射的图像源模型的示例;

[0070] 图6图示了根据本发明的一些实施例的方法的元素的示例;并且

[0071] 图7图示了根据本发明的一些实施例的方法的元素的示例。

具体实施方式

[0072] 音频呈现旨在为听众提供自然且逼真的效果,它通常包括对声学环境的呈现。所述呈现基于声学环境的模型,该模型通常包括对直接路径、(早期)反射和回响的建模。以下

描述将聚焦于一种用于为现实房间或虚拟房间的(早期)反射生成合适模型的高效方法。

[0073] 该方法将参考包括图2中所示的元件的音频呈现装置进行描述。图2的音频呈现装置包括接收器201,接收器201被布置为接收表征第一房间的房间数据,所述房间数据表示要通过所述呈现而仿真的声学环境。所述房间数据具体描述第一房间的边界。接收器201还可以接收房间中的音频源的至少一个音频源位置的数据。通常,可以接收指示多个音频源的音频源位置的数据。此外,在许多实施例中,位置可以动态地改变,并且该系统可以被布置为针对这样的位置改变进行调整。接收器还可以接收音频源的音频数据(其中,音频数据表示由音频源生成的音频),并且可以呈现来自音频源的音频。音频呈现装置被布置为呈现具有特性的音频,使得音频被感知为针对房间的真实音频(并且具体地具有早期反射以及通常的直接路径分量和混响分量)。

[0074] 在下文中,房间也将被称为原始房间(或第一房间或源房间),并且原始房间中的音频源也将被称为原始音频源,以便与生成的虚拟(镜像的)房间和针对所描述的反射模型生成的虚拟(镜像的)音频源进行区分。

[0075] 接收器201可以以任何合适的形式来实施,包括例如使用分立的或专用的电子器件。处理电路203可以例如被实施为集成电路,例如,专用集成电路(ASIC)。在一些实施例中,电路可以被实施为经编程的处理单元,例如被实施为在合适的处理器(例如,中央处理单元、数字信号处理单元或微控制器等)上运行的固件或软件。将意识到,在此类实施例中,处理单元可以包括板载或外部存储器、时钟驱动电路、接口电路、用户接口电路等。这种电路还可以被实施为处理单元的部分、集成电路和/或离散的电子电路。

[0076] 接收器201可以以任何合适的方式(例如作为音频信号的部分)从任何合适的来源接收数据并且尤其是房间数据和/或音频数据。可以从内部来源或外部来源接收房间数据。接收器201可以例如经由与内部来源的网络连接、无线电连接或任何其他合适的连接来接收房间/音频数据。在许多实施例中,接收器可以从本地来源(例如,本地存储器)接收数据。在许多实施例中,接收器201可以例如被布置为从本地存储器(例如,本地RAM或ROM存储器)中检索房间数据。

[0077] 边界定义房间的轮廓,并且通常表示墙壁、天花板和地板(或对于2D应用来说通常仅为墙壁)。房间是2D或3D的棱正交的多胞形,例如,2D矩形或3D矩形(鞋盒形状)。边界是成对平行的,并且基本上是平面的。另外,一对平行边界的边界垂直于另外一对或多对平行边界的边界。边界具体定义棱正交的多胞形(2D或3D)。边界可以反映任何物理属性,例如,任何材料等。边界也可以表示任何声学属性。

[0078] 由房间数据描述的房间对应于针对呈现的目标声学环境,并且因此可以表示现实房间/环境或虚拟房间/环境。房间可以是能够通过四个(对于2D)或六个(对于3D)基本上处于平面的边界进行界定/定界的任何区域/区/环境,这四个或六个基本上处于平面的边界是成对平行的并且各对之间基本上垂直。在一些实施例中,房间数据可以表示并不成对平行和/或在连接边界之间并不表现出直角的目标房间的合适近似结果。

[0079] 在大多数实施例中,房间数据还可以包括针对边界中的一个或多个或通常所有边界的声学数据。声学属性数据可以特别包括针对每个墙壁的反射衰减量度,其指示当声音被边界反射时由该边界引起的衰减。替代地,反射系数可以指示信号能量的以镜面反射方式从边界表面反射回来的部分。在许多实施例中,衰减量度可以是频率依赖性的,以对反射

对于不同的频率可以不同的情况进行建模。此外,声学属性也可以取决于边界表面上的位置。

[0080] 接收器201被耦合到处理电路203,处理电路203被布置为生成针对房间/声学环境的反射模型,该反射模型表示房间中的(早期)反射并且在执行呈现时对这些(早期)反射进行仿真。特别地,处理电路203被布置为确定表示原始房间中的原始音频源的反射的虚拟音频源。

[0081] 处理电路203可以以任何合适的形式来实施,包括例如使用分立的或专用的电子器件。例如,处理电路203可以例如被实施为集成电路,例如,专用集成电路(ASIC)。在一些实施例中,电路可以被实施为经编程的处理单元,例如被实施为在合适的处理器(例如,中央处理单元、数字信号处理单元或微控制器等)上运行的固件或软件。将意识到,在此类实施例中,处理单元可以包括板载或外部存储器、时钟驱动电路、接口电路、用户接口电路等。这种电路还可以被实施为处理单元的部分、集成电路和/或离散的电子电路。

[0082] 处理电路203被耦合到呈现电路205,呈现电路205被布置为呈现表示音频源并且通常还表示多个其他音频源的音频信号,以提供对音频场景的呈现。呈现电路205可以特别接收表征来自原始音频源的音频的音频数据,并且可以根据任何合适的呈现方法和技术来呈现音频数据。呈现原始音频源的过程可以包括基于由处理电路203生成的反射模型来生成反射音频的过程。另外,通常还将呈现针对原始音频源的与直接路径和回响相对应的信号分量。本领域技术人员将意识到用于呈现音频(包括用于空间扬声器配置和耳机,例如使用双耳处理)的许多不同方法,并且为了简洁起见,将不再进一步详细描述这些方法。

[0083] 呈现电路205因此可以生成包括来自房间的音频源(中的至少一个)的音频的音频输出信号。根据房间属性来处理来自给定音频源的音频。具体地,音频输出信号被生成为至少包括表示给定音频源的反射的一个分量,其中该分量被确定为在该音频源被定位在(反射模型的)镜像位置处的情况下将由该音频源产生的分量。例如,分量可以被生成为被感知为从镜像位置的直接路径到达,并且可能具有与被建模的反射的壁/边界的反射分量相对应的(可能频率选择性的)衰减。

[0084] 在许多实施例中,针对原始房间生成房间响应函数,其中这包括反射分量,所述反射分量表示来自当被定位于所述镜像位置处时的所述音频源的音频。例如,房间响应可以包括表示从镜像位置到收听位置的直接路径的声学传递函数(例如,飞行时间延迟、距离衰减和头部相关脉冲响应)的贡献,该贡献被修改为包括被建模的反射中涉及的墙壁的反射属性。通常,根据许多这样的贡献生成房间响应,其中每个贡献表示一个早期反射。

[0085] 呈现电路205可以被布置为通过针对房间/位置确定并且包括表示早期反射的这种贡献的房间响应来对每个音频源进行滤波。

[0086] 呈现电路205可以以任何合适的形式来实施,包括例如使用分立的或专用的电子器件。呈现电路205可以例如被实施为集成电路,例如,专用集成电路(ASIC)。在一些实施例中,电路可以被实施为经编程的处理单元,例如被实施为在合适的处理器(例如,中央处理单元、数字信号处理单元或微控制器等)上运行的固件或软件。将意识到,在此类实施例中,处理单元可以包括板载或外部存储器、时钟驱动电路、接口电路、用户接口电路等。这种电路还可以被实施为处理单元的部分、集成电路和/或分立的电子电路。

[0087] 处理电路203被特别布置为生成针对反射的镜像源模型。在镜像源模型中,由单独

的虚拟音频源对反射进行建模,其中,每个虚拟音频源是原始音频源的复制物并且具有在原始房间外部但处于以下这种位置的(虚拟)位置:从虚拟位置到倾听位置的直接路径表现出与从原始音频源到倾听位置的反射路径相同的属性。特别地,针对虚拟音频源的表示反射的路径长度将等于从原始源到倾听位置的反射路径的路径长度。另外,针对虚拟声源路径的到达倾听位置的方向将等于针对反射路径的到达方向。另外,针对反射路径的由边界(例如,墙壁)引起的每个反射,直接路径将穿过与反射边界相对应的边界。能够相应地使用透射通过模型边界的透射来对反射效果进行直接建模,例如,可以将与针对边界的反射衰减相对应的衰减分配给透射通过对应的模型边界的透射。

[0088] 镜像源模型的特别重要的属性是:它能够独立于倾听位置。所确定的位置和房间结构使得它们将为原始房间中的所有位置提供正确的结果。特别地,生成虚拟镜像音频源和虚拟镜像房间,并且这些项目能够用于对原始房间中的任何位置的反射性能进行建模,即,它们能够用于确定针对原始房间中的任何位置的路径长度、反射和到达方向。因此,可以在初始化过程中完成镜像源模型的生成,并且可以在例如用户被认为在原始房间中四处移动(平移和/或旋转)时连续且动态地使用和评价所生成的模型。因此,执行镜像源模型的生成,而无需考虑实际的倾听位置,而是生成更通用的模型。

[0089] 然而,在移动音频源的情况下,需要更新模型以反映移动如何影响反射。具体地,当音频源位置在原始房间中改变时,表示反射的音频源的对应镜像位置也改变。这需要更新模型以反映新的镜像位置。在许多实施例中,可能需要相对频繁地更新模型以反映新位置和镜像位置。然而,确定镜像位置的过程往往复杂且需要资源,并且因此这种更新往往复杂且需要资源。在许多情况下,呈现音频的感知准确性和所得到的用户体验可能受到可用计算资源的约束。期望在呈现音频的感知质量(并且具体地,这看起来有多逼真)与计算资源要求之间的改进的权衡。因此,非常期望一种用于确定/更新原始房间中的音频源的镜像位置的高效且高性能的方法。

[0090] 处理电路203可以生成镜像源模型,其中,能够通过根据虚拟镜像音频源的直接路径对原始房间中的反射进行仿真。

[0091] 如图3中所示,能够将反射的声音分量呈现为经镜像的音频源的直接路径,其中,这表示针对听众的正确的距离和入射方向。这对于在原始房间中的所有位置来说都是正确的,并且不需要针对不同的倾听位置确定新的镜像音频源位置。更确切地说,虚拟镜像源对于在原始房间内的每个用户位置来说都是有效的。然而,如果音频源位置改变,则将需要确定新的镜像位置以便准确表示反射。

[0092] 当生成这种虚拟镜像源时,可以考虑到所提到的反射效应。通常,这可以通过以下操作来实现:向房间之间的每次转变分配表示音频源能量的由相交的边界表面镜面反射的部分的衰减或频率依赖性过滤。

[0093] 由于声音可以通过多条边界反射而到达用户,因此可以如图4所示的那样重复该方法。处理电路203可以例如确定要生成的镜像房间和源的多个“层”,从而允许对多个反射进行建模。每个“层”都会增加路径的反射次数,即,首次代表示通过一个反射而达到倾听位置的声音分量,二次迭代表示通过两个反射而到达倾听位置的声音分量,以此类推。每个“层”可以对应于反射阶次,使得例如第一层表示单个边界的反射并且通过由原始房间的镜像产生的镜像房间来表示,第二层表示两个边界上的反射并且通过由围绕边界的第一“层”

的镜像产生的镜像房间来表示。镜像房间的第三层、第四层等可以适当地用于表示高阶反射。

[0094] 当随后对房间进行镜像直到达到表示给定反射阶次的某个阶次/层(固定的镜像次数)时,该方法通常会得到原始房间和经镜像的房间的菱形表示。在图5中以2D形式图示了这种情况(最多2阶,即,具有两个镜像层)。在3D中,当观看通过原始房间的横截面时也会有类似的结构(即,在通过五个房间这行的垂直平面中会看到相同的图案)。

[0095] 然而,虽然所描述的方法的原则似乎相对简单直接,但是实际实施方式并非如此,实际上,实际考量因素对于方法的性能至关重要。

[0096] 例如,在许多应用中,用于表示房间和音频源的坐标系可能为未与边界的方向对准。这使得计算镜像不是非常简单直接,因为它一次影响了一个以上的维度。在此类情况下,要么必须旋转房间边界和音频源以与坐标系对准并且必须逆向旋转所有随后确定的虚拟镜像源,要么必须在一个以上的维度(例如使用边界的法向向量)执行镜像本身。在许多情形中,后一种方法将更加高效。

[0097] 此外,用于确定镜像位置的复杂性和计算资源要求往往很高,并且因此对于音频源位置可能改变的应用,复杂性问题加剧。这种变化可能在许多当前的实际应用中,诸如AR、VR、游戏或其他沉浸式体验。它们可以例如由动画元素(如在四处走动时正在说话的角色或其他用户、或另一个活动元素(动物、机器人、车辆等))产生。新的源也可以在稍后的时间点在房间中被引入或变得活跃。

[0098] 对于音频源位置可能改变或可能引入新源的应用,必须更新镜像位置。然而,执行所有迭代镜像的过程往往需要非常高的计算资源。

[0099] 例如,以足够的时间分辨率针对房间中的每个源生成镜像音频源以用于现实地跟踪源移动并且用于足够的反射阶数(通常需要4-5阶以获得良好的质量)在计算上要求极高。实际上,五阶反射需要计算房间中的每个原始源的230个唯一镜像源。为了平滑移动,通常建议90Hz的动态更新速率。因此,对于模拟房间中的每个移动源,230个镜像源必须每秒重新计算90次。

[0100] 除了对声源进行镜像之外,房间也需要被镜像,并且具体地,房间定义被镜像以创建镜像房间。这增加了每个房间每次更新要处理的四个位置。

[0101] 每秒镜像操作的次数可以被估计为:

[0102] $N_{镜像/s}=90\cdot 230\cdot (N_{源}+4)$

[0103] 典型的镜像操作(诸如在EP3828882的方法中使用的镜像操作),每个镜像房间需要11个操作和附加的25个操作(包括平方根),以初始化跨某个平面的镜像。因此,每秒的最小操作次数变为:

[0104] $$MOPS=\frac{\left(90\cdot 230\cdot\left(\left(N_{源}+4\right)\cdot 11+25\right)\right)}{10^{6}}$$

[0105] 对于更新一至五个源,这在1.7-2.6MOPS的范围内。另外,必须执行用于寻找独特房间的簿记和逻辑。以该速率重做图像源方法是非常计算密集的。

[0106] 图2的处理电路203被布置为使用可以提供显著减少的计算资源使用的高效方法。它可以具体地允许更快和/或方便地确定和更新表示房间的反射的镜像位置。

[0107] 该方法不是基于直接镜像各个位置直到到达期望的镜像房间,而是基于确定相对位置偏移并将这些直接映射到(一个或多个)相关镜像房间。该方法基于确定原始房间与单独镜像房间中的对应参考位置,并且然后执行原始房间中的相对位置偏移到镜像房间中的相对偏移之间的典型(位置无关和距离保持)映射。然后根据所得到的相对偏移和镜像参考位置来确定镜像房间中的位置。因此,该方法基于随音频源位置变化的相对偏移的映射以及不(必须)依赖于音频源位置的参考位置。

[0108] 具体地,映射可以是位置和/或偏移不相关/独立的,即,应用于源位置偏移的映射可以独立于源位置偏移本身、参考位置和原始房间中的音频源位置。此外,映射可以是距离独立的/保持的,并且具体地,映射可以为使得镜像位置偏移的长度/大小与源位置偏移相同。在许多实施例中,映射可以仅取决于原始房间的几何形状。在许多实施例中,映射可以独立于(一个或多个)音频源的属性。

[0109] 将参考图6的流程图更详细地描述示例方法。

[0110] 在步骤601中,处理电路203可以从接收器201接收描述原始房间的边界的数据以及可能地音频源的音频数据和位置数据。在一些实施例中,可以从不同的源接收不同类型的数据。

[0111] 步骤601之后是步骤603,其中处理电路203继续生成一组镜像房间,其中每个镜像房间由原始房间或先前镜像房间的镜像产生。用于生成镜像房间的镜像是通过围绕先前镜像房间(其具体地可以是原始房间)的边界进行镜像。该过程将从作为先前镜像房间的原始房间开始。

[0112] 例如,可以通过围绕原始房间的第一边界/墙壁对原始房间的拐角/边界/墙壁进行镜像来生成第一镜像房间。然后可以通过在原始房间的另一边界/墙壁周围对原始房间的拐角/边界/墙壁进行镜像来生成第二镜像房间,然后可以通过在原始房间的第三边界/墙壁周围对原始房间的拐角/边界/墙壁进行镜像来生成第三镜像房间等。然后,处理电路203可以继续通过对先前生成的镜像房间进行镜像来生成镜像房间的第二层。

[0113] 例如,可以通过在先前生成的镜像房间中的第一个的第一边界/墙壁周围对先前生成的镜像房间中的第一个的拐角/边界/墙壁进行镜像来生成镜像房间,通过对如此生成的镜像房间的拐角/边界/墙壁进行镜像来生成另一个镜像房间等。可以针对在先前迭代中生成的所有其他镜像房间重复该过程。然后可以基于新生成的镜像房间等重复该过程。给定的镜像房间通常可以由不同的镜像序列产生,并且处理电路203可以被布置为仅生成每个镜像房间的一个副本,例如通过简单地丢弃导致与已经生成的镜像房间相同的镜像房间的序列/镜像。EP3828882公开了一种生成镜像房间并在不同序列之间进行选择的特别有效的方式。

[0114] 因此,步骤603描述了原始房间的一组镜像房间,其中每个镜像房间对应于原始房间的一组边界上的反射(其中该组边界对应于在其上执行镜像的边界)。对于原始房间中的给定音频源,每个镜像房间包括单个反射音频源,使得从镜像房间位置到收听者位置的直接路径与原始房间内的反射路径匹配。

[0115] 在上面的示例中,可以确定并存储镜像房间的坐标/属性(例如,拐角坐标)以进行处理。在一些实施例和应用中,每个镜像房间可以例如仅由稍后将进一步描述的参考位置和映射表示。在许多实施例中,传递函数属性可以被存储,诸如具体地,用于镜像序列中包

括的边界/墙壁的反射属性(并且因此对应于由镜像房间表示的反射)的一个或多个反射系数/传递函数可以被存储并且用于音频。

[0116] 在一些实施例中,镜像房间可以不在初始化程序期间生成,而是可以在需要/期望时执行生成新镜像房间的程序。具体地,可以仅在对给定反射进行建模时生成表示该反射的给定镜像房间的属性。

[0117] 因此,每个镜像房间可以由原始房间的一个或多个镜像生成/对应于原始房间的一个或多个镜像,其中每个镜像围绕原始房间或镜像房间的边界。

[0118] 步骤603之后是步骤605,其中在第一房间中确定源参考位置。源参考位置可以例如是房间的中心、房间的拐角,或可以例如是房间中的任意位置。在许多实施例中,房间的中心可以有利地用作源参考位置,因为它可以允许到源参考位置的平均偏移最小(对于大多数实际的音频源分布)。源参考位置的位置通常不是关键的,并且在许多实施例中,可以将原始房间中的任何位置确定为源参考位置。实际上,在一些实施例中,可以更新或改变源参考位置(但是这通常将具有低更新速率,因为它需要新确定镜像房间中的对应参考位置)。

[0119] 步骤605之后是步骤607,其中在镜像房间中确定参考位置。针对给定镜像房间的镜像参考位置是由将镜像房间中的镜像操作应用于源参考位置而产生的镜像房间中的位置。因此,将围绕先前镜像房间(其中原始房间是第一镜像房间)的边界的一个或多个镜像的序列应用于源参考位置导致镜像参考位置。

[0120] 源参考位置(605)和镜像房间中的参考位置(607)的确定可以与确定镜像房间(603)组合。特别地,在一些实施例中,原始房间的拐角中的一个可以是源参考位置,并且对应的镜像拐角可以是镜像房间中的参考位置。

[0121] 步骤607之后是步骤609,其中选择镜像房间。然后,该方法继续到确定镜像房间中的镜像位置,该镜像位置对应于将原始房间的音频源位置镜像到镜像房间中。因此,镜像位置对应于与原始房间中的反射路径相匹配的针对到收听位置的直接路径的位置。在该方法中,镜像位置的确定不是基于应用于不同房间中的音频源位置的(迭代)镜像操作。更确切地说,确定相对位置偏移,并且应用到镜像房间的(直接)映射,其中镜像位置基于所映射的偏移来确定。

[0122] 特别地,步骤609之后是步骤611,在步骤611中,确定当前镜像房间的偏移映射。在许多实施例中,从存储/存储器检索映射。例如,映射可以在步骤603中被确定并且存储在存储器中以用于所生成的镜像房间中的每一个。因此,步骤611可以简单地提取存储在存储器中的当前镜像房间的适当映射。映射数据通常包括映射矩阵、原始房间中的源参考位置和当前镜像房间中的参考位置。

[0123] 步骤611之后是步骤613,在步骤613中,选择当前音频源,针对所述当前音频源要确定镜像位置。

[0124] 然后,步骤613之后是步骤615,在步骤615中,使用当前镜像房间的映射数据来确定针对所选择的镜像房间中的所选择的音频源的镜像位置。

[0125] 该方法然后返回到步骤613,在步骤613中选择下一个音频源,并且该方法然后进行到步骤615,在步骤615中确定针对新的音频源的镜像位置。步骤613可以有利地仅选择已经移动了显著的量的源或者自从当前房间的先前镜像源计算以来已经新引入的源。如果不

需要处理另外的音频源,则该方法返回到步骤609,其中选择下一个镜像房间,在此之后该方法继续确定下一个镜像房间的镜像位置。如果没有另外的镜像房间要被处理,则该方法在步骤617中进行。

[0126] 应当理解,取决于特定实施方式的偏好和要求,可以在不同的实施例中使用用于确定如何(/哪些)处理镜像房间和音频源的不同标准。例如,在许多实施例中,可以处理(和生成)多达并包括可以由给定次数N或更少的镜像生成的镜像房间的所有镜像房间,并且可以确定所有这些镜像房间中针对所有点音频源的镜像位置。在其他实施例中,可以使用其他选择,诸如例如仅包括音量/级别高于给定阈值的音频源,或距离低于给定阈值的反射。还应当理解,在不同的实施例中,通过镜像房间和音频源的顺序可以不同(可以改变环路的顺序/嵌套)和/或可以例如应用并行处理。

[0127] 步骤615之后是步骤617,其中针对房间以及当前音频源和位置生成音频模型/房间响应。具体地,该模型可以针对每个音频源(或可能仅其子集)确定包括直接路径、早期反射和混响的表示的传递函数。早期反射由基于镜像位置确定的贡献(例如,作为每个反射的单个抽头)表示。具体地,反射可以由与音频源相对应的贡献表示,该音频源由与从镜像位置的直接路径相对应的传递函数修改并且考虑边界的反射属性。

[0128] 该模型可以是表示取决于收听者的位置和取向的双耳脉冲响应的两个脉冲响应。在许多实施例中,模型可以是每个源的多个脉冲响应,其中每个脉冲可以与原始房间中的不同位置或用户的游戏区域中的扬声器相关。

[0129] 该模型通常还将包括反射系数/滤波器或类似的材料属性,以对由于房间边界上的反射引起的(可能是频率相关的)衰减进行建模。

[0130] 步骤617之后是步骤619,在步骤619中,基于音频源和所确定的镜像位置生成音频信号。具体地,可以通过使用在步骤617中确定的传递函数来确定每个音频源的音频信号贡献并且通过组合这些音频分量来生成音频信号而生成音频信号。

[0131] 可以基于在步骤617中生成的脉冲响应来生成音频信号。这可以通过信号与脉冲响应的卷积来完成。可能在多于一个处理步骤中。例如,首先可以利用多个脉冲响应来处理源信号,并且其次可以利用相对于当前用户位置的与原始房间中的每个脉冲响应相关联的位置相对应的HRTF来应用所得到的多个信号的HRTF处理。该后一种方法在用户佩戴耳机并且被头部跟踪的情况下是特别有利的。它可以例如避免以高速率重新计算脉冲响应的需要。

[0132] 在许多实施例中,可以生成包含方向提示的双耳立体声信号。可以使用双耳滤波和处理(例如,使用HRTF或BRIR处理)来生成这样的信号,如本领域中公知的。

[0133] 应当理解,已知许多不同的方法、算法和过程用于基于音频源和位置生成音频信号,并且可以在不脱离本发明的情况下使用任何合适的方法。

[0134] 该方法使用用于确定镜像位置的方法,其特别有效并且其允许显著降低计算要求。该方法可以允许快得多的音频处理,其对于给定的计算资源可以允许音频处理,从而允许更快的位置更新和/或更真实的处理,并且因此允许显著改善的用户体验。

[0135] 步骤615的过程可以具体地执行图7的方法的步骤。该过程可以在步骤701中开始,其中为当前音频源确定源位置偏移。源位置偏移表示源参考位置与音频源的位置之间的空间偏移/差异。源位置偏移可以具体地被确定为从源参考位置到音频源位置(或在一些实施

例中从源位置偏移到源参考位置)的向量。例如,处理电路203可以从音频源位置的坐标中减去源参考位置的坐标以生成源位置偏移。偏移通常由向量表示。

[0136] 在一些实施例中,可以例如将(通常单调的)函数应用于坐标或差异,以确定源位置偏移,该源位置偏移反映源位置偏移与源参考位置之间的差异,但是该源位置偏移不直接是这些位置之间的向量(例如,可以应用(可能线性)缩放)。

[0137] 步骤701之后是步骤703,其中,将当前镜像房间的检索到的映射应用于源位置偏移以生成镜像位置偏移。该映射使得镜像位置偏移对应于源位置偏移,但是考虑了将由根据导致镜像房间的镜像序列中的镜像来对源位置偏移进行镜像而产生的方向变化。具体地,在许多实施例中,映射可以是距离保持映射,使得镜像位置偏移(向量)的大小与源位置偏移(向量)的大小相同。映射可以执行从源位置偏移的方向到镜像位置偏移的方向的方向映射,该方向映射将由根据镜像序列的源位置偏移的镜像而产生。

[0138] 在一些实施例中,诸如在源位置偏移的生成包括缩放或其他函数的情况下,映射可以考虑这样的缩放或函数并且包括反函数,或可以随后应用反函数。实际上,这样的函数和反函数可以被认为是映射的一部分,并且可以被认为包括在映射操作中。

[0139] 步骤703之后是步骤705,其中根据镜像参考位置和镜像位置偏移确定音频源的镜像位置(即,镜像房间中表示由镜像房间建模的反射的位置)。具体地,反射镜像参考位置可以根据镜像位置偏移而偏移,以导致镜像位置。例如,在许多实施例中,镜像位置偏移可以是被添加到反射镜像参考位置的坐标以导致镜像位置的坐标的向量。

[0140] 因此,该方法不执行音频源位置的单独重复镜像以确定镜像位置,而是可以确定相对于原始房间中的参考位置的相对偏移,并且然后直接将其映射到镜像房间中的偏移,其中该偏移与镜像参考位置组合以确定镜像位置。发明人已经认识到,通过使用相对于原始房间中的参考位置的相对位置偏移,可以将直接映射应用于偏移。特别地,应用于偏移的映射不取决于音频源位置(或偏移),并且因此可以被确定一次并应用于所有位置。此外,映射可以通过反映由镜像引起的方向变化来反映镜像,而不需要执行镜像操作。特别地,在许多实施例中,源位置偏移和镜像位置偏移的距离/大小可以相同,并且映射可以仅映射方向以反射原始房间和镜像房间之间的镜像。

[0141] 在一些实施例中,映射可以例如被实施为应用于源位置偏移的预定函数。具体地,在许多实施例中,映射可以被实施为查找表(LUT),其中由一组坐标表示的源位置偏移是表查找的输入,并且LUT的输出是镜像位置偏移的对应坐标。

[0142] 在许多实施例中,映射可以由映射矩阵表示,并且映射可以通过表示为向量乘以映射矩阵的源位置偏移来应用于源位置偏移。因此,将映射矩阵与源位置偏移向量相乘得到镜像位置偏移向量。在许多实施例中,可以在三维空间中执行处理,其中向量包括三个坐标,并且映射矩阵是3x3矩阵,从而提供三分量(特别是三维)向量到另一三分量(特别是三维)向量的映射。

[0143] 在一些实施例中,处理可以不是三维的,而是可以例如是二维处理。例如,可以假设所有音频源和收听位置处于相同的高度,并且因此只有水平位置可以变化,而垂直位置是恒定的。在这种情况下,偏移可以是二维的,并且具体地仅表示二维水平面中的偏移。在这种情况下,映射可以是二维的,并且具体地,映射矩阵可以是将二维源位置偏移映射到二维镜像位置偏移的2x2矩阵。这种方法可能不提供与三维处理相同的灵活性,但是可以提供

具有降低的复杂性和减少的计算资源使用的更有效的处理。

[0144] 具体地,对于表示原始房间中的音频源的反射的每个虚拟镜像源$\bar{p}_{v_{new},i}$,音频源的改变位置的新镜像位置可以被计算为:

[0145] $$\bar{p}_{v_{new},i} = \bar{p}_{v_{ref},i} + M_i\left(\bar{p}_{o_{new}} - \bar{p}_{o_{ref}}\right)$$

[0146] 其中$\bar{p}_{v_{ref},i}$是镜像房间i的镜像参考位置,$\bar{p}_{o_{ref}}$是原始房间的参考点中的源参考位置,$\bar{p}_{o_{new}}$是音频源的新原始源位置,M_i是镜像房间i的相对修改矩阵(映射矩阵),并且$\bar{p}_{v_{new},i}$是镜像房间i中的新镜像位置。向量$\bar{p}$是列矩阵,通常具有用于三维模拟的三个元素,并且其中M_i是3×3矩阵。

[0147] 该方法可以反映发明人的以下认识:原始房间中一定距离的移动可以导致每个镜像房间中相同距离的移动。由于镜像操作,并且特别是对于房间与坐标轴未对准的情况,镜像房间中的对应虚拟镜像源的位置增量/偏移与原始房间中的位置增量/偏移不同。因此,对于原始房间中的给定方向,镜像源在什么方向上移动并不是微不足道的。然而,在该方法中,不是通过执行镜像操作来确定该属性,而是该方法被布置为将原始房间中的偏移直接映射到镜像房间中的对应偏移。即使边界不与坐标轴对准,也可以有利地使用这种映射,并且在这种情况下可以提供特别有效的操作和资源节省。

[0148] 该方法可以基于通过适当的镜像针对原始房间中的至少一个参考位置仅确定镜像房间中的对应参考位置一次(例如,作为初始化阶段的一部分)。类似地,针对方向的映射并且具体地映射矩阵可以仅被确定一次。

[0149] 映射并且具体地映射矩阵的使用允许移动音频源的低复杂性更新。映射可以捕获镜像房间中的点的坐标如何根据原始房间中的对应点沿着轴的变化而变化。因此,原始房间中的任何已知位置和对应的虚拟镜像源位置可以用于计算原始房间内的任意新位置的虚拟镜像源位置。该方法可以用于基于对参考位置的偏移来更新现有的或创建新的镜像源位置,并将相对修改矩阵应用于对应的参考镜像源位置。

[0150] 该方法允许定期更新与移动源相关的镜像源位置而无需计算(后续)镜像操作,并且因此可以提供显著改善的性能。

[0151] 应当理解,该方法还可以用于确定镜像房间的房间属性。例如,在初始化期间,可以确定映射、源参考位置和镜像参考位置。基于这些确定,处理电路203然后可以继续确定镜像房间属性。例如,对于每个拐角,可以确定拐角与源位置偏移之间的相对偏移,可以将映射应用于该偏移,并且可以将所得到的偏移与镜像参考位置组合以确定对应的镜像房间拐角。这种方法可以提供用于确定镜像房间的属性的有效方法。

[0152] 在不同的实施例中,可以以不同的方式完成映射的确定。例如,对于作为原始房间围绕边界的单个镜像的镜像房间,可以通过对具有对应于与坐标系的轴对准的单位向量的偏移的镜像房间中的位置执行镜像操作来考虑映射。例如,处理电路203可以通过将[1,0,0]向量添加到源参考位置来确定第一位置。然后,它可以通过从镜像位置减去镜像参考位置来确定镜像房间中的偏移。该偏移表示针对[1,0,0]偏移的映射,即镜像位置偏移对源位置偏移的第一坐标的依赖性。因此,坐标可以用作镜像房间的映射矩阵的第一行。可以将相同的方法分别应用于[0,1,0]和[0,0,1]的偏移,以确定映射矩阵的第二行和第三行。

[0153] 对于由多个镜像的序列产生的另外的镜像房间,相同的单位向量可以用于源房

间,并且可以执行镜像的序列,其中镜像房间中的结果位置减去镜像参考位置以提供镜像房间的偏移,并且因此提供镜像房间的映射矩阵的适当行。

[0154] 在许多实施例中,可以通过使用迭代/相关方法来实现降低的复杂性和降低的计算负担。特别地,对于鞋盒房间,镜像将围绕对应的边界。因此,镜像房间的一个边界周围的镜像将与原始房间的对应边界周围的镜像相同。因此,这种镜像与来自原始房间的对应镜像匹配。因此,由原始房间的镜像产生的针对镜像房间确定的映射(矩阵)也将应用于电流镜像。因此,映射矩阵也可以用于表示该镜像,即镜像可以由已经确定的映射矩阵表示。因此,对于由一系列镜像产生的镜像房间,每个镜像对应于为原始房间的边界确定的映射矩阵。因此,镜像房间的整体映射矩阵可以被确定为与各个镜像相对应的各个映射(子)矩阵相乘的结果。具体地,可以通过将生成当前镜像房间的最后/新的镜像的映射矩阵(其中该映射矩阵是针对原始房间的对应边界确定的映射矩阵)与针对从其执行镜像的镜像房间确定的映射矩阵相乘来确定当前镜像房间的映射矩阵。因此,可以使用迭代方法。

[0155] 在许多实施例中,可以确定一组边界镜像映射矩阵,其表示由围绕单个房间边界的镜像引起的方向变化。边界镜像映射可以表示应该应用于作为单个镜像的结果的偏移的映射,并且具体地用于围绕原始房间的边界的单个镜像。这样的单个边界成像映射矩阵可以被称为边界镜像映射矩阵。该组边界镜像映射矩阵可以具体地包括由源房间的单个镜像产生的镜像房间的映射矩阵。

[0156] 在许多实施例中,边界周围的镜像中的一些镜像可以导致相同的边界镜像映射矩阵。特别地,对于鞋盒形状的房间,用于平行边界(例如,相对的墙壁)的边界镜像映射矩阵是相同的。因此,在一些实施例中,第一房间的平行房间边界与相同的边界镜像映射矩阵链接。在一些实施例中,第一房间的至少两个平行房间边界与单个边界镜像映射矩阵链接。

[0157] 因此,在一些实施例中,该组边界镜像映射矩阵可以包括比边界数量更少的矩阵。例如,对于三维处理,该组边界镜像映射矩阵可以包括三个边界镜像映射矩阵,并且对于二维处理,该组边界镜像映射矩阵可以包括两个边界镜像映射矩阵。

[0158] 该方法可以减少需要执行的镜像操作的次数,并且可以替代地广泛使用可以用少得多的计算资源执行的映射操作。

[0159] 具体地,在初始化期间,模拟房间内部的单个源位置偏移可以以一个或多个顺序围绕其边界(墙壁、地板、天花板)进行镜像。

[0160] 通常,特别是当房间不与坐标轴对准时,这是使用镜像边界的归一化法线向量$\bar{n}$(具有$\|\bar{n}\| = 1$的列向量)来完成的。例如,通过首先找到完成边界平面的等式的值d。

[0161] n(1)·x+n(2)·y+n(3)·z=d

[0162] 这可以通过输入边界中的点(例如,其拐角中的一个)的x、y、z坐标来容易地找到。

[0163] 为了对点$\bar{p}$进行镜像,通过在$\bar{p} + \alpha \cdot \bar{n}$中找到符合平面方程的α来找到边界平面中的最近点。这通过$\alpha = d - \bar{p}^T \cdot \bar{n}$来实现,其中$(\cdot)^T$表示转置。

[0164] 然后,镜像点被给出为$\bar{p}_m = \bar{p} + 2 \cdot \alpha \cdot \bar{n}$。

[0165] 该原理可用于反映房间中的任何位置。然而,操作是复杂的,并且在许多实施例中,所描述的方法可以仅使用这种方法来确定反射镜像参考位置。特别地,可以使用所描述的映射方法来确定其他位置,包括例如房间本身的位置(例如拐角位置)。

[0166] 映射矩阵可以从镜像操作的法向向量导出。此外,可以通过相应地乘以矩阵来组

合后续镜像操作的贡献。

[0167] 用于单个镜像操作的矩阵可以具体地根据下式来计算：

[0168] $$M = [\bar{u}_x - 2 \cdot n(1) \cdot \bar{n} \quad \bar{u}_y - 2 \cdot n(2) \cdot \bar{n} \quad \bar{u}_z - 2 \cdot n(3) \cdot \bar{n}]$$

[0169] 其中，$\bar{u}_x$、$\bar{u}_y$和$\bar{u}_z$是x、y和z轴的单位向量。因此，通常$\bar{u}_x = \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}$，$\bar{u}_y = \begin{bmatrix}0\\1\\0\end{bmatrix}$，并且$\bar{u}_z = \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}$.

[0170] 用于单个镜像操作的映射矩阵是对称的，并且每行(和每列)表示当位置在它被镜像的房间中改变1时镜像房间的所产生的变化。即行1对应于从所考虑边界的相对侧处的房间中的x方向上的+1的变化的镜像房间在(x,y,z)上的变化，行2对应于y方向上的+1的变化，并且行3对应于z方向上的+1的变化。

[0171] 每个镜像操作创建新的镜像房间，并且因此创建具有对应的映射矩阵(比如M′)的新的镜像源。随后，可以再次对该镜像房间进行镜像以获得表示高阶反射的镜像源。然后，从该后续镜像操作M″计算的矩阵可以与来自其被镜像的房间的矩阵组合，以提供表示镜像序列的映射矩阵。

[0172] M＝M′·M″

[0173] 通过组合来自导致来自原始房间的给定镜像房间的序列的所有镜像操作的映射矩阵，经组合的映射矩阵将原始房间的变化与对应镜像房间的变化相关联。

[0174] 通过仅将来自每个不同并行对的至多一个边界镜像映射矩阵相乘并且仅将在对应镜像序列中发生奇数次的镜像的那些边界镜像映射矩阵相乘，可以有效地确定用于某个镜像房间的镜像映射矩阵。边界镜像映射矩阵在与其自身相乘偶数次时导致单位矩阵。

[0175] 在初始化之后，存在原始房间中的参考位置$\bar{p}_{o_{ref}}$和均具有对应映射矩阵M_i的一组参考镜像位置$\bar{p}_{v_{ref}}$。

[0176] 如前所述，对于每个虚拟镜像源$\bar{p}_{v_{new},i}$，新位置可以通过下式来计算：

[0177] $$\bar{p}_{v_{new},i} = \bar{p}_{v_{ref},i} + M_i\left(\bar{p}_{o_{new}} - \bar{p}_{o_{ref}}\right)$$

[0178] 其中，$\bar{p}_{v_{ref},i}$是镜像房间i的参考点，$\bar{p}_{o_{ref}}$是原始房间的参考点，$\bar{p}_{o_{new}}$是新的原始源位置，并且$\bar{p}_{v_{new},i}$是镜像房间i的新虚拟镜像源位置。向量$\bar{p}$是通常长度为3的列向量，并且其中M_i是3×3矩阵。

[0179] 对于典型的应用，i的范围在I个房间的大集合上(例如，对于3阶，62，对于4阶，并且对于5阶，230)。由于$\left(\bar{p}_{o_{new}} - \bar{p}_{o_{ref}}\right)$对于所有都是相同的，它仅需要被计算一次。因此，尽管大量的镜像房间(并且因此高阶反射被建模)，但是该方法可以相应地允许计算上非常有效的操作。

[0180] 具体地，对于原始房间中的任何附加源或更新的源位置，仅一个偏移向量计算之后是该偏移向量与矩阵的I次相乘以及与对应的反射镜像参考位置向量的求和。除了需要更少的操作之外，这些操作特别适合于使用调制解调器处理器架构的快速处理，并且可以例如适合于并行处理架构。它们可以比针对新的或更新的源位置迭代镜像方法的方法更快

地执行。

[0181] 例如,以90Hz的更新速率建模的五阶反射的先前呈现的示例可能导致以下计算负荷:

[0182] $MOPS_{发明}=90\cdot(230\cdot16\cdot N_{源}+3)$

[0183] 这导致用于更新一至五个源的0.3-1.7MOPS,并且不需要寻找房间的簿记或逻辑。可以实现房间中的典型数量的动画源的至少35-80%的减少。

[0184] 此外,用于更新镜像源的算法可以在调制解调器处理器上执行,以使用并行硬件结构非常有效地运行,而使用镜像的更复杂的图像源方法算法的重新运行必须基本上顺序地执行,从一个房间(即,230个镜像房间中的一个)移动到一小组(约3个)接下来的房间。这进一步大大增加了所提出的方法的优点,并且将需要比仅基于MOPS的35-80%减少更少的吞吐量时间。对于AR/VR中的音频的实时处理,这种减少是非常显著的,并且可以针对给定的处理单元实现新的应用和/或大大改善的用户体验。

[0185] 在上文中,已经使用了术语音频和音频源,但是应当理解,这等同于术语声音和声音源。对术语“音频”的引用可以替换为对术语“声音”的引用。

[0186] 将意识到,为了清楚起见,上述说明已经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,很明显,在不同的功能电路、单元或处理器之间的任何合适的功能分布都可以被使用而不会损害本发明。例如,被说明为由单独的处理器或控制器执行的功能也可以由同一处理器或控制器来执行。因此,引用特定的功能单元或电路仅被视为引用用于提供所述功能的合适手段,而不是指示严格的逻辑或物理结构或组织形式。

[0187] 本发明能够以任何合适的形式来实施,包括硬件、软件、固件或这些项目的任何组合。本发明可选地可以至少部分被实施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件和部件可以以任何合适的方式在物理、功能和逻辑上实施。实际上,功能可以被实施在单个单元、多个单元上或作为其他功能单元的部分来实施。正因如此,本发明可以被实施在单个单元中,也可以在物理和功能上被分布在不同的单元、电路和处理器之间。

[0188] 虽然本发明是与一些实施例相关地描述的,但是这并不旨在将本发明限制于本文阐述的特定形式。更确切地说,本发明的范围仅由权利要求来限定。另外,虽然特征表现为是与特定实施例相关地描述的,但是本领域技术人员将认识到,也可以结合根据本发明所描述的实施例的各种特征。在权利要求中,术语包括并不排除其他元件或步骤的存在。

[0189] 另外,虽然被单独列出,但是多个模块、元件、电路或方法步骤也可以由例如单个电路、单元或处理器来实施。另外,虽然各个特征可能被包括在不同的权利要求中,但是可以有利地组合这些特征,并且这些特征被包括在不同的权利要求中并不意味着特征的组合是不可行和/或不利的。而且,特征被包括在一种类型的权利要求中并不意味着该特征限于该类型,而是指示该特征等同地适用于其他类型的权利要求。此外,权利要求中的特征的顺序并不意味着必须以此使用这些特征的任何特定顺序,特别地,方法权利要求中的各个步骤的顺序并不意味着必须按照该顺序执行这些步骤。更确切地说,可以以任何合适的顺序执行这些步骤。另外,单数引用并不排除多个。因此,对“一”、“一个”、“第一”、“第二”等的引用并不排除多个。权利要求中的附图标记仅是为了澄清示例而提供的,不得被解释为以任何方式限制权利要求的范围。

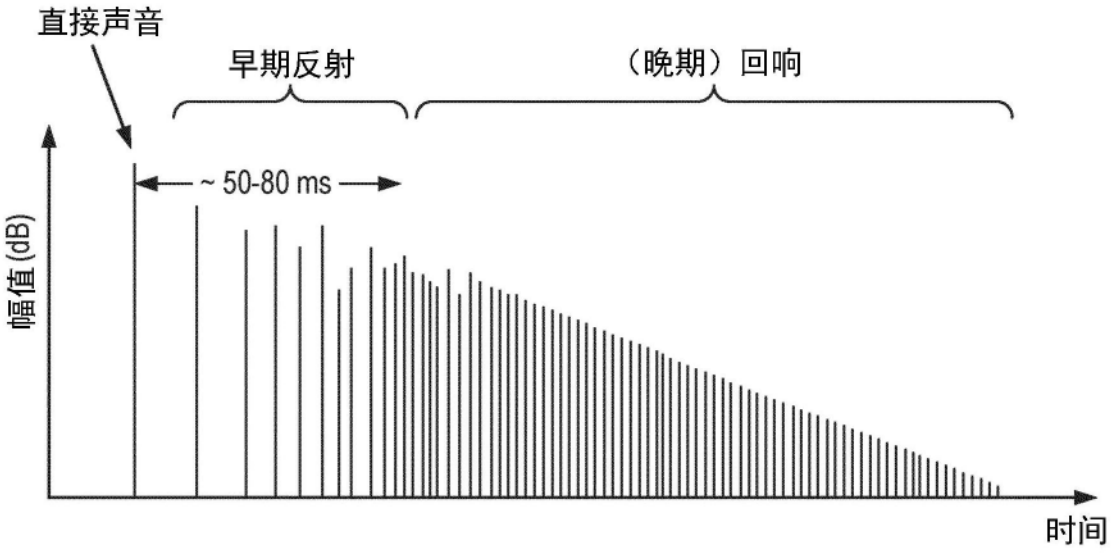


图1

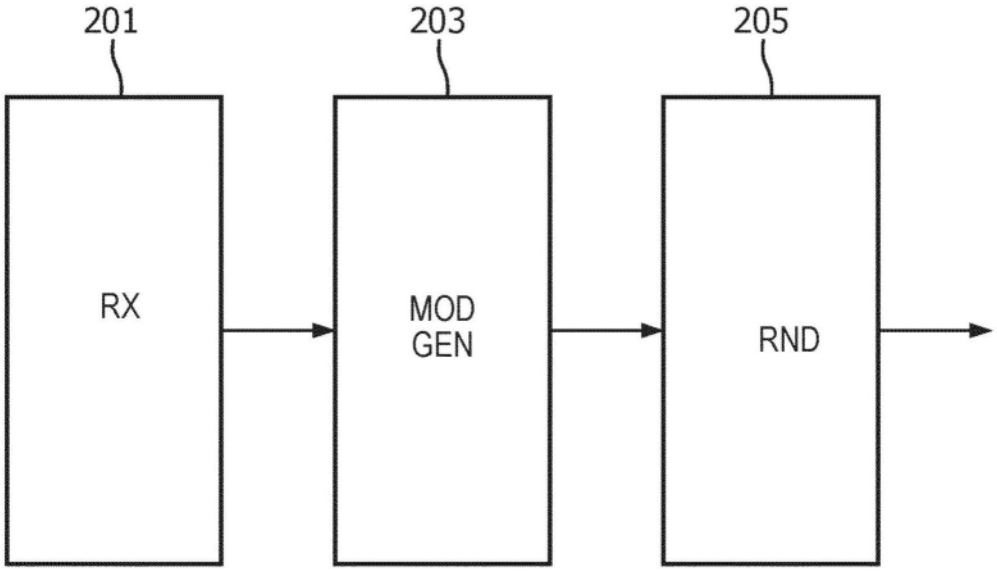


图2

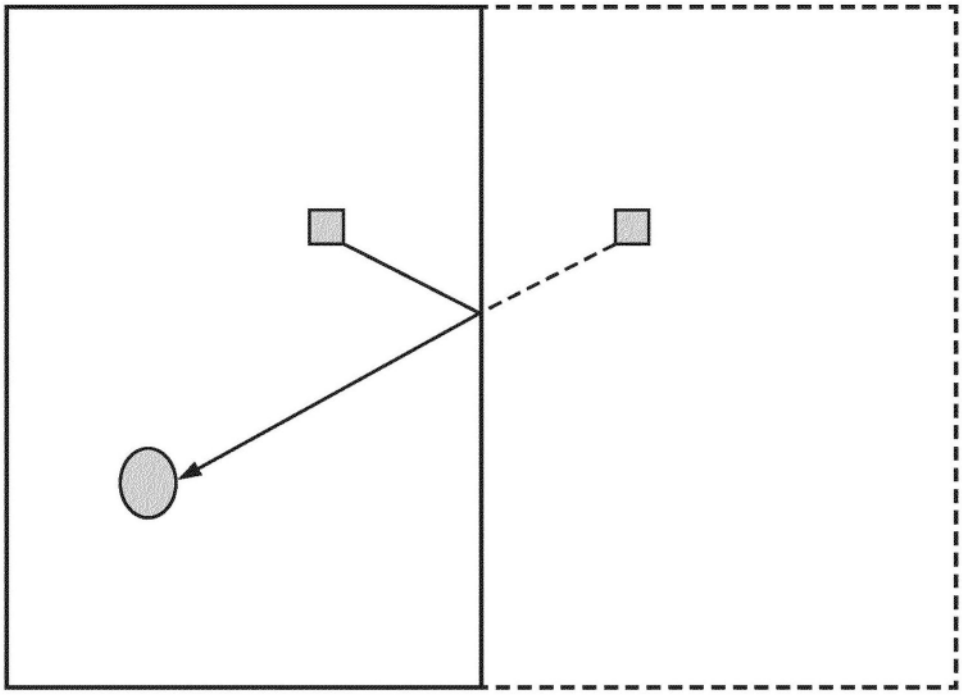


图3

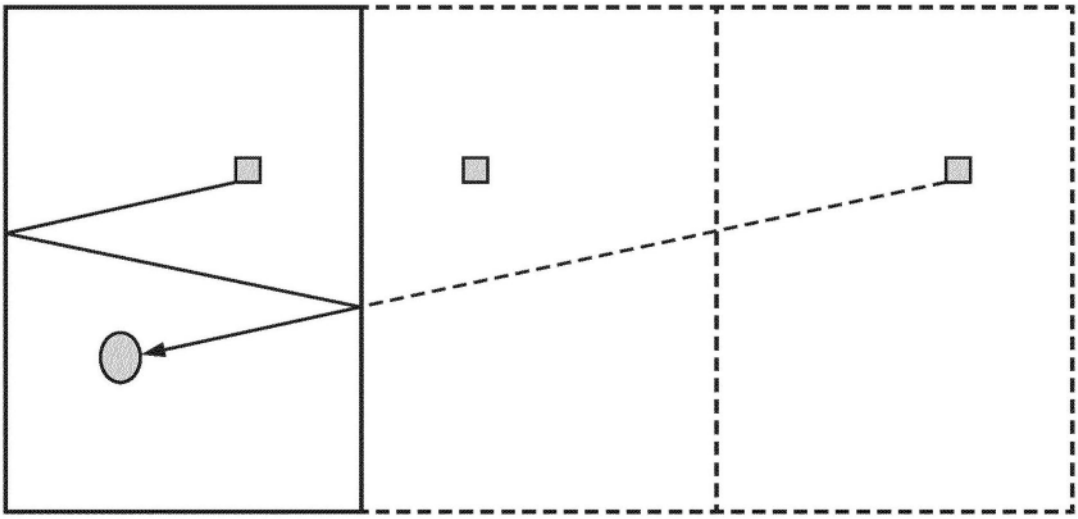


图4

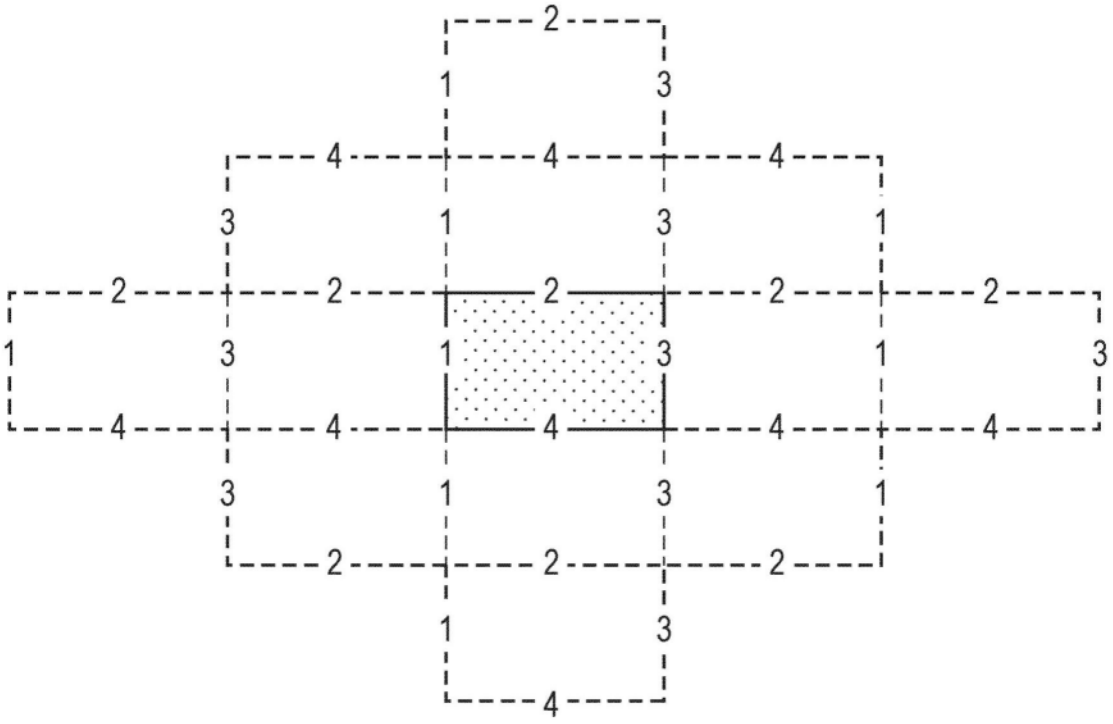


图5

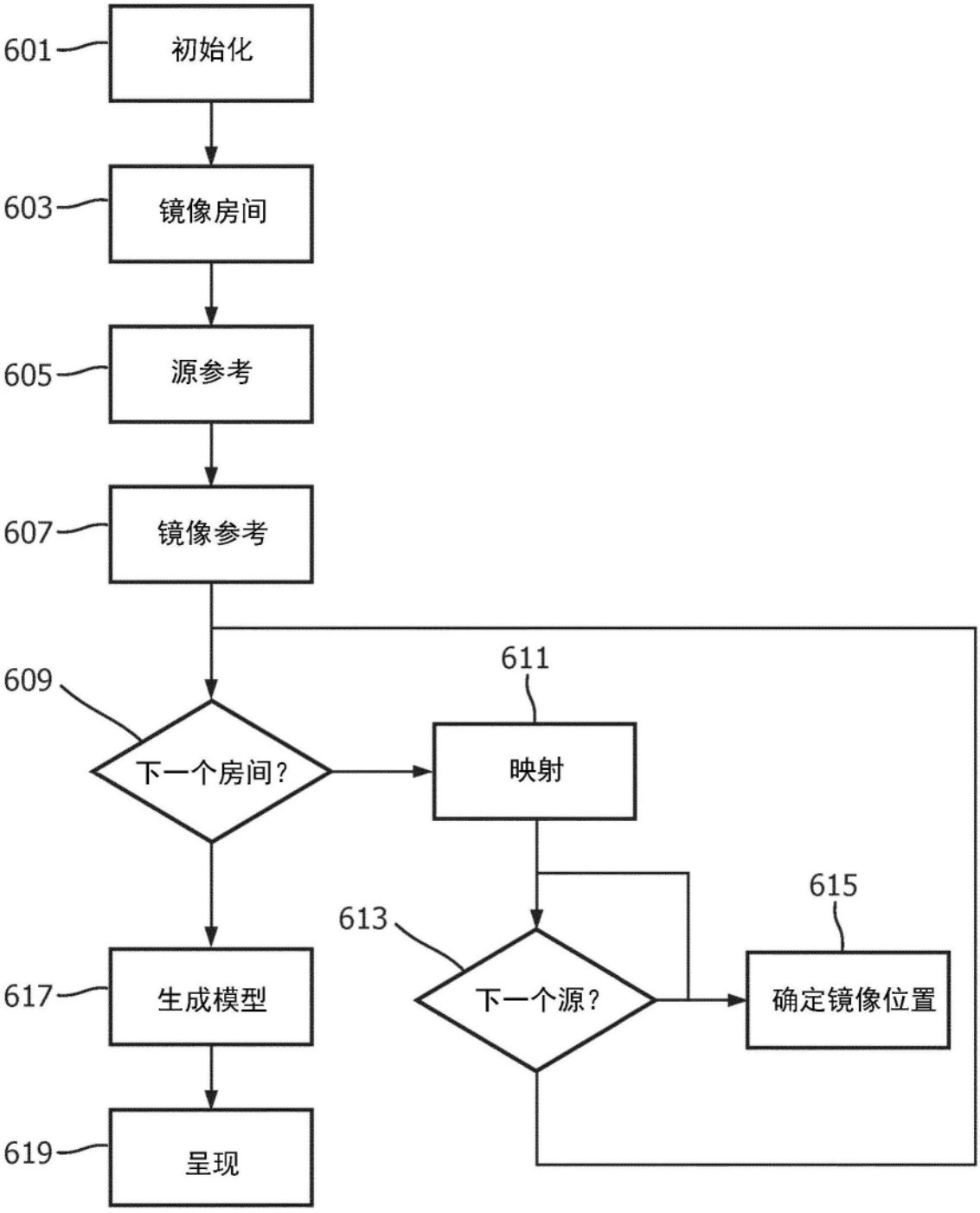

601
初始化
603
镜像房间
605
源参考
607
镜像参考
609
下一个房间?
611
映射
613
下一个源?
615
确定镜像位置
617
生成模型
619
呈现

图6

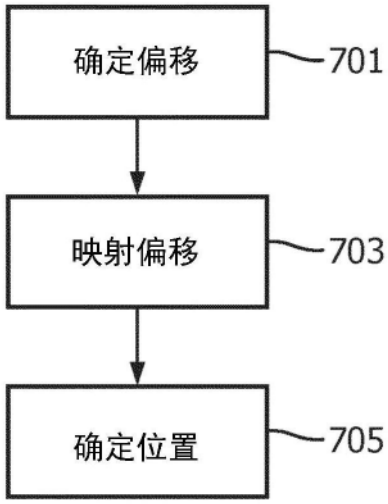


图7