



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104272351 A

(43) 申请公布日 2015. 01. 07

(21) 申请号 201380023004. 5

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

(22) 申请日 2013. 03. 22

代理人 吕晓章

(30) 优先权数据

1252675 2012. 03. 26 FR

(51) Int. Cl.

G06T 15/06(2011. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 10. 31

G06T 15/50(2011. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2013/056130 2013. 03. 22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/144029 EN 2013. 10. 03

(71) 申请人 汤姆逊许可公司

地址 法国伊西莱穆利诺

(72) 发明人 P. 高特朗 J-E. 马维

C. 德拉兰德雷

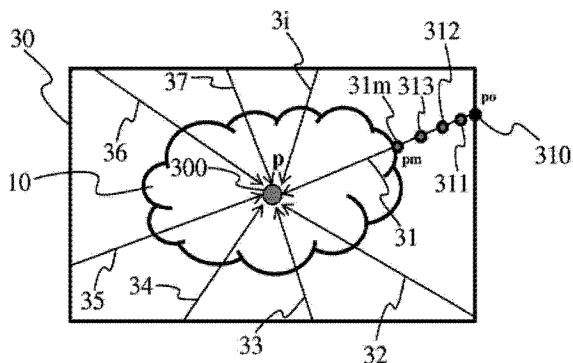
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

(54) 发明名称

用于表示场景中的参与介质的方法以及对应的设备

(57) 摘要

本发明涉及一种用于呈现由包围框 (30) 界定并从视点 (14) 呈现的参与介质 (10) 的方法, 该介质 (10) 在离开根据观看方向的视点的确定的距离处。为了表示参与介质的界限, 该方法包含以下步骤: - 对于由所述包围框 (30) 形成的体积的至少一个点 (300), 估计一组以所述至少一个点 (300) 为原点的方向 (31 至 3i); - 对于每个方向 (31 至 3i), 估计对应于所述方向和所述参与介质 (10) 之间的交叉的第一交叉点 (31m), 对于该第一交叉点 (31m), 相关联的密度值大于第一阈值; 以及 - 从表示分开第一交叉点 (31m) 和第二交叉点 (310) 的距离的信息项, 估计对应于所述观看方向和所述参与介质之间的交叉的第三交叉点, 对该组估计的方向 (31 至 3i) 的至少一部分的每个方向, 第二交叉点 (310) 对应于该方向和包围框 (30) 之间的交叉。本发明还涉及对应的设备。



1. 一种用于呈现包含在场景 (1) 中的参与介质 (10) 的方法, 该介质由包围框 (30) 界定, 从距根据观看方向 (120) 的视点确定距离处的视点 (14) 呈现所述参与介质, 其特征在于, 该方法包含以下步骤:

对于由所述包围框形成的体积的至少一个点 (300 ;401), 估计 (81) 以所述至少一个点 (300 ;401) 为原点并且根据其基部以所述至少一个点 (300 ;401) 为中心的至少一个半球分布的一组方向 (31 至 3i ;51 至 5k),

对于该组估计的方向 (31 至 3i ;51 至 5k) 的至少一部分的每个方向, 估计 (82) 对应于所述方向与所述参与介质 (10) 之间的交叉的第一交叉点 (31m ;52m), 对于该第一交叉点 (31m ;52m), 相关联的密度值大于第一阈值, 通过从对应于所述方向与所述包围框 (30) 之间的交叉的第二交叉点 (310 ;401) 开始估计所述第一交叉点 (31m ;52m), 以及

对于该组估计的方向 (31 至 3i ;51 至 5k) 的至少一部分的每个方向, 根据表示分开第一交叉点 (31m ;52m) 和第二交叉点 (310 ;401) 的距离的信息项, 估计 (83) 对应于所述观看方向 (120) 和所述参与介质 (10) 之间的交叉的第三交叉点 (61, 62)。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 其包含以下步骤: 根据表示分开第一交叉点 (31m ;52m) 和第二交叉点 (310 ;401) 的距离的值, 估计函数基中的投射系数, 所述表示距离的信息项对应于估计的投射系数。

3. 根据权利要求 1 至 2 中的一项所述的方法, 其特征在于, 根据观看方向 (120) 分开所述参与介质 (10) 和所述视点 (14) 的距离大于第二阈值, 由所述包围框 (30) 形成的体积的所述至少一个点 (300) 对应于包围框 (30) 的中心, 该组估计的方向 (31 至 3i) 根据中心位于包围框的中心 (300) 的球分布。

4. 根据权利要求 2 至 3 中的一项所述的方法, 其特征在于, 所述函数基是球函数基。

5. 根据权利要求 1 至 2 中的一项所述的方法, 其特征在于, 根据观看方向 (120) 分开所述参与介质和所述视点 (14) 的距离小于第二阈值并且大于第三阈值, 该方法包含将所述包围框的表面采样成多个样本 (401 至 40j) 的步骤,

对于对应于多个样本 (401 至 40j) 的至少一部分的多个点 (401) 估计一组方向 (51 至 5k), 根据中心位于多个样本的所考虑的样本 (401) 的半球估计每组方向, 该半球的基部属于包围框的表面, 该半球朝向所述包围框的内部,

还根据对应于观看方向 (120) 和包围框 (30) 之间的交叉的第四交叉点 (131) 来估计第三交叉点 (61, 62)。

6. 根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 在第四交叉点 (131) 不对应于包围框 (30) 的表面的样本 (401 至 40j) 之一时, 该方法包含用于通过围绕所述第四交叉点 (131) 的样本的插值来确定对应于第四交叉 (131) 的包围框的表面的样本的步骤。

7. 根据权利要求 1 至 6 中的一项所述的方法, 其特征在于, 其包含对估计的第三交叉点 (61, 62) 之间的所述观看方向 (120) 进行采样的步骤。

8. 根据权利要求 1 至 7 中的一项所述的方法, 其特征在于, 所述参与介质 (10) 是异构参与介质。

9. 一种被配置为呈现包含在场景 (1) 中的参与介质 (10) 的设备 (7), 该参与介质 (10) 由包围框 (30) 界定, 从距根据观看方向 (120) 的视点 (14) 确定距离处的视点 (14) 呈现所述参与介质 (10), 其特征在于, 该设备至少包含处理器 (720), 处理器 (720) 被配置为:

对于由所述包围框形成的体积的至少一个点 (300 ;401), 估计以所述至少一个点 (300 ;401) 为原点并且根据其基部以所述至少一个点 (300 ;401) 为中心的至少一个半球分布的一组方向 (31 至 3i ;51 至 5k),

对于该组估计的方向 (31 至 3i ;51 至 5k) 的至少一部分的每个方向, 估计对应于所述方向与所述参与介质 (10) 之间的交叉的第一交叉点 (31m ;52m), 对于第一交叉点 (31m ;52m), 相关联的密度值大于第一阈值, 通过从对应于所述方向与所述包围框 (30) 之间的交叉的第二交叉点 (310 ;401) 开始来估计所述第一交叉点 (31m ;52m),

对于该组估计的方向 (31 至 3i ;51 至 5k) 的至少一部分的每个方向, 根据表示分开第一交叉点 (31m ;52m) 和第二交叉点 (310 ;401) 的距离的信息项, 估计对应于所述观看方向 (120) 和所述参与介质 (10) 之间的交叉的第三交叉点 (61,62)。

10. 根据权利要求 9 所述的设备, 其特征在于, 该至少的处理器还被配置为根据表示分开第一交叉点 (31m ;52m) 和第二交叉点 (310 ;401) 的距离的值, 估计函数基中的投射系数。

11. 根据权利要求 9 至 10 中的一项所述的设备, 其特征在于, 该至少的处理器还被配置为对所述包围框的表面和多个样本 (401 至 40j) 进行采样。

12. 根据权利要求 9 至 11 中的一项所述的设备, 其特征在于, 该至少的处理器还被配置为对估计的第三交叉点 (61,62) 之间的所述观看方向 (120) 进行采样。

13. 一种计算机程序产品, 其特征在于, 其包含在所述程序在计算机上执行时执行根据权利要求 1 至 8 中的一项所述的方法的步骤的程序代码指令。

14. 一种计算机可读的存储部件, 存储可由所述计算机执行以实现根据权利要求 1 至 8 中的任一项所述的方法的一组指令。

用于表示场景中的参与介质的方法以及对应的设备

技术领域

[0001] 本发明涉及计算机生成的画面的合成的领域,并且更具体地涉及计算机生成的画面中的同构或异构的参与介质的表示的领域。本发明还落入实况合成的特殊效果的范围。

背景技术

[0002] 根据现有技术,存在不同的方法用于模拟在诸如例如雾、烟、尘土或者云这样的参与介质中的光的扩散(diffusion)。参与介质对应于由与光进行相互作用以具体地改变其路径和密度的空中微粒构成的介质。

[0003] 参与介质可以被分为两个部分,亦即,诸如水这样的同构介质以及诸如烟或云这样的异构介质。在同构参与介质的情况下,能够以分析的方式计算由光源发送的光的衰减。实际上,作为它们的同构本质的结果,这些介质在该介质的任何点处都呈现恒定值的诸如光吸收系数或者光扩散系数这样的参数。相反地,光吸收和扩散属性随着异构参与介质中的点不同而变化。这样,模拟这样的异构介质中光的扩散所需的计算成本非常高,并且因此无法分析且实况地计算被异构参与介质扩散的光的量。另外,介质未扩散(也就是说介质的扩散是各向异性的),被介质扩散的光的量还根据光扩散的方向(即,人观看该介质的方向)变化。这样,对于人观察该介质的每个方向,必须重复进行估计扩散的光的量的计算,以便获得关于该介质的真实呈现。

[0004] 如果将虚拟场景 1 视为如图 2 所示那样,场景 1 包含参与介质 10(例如,云),则已知对具有图像平面 14 的像素 P 100 作为原点的光线 13 进行采样,图像 14 对应于从给定视点的场景的视图。对光线 13 进行采样的目的是能够以分析的方式计算光线 13 的样本 220、221 和 222 的每一个从光源 11 接收的光的量。为了计算在像素 P 100 的位置处接收的光的量,计算由光线 13 的每个样本发出的光的量的总和。因为只有参与介质的微粒具有扩散从光源接收的光的属性,所以只需要对跨越参与介质 10 的光线的部分进行采样。因为未清楚地定义参与介质的界限,所以已知产生围绕由参与介质 10 形成的体积的包围框 12,仅对包含在该包围框 12 内的光线的部分进行采样。为了减少关于参与介质 10 在像素 P 的位置处接收的光的量所需的计算,已知尤其是在参与介质远离像素 P 时,限制包含在包围框中的光线 13 的样本的数量,由于参与介质 10 远离像素 P 100,因此参与介质对像素 P 100 的照亮的贡献不那么重要。

[0005] 对跨越包围框的光线 13 进行子采样造成的问题之一是实际属于参与介质的样本的数量可能相对于样本的全部数量很低,从而导致在估计被参与介质 10 扩散的光的量的缺陷或严重的误差。图 2 例示了这样的问题,其中,对于包含在包围框中的片段上的光线 13 的三个样本 220、221 和 222,仅样本 221 实际地属于参与介质 10,其他两个样本 220 和 222 属于包围框但是不属于参与介质 10。因为只有属于参与介质 10 的样本能够扩散从光源 11 接收的光,所以对由参与介质 10 扩散的光的量的估计将是非常近似的。在图 2 的示例中,三个样本之中只有一个实际表示参与介质 10,并且有助于光的扩散的计算。

发明内容

[0006] 本发明的目的是克服现有技术的这些不足之中的至少一个。

[0007] 更具体地,本发明的目的是优化参与介质的表示以组成对虚拟场景的实况且真实的呈现。

[0008] 本发明涉及一种用于呈现包含在场景中的参与介质的方法,所述介质被包围框限定,所述介质从距根据观看方向的视点确定距离处的视点呈现。为了表示参与介质,并且具体地表示其在所述场景中的界限,该方法包含以下步骤:

[0009] 对于由所述包围框形成的体积的至少一个点,估计将该至少一个点作为原点并且根据其基部以该至少一个点为中心的至少一个半球分布的一组方向;

[0010] 对于该组估计方向的至少一个部分中的每个方向,估计对应于该方向与参与介质之间的交叉的第一交叉点,对于该第一交叉点,相关联的密度值大于第一阈值,通过从对应于该方向与包围框之间的交叉的第二交叉点开始估计所述第一交叉点;以及

[0011] 对于该组估计方向的至少一个部分中的每个方向,根据表示分开所述第一交叉点和所述第二交叉点的距离的信息项,估计对应于观看方向与参与介质之间的交叉的第三交叉点。

[0012] 根据具体的特征,该方法包含以下步骤:根据表示分开所述第一交叉点和第二交叉点的距离的值估计函数基中的投射系数,所述信息项表示对应于所估计的投射系数的距离。

[0013] 根据具体的特征,根据观看方向分开视点的参与介质的距离大于第二阈值,由包围框形成的体积中的至少一个点对应于包围框的中心,该组估计方向根据中心位于包围框的中心上的球分布。

[0014] 有利地,函数基是球函数基。

[0015] 根据具体的特征,根据观看方向将参与介质从视点分开的距离小于第二阈值并且大于第三阈值,该方法包含将包围框的表面采样成多个样本的步骤,对于对应于多个样本的至少一个部分的多个点估计一组方向,每组方向根据中心位于样本大多数中的所考虑的样本处的半球来估计,该半球的基部属于包围框的表面,该半球朝向所述包围框的内部,还根据对应于观看方向与包围框之间的交叉的第四交叉点来估计第三交叉点。

[0016] 有利地,当第四交叉点不对应于包围框的表面的样本之一时,该方法包含以下步骤:通过围绕第四交叉点的样本的插值确定对应于第四交叉的包围框的表面的样本。

[0017] 根据具体的特征,该方法包含对所估计的第三交叉点之间的观看方向进行采样的步骤。

[0018] 根据另一特征,参与介质是异构参与介质。

[0019] 本发明还涉及一种被配置为呈现包含在场景中的参与介质的设备,所述介质被包围框限定,所述介质从距根据观看方向的视点确定距离处的视点呈现,该设备包含:

[0020] 用于对于由所述包围框形成的体积的至少一个点,估计将该至少一个点作为原点并且根据其基部以该至少一个点为中心的至少一个半球分布的一组方向的部件;

[0021] 用于对于该组估计方向的至少一个部分中的每个方向,估计对应于该方向与参与介质之间的交叉的第一交叉点的部件,对于第一交叉点,相关联的密度值大于第二阈值,通过从对应于该方向与包围框之间的交叉的第二交叉点开始来估计所述第一交叉点;以及

[0022] 用于对于该组估计方向的至少一个部分中的每个方向,根据表示分开所述第一交叉点和所述第二交叉点的距离的信息项,估计对应于观看方向与参与介质之间的交叉的第三交叉点的部件。

[0023] 有利地,该设备包含用于根据表示将所述第一交叉点从所述第二交叉点分开的距离的值估计函数基中的投射系数的部件。

[0024] 根据具体的特征,该设备包含用于对包围框的表面和多个样本进行采样的部件。

[0025] 根据另一特征,该设备包含用于对第三估计交叉点之间的观看方向进行采样的部件。

[0026] 本发明还涉及一种包含程序代码指令的计算机程序产品,所述程序代码指令当该程序在计算机上执行时执行用于呈现参与介质的方法的步骤。

[0027] 本发明还涉及一种计算机可读存储部件,存储该组计算机可执行的指令以实现用于呈现参与介质的方法。

附图说明

[0028] 通过阅读下面的说明,本发明将被更好地理解,其他具体的特征及优点也将出现,说明参照附图进行,附图中:

[0029] 图 1 图示根据本发明的具体实施例的扩散光的参与介质;

[0030] 图 2 例示根据现有技术对参与介质进行采样的方法;

[0031] 图 3 例示根据本发明的第一具体实施例的用于表示图 1 的参与介质的步骤;

[0032] 图 4 和图 5 例示根据本发明的第二具体实施例的用于表示图 1 的参与介质的步骤;

[0033] 图 6 图示根据本发明的具体实施例的图 3、4 和 5 的参与介质;

[0034] 图 7 例示根据本发明的具体实施例的实现用于呈现图 1 的参与介质的方法的设备;以及

[0035] 图 8 例示根据本发明的具体实施全的用于呈现图 1 的参与介质的方法。

具体实施方式

[0036] 图 1 示出异构参与介质 10,例如云。参与介质是大量悬浮微粒构成的吸收、发射和/或扩散光的介质。在其最简单的形式下,参与介质只吸收光,例如从诸如太阳这样的光源 11 接收的光。这意味着通过介质 10 的光衰减,该衰减取决于介质的密度。参与介质 10 例如是异构的,也就是说,诸如例如构成介质的微粒的密度这样的介质的物理特征随着介质中的点的不同而变化。因为参与介质由与光相互作用的小微粒构成,入射光(即,从光源 11 根据方向 ω_{in110} 接收的入射光)不仅被吸收而且被扩散。在具有各向同性的扩散的参与介质中,光在所有方向上被均匀地扩散。在各向异性的扩散参与介质(诸如在图 1 中示出的云 10)中,光扩散取决于光的入射方向 ω_{in110} 与扩散方向 ω_{out120} 之间的角度。通过下面的等式计算在扩散方向 ω_{out120} 上的介质 10 在点 M 13 处扩散的光的量:

[0037]
$$Q(M, \omega_{out}) = D(M) \cdot \sigma_{s,p}(M, \omega_{out}, \omega_{in}) \cdot L_{ri}(M, \omega_{in}) \quad \text{等式 1}$$

[0038] 这样,到达在方向 ω_{out120} 上位于空间的点 C 处的观看者 12 的眼睛的被介质的点 M 13 扩散的光的量(亦即,在路径 M-P 上被点 M 扩散并且被介质 10 衰减的光的量,其中 P

位于介质 10 和在观看者 12 的方向上的方向 ω_{out} 的交叉处) 为 :

$$[0039] \quad L_p(M, \omega_{out}) = Q(M, \omega_{out}) \cdot \exp \int_P^M -D(s) \cdot \sigma_t \cdot ds \quad \text{等式 2}$$

[0040] 其中 :

[0041] ● σ_s 是介质的扩散系数 ;

[0042] ● σ_a 是介质的吸收系数 ;

[0043] ● $\sigma_t = \sigma_s + \sigma_a$ 是介质的消光系数 ;

[0044] ● $D(M)$ 在给定点处的介质的密度, 因为介质 10 是异构的, 所以该密度随着点的不同而变化 ;

[0045] ● $p(M, \omega_{out}, \omega_{in})$ 是描述来自入射方向 ω_{in} 的光在点 M 处在扩散方向 ω_{out} 上如何被扩散的相位函数 ;

[0046] ● $L_{ri}(M, \omega_{in})$ 是来自入射方向 ω_{in} 100 在点 M 处被降低的光密度, 并且表示在由于在分段 K-M 上在介质 10 中的光的轨迹而衰减之后到达点 M 处的入射光的量 (其中 K 是介质 10 与入射光线 ω_{in} 100 之间的交叉点), 并且其值为 :

$$[0047] \quad \exp \int_M^K -D(s) \sigma_t ds \quad \text{等式 3}$$

[0048] ● $\exp \int_P^M -D(s) \sigma_t ds$ 表示由于沿着从 P 15 到 M 13 的路径的吸收和扩散而引起的扩散后的亮度衰减。

[0049] 等式 2 使得能够计算被点 M 扩散并到达位于方向 ω_{out} 的观众 12 的眼睛的光的量。为了计算在方向 ω_{out} 上观看的观看者接收的光的量, 则需要合计位于轴 ω_{out} 上的介质的所有的点 (亦即, 位于分段 P-M_{max} 上的点, 其中 P 和 M_{max} 是介质 10 与方向 ω_{out} 120 之间的两个交叉点) 的所有影响。这样, 由于简单扩散导致的从方向 ω_{out} 120 到达 P 15 的这个总的扩散亮度为 :

$$[0050] \quad L(P, \omega_{out}) = \int_P^{M_{max}} L_p(M, \omega_{out}) dM \quad \text{等式 4}$$

[0051] 在该情况下, 认为沿着轨迹 C-P 的光未衰减。

[0052] 该总的扩散亮度通过对在具有 ω_{out} 作为方向的半径上位于 P 和 M_{max} 之间的所有的点的影响进行积分来获得。这样的积分等式一般无法被分析地求解, 更不必说对于扩散的光的量的实况估计。使用被称为光线行进 (ray-marching) 的方法数字地估计该积分。在该方法中, 将积分域离散成大量大小为 δ_M 的间隔, 并且得到下面的等式 :

$$[0053] \quad L(P, \omega_{out}) \approx \sum_P^{M_{max}} L_p(M, \omega_{out}) \delta_M \quad \text{等式 5}$$

[0054] 有利地, 异构参与介质 10 是三维元素, 出于简便, 在图 1 中以二维示出。

[0055] 根据变型, 介质 10 被大量光源照亮, 例如 1000、100,000 或者 1,000,000 个光源, 光源形成光环境。使用本领域的技术人员已知的环境映射方法来执行对来自若干远程光源的光的估计。根据环境映射方法, 认为该光环境的所有光源都位于相对于介质 10 的点的视觉无限远处。因此, 能够认为不同光源发射的光的采取的方向均同样地与介质中的所考虑的点无关。因此, 可以忽略由于分开介质的不同点的距离而引起的视差效果。根据该变型, 为了估计在点 M 处的入射光的衰减, 需要经由等式 7 针对代表光环境的一组入射方向计算光的衰减, 这极大地增加了计算。

[0056] 根据另一变型,诸如介质的扩散系数 σ_s 和 / 或介质的吸收系数 σ_a 这样的介质的物理特性与密度相同也随着介质中的点的不同而变化。根据另外的变型,系数 σ_s 和 σ_a 中的二者之一或者这两者在介质中变化,密度在介质中是均匀的。

[0057] 图 3 示出根据本发明的非限制性的具体实施例的用于呈现参与介质 10 的步骤。有利地,在参与介质 10 周围定义包围框 30,即,由参与介质 10 形成的体积被有利地为矩形或者方形的平行六面体形状或者任何其他形状的框围绕。包围框可以提供对由虚拟场景 1 中的参与介质 10 占据的体积的快速估计。对包围框(也被称为包围体积)的使用能够简化并加速所有涉及参与介质 10 的几何计算,包围框的几何形状比形状可能很复杂的参与介质的几何形状更加简单。至少在某些地方,生成包围框以便包括参与介质的所有几何形状,这是一个存在于包围框的内表面和参与介质的外表面之间的空间。

[0058] 根据图 3 的实施例,参与介质位于离开观察该参与介质 10 的视点很远的距离处,在大于第二阈值的距离处。有利地,认为如果围绕图像平面的包围框的被投射的表面例如低于图像平面的全部表面的 5%、10%、15%,则参与介质在大于第二阈值的距离处。这样,可以认为与人看参与介质的方向无关地,观察的方向穿过围绕参与介质 10 的包围框的中心 P 300。因此,有利地,在 i 个方向 31、32、33、34、35、36、37 和 $3i$ 上对中心为 P 的球进行采样,其中 i 是大于或等于 2 的整数,例如等于 10、100、1000 或 10000。

[0059] 对于这些方向 31 至 $3i$ 中的每一个,通过本领域的技术人员已知的任何几何方法计算与包围框的表面的交叉点。以方向 31 为例,方向 31 与包含盒 30 的表面之间的交叉点对应于点 P_0310 。从该交叉点 P_0 开始,直线分段 $[P_0P]$ 沿着方向 31 去往 P 300 直至遇到点 P_m31m ,关于点 P_m31m ,与其相关联的密度值大于第一阈值。该第一阈值有利地对应于表示参与介质的微粒的最小密度的密度值。点 P_m 有利地对应于方向 31 与从包围框的表面开始的参与介质 10 之间的第一交叉。例如通过使用光线跟踪或光线行进方法来探索点 $P_m 31m$ 。根据变型,通过使用二分查找法来探索点 $P_m 31m$,根据该方法,迭代地对半切割分段 $[P_0P]$,直至找到具有大于第一阈值的相关联的密度值的点 $P_m 31m$ 为止。第一阈值有利地是预定系统值。根据变型,第一阈值是由进行参与介质的呈现的系统的用户输入的参数。

[0060] 一旦确定了交叉点 $P_m 31m$,就确定了分开该第一交叉点 $P_m 31m$ (对应于方向 31 与参与介质 10 中的外层包络面(换言之,表面)之间的交叉)和第二交叉点 P_0310 (对应于方向 31 和包围框的表面之间的交叉)的距离,该距离对应于标准 $\|P_0P_m\|$,该距离根据在虚拟场景 1 的这些点 P_0 和 P_m 处的坐标来确定。

[0061] 有利地,对每个剩余的方向 32 至 $3i$ 重复该过程以估计分开第一交叉点和第二交叉点的距离,第一交叉点对应于相应方向和该介质的外层包络面之间的交叉点,第二交叉点对应于相应方向和包围框 30 的表面之间的交叉点。例如,将每个方向上分开第一交叉点和第二交叉点的这些距离存储在存储器中,以便在对参与介质进行采样所执行的计算中重用。

[0062] 根据有利的变型,沿着每个方向 31 至 $3i$ 分开第一交叉点和第二交叉点的这些距离被投射到一组基函数(诸如例如球谐函数)上。函数空间中的每个函数可以写作基函数的线性组合,基函数是函数空间的基础的元素。通过使用球函数的正交基,能够通过下式呈现表示在点 P 处的第一点和第二点之间的距离的函数:

$$[0063] \quad D(P) \approx \sum_{j=1}^{N_c} Cr_j(P) B_j(P) \quad \text{等式 6}$$

[0064] 其中, $D(P)$ 是表示第一交叉点和第二交叉点之间的距离的极限函数, $Cr_j(M)$ 是基函数 $B_j(P)$ 的第 j 个投射系数 (总共 N_c 个系数), 并且 $Cr_j(P)$ 通过中心为 P 的球 Ω 的总数来定义, 也就是说:

$$[0065] \quad Cr_j(P) = \int_{\Omega} R(P, \omega) B_j(\omega) d\omega \quad \text{等式 7}$$

[0066] 这样计算出的基函数投射系数的集合 N_c (例如, 16 或 32 个系数) 存储在 GPU 的存储表中。这些系数表示沿着形成球 Ω 的 i 个方向分开第一交叉点和第二交叉点的距离。使用表示极限函数的投射系数可以限制存储第一交叉点和第二交叉点之间的距离信息所需的存储器空间。

[0067] 根据变型, 距离被投射到小波类型的基函数上, 然而, 球谐函数特别适合于示出逐渐变化的距离, 这通常是具有诸如云这样的半透明介质的限制的情况。

[0068] 根据变型, 估计分开包围框的中心 P_{300} 和第一交叉点 (对应于每个方向 31 至 $3i$ 和参与介质 10 之间的交叉) 的距离, 而不是估计分开第一交叉点和第二交叉点的距离。因此如上所述地确定表示这些距离的极限函数。

[0069] 图 4 和图 5 例示了估计包围框 30 的表面和参与介质 10 的外层包络面之间的距离的第二实施例。该第二实施例更适合于表示位于一般地远离视点的距离处的参与介质, 即位于小于参照附图所述的第一实施例中定义的第二阈值的距离处但是大于表示距离的第三阈值的距离处的参与介质。如果在图像平面上围绕介质的包围框的投射表面小于图像平面的全部表面的 25% 或 30%, 则参与介质被视为位于大于第三阈值的距离处。具体地, 该实施例更适合于表示位于远离视点使得不能认为所有的观看方向都穿过参与介质 10 的同一点的参与介质。

[0070] 图 4 例示了第二实施例的第一步骤。在该步骤期间, 将包围参与介质 10 的包围框 30 的表面采样成 j 个样本 $401, 402, \dots, 4120, 40j$, j 是大于或等于 2 的整数。选取样本的数量 j 以带有一定精确度的表示包围框的表面, 根据在其上实现本发明的显卡可以处理的计算的数量, 特别是在对包含参与介质 10 的虚拟场景的呈现存在实况约束时可以处理的计算的数量, 来选取精确度的程度。

[0071] 图 5 例示了第二实施例的第二步骤, 以从多个样本 401 至 $40j$ 中取得一个样本 401 为例。定义半球, 其中, 中心为样本 401 (其可以被同化为点 P_0), 基部是包围框的表面的一部分并且主要朝向包围框的内部 (即朝向参与介质)。将该半球采样成多个 (k 个) 方向 $51, 52, 53, 54, 55, 5k$, k 是大于或等于 2 的整数。

[0072] 对于这些方向 51 至 $5k$ 中的每一个, 被称为第二交叉点的与包围框的表面的交叉点不是如同第一实施例那样进行计算, 因为其已知并且对应于表示所考虑的样本 401 的点 P_0 。以方向 52 为例, 并且从 P_0 开始, 通过从 P_0 移动开直至在通过点 $521, 522$ 和 523 之后遇到点 P_{m52m} (与其相关联的密度值大于第一阈值) 为止来覆盖方向 52 。有利地, 该第一阈值对应于表示参与介质的微粒的最小表示密度的密度值。有利地, 点 P_{m52m} 对应于方向 52 与从包围框的表面开始的参与介质 10 之间的第一交叉。以与参照图 3 所述的示例相同的方式, 例如, 使用光线跟踪方法或者使用二分查找法来搜索点 P_{m52m} 。

[0073] 一旦确定了交叉点 P_{m52m} (被称为第一交叉点), 就确定了分开第一交叉点 P_{m52m} 和

第二交叉点 P_0401 的距离, 该距离对应于标准 $||P_0P_m||$, 根据与虚拟场景 1 的这些点 P_0 和 P_m 相关联的坐标来确定该距离。

[0074] 有利地, 对于剩余的方向 52 到 5k 的每一个重复该过程以估计分开第一交叉点和第二交叉点 (位于对应于包围框的表面的所考虑的样本的半球的中心处) 的距离, 第一交叉点对应于相应方向与介质的外层包络面之间的交叉, 第二交叉点对应于相应方向与包围框 30 的表面之间的交叉。例如, 在每个方向上分开第一交叉点和第二交叉点的这些距离存储在存储器中以便在对参与介质进行采样所执行的计算中重用。根据有利的变型, 根据与参照由图 3 例示的实施例所述的球谐函数相同的原理, 沿着每个方向 35 至 5i 分开第一交叉点和第二交叉点的这些距离被投射到一组基函数 (诸如例如半球谐函数) 上。由此计算出基函数投射系数的集合 N_c (例如 16 或 32 个系数), 然后存储在 GPU 的存储表中。这些系数表示沿着形成球 Ω 的 k 个方向分开第一交叉点和第二交叉点的距离。

[0075] 然后, 以有利的方式, 对于表示包围框 30 的表面的样本 401 至 40j 中的全部或者部分重复相同的过程。因此, 对于每个样本 401 至 40j, 确定表示分开所考虑的样本与不同的交叉点的距离的距离信息项, 所述不同交叉点是以所考虑的样本为原点的 k 个方向与参与介质 10 的包络面之间的交叉点。因此, 表示距离的信息项 (即多个距离值或者表示距离值的多个投射系数) 与包围框 30 的表面的每个所考虑的样本相关联 (并且存储在 GPU 存储表中)。

[0076] 图 6 例示了根据本发明的非限制性具体实施例对跨越参与介质的观看方向进行的采样。

[0077] 对于给定的对应于观众观察虚拟场景 1 的方向的观看方向 120, 该观看方向 120 也对应于与表示根据观众的视点的图像的图像平面 14 的像素相关联的每个方向, 使用存储在存储器中的距离信息来确定一方面的观看方向 120 与另一方面的参与介质 10 之间的被称为第三交叉点的两个交叉点 61 和 62。表示包围框 30 的表面与参与介质 10 的外层包络面之间的距离的距离信息有利地定义了参与介质 10 的一般形状, 从而使得能够快速找到观看方向 120 和参与介质 10 之间的真实的交叉。

[0078] 在参与介质 10 位于一般地远离视点的距离处 (即位于大于先前定义的第三阈值的距离处) 的情况下, 在确定第三交叉点之前确定观看方向和包围体积之间的被称为第四交叉点的交叉点 1201 和 1202。提前确定第四交叉点 1201、1202 可以使得能够知道使用什么距离信息来估计第三交叉点 61、62。实际上, 如参照图 4 和图 5 所述的那样, 距离信息项与包围框 30 的表面的每个样本 401 至 40j 相关联。为了知道要使用哪个距离信息项, 因此需要知道其必须参考包围框的表面的哪些样本。例如, 在所确定的第四交叉点 1201 未对应于样本点 401 至 40j 之一时, 通过插入与关联距离信息可用的、围绕该第四交叉点的样本点相关联的距离信息, 来计算与该第四交叉点相关联的距离信息项。

[0079] 一旦确定了第三交叉点 61、62 (在观看方向 120 和参与介质 10 之间), 将与对观看方向 120 和对参与介质 10 共同的分段相对应的直线分段 (即包含在两个交叉点 61、62 之间的直线分段) 采样成多个样本 60, 选取样本的数量以便在直线分段的可靠表示和在呈现参与介质时产生的计算成本之间具有良好的折衷, 样本的数量越大, 呈现参与介质所需的计算的成成本就越高。

[0080] 有利地, 对于若干观看方向重复相同的采样过程, 以便获得参与介质的完整表示,

并且从那开始,获得参与介质的(从所考虑的视点开始的)完整呈现。因此,例如能够使用参照图 1 所述的等式估计在视点方向上由参与介质 10 扩散的光的量。

[0081] 根据变型,例如,在包含参与介质 10 的虚拟场景 1 是视频游戏场景的情况下对若干视点重复该采样过程,在该视频游戏场景中,玩家化身在移动,场景的视点随着场景中的该化身的移动而变化。

[0082] 图 7 图示适于呈现参与介质 10 以及适于创建用于显示一个或多个图像的信号的设备的硬件实施例。设备 7 例如对应于个人计算机 PC、膝上型电脑或者游戏控制台。

[0083] 设备 7 包含以下元件,这些元件通过还传输时钟信号的地址和数据总线 75 连接到一起:

[0084] - 微处理器 71(或 CPU);

[0085] - 显卡 72,包含:

[0086] ●若干图形处理单元 720(或 GPU);

[0087] ●GRAM(“图形随机存取存储器”)类型的随机存取存储器 721;

[0088] -ROM(“只读存储器”)类型的非易失存储器 76;

[0089] - 随机存取存储器或 RAM 77;

[0090] - 一个或多个 I/O(“输入/输出”)设备 74,诸如例如键盘、鼠标、网络摄影机等;以及

[0091] - 电源 78。

[0092] 设备 7 还包含显示显示器屏幕类型的显示设备 73,其直接连接到显卡 72 以具体地例如实况显示在显卡中计算并生成的计算机产生的图形的呈现。使用连接显示设备 73 和显卡 72 的专用总线提供了如下优点:具有高得多的数据传送速率,并且由此减少了显示由显卡生成的图形的等待时间。根据一个变型,要进行显示的设备在设备 7 的外部,并且通过传送显示信号的缆线连接到设备 7。设备 7,例如显卡 72,包含适合于传送显示信号给诸如例如 LCD 或等离子屏幕、视频投影仪这样的外部显示部件的传送介质或连接器(图 7 未表示)。

[0093] 注意,在关于存储器 72、76 和 77 的描述中使用的措词“寄存器”指明在每个所述存储器中的低容量的存储器区域(一些二进制数据)以及大容量的存储器区域(使得能够存储整个程序或者使得能够计算或显示表示数据的全部或部分数据)。

[0094] 在加电时,微处理器 71 加载并运行包含在 RAM 77 中的程序的指令。

[0095] 随机存取存储器 77 具体包含:

[0096] - 在寄存器 770 中,负责接通设备 7 的微处理器 71 的操作程序;

[0097] - 表示参与介质 10 的参数 771(例如,密度的参数、光吸收系数以及光扩散系数)。

[0098] 实现特定于本发明并且在下面描述的方法的步骤的算法存储在与实现这些步骤的设备 7 相关联的显卡 72 的 GRAM 存储器 77 中。在加电时并且一旦表示介质的参数 770 被加载到 RAM 77 中,显卡 72 的图形处理单元 720 就将这些参数加载到 GRAM 721 中,并且使用例如 HLSL(“高级着色器语言”)、GLSL(“OpenGL 着色语言”)以“着色器”类型的微程序的形式执行这些算法的指令。

[0099] GRAM 随机存取存储器 721 具体包含:

[0100] - 在寄存器 7210 中,表示介质 10 的参数;

[0101] - 表示包围框的参数 7211 (例如, 与具有表示框的宽度、高度和深度的值的角度之一相关联的点的坐标);

[0102] - 表示第一、第二、第三和 / 或第四交叉点的参数 7212 (例如, 交叉点的坐标);

[0103] - 表示包围框 30 的表面和介质 10 的外层包络面之间的距离的值 7213;

[0104] - 表示包围框 30 的表面和介质 10 的外层包络面之间的距离值投射系数 7214; 以及

[0105] - 表示沿着一个或多个观察方向由介质 10 扩散的光的量的值 7215。

[0106] 根据变型, 如果 GRAM 721 中可用的存储器存储空间不足, 则由 CPU 71 分配 RAM 77 的一部分用于存储参数 7211、7212 以及值 7213、7214 和 7215。然而, 该变型在从包含在 GPU 中的微指令合成包含介质 10 的表现的图像的合成中带来更长的等待时间, 因为必须通过传送能力通常低于在显卡中将数据从 GPU 传输给 GRAM 以及将数据从 GRAM 传输给 GPU 的可用的传送能力的总线 75 将数据从显卡传送给随机存取存储器 77。

[0107] 根据另一变型, 电源 78 和 / 或显示器 73 在设备 7 的外部。

[0108] 图 8 示出根据本发明的第一非限制性具体的有利的实施例的在接收器 7 中实现的用于呈现参与介质 10 的方法。

[0109] 在初始化步骤 80 的期间, 更新设备 7 的各种参数。具体地, 以任何方式初始化表示参与介质 10 的参数。

[0110] 接下来, 在步骤 81 期间, 通过以由围绕参与介质 10 的包围框形成的体积的点作为原点的多个方向定义中心位于该体积的点的至少一个半球。根据第一实施例, 特别是在参与介质远离视点时, 即参与介质位于自呈现参与介质起大于第二阈值的距离处时, 包围框形成的体积的点对应于包围框的中心。根据该实施例, 通过多个方向定义形成球的两个半球。根据第二实施例, 通过每个都以包围框的表面的点之一作为原点的多个方向定义中心处于包围框的表面的点的若干半球。在参与介质位于离开视点某中间距离处, 即位于小于在第一实施例中定义的第二阈值但是大于第三阈值的距离处时, 该第二实施例是有利的。

[0111] 然后, 在步骤 82 期间, 对形成在先前的步骤期间定义的半球或多个半球的一个或多个方向估计第一交叉点。根据在其上实现该方法的设备的计算能力和 / 或根据所需的对参与介质的表示或呈现的质量来选取方向的数量, 方向的数量越大, 计算的成本越大并且质量越高。对于半球的给定方向, 在所考虑的方向从与所考虑的方向和包围框的表面之间的交叉相对应的第二交叉点离开时, 估计的交叉点对应于所考虑的方向与参与介质之间的交叉。在第二实施例的情况下, 该第二交叉点对应于包含考虑的方向的半球的中心。有利地, 第一交叉点通过从第二交叉点开始覆盖所考虑的方向来估计, 并且对应于满足涉及与其相关联的密度信息的标准的该方向的第一点, 即, 对应于与其相关联的密度信息大于第一密度阈值的第一点。一旦确定了第一交叉点, 就在存储在存储器中之前确定分开第一交叉点的距离。多个方向的第一和第二交叉点之间的多个距离的确定可以通过参考包围框的表面来定义参与介质的外部形式。换句话说, 这意味着定义表示参与介质的形状或包络面的极限函数。根据变型, 为了节省存储器资源, 在函数基的空间中通过一组投射系数来表示该极限函数。存储投射系数比存储分开第一和第二交叉点的值距离使用更少的存储器空间, 同时使得能够恢复该距离信息。

[0112] 最后, 在步骤 83 期间, 根据表示分开第一和第二交叉点的距离的信息, 即, 根据距

离值本身或者表示这些距离值的投射系数,估计两个第三交叉点。两个第三交叉点对应于一方面的观看方向(根据该观看方向,从给定视点观察介质)与另一方面的由先前估计的距离信息定义的参与介质的外层包络面之间的交叉。

[0113] 根据变型,该方法还包含在两个第三交叉点之间包含的直线分段(即,对应于由观看方向与由参与介质 10 形成的体积形成的交叉的直线分段)的采样步骤。有利地,根据观看方向对参与介质采样使得能够计算沿着观察的方向被参与介质扩散的光的量,以便在对应于观察的方向的图像平面的像素上呈现参与介质。有利地,对多个观察的方向重复用于确定第三交叉点和对参与介质采样的步骤以便呈现参与介质 10 的完整图像。

[0114] 自然地,本发明不限于先前所述的实施例。具体地,本发明不限于用于呈现参与介质的方法,而是扩展至用于对参与介质(无论是同构的,还是异构的参与介质)进行建模或者表示的方法。本发明还扩展至任何实现该方法的设备,并且具体地扩展至所有包含至少一个 GPU 的设备,扩展至包含用于执行呈现或建模的方法的步骤的程序代码指令的计算机程序产品以及其上存储用于实现呈现或建模的方法的可执行的指令的任何存储部件(例如, RAM 或 GRAM 类型的、闪存、CD、DVD)。参照图 1 至 6 所述的步骤的实现方式不限于以着色器类型的微程序的实现方式,还扩展至任何程序类型的实现方式,例如可以由 CPU 类型微处理器执行的程序。

[0115] 有利地,用于估计投射系数的基函数是球谐函数类型或半球谐函数类型或者球小波类型或半球小波类型的函数。

[0116] 本发明的使用不限于实况使用,还扩展至任何其他使用,例如,在录音棚中用于例如呈现计算产生的画面的所谓的后期制作处理操作。在后期制作中的本发明的实现方式提供了如下优点:特别地就真实性而言,给出了卓越的视觉呈现,同时降低了必要的计算次数。

[0117] 本发明还涉及一种用于合成二维或三维视频图像的方法,其中,计算被异构的参与介质扩散的光的量,并且表示所导致的光的信息被用于图像的像素的显示,每个像素对应于根据观察方向 ω_{out} 的观察方向。重新计算用于被图像的每个像素显示的计算出的光值,以适配于观众的不同的视点。

[0118] 例如,可以通过在 PC 或膝上型电脑类型的计算机中可执行的程序或者以生成并显示实况图像的专用游戏控制台的形式,将本发明用于视频游戏应用中。参照图 7 所述的设备 7 有利地具有交互部件,诸如键盘和/或操纵杆等,其他输入命令的模式(诸如例如语音识别等)也是可行的。

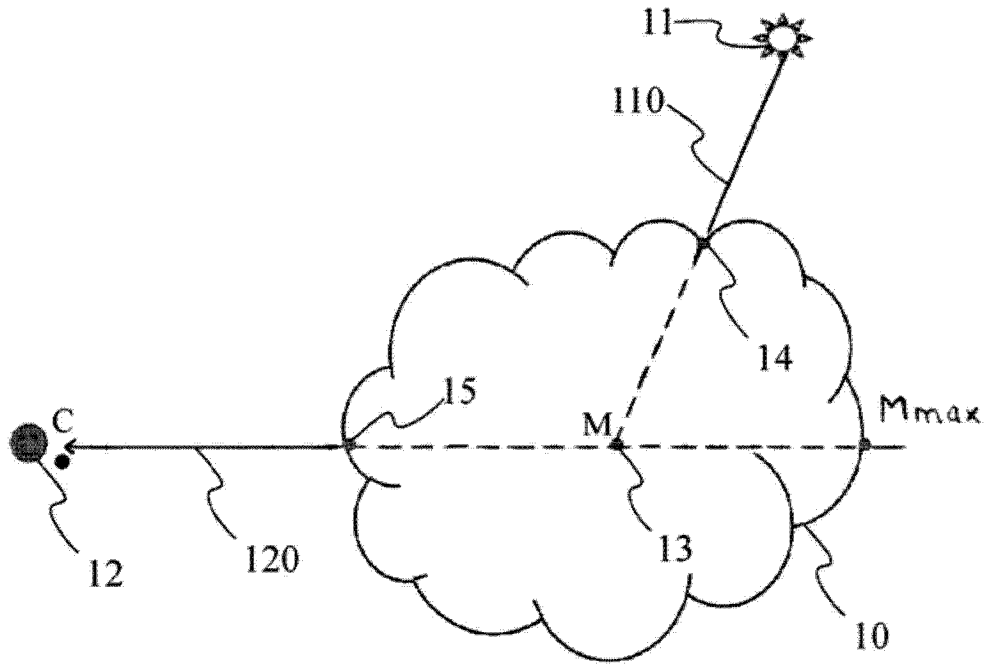


图 1

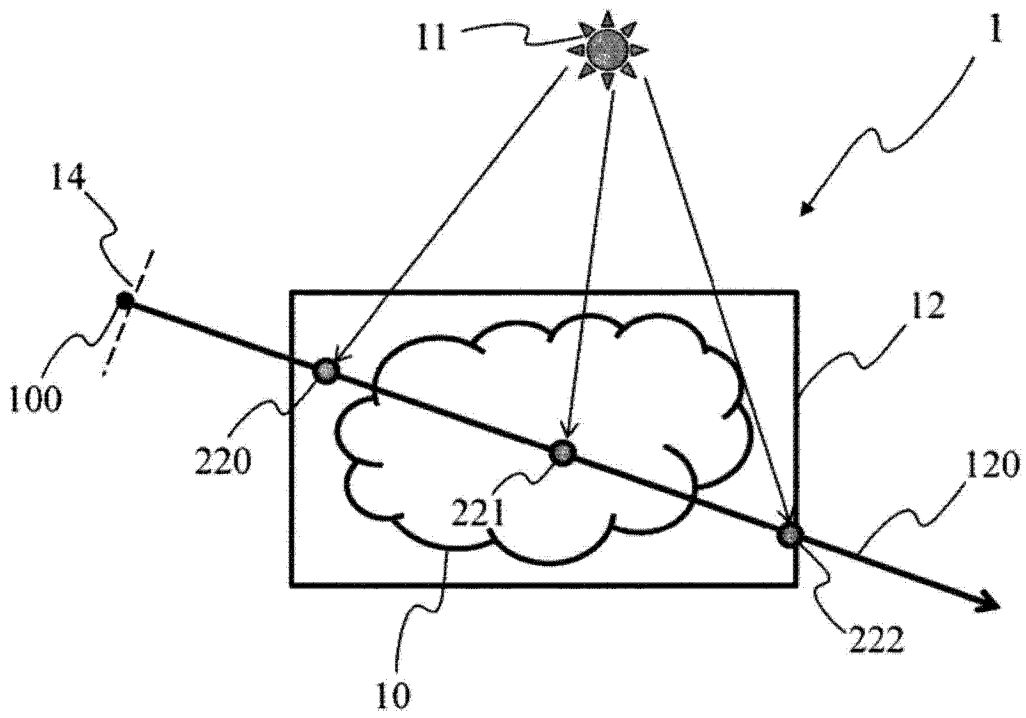


图 2

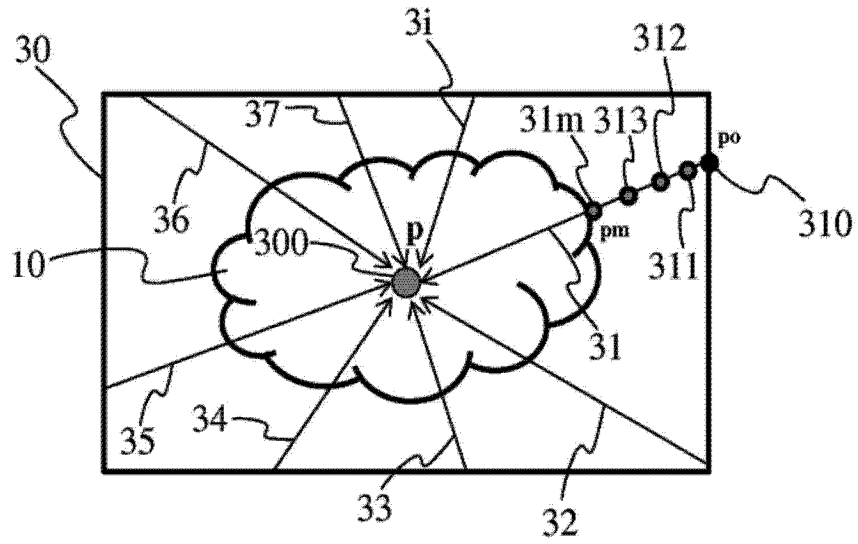


图 3

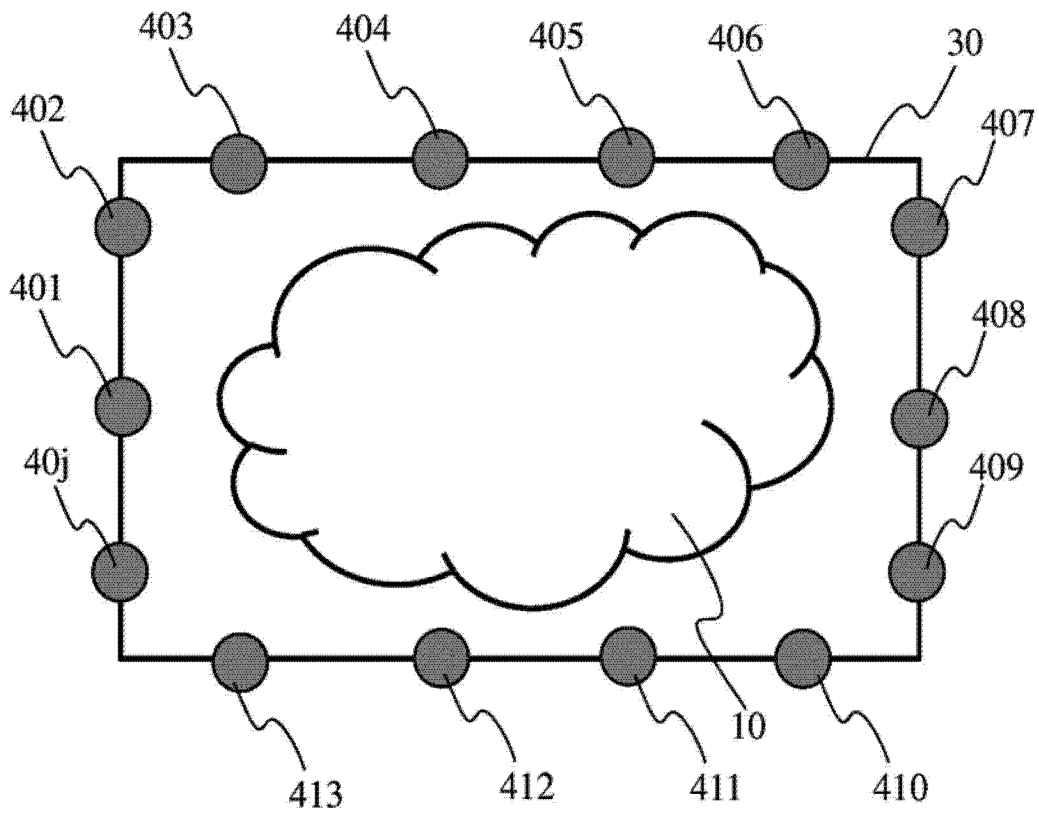


图 4

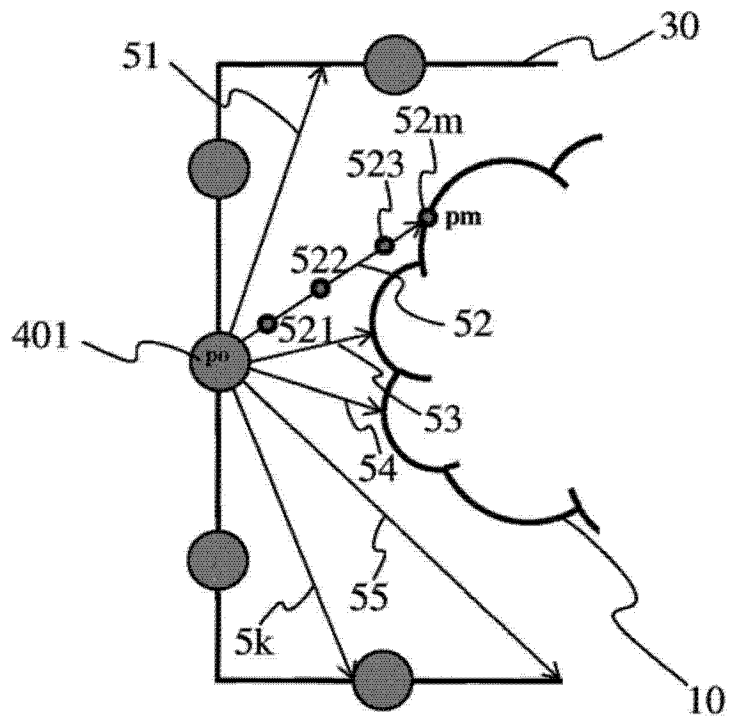


图 5

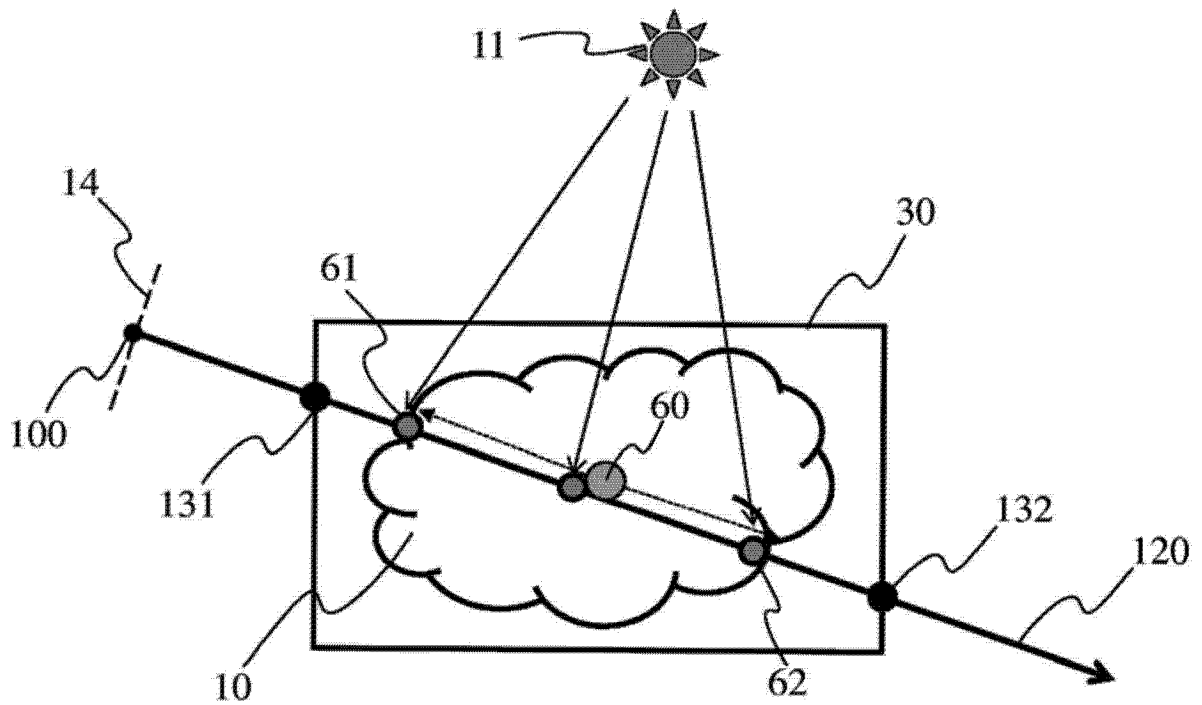


图 6

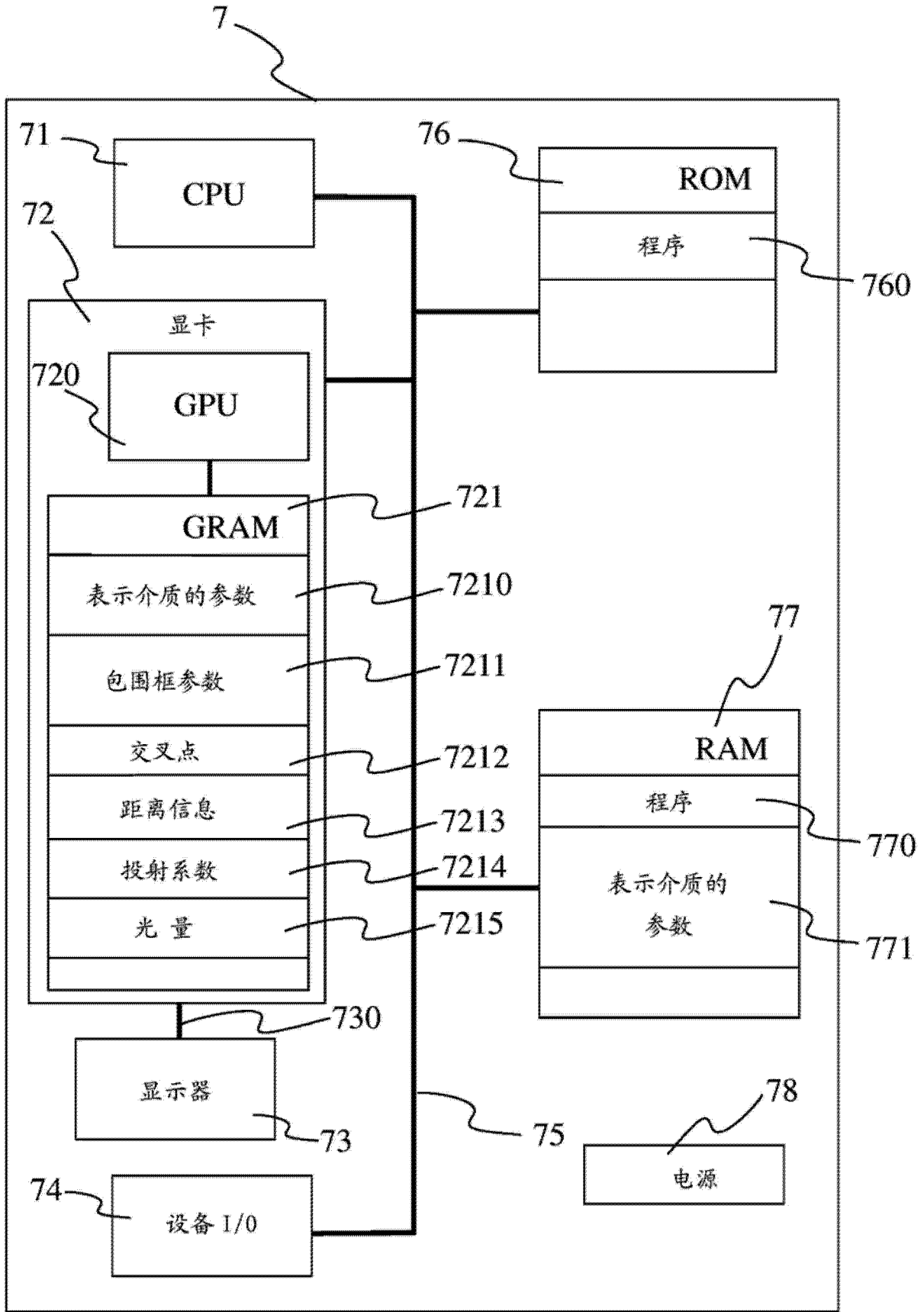


图 7

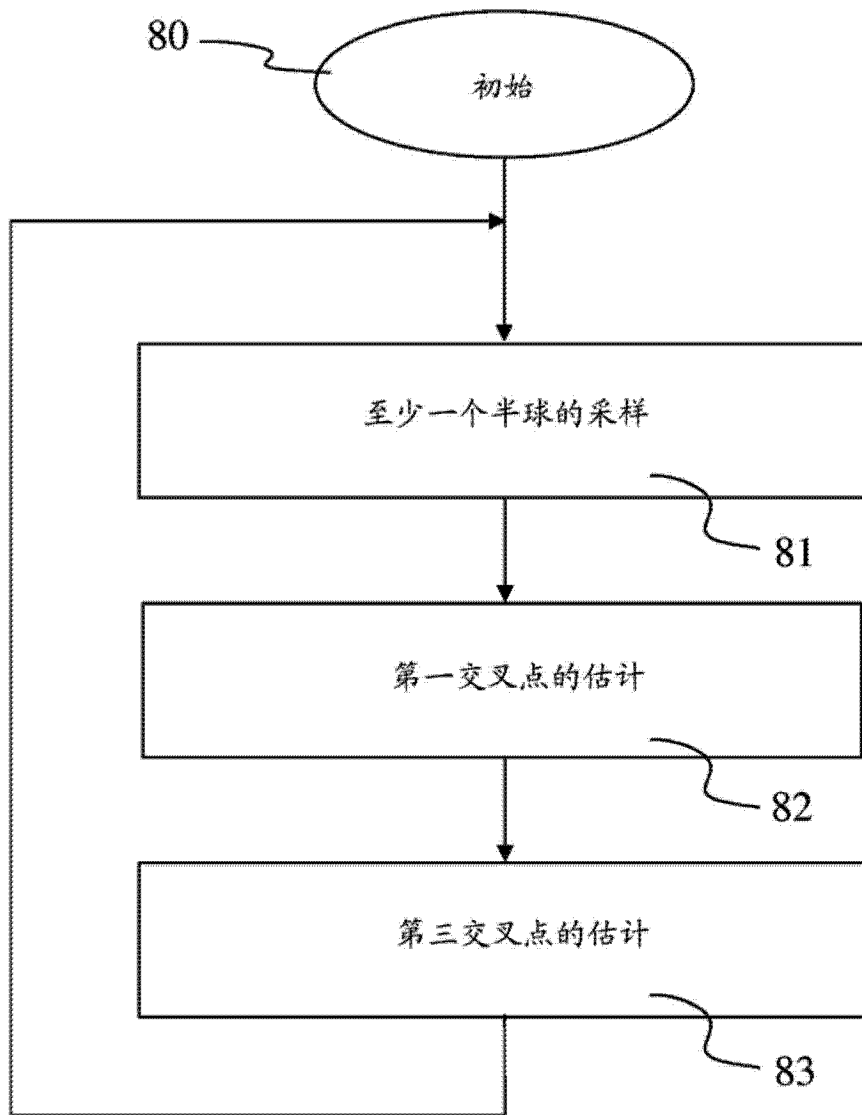


图 8