

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局



(10) 国际公布号

WO 2020/238136 A1

(43) 国际公布日  
2020 年 12 月 3 日 (03.12.2020)

- (51) 国际专利分类号:  
*G06T 11/00* (2006.01) *G06T 15/55* (2011.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/123404
- (22) 国际申请日: 2019 年 12 月 5 日 (05.12.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201910457850.7 2019年5月29日 (29.05.2019) CN
- (71) 申请人: 山东大学 (SHANDONG UNIVERSITY)  
[CN/CN]; 中国山东省济南市高新区舜华路  
1500号, Shandong 250101 (CN)。
- (72) 发明人: 王璐 (WANG, Lu); 中国山东省济南市  
高新区舜华路 1500 号, Shandong 250101 (CN)。  
王欣 (WANG, Xin); 中国山东省济南市高新区

舜华路 1500 号, Shandong 250101 (CN)。康春萌  
(KANG, Chunmeng); 中国山东省济南市高新区  
舜华路 1500 号, Shandong 250101 (CN)。徐延  
宁 (XU, Yanning); 中国山东省济南市高新区舜  
华路 1500 号, Shandong 250101 (CN)。孟祥旭  
(MENG, Xiangxu); 中国山东省济南市高新区  
舜华路 1500 号, Shandong 250101 (CN)。马蕾  
(MA, Leilei); 中国山东省济南市高新区舜华  
路 1500 号, Shandong 250101 (CN)。

- (74) 代理人: 济南圣达知识产权代理有限公司 (JINAN  
SHENGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY  
CO., LTD.); 中国山东省济南市经十路 17703 号华  
特广场 B308 室, Shandong 250061 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家  
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,  
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

(54) Title: POLYGON SPACE DIVISION-BASED PHOTON MAPPING OPTIMIZATION METHOD, DEVICE AND SYSTEM

(54) 发明名称: 一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法、装置及系统

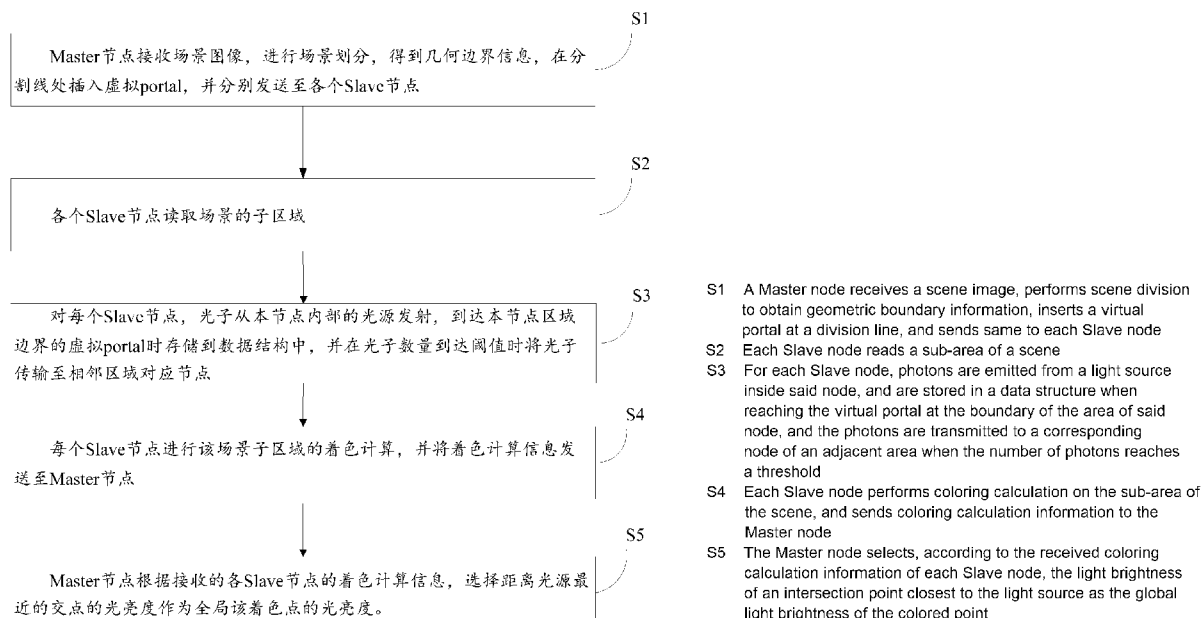


图 1

(57) Abstract: A polygon space division-based photon mapping optimization method, a device and a system. Said method comprises: a Master node receiving a scene image, performing scene division to obtain geometric boundary information, inserting a virtual portal at a division line, and sending same to each Slave node (S1); each Slave node reading a sub-area of a scene (S2); for each Slave node, photons being emitted from a light source inside said node, and being stored in a data structure when reaching the virtual portal at the boundary of the area of said node, and the photons being transmitted to a corresponding node of an adjacent area when the number of photons reaches a threshold (S3); each Slave node performing coloring calculation on the sub-area of the scene, and sending coloring calculation information to the Master node (S4); the Master node selecting, according to the received coloring calculation information of each Slave node, the light brightness of an intersection point closest to the light source as the global light brightness of the colored point (S5).

CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

reaches a threshold (S3); each Slave node performing coloring calculation on the sub-area of the scene, and sending coloring calculation information to the Master node (S4); and the Master node selecting, according to the received coloring calculation information of each Slave node, the light brightness of an intersection point closest to the light source as the global light brightness of the colored point (S5).

(57) 摘要: 一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法、装置及系统, 该方法包括: Master节点接收场景图像, 进行场景划分, 得到几何边界信息, 在分割线处插入虚拟portal, 并分别发送至各个Slave节点 (S1); 各个Slave节点读取场景的子区域 (S2); 对每个Slave节点, 光子从本节点内部的光源发射, 到达本节点区域边界的虚拟portal时存储到数据结构中, 并在光子数量到达阈值时将光子传输至相邻区域对应节点 (S3); 每个Slave节点进行该场景子区域的着色计算, 并将着色计算信息发送至Master节点 (S4); Master节点根据接收的各Slave节点的着色计算信息, 选择距离光源最近的交点的光亮度作为全局该着色点的光亮度 (S5)。

## 一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法、装置及系统

### 技术领域

本公开属于图形学真实感渲染的技术领域，涉及一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法、装置及系统。

### 背景技术

本部分的陈述仅仅是提供了与本公开相关的背景技术信息，不必然构成在先技术。

在建筑、艺术、尤其是数字电影领域，对绘制场景规模的需求和真实感的需求越来越大。为了生成相片级别的真实感图像，需要进行全局光照的计算，从而精确地模拟场景中所有光照情况。然而，由于全局光照计算中，需要渲染的空间场景可能会很大，其带来的大规模光照计算任务和大规模场景数据存储需求，给真实感渲染与视觉特效仿真提出新的挑战。因此，如何缩短渲染时间和减少内存使用成为越来越重要的问题。

随着近几年分布式框架的日益发展，越来越多的研究者将分布式与渲染相结合，借助集群强大的计算能力来减少渲染时间。这样，不仅仅大大减少了渲染时间，内存加载不下的问题也不复存在。针对大规模场景的光子存储瓶颈，目前研究者提出了一系列光子映射内外存调度方法，在大规模场景的绘制中起到一定的作用。这些方法大多采用特殊的场景划分策略，以适用于某种类型场景几何数据的分布特点，减少内外存的数据交换量。

然而，发明人在研发过程中发现，目前方法中尚没有高效的场景划分方法适用于大型展馆类的场景。

### 发明内容

针对现有技术中存在的不足，本公开的一个或多个实施例提供了一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法、装置及系统。

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面，提供一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法，该方法包括：

Master 节点接收场景图像，进行场景划分，得到几何边界信息，在分割线处插入虚拟 portal，并分别发送至各个 Slave 节点；

各个 Slave 节点读取场景的子区域；

对每个 Slave 节点，光子从本节点内部的光源发射，到达本节点区域边界的虚拟 portal 时存储到数据结构中，并在光子数量到达阈值时将光子传输至相邻区域对应节点；

每个 Slave 节点进行该场景子区域的着色计算，并将着色计算信息发送至 Master 节点；

Master 节点根据接收的各 Slave 节点的着色计算信息，选择距离光源最近的交点的光亮度作为全局该着色点的光亮度。

进一步地，在该方法中，所述几何场景信息包括多边形的顶点信息、多边形的唯一标识和该多边形相邻多边形的唯一标识。

进一步地，在该方法中，所述 Master 节点进行场景划分的具体步骤包括：

根据场景图像的俯视图，得到场景的轮廓坐标信息；

根据 Slave 节点的数目，将场景图像划分成相应的 N 份；

保证场景分割线总和最短和每块划分后的场景子区域面积差最小。

进一步地，在该方法中，所述将场景图像划分成相应的 N 份的具体步骤包括：

假设场景的外轮廓多边形划分成 N 份，根据外轮廓多边形的面积，计算目标子多边形面积；

场景的外轮廓多边形一分为二，其中一个面积为目标子多边形面积；迭代使用相同的方法将另一个子多边形分割，直至分割的所有子多边形面积接近目标子多边形面积；

确定最短的场景分割线。

进一步地，在该方法中，所述各个 Slave 节点读取场景的子区域的具体步骤包括：

采用分布式加载场景的子区域中物体，采用 SAH 策略构建场景 k-d 树，在本节点内部生成属于本区域范围内的光子图。

进一步地，在该方法中，所述每个 Slave 节点在本节点内进行光子追踪求交检测。

进一步地，在该方法中，所述每个 Slave 节点进行该场景子区域的着色计算，在场景分割线附近，采用 overlapped k-d 树存储光子，从屏幕空间发射光线，记录光线与几何相交的着色点，通过光子图进行光子收集计算出该着色点的辐射亮度，并完成着色计算，具体步骤包括：

设定光子收集搜索半径；

当着色点和虚拟 portal 距离大于等于搜索半径时，着色点的光亮度为该节点内部的光子图计算出的辐射亮度；

当着色点和虚拟 portal 距离小于搜索半径时，访问相邻分割区域的光子，采用 overlapped k-d 树组织光子图，将划分区域边界处的光子重复存储到临近区域的节点上，着色点的光亮度为检测节点内部光子图中的光子图计算出的辐射亮度。

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面，提供一种基于多边形空间划分的光子映射优化系统。

一种基于多边形空间划分的光子映射优化系统，该系统包括：Master 节点和与其连接的若干 Slave 节点；

Master 节点接收场景图像，进行场景划分，得到几何边界信息，在分割线处插入虚拟 portal，并分别发送至各个 Slave 节点；

各个 Slave 节点读取场景的子区域；

对每个 Slave 节点,光子从本节点内部的光源发射,到达本节点区域边界的虚拟 portal 时存储到数据结构中,并在光子数量到达阈值时将光子传输至相邻区域对应节点;

每个 Slave 节点进行该场景子区域的着色计算,并将着色计算信息发送至 Master 节点;

Master 节点根据接收的各 Slave 节点的着色计算信息,选择距离光源最近的交点的光亮度作为全局该着色点的光亮度。

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法,在 Master 节点中实现,该方法包括:

Master 节点接收场景图像,进行场景划分,得到几何边界信息,在分割线处插入虚拟 portal,并分别发送至各个 Slave 节点;

Master 节点根据接收的各 Slave 节点的着色计算信息,选择距离光源最近的交点的光亮度作为全局该着色点的光亮度。

进一步地,在该方法中,所述几何场景信息包括多边形的顶点信息、多边形的唯一标识和该多边形相邻多边形的唯一标识。

进一步地,在该方法中,所述 Master 节点进行场景划分的具体步骤包括:

根据场景图像的俯视图,得到场景的轮廓坐标信息;

根据 Slave 节点的数目,将场景图像划分成相应的 N 份;

保证场景分割线总和最短和每块划分后的场景子区域面积差最小。

进一步地,在该方法中,所述将场景图像划分成相应的 N 份的具体步骤包括:

假设场景的外轮廓多边形划分成 N 份,根据外轮廓多边形的面积,计算目标子多边形面积;

场景的外轮廓多边形一分为二,其中一个面积为目标子多边形面积;迭代使用相同的方法将另一个子多边形分割,直至分割的所有子多边形面积接近目标子多边形面积;

确定最短的场景分割线。

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种计算机可读存储介质。

一种计算机可读存储介质,其中存储有多条指令,所述指令适于由电子设备的处理器加载并执行所述的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种电子设备。

一种电子设备,其包括处理器和计算机可读存储介质,处理器用于实现各指令;计算机可读存储介质用于存储多条指令,所述指令适于由处理器加载并执行所述的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法，在 Slave 节点中实现，该方法包括：  
Slave 节点读取场景的子区域；

对每个 Slave 节点，光子从本节点内部的光源发射，到达本节点区域边界的虚拟 portal 时存储到数据结构中，并在光子数量到达阈值时将光子传输至相邻区域对应节点；

每个 Slave 节点进行该场景子区域的着色计算，并将着色计算信息发送至 Master 节点。

进一步地，在该方法中，所述 Slave 节点读取场景的子区域的具体步骤包括：

采用分布式加载场景的子区域中物体，采用 SAH 策略构建场景 k-d 树，在本节点内部生成属于本区域范围内的光子图。

进一步地，在该方法中，所述每个 Slave 节点在本节点内进行光子追踪求交检测。

进一步地，在该方法中，所述每个 Slave 节点进行该场景子区域的着色计算，在场景分割线附近，采用 overlapped k-d 树存储光子，从屏幕空间发射光线，记录光线与几何相交的着色点，通过光子图进行光子收集计算出该着色点的辐射亮度，并完成着色计算，具体步骤包括：

设定光子收集搜索半径；

当着色点和虚拟 portal 距离大于等于搜索半径时，着色点的光亮度为该节点内部的光子图计算出的辐射亮度；

当着色点和虚拟 portal 距离小于搜索半径时，访问相邻分割区域的光子，采用 overlapped k-d 树组织光子图，将划分区域边界处的光子重复存储到临近区域的节点上，着色点的光亮度为检测节点内部光子图中的光子图计算出的辐射亮度。

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面，提供一种计算机可读存储介质。

一种计算机可读存储介质，其中存储有多条指令，所述指令适于由电子设备的处理器加载并执行所述的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面，提供一种电子设备。

一种电子设备，其包括处理器和计算机可读存储介质，处理器用于实现各指令；计算机可读存储介质用于存储多条指令，所述指令适于由处理器加载并执行所述的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

本公开的有益效果：

本公开提供的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法、装置及系统，在用户视觉上无明显偏差；多个节点并行发射光子，当节点数目增加时，光子发射时间越来越短，该方法在绘制阶段具有很好的扩展性。同样数目节点情况下，本公开提出的划分方法所用的光子发射时间要小于基于 K-d 树划分方法的光子发射时间，在光子发射阶段，光子撞击到虚拟 portal 的数量要比基于 k-d 树划分方法中的数量要少，降低传输成本。本公开多节点成功分担了每一次场景增加的复杂度，该分布式架构适用于具有复杂外轮廓的场景的绘制。

## 附图说明

构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解，本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请，并不构成对本申请的不当限定。

图 1 是根据一个或多个实施例的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法流程图；

图 2 (a) 是根据一个或多个实施例的多边形 ABCD 的潜在分割边 c1 图；

图 2 (b) 是根据一个或多个实施例的多边形 ABCD 的潜在分割边 c2 图；

图 3 是根据一个或多个实施例的以 AD 和 BC 为配对边分割图；

图 4 是根据一个或多个实施例的三角形 AGB 中的最短分割线图；

图 5 是根据一个或多个实施例的梯形 GDHB 中的最短分割线图；

图 6 是根据一个或多个实施例的当撞击点离虚拟 portal (虚线) 很近时需要收集相邻区域的光子图；

图 7 是根据一个或多个实施例的光子撞击到 overlapped 区域时发送到相邻节点图。

## 具体实施方式：

下面将结合本公开的一个或多个实施例中的附图，对本公开的一个或多个实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本公开一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本公开的一个或多个实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本公开保护的范围。

应该指出，以下详细说明都是例示性的，旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明，本实施例使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解相同含义。

需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

需要注意的是，附图中的流程图和框图示出了根据本公开的各种实施例的方法和系统的可能实现的体系架构、功能和操作。应当注意，流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段、或代码的一部分，所述模块、程序段、或代码的一部分可以包括一个或多个用于实现各个实施例中所规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意，在有些作为备选的实现中，方框中所标注的功能也可以按照不同于附图中所标注的顺序发生。例如，两个接连地表示的方框实际上可以基本并行地执行，或者它们有时也可以按照相反的顺序执行，这取决于所涉及的功能。同样应当注意的是，流程图和/或框图中的每个方框、以及流程图和/或框图中的方框的组合，可以使用执行规定的功能或操作的专用的基于硬件的系统来实现，或者可以使用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

在不冲突的情况下，本公开中的实施例及实施例中的特征可以相互组合，下面结合附图与实施例对本公开作进一步说明。

本实施例提出了针对类似博物馆的室内展馆类大场景分布式光子映射算法，由于该类场景外轮廓一般较为复杂、室内没有明显的房间界限。并且大多数展品均匀摆放在场景内部。这种大型建筑物一般都由数以万计的多边形和数千个光源组成。因此，内存加载不开，就需要将建筑以某种划分方式分割成多个单元，分布式加载到各个节点上面，每个节点只加载其中一个单元，这样就不需要担心内存加载不下的情况。

本实施例提出一种基于场景外轮廓的场景划分方式。该划分方式保证划分出的子场景面积大致相同，分割线总和最短。在分割线处插入虚拟 portal，用于光子映射过程中的数据传输的有效组织，保持各个分割单元之间的联系。

其中，等面积保证各个子区域的求交计算量大致相等，从而使得每个节点的光照求交任务更加均衡，减少了节点通信时因为任务不均衡而造成的互相等待问题，减少了通信时间；此外，划分场景的分割线总长度最短，当 portal 的高度相同的情况下，相比其他划分方式，portal 的表面积和是最小的。从而保证各个子区域之间的数据传输最少。场景划分之后，由 master 调度将各个划分的子单元分发到相应的 slave 节点上，每个 slave 节点分别处理其中一个子单元，减少了整体场景加载时间。

#### 实施例一

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面，提供一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法，该方法包括：

场景划分和加载阶段：

master 节点将场景外轮廓按照本文提出划分方法划分成 N 份，将划分后的几何边界信息发送给每个 slave 节点，由各个 slave 节点读取场景的子区域。

S1: Master 节点接收场景图像，进行场景划分，得到几何边界信息，在分割线处插入虚拟 portal，并分别发送至各个 Slave 节点；

S2: 各个 Slave 节点读取场景的子区域；

光子发射阶段：

S3: 对每个 Slave 节点，光子从本节点内部的光源发射，到达本节点区域边界的虚拟 portal 时存储到数据结构中，并在光子数量到达阈值时将光子传输至相邻区域对应节点；

对于每一个 slave 节点而言，光子从本节点内部的光源发射，并在本节点内进行光子追踪求交检测，就像从单节点上进行光子发射一样。但是当光子到达本节点区域边界的虚拟 portal 的时候，它并不会反射或者被吸收，而是会被存储到一个特定的数据结构中。这个数

据结构负责存储所有撞击到这个虚拟 portal 的光子。当这个数据结构的光子数量达到一定值的时候，将数据结构中的光子传输到相邻区域对应的节点中。

绘制阶段：

S4：每个 Slave 节点进行该场景子区域的着色计算，并将着色计算信息发送至 Master 节点；

S5：Master 节点根据接收的各 Slave 节点的着色计算信息，选择距离光源最近的交点的光亮度作为全局该着色点的光亮度。

在绘制阶段，master 节点负责将 eye rays 发送到所有 slave 节点，在每个 slave 节点上计算光线和场景交点，并在该交点处做光子收集，计算该点的光亮度值，然后每个 slave 节点将交点位置和交点的光亮度值返回给 master 节点，master 节点选择离视点最近的交点和对应的光亮度值，作为某个采样点的光亮度值，直到所有 eye rays 计算完成。

在本实施例的步骤 S1 中，所述几何场景信息包括多边形的顶点信息、多边形的唯一标识和该多边形相邻多边形的唯一标识。

在本实施例的步骤 S1 中，所述 Master 节点进行场景划分的具体步骤包括：

根据场景图像的俯视图，得到场景的轮廓坐标信息；

根据 Slave 节点的数目，将场景图像划分成相应的 N 份；

保证场景分割线总和最短和每块划分后的场景子区域面积差最小。

在本实施例的步骤 S1 中，所述将场景图像划分成相应的 N 份的具体步骤包括：

假设场景的外轮廓多边形划分成 N 份，根据外轮廓多边形的面积，计算目标子多边形面积；

场景的外轮廓多边形一分为二，其中一个面积为目标子多边形面积；迭代使用相同的方法将另一个子多边形分割，直至分割的所有子多边形面积接近目标子多边形面积；

确定最短的场景分割线。

在本实施例的步骤 S2 中，所述各个 Slave 节点读取场景的子区域的具体步骤包括：

采用分布式加载场景的子区域中物体，采用 SAH 策略构建场景 k-d 树，在本节点内部生成属于本区域范围内的光子图。

在场景划分和加载阶段，master 节点将场景外轮廓按照上述的划分方法划分成 N 份，将划分后的几何边界信息发送给每个 slave 节点。划分之后的多边形需要记录以下信息：多边形的顶点信息，记录该信息是为了在 slave 节点加载物体的时候，判断场景内的某个物体是否属于该多边形。该多边形的相邻的多边形的唯一标识也要记录，因为只有相邻区域对应的 slave 节点才进行通信。除此之外，该多边形的唯一标识也需要记录。

场景划分和加载部分为以下几个步骤

步骤 (1.1)：找配对边

对于给定场景的外轮廓多边形, 假设需要把这个多边形分成  $N$  份, 本文使用分而治之算法: 计算外轮廓多边形的面积为  $A_{poly}$ , 因而, 每个待划分的目标子多边形  $A_{tar}$  的面积为:

$$A_{tar} = \frac{A_{poly}}{N} \quad (1)$$

针对初始多边形, 首先把这个多边形分成两个, 小的一个的面积  $A_{small}$  为:

$$A_{small} = \frac{A_{poly}}{N} \quad (2)$$

较大的那个多边形的面积  $A_{big}$  为:

$$A_{big} = \frac{(N-1)}{N} A_{poly} \quad (3)$$

迭代使用相同的方法将较大的那个多边形分割, 直到分割的多边形面积符合公式 (1) 的要求。

#### 步骤 (1.2): 确定分割线

分割线肯定是从多边形的一条边开始, 从多边形的另一条边结束。例如, 在 4 条边的多边形中边与边的组合有 6 种可能。所以可能有一条潜在分割边 (potential cut)。如图 1, 举出了 2 条潜在分割边  $c_1$ ,  $c_2$ 。对于所有的潜在分割边, 本文选择一条最短的。

不失一般性, 以图 2 (a) 和图 2 (b) 中的四边形为例, 选择 AD 和 BC 为分割线顶点所在的边, 第一步, 确定边 AD 和边 BC 组成的角平分线, 如图 2 (a) 和图 2 (b) 虚线, 标记为  $m$ 。第二步, 四个顶点分别沿着垂直于角平分线  $m$  的方向, 向相对边上做投影, 如果投影点未落在相对边的线段上, 则忽略该投影点。例如, 在图 3 中, B 的投影顶点是 G, D 的投影点是 H。沿着与角平分线  $m$  垂直的方向投影 A 点, 发现其投影点并不位于边 BC 上, 所以顶点 A 被忽略。相同的论点适用于点 C。四个顶点的有效投影点是 G 和 H。第三步, 将顶点 B 和 D 连接到它们对应的有效投影点 G 和 H, 形成了三角形 AGB, DCH 和梯形 GDHB 的组合。第四步, 若边 AD 和边 BC 上存在最小分割线, 则必须位于这两个三角形或梯形中。要找出最小分割线的位置, 可以进行简单的区域检查。例如,  $A_{AGB}$  是左三角形的面积,  $A_{GDHB}$  是梯形的面积,  $A_{DCH}$  是右边三角形的面积。最小的分割线所在位置有三种情况:

第一种情况, 如果  $\frac{A_{poly}}{N} < A_{AGB}$ , 那么最小分割线在三角形中, 如图 4。分割线的一端与 B 点重合, 分割线的另一端可以通过基于目标区域点 A 和 G 的线性插值得到。目标区域的面积是  $\frac{A_{poly}}{N}$ , 分割线另一个端点可以通过公式 (4) 线性插值得到:

$$A + \frac{A_{poly}}{N * A_{AGB}} (G - A) \quad (4)$$

第二种情况，如果  $\frac{A_{poly}}{N} > A_{AGB}$  且  $\frac{A_{poly}}{N} < A_{AGB} + A_{GDHB}$ ，那么最小分割线在梯形中，如图 5。分割线的两个顶点可以根据目标区域的面积大小进行移动。如果分割线需要最短的话，那么分割线的角度必须总是垂直于边 AD 和边 BC 的角平分线 m。分割线的一端是 G 和 D 的线性插值。分割线的另一端是 B 和 H 的线性插值。

第三种情况，如果  $\frac{A_{poly}}{N} > A_{AGB} + A_{GDHB}$ ，那么最小分割线在右三角形中。

当分割线是位于梯形中的时候，分割线一定会垂直于边 AD 和边 BC 的角平分线 m，可以通过创建一个梯形来进行几何验证，其中平行边与角平分线成  $\alpha$  角。这个梯形的面积可以表示为  $\alpha$  的函数。为了使分割线最短，本文取该区域的导数，并且可以证明，对于给定区域， $\alpha$  必须等于 90 度。

划分完场景后，每个 slave 节点开始读入划分子场景的几何信息和光源信息，由于场景文件一般比较大，对于有些场景文件来说甚至可以达到几十 G，此时，内存一次性加载不开。所以采用分布式加载 xml 中物体的方式。当每个 slave 节点将场景内相关的物体加载进来之后，使用 SAH 策略开始构建场景 k-d 树，由于每个 slave 节点也加载了光源信息，所以可以在本节点内部生成属于本区域范围内的光子图。由于每个节点不需要存储全局的光子，只需要存储本区域的，所以减少了光子存储的内存压力。

在本实施例的步骤 S3 中，所述每个 Slave 节点在本节点内进行光子追踪求交检测。

一个节点中的光子图中的光子包括本区域发射的光子和从相邻节点通过虚拟 portal 传输过来的光子。光子在场景内传输，当光子碰到漫反射 (diffuse) 表面的时候，就会被存储到光子图中。由于每个节点加载其中一个子区域，因此，每个节点都有属于本区域范围内的光子图，该光子图只需要存储在本节点所加载场景的光子，并不需要存储整个场景中的光子，因此，大大减少了内存压力。

光子发射阶段，具体如下，由于每个节点加载了属于每个节点范围内的光源，所以在每个节点上，光子从本节点的光源发射，并在本节点内进行求交检测。由于每个节点只加载了场景的一个子区域，当进行求交检测的时候，本文只需要考虑子区域中的几何，因此，求交检测的效率会大大提高。

当光子在场景内传输期间，光子可能会撞击到不同的表面，当光子撞击到场景内的这些物体表面时，使用俄罗斯轮盘来决定它是否会被反射，继续传播或者被吸收。然而，当光子到达插入的虚拟 portal 的时候，它并不会反射或者被吸收，而是会被存储到一个特定的数据结构中。这个数据结构负责存储所有撞击到这个虚拟 portal 的光子。存储这些光子的数组的大小本文给了一个固定值 MAX\_TEMP\_PHOTONS，本文当这个数据结构的光子数量达到这个固定值的时候，就激活相邻区域，将数据结构中的光子传输到相邻区域对应的节点中。当光子传输到相邻区域的节点时，这些光子开始和相邻区域内的物体进行求交运算，像从光源发射的光子一样。当节点没有计算任务的时候，本文此时会再次检测虚拟 portal 上面的光子数量。此时，即使虚拟 portal 上面的光子的数量由于没有达到 MAX\_TEMP\_PHOTONS，这些虚拟 portal 上面的光子也会被全部传输到相邻区域，减少了光子损失，提高了准确率。

光子在场景内传输，当光子碰到漫反射 (diffuse) 表面的时候，光子就会被存储到相关数据结构中。一旦光子在场景的子区域中传输完毕，该子区域中的存储的光子就会被组织成 k-d 树，用来构建光子图，由于每个节点加载其中一个子区域，因此，每个节点都有属于本区域范围内的光子图，该光子图只需要存储在本节点所加载场景的光子，并不需要存储整个场景中的光子，因此，每棵 k-d 树的层次会大大减少，当使用 k 近邻算法计算搜索半径内的着色点的光亮度的时候，将会变得更高效，而且这大大减少了内存压力。

在本实施例的步骤 S4 中，所述每个 Slave 节点进行该场景子区域的着色计算，在场景分割线附近，采用 overlapped k-d 树存储光子，从屏幕空间发射光线，记录光线与几何相交的着色点，通过光子图进行光子收集计算出该着色点的辐射亮度，并完成着色计算，具体步骤包括：

设定光子收集搜索半径；

当着色点和虚拟 portal 距离大于等于搜索半径时，着色点的光亮度为该节点内部的光子图计算出的辐射亮度；

当着色点和虚拟 portal 距离小于搜索半径时，访问相邻分割区域的光子，采用 overlapped k-d 树组织光子图，将划分区域边界处的光子重复存储到临近区域的节点上，着色点的光亮度为检测节点内部光子图中的光子图计算出的辐射亮度。

本发明使用 overlapped k-d 树存储光子在解决边界处着色点跨界点收集光子的问题，采用 overlapped k-d 树。在场景分割线区域设定一个范围，本文将该范围设定为光子收集搜索半径，将这个范围作为重叠 (overlapped) 区域。光子发射之后的光子如果落在该边界范围内，则将该光子需要在相邻区域节点均存储。具体做法是，对于每一个光子来说，分别在 x 轴、y 轴和 z 轴方向计算这个光子与分割平面的距离，如果该光子与 x 轴、y 轴、z 轴的距离都小于搜索半径的话，那该光子就需要被发送到相邻区域，在相邻区域进行进一步的传输，就像从光源发射的光子一样。通过将划分区域边界处的光子重复存储到临近区域的节点上，

在对某个着色点求光亮度时，只需要检测节点内部光子图中的光子，没有通信代价，提高了计算效率。

光子收集阶段，每个节点也只是负责一个场景子区域的着色计算，最后将着色计算信息发送到 master 节点上面，让 master 节点选择距离光源最近的交点的光亮度作为全局该着色点的光亮度。在进行光估计的过程中，从屏幕空间发射光线，记录光线与几何相交的着色点，通过光子图进行光子收集计算出该着色点的辐射亮度，并完成着色计算。在相交点使用 k 近邻搜索周围的光子来估计相交点的光亮度，此时需要确定搜索半径。给定一个搜索半径，对于远离虚拟 portal 处的相交点，使用该节点内部的光子图计算出的辐射亮度就是该点的光亮度。但是针对节点内区域边界处的着色点，即当着色点和虚拟 portal 距离小于搜索半径时，这个时候就会造成光照的不连续性，因此，需要访问相邻分割区域的光子。本发明使用 overlapped k-d tree 解决该问题，如图 6。具体做法是，对于每一个光子来说，分别在 x 轴、y 轴和 z 轴方向计算这个光子与分割平面的距离，如果该光子与 x 轴、y 轴、z 轴的距离都小于搜索半径的话，那该光子就需要被发送到相邻区域，在相邻区域进行进一步的传输，就像从光源发射的光子一样。如图 7，虚线与分割线之间的就是 overlapped 区域。为了能够使用 k-近邻算法快速定位屏幕空间发射出的光线与场景相交点半径范围内的光子，本文使用 k-d 树组织光子图。通过将划分区域边界处的光子重复存储到临近区域的节点上，在对某个着色点求光亮度时，只需要检测节点内部光子图中的光子，没有通信代价，提高了计算效率。

本实施例可以扩展到 128 个节点，并且无论是凸外轮廓还是凹外轮廓都可以适用，充分解决了展馆类场景的渲染时间和内存瓶颈问题。不仅如此，本发明场景划分算法和基于 kd 树的划分算法相比较，在同样数目节点情况下，本文提出的划分方法所用的光子发射时间要小于基于 kd 树方法的光子发射时间，在超过 8 个节点时，本文方法相对于 kd 树划分方法，速度提升了 1.5 倍以上。

## 实施例二

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面，提供一种基于多边形空间划分的光子映射优化系统。

一种基于多边形空间划分的光子映射优化系统，基于实施例一种所述的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法，该系统包括：Master 节点和与其连接的若干 Slave 节点；

Master 节点接收场景图像，进行场景划分，得到几何边界信息，在分割线处插入虚拟 portal，并分别发送至各个 Slave 节点；

各个 Slave 节点读取场景的子区域；

对每个 Slave 节点，光子从本节点内部的光源发射，到达本节点区域边界的虚拟 portal 时存储到数据结构中，并在光子数量到达阈值时将光子传输至相邻区域对应节点；

每个 Slave 节点进行该场景子区域的着色计算,并将着色计算信息发送至 Master 节点;  
Master 节点根据接收的各 Slave 节点的着色计算信息,选择距离光源最近的交点的光亮度作为全局该着色点的光亮度。

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法,在 Master 节点中实现,该方法包括:

Master 节点接收场景图像,进行场景划分,得到几何边界信息,在分割线处插入虚拟 portal,并分别发送至各个 Slave 节点;

Master 节点根据接收的各 Slave 节点的着色计算信息,选择距离光源最近的交点的光亮度作为全局该着色点的光亮度。

进一步地,在该方法中,所述几何场景信息包括多边形的顶点信息、多边形的唯一标识和该多边形相邻多边形的唯一标识。

进一步地,在该方法中,所述 Master 节点进行场景划分的具体步骤包括:

根据场景图像的俯视图,得到场景的轮廓坐标信息;

根据 Slave 节点的数目,将场景图像划分成相应的 N 份;

保证场景分割线总和最短和每块划分后的场景子区域面积差最小。

进一步地,在该方法中,所述将场景图像划分成相应的 N 份的具体步骤包括:

假设场景的外轮廓多边形划分成 N 份,根据外轮廓多边形的面积,计算目标子多边形面积;

场景的外轮廓多边形一分为二,其中一个面积为目标子多边形面积;迭代使用相同的方法将另一个子多边形分割,直至分割的所有子多边形面积接近目标子多边形面积;

确定最短的场景分割线。

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种计算机可读存储介质。

一种计算机可读存储介质,其中存储有多条指令,所述指令适于由电子设备的处理器加载并执行所述的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种电子设备。

一种电子设备,其包括处理器和计算机可读存储介质,处理器用于实现各指令;计算机可读存储介质用于存储多条指令,所述指令适于由处理器加载并执行所述的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法,在 Slave 节点中实现,该方法包括:

Slave 节点读取场景的子区域;

对每个 Slave 节点,光子从本节点内部的光源发射,到达本节点区域边界的虚拟 portal 时存储到数据结构中,并在光子数量到达阈值时将光子传输至相邻区域对应节点;

每个 Slave 节点进行该场景子区域的着色计算,并将着色计算信息发送至 Master 节点。

进一步地,在该方法中,所述 Slave 节点读取场景的子区域的具体步骤包括:

采用分布式加载场景的子区域中物体,采用 SAH 策略构建场景 k-d 树,在本节点内部生成属于本区域范围内的光子图。

进一步地,在该方法中,所述每个 Slave 节点在本节点内进行光子追踪求交检测。

进一步地,在该方法中,所述每个 Slave 节点进行该场景子区域的着色计算,在场景分割线附近,采用 overlapped k-d 树存储光子,从屏幕空间发射光线,记录光线与几何相交的着色点,通过光子图进行光子收集计算出该着色点的辐射亮度,并完成着色计算,具体步骤包括:

设定光子收集搜索半径;

当着色点和虚拟 portal 距离大于等于搜索半径时,着色点的光亮度为该节点内部的光子图计算出的辐射亮度;

当着色点和虚拟 portal 距离小于搜索半径时,访问相邻分割区域的光子,采用 overlapped k-d 树组织光子图,将划分区域边界处的光子重复存储到临近区域的节点上,着色点的光亮度为检测节点内部光子图中的光子图计算出的辐射亮度。

### 实施例二

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种计算机可读存储介质。

一种计算机可读存储介质,其中存储有多条指令,所述指令适于由电子设备的处理器加载并执行所述的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

### 实施例三

根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种电子设备。

一种电子设备,其包括处理器和计算机可读存储介质,处理器用于实现各指令;计算机可读存储介质用于存储多条指令,所述指令适于由处理器加载并执行所述的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

这些计算机可执行指令在设备中运行时使得该设备执行根据本公开中的各个实施例所描述的方法或过程。

在本实施例中,计算机程序产品可以包括计算机可读存储介质,其上载有用于执行本公开的各个方面的计算机可读程序指令。计算机可读存储介质可以是可以保持和存储由指令执行设备使用的指令的有形设备。计算机可读存储介质例如可以是——但不限于——电存储设备、磁存储设备、光存储设备、电磁存储设备、半导体存储设备或者上述的任意合适的组合。计算机可读存储介质的更具体的例子(非穷举的列表)包括:便携式计算机盘、

硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦式可编程只读存储器(EPROM 或闪存)、静态随机存取存储器(SRAM)、便携式压缩盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能盘(DVD)、记忆棒、软盘、机械编码设备、例如其上存储有指令的打孔卡或凹槽内凸起结构、以及上述的任意合适的组合。这里所使用的计算机可读存储介质不被解释为瞬时信号本身,诸如无线电波或者其他自由传播的电磁波、通过波导或其他传输媒介传播的电磁波(例如,通过光纤电缆的光脉冲)、或者通过电线传输的电信号。

本文所描述的计算机可读程序指令可以从计算机可读存储介质下载到各个计算/处理设备,或者通过网络、例如因特网、局域网、广域网和/或无线网下载到外部计算机或外部存储设备。网络可以包括铜传输电缆、光纤传输、无线传输、路由器、防火墙、交换机、网关计算机和/或边缘服务器。每个计算/处理设备中的网络适配卡或者网络接口从网络接收计算机可读程序指令,并转发该计算机可读程序指令,以供存储在各个计算/处理设备中的计算机可读存储介质中。

用于执行本公开内容操作的计算机程序指令可以是汇编指令、指令集架构(ISA)指令、机器指令、机器相关指令、微代码、固件指令、状态设置数据、或者以一种或多种编程语言的任意组合编写的源代码或目标代码,所述编程语言包括面向对象的编程语言—诸如 C++ 等,以及常规的过程式编程语言—诸如“C”语言或类似的编程语言。计算机可读程序指令可以完全地在用户计算机上执行、部分地在用户计算机上执行、作为一个独立的软件包执行、部分在用户计算机上部分在远程计算机上执行、或者完全在远程计算机或服务器上执行。在涉及远程计算机的情形中,远程计算机可以通过任意种类的网络—包括局域网(LAN)或广域网(WAN)—连接到用户计算机,或者,可以连接到外部计算机(例如利用因特网服务提供商来通过因特网连接)。在一些实施例中,通过利用计算机可读程序指令的状态信息来个性化定制电子电路,例如可编程逻辑电路、现场可编程门阵列(FPGA)或可编程逻辑阵列(PLA),该电子电路可以执行计算机可读程序指令,从而实现本公开内容的各个方面。

本公开的有益效果是:

(1)、随着节点数目的增加,本文方法误差范围都是在比较小的范围内,且在用户视觉上无明显偏差。

(2)、在光子发射阶段,由于是多个节点并行发射光子,所以当节点数目增加时,光子发射时间越来越短。因为多个节点并行发射光子分担了总体任务量,即使是有通信时间的影响,但是发射光子所耗费的时间依旧越来越短。但是从并行效率来看,无论是发射 2000 万光子、3600 万光子还是 6000 万光子,并行效率随着节点数目的增加有所降低。原因是随着节点数量的增加,节点之间的通信开销会逐渐增加,从而导致并行效率降低。即使是多边形外轮廓为凹边形的情况下,也是同样的规律。因此,无论外轮廓是凸多边形还是凹多边形,

本文算法都可以有效扩展到 128 个节点，且并行效率在 20%以上。因此，本文算法既可以适用于外轮廓为凸多边形的展馆类场景，也适用于外轮廓为凹多边形的展馆类场景。

(3) 在绘制阶段，本论文采用的是 1 个 master 节点多个 slave 节点的主从加速并行模式，master 节点负责发射 eye ray，这些 eye ray 会分别发送到其他每个 slave 节点，在每个 slave 节点上面，eye ray 会和从节点加载的每部分场景进行求交测试，产生 hit points，使用 k 近邻算法求出每个 hit point 处的光亮度，并将交点和该交点的光估计值返回给 master 节点，在 master 节点上面选出与视点最近的交点，并将该交点的光估计值作为该像素的光估计值。所以对于绘制阶段，降低 master 节点与 slave 节点之间的通信开销是主要的问题。使用 4 个节点，发射 25 万光子，每个像素 8 个采样点，绘制阶段所用的时间是 52.2405min，当把节点增加到 32 个的时候，绘制阶段所用的时间为 55.9685min，通信时间增加了 3.728min，说明随着节点的增长，绘制阶段并没有耗费太多通信时间，故本文方法在绘制阶段具有很好的扩展性。

(4) 在同样数目节点情况下，本文提出的划分方法所用的光子发射时间要小于基于 K-d 树划分方法的光子发射时间，在超过 8 个节点时，本文方法相对于基于 k-d 树划分方法，速度提升了 1.5 倍以上。这说明在光子发射阶段，光子撞击到虚拟 portal 的数量要比基于 k-d 树划分方法中的数量要少，降低传输成本。

(5) 在不同节点数目下，将场景外轮廓边数由 8 条边增加到 100 条边的时候，光子发射时间均没有明显增加。这是因为虽然场景复杂度变多，但是场景里面物体数量以及划分场景的分割线长度并没有变化很多，导致光子发射时间变化没有那么明显。这说明多节点成功分担了每一次场景增加的复杂度，该分布式架构适用于具有复杂外轮廓的场景的绘制。

以上所述仅为本申请的优选实施例而已，并不用于限制本申请，对于本领域的技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。因此，本公开将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

## 权利要求书

1. 一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法，其特征在于，该方法包括：

Master 节点接收场景图像，进行场景划分，得到几何边界信息，在分割线处插入虚拟 portal，并分别发送至各个 Slave 节点；

各个 Slave 节点读取场景的子区域；

对每个 Slave 节点，光子从本节点内部的光源发射，到达本节点区域边界的虚拟 portal 时存储到数据结构中，并在光子数量到达阈值时将光子传输至相邻区域对应节点；

每个 Slave 节点进行该场景子区域的着色计算，并将着色计算信息发送至 Master 节点；

Master 节点根据接收的各 Slave 节点的着色计算信息，选择距离光源最近的交点的光亮度作为全局该着色点的光亮度。

2. 如权利要求 1 所述的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法，其特征在于，在该方法中，所述几何场景信息包括多边形的顶点信息、多边形的唯一标识和该多边形相邻多边形的唯一标识。

和/或，在该方法中，所述 Master 节点进行场景划分的具体步骤包括：

根据场景图像的俯视图，得到场景的轮廓坐标信息；

根据 Slave 节点的数目，将场景图像划分成相应的 N 份；

保证场景分割线总和最短和每块划分后的场景子区域面积差最小。

和/或，在该方法中，所述将场景图像划分成相应的 N 份的具体步骤包括：

假设场景的外轮廓多边形划分成 N 份，根据外轮廓多边形的面积，计算目标子多边形面积；

场景的外轮廓多边形一分为二，其中一个面积为目标子多边形面积；迭代使用相同的方法将另一个子多边形分割，直至分割的所有子多边形面积接近目标子多边形面积；

确定最短的场景分割线。

和/或，在该方法中，所述各个 Slave 节点读取场景的子区域的具体步骤包括：

采用分布式加载场景的子区域中物体，采用 SAH 策略构建场景 k-d 树，在本节点内部生成属于本区域范围内的光子图。

和/或，在该方法中，所述每个 Slave 节点在本节点内进行光子追踪求交检测。

和/或，在该方法中，所述每个 Slave 节点进行该场景子区域的着色计算，在场景分割线附近，采用 overlapped k-d 树存储光子，从屏幕空间发射光线，记录光线与几何相交的着色点，通过光子图进行光子收集计算出该着色点的辐射亮度，并完成着色计算，具体步骤包括：

设定光子收集搜索半径；

当着色点和虚拟 portal 距离大于等于搜索半径时，着色点的光亮度为该节点内部的光子图计算出的辐射亮度；

当着色点和虚拟 portal 距离小于搜索半径时, 访问相邻分割区域的光子, 采用 overlapped k-d 树组织光子图, 将划分区域边界处的光子重复存储到临近区域的节点上, 着色点的光亮度为检测节点内部光子图中的光子图计算出的辐射亮度。

3. 一种基于多边形空间划分的光子映射优化系统, 其特征在于, 该系统包括: Master 节点和与其连接的若干 Slave 节点;

Master 节点接收场景图像, 进行场景划分, 得到几何边界信息, 在分割线处插入虚拟 portal, 并分别发送至各个 Slave 节点;

各个 Slave 节点读取场景的子区域;

对每个 Slave 节点, 光子从本节点内部的光源发射, 到达本节点区域边界的虚拟 portal 时存储到数据结构中, 并在光子数量到达阈值时将光子传输至相邻区域对应节点;

每个 Slave 节点进行该场景子区域的着色计算, 并将着色计算信息发送至 Master 节点;

Master 节点根据接收的各 Slave 节点的着色计算信息, 选择距离光源最近的交点的光亮度作为全局该着色点的光亮度。

4. 一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法, 在 Master 节点中实现, 其特征在于, 该方法包括:

Master 节点接收场景图像, 进行场景划分, 得到几何边界信息, 在分割线处插入虚拟 portal, 并分别发送至各个 Slave 节点;

Master 节点根据接收的各 Slave 节点的着色计算信息, 选择距离光源最近的交点的光亮度作为全局该着色点的光亮度。

5. 如权利要求 4 所述的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法, 其特征在于, 在该方法中, 所述几何场景信息包括多边形的顶点信息、多边形的唯一标识和该多边形相邻多边形的唯一标识。

和/或, 在该方法中, 所述 Master 节点进行场景划分的具体步骤包括:

根据场景图像的俯视图, 得到场景的轮廓坐标信息;

根据 Slave 节点的数目, 将场景图像划分成相应的 N 份;

保证场景分割线总和最短和每块划分后的场景子区域面积差最小。

和/或, 在该方法中, 所述将场景图像划分成相应的 N 份的具体步骤包括:

假设场景的外轮廓多边形划分成 N 份, 根据外轮廓多边形的面积, 计算目标子多边形面积;

场景的外轮廓多边形一分为二, 其中一个面积为目标子多边形面积; 迭代使用相同的方法将另一个子多边形分割, 直至分割的所有子多边形面积接近目标子多边形面积;

确定最短的场景分割线。

6. 一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法，在 Slave 节点中实现，其特征在于，该方法包括：

Slave 节点读取场景的子区域；

对每个 Slave 节点，光子从本节点内部的光源发射，到达本节点区域边界的虚拟 portal 时存储到数据结构中，并在光子数量到达阈值时将光子传输至相邻区域对应节点；

每个 Slave 节点进行该场景子区域的着色计算，并将着色计算信息发送至 Master 节点。

7. 如权利要求 6 所述的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法，其特征在于，在该方法中，所述 Slave 节点读取场景的子区域的具体步骤包括：

采用分布式加载场景的子区域中物体，采用 SAH 策略构建场景 k-d 树，在本节点内部生成属于本区域范围内的光子图。

和/或，在该方法中，所述每个 Slave 节点在本节点内进行光子追踪求交检测。

8. 如权利要求 6 所述的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法，其特征在于，在该方法中，所述每个 Slave 节点进行该场景子区域的着色计算，在场景分割线附近，采用 overlapped k-d 树存储光子，从屏幕空间发射光线，记录光线与几何相交的着色点，通过光子图进行光子收集计算出该着色点的辐射亮度，并完成着色计算，具体步骤包括：

设定光子收集搜索半径；

当着色点和虚拟 portal 距离大于等于搜索半径时，着色点的光亮度为该节点内部的光子图计算出的辐射亮度；

当着色点和虚拟 portal 距离小于搜索半径时，访问相邻分割区域的光子，采用 overlapped k-d 树组织光子图，将划分区域边界处的光子重复存储到临近区域的节点上，着色点的光亮度为检测节点内部光子图中的光子图计算出的辐射亮度。

9. 一种计算机可读存储介质，其中存储有多条指令，其特征在于，所述指令适于由电子设备的处理器加载并执行如权利要求 4-5 或权利要求 6-8 任一项所述的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

10. 一种电子设备，其包括处理器和计算机可读存储介质，处理器用于实现各指令；计算机可读存储介质用于存储多条指令，其特征在于，所述指令适于由处理器加载并执行如权利要求 4-5 或权利要求 6-8 任一项所述的一种基于多边形空间划分的光子映射优化方法。

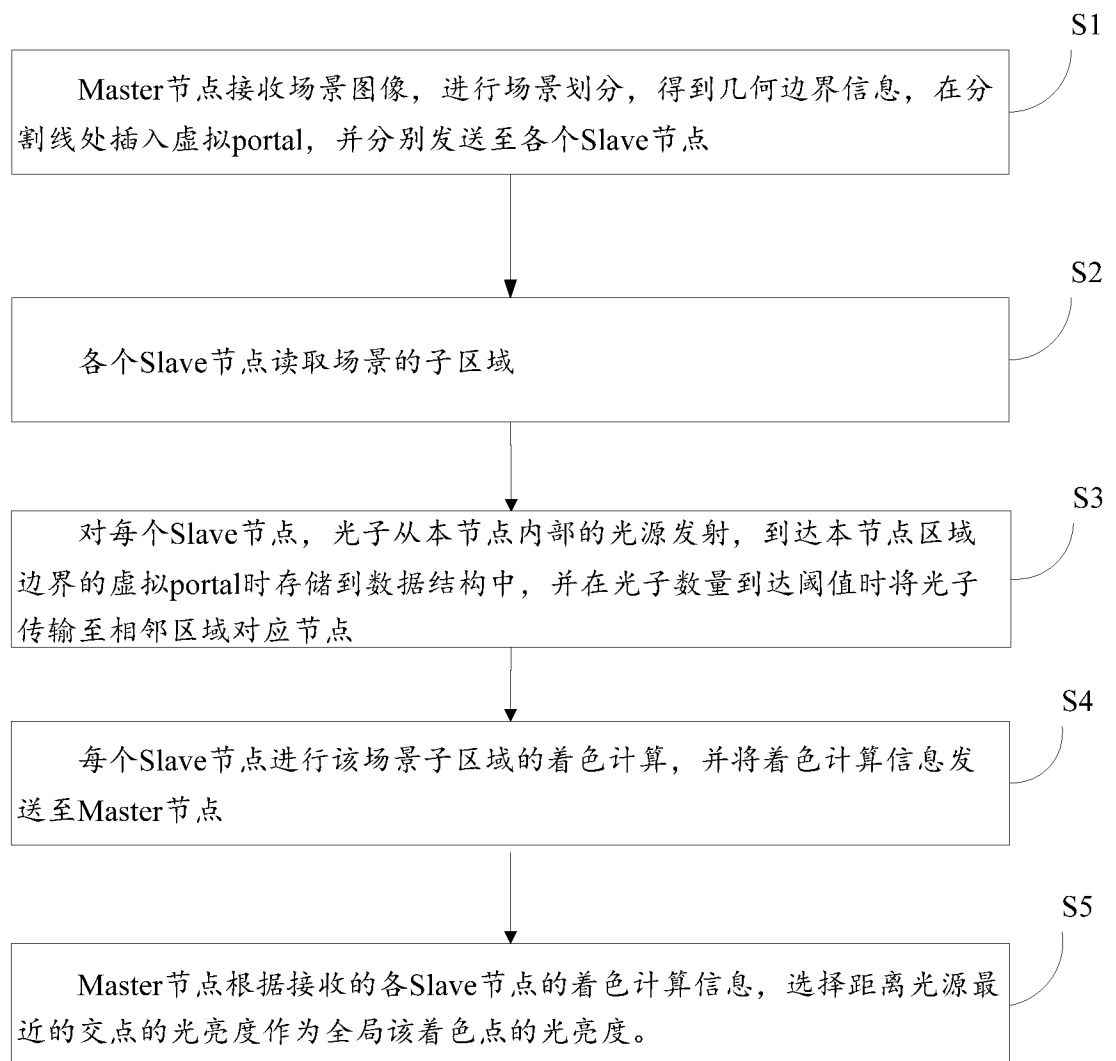


图 1

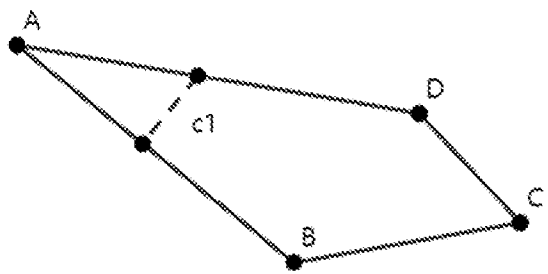


图 2 (a)

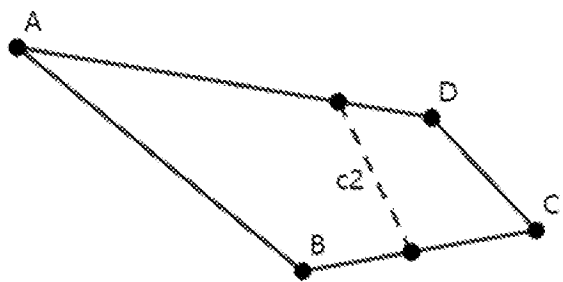


图 2 (b)

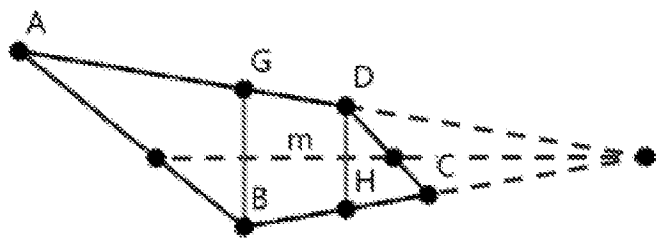


图 3

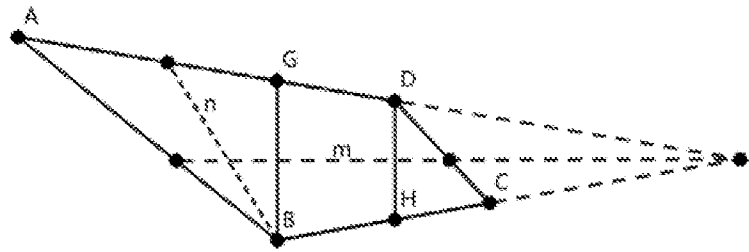


图 4

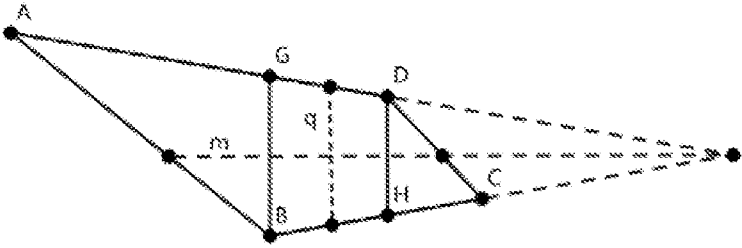


图 5

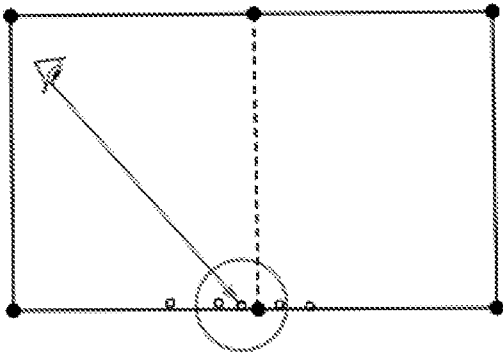


图 6

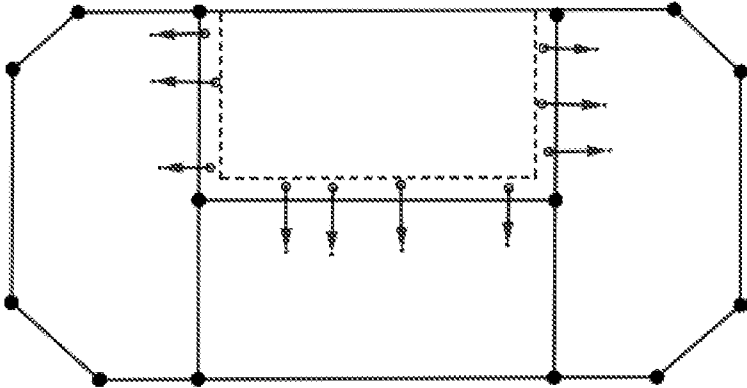


图 7

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/123404

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G06T 11/00(2006.01)i; G06T 15/55(2011.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, WPI, EPODOC, IEEE, CNPAT: 渲染, 光照, 主节点, 从节点, 多边形, 划分, 光子, 映射, 着色, 全局, master, slave, photon, map, optimiz+, polygon, space, division, scene, portal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                           | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| PX        | CN 110211197 A (SHANDONG UNIVERSITY) 06 September 2019 (2019-09-06)<br>claims 1-10                                           | 1-10                  |
| A         | CN 106251394 A (SHANDONG UNIVERSITY) 21 December 2016 (2016-12-21)<br>description, paragraphs [0001] and [0058], and claim 1 | 1-10                  |
| A         | CN 106251393 A (SHANDONG UNIVERSITY) 21 December 2016 (2016-12-21)<br>entire document                                        | 1-10                  |
| A         | US 2012206459 A1 (ADSHIR LTD.) 16 August 2012 (2012-08-16)<br>entire document                                                | 1-10                  |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 February 2020

Date of mailing of the international search report

06 March 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing  
100088  
China

Authorized officer

Facsimile No. (86-10)62019451

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2019/123404**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |            |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|------------|----|--------------------------------------|
| CN                                        | 110211197  | A  | 06 September 2019                    | None                    |            |    |                                      |
| CN                                        | 106251394  | A  | 21 December 2016                     | None                    |            |    |                                      |
| CN                                        | 106251393  | A  | 21 December 2016                     | None                    |            |    |                                      |
| US                                        | 2012206459 | A1 | 16 August 2012                       | US                      | 2011234583 | A1 | 29 September 2011                    |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/123404

## A. 主题的分类

G06T 11/00(2006.01)i; G06T 15/55(2011.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

## B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06T

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNKI, WPI, EPODOC, IEEE, CNPAT: 渲染, 光照, 主节点, 从节点, 多边形, 划分, 光子, 映射, 着色, 全局, master, slave, photon, map, optimiz+, polygon, space, division, scene, portal

## C. 相关文件

| 类 型* | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                                  | 相关的权利要求 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| PX   | CN 110211197 A (山东大学) 2019年 9月 6日 (2019 - 09 - 06)<br>权利要求1-10                     | 1-10    |
| A    | CN 106251394 A (山东大学) 2016年 12月 21日 (2016 - 12 - 21)<br>说明书第[0001], [0058]段, 权利要求1 | 1-10    |
| A    | CN 106251393 A (山东大学) 2016年 12月 21日 (2016 - 12 - 21)<br>全文                         | 1-10    |
| A    | US 2012206459 A1 (ADSHIR LTD.) 2012年 8月 16日 (2012 - 08 - 16)<br>全文                 | 1-10    |

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

\* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&amp;” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 2月 28日

国际检索报告邮寄日期

2020年 3月 6日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

董刚

电话号码 86-(10)-53961348

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
PCT/CN2019/123404

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|------|------------|----|----------------|
| CN          | 110211197  | A  | 2019年 9月 6日    | 无    |            |    |                |
| CN          | 106251394  | A  | 2016年 12月 21日  | 无    |            |    |                |
| CN          | 106251393  | A  | 2016年 12月 21日  | 无    |            |    |                |
| US          | 2012206459 | A1 | 2012年 8月 16日   | US   | 2011234583 | A1 | 2011年 9月 29日   |