

(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

(43) 国际公布日
2025 年 1 月 2 日 (02.01.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/002017 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06T 17/20 (2006.01) **G06T 9/00** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2024/100833
- (22) 国际申请日: 2024 年 6 月 24 日 (24.06.2024)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202310795676.3 2023年6月30日 (30.06.2023) CN
- (71) 申请人: 维沃移动通信有限公司(VIVO MOBILE COMMUNICATION CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省东莞市长安镇维沃路 1 号, Guangdong 523863 (CN)。
- (72) 发明人: 邹文杰(ZOU, Wenjie); 中国广东省东莞市长安镇维沃路 1 号, Guangdong 523863 (CN)。张伟(ZHANG, Wei); 中国广东省东莞市长安镇维沃路 1 号, Guangdong 523863 (CN)。杨付正(YANG, Fuzheng); 中国广东省东莞市长安镇维沃路 1 号, Guangdong 523863 (CN)。吕卓逸

(LV, Zhuoyi); 中国广东省东莞市长安镇维沃路 1 号, Guangdong 523863 (CN)。

- (74) 代理人: 北京银龙知识产权代理有限公司(DRAGON INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 中国北京市海淀区西直门北大街32号院枫蓝国际中心2号楼10层, Beijing 100082 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE,

(54) **Title:** THREE-DIMENSIONAL MESH ENCODING METHOD AND APPARATUS, THREE-DIMENSIONAL MESH DECODING METHOD AND APPARATUS, AND DEVICE

(54) 发明名称: 三维网格编码方法、三维网格解码方法、装置及设备

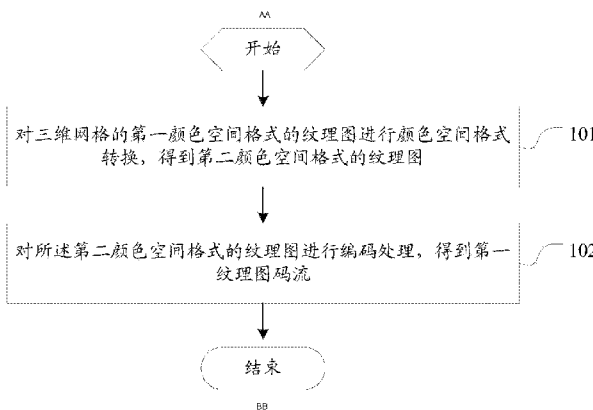


图 3

(57) **Abstract:** A three-dimensional mesh encoding method and apparatus, a three-dimensional mesh decoding method and apparatus, and a device. The three-dimensional mesh encoding method comprises: performing color space format conversion on a texture map in a first color space format of a three-dimensional mesh to obtain a texture map in a second color space format (101); and encoding the texture map in the second color space format to obtain a first texture map code stream (102). The present application supports the conversion of a texture map of a three-dimensional mesh into a texture map in another color space format for encoding, and can improve the flexibility of encoding of texture maps of three-dimensional meshes.

(57) 摘要: 一种三维网格编码方法、三维网格解码方法、装置及设备, 三维网格编码方法包括: 对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换, 得到第二颜色空间格式的纹理图 (101); 对所述第二颜色空间格式的纹理图进行编码处理, 得到第一纹理图码流 (102)。支持将三维网格的纹理图转换为其他颜色空间格式的纹理图进行编码, 能够提高三维网格的纹理图编码的灵活性。

101 Perform color space format conversion on a texture map in a first color space format of a three-dimensional mesh to obtain a texture map in a second color space format
102 Encode the texture map in the second color space format to obtain a first texture map code stream
AA Start
BB End

WO 2025/002017 A1

BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,
HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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))。

三维网格编码方法、三维网格解码方法、装置及设备

相关申请的交叉引用

本申请主张在 2023 年 6 月 30 日在中国提交的中国专利申请 No. 202310795676.3 的优先权，其全部内容通过引用包含于此。

技术领域

本申请属于编解码技术领域，具体涉及一种三维网格编码方法、三维网格解码方法、装置及设备。

背景技术

随着多媒体技术的迅速发展，三维模型成为继音频、图像、视频之后的新一代数字化媒体。三维网格和点云是两种常用的三维模型表示方式。三维网格模型与传统的图像、视频等多媒体相比具有更强的交互性和逼真性的特点，应用范围较为广泛。

相关技术中，在对三维网格的纹理图进行编码时，直接对蓝绿红（Blue-Green-Red，BGR）444 格式的纹理图进行编码，对三维网格的纹理图进行编码的灵活性较差。

发明内容

本申请实施例提供一种三维网格编码方法、三维网格解码方法、装置及设备，能够解决对三维网格的纹理图进行编码的灵活性较差的问题。

第一方面，提供了一种三维网格编码方法，由编码端执行，包括：

对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第二颜色空间格式的纹理图；

对所述第二颜色空间格式的纹理图进行编码处理，得到第一纹理图码流。

第二方面，提供了一种三维网格解码方法，由解码端执行，包括：

对三维网格对应的码流中的第一纹理图码流进行解码处理，得到第二颜色空间格式的纹理图；

对所述第二颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第一颜色空间格式的纹理图；

基于所述第一颜色空间格式的纹理图进行网格重建处理，得到重建的三维网格。

第三方面，提供了一种三维网格编码装置，所述装置包括：

转换模块，用于对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第二颜色空间格式的纹理图；

第一编码模块，用于对所述第二颜色空间格式的纹理图进行编码处理，得到第一纹理图码流。

第四方面，提供了一种三维网格解码装置，所述装置包括：

第一解码模块，用于对三维网格对应的码流中的第一纹理图码流进行解码处理，得到第二颜色空间格式的纹理图；

转换模块，用于对所述第二颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第一颜色空间格式的纹理图；

重建模块，用于基于所述第一颜色空间格式的纹理图进行网格重建处理，得到重建的三维网格。

第五方面，提供了一种电子设备，该终端包括处理器、存储器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的程序或指令，所述程序或指令被所述处理器执行时实现如第一方面所述的方法的步骤；或者，所述程序或指令被所述处理器执行时实现如第二方面所述的方法的步骤。

第六方面，提供了一种电子设备，包括处理器及通信接口，其中，所述处理器用于：对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第二颜色空间格式的纹理图；对所述第二颜色空间格式的纹理图进行编码处理，得到第一纹理图码流。

第七方面，提供了一种电子设备，包括处理器及通信接口，其中，所述处理器用于：对三维网格对应的码流中的第一纹理图码流进行解码处理，得到第二颜色空间格式的纹理图；对所述第二颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第一颜色空间格式的纹理图；基于所述第一颜色空间格式的纹理图进行网格重建处理，得到重建的三维网格。

第八方面，提供了一种可读存储介质，所述可读存储介质上存储程序或指令，所述程序或指令被处理器执行时实现如第一方面所述的三维网格编码方法的步骤，或者，所述程序或指令被处理器执行时实现如第二方面所述的三维网格解码方法的步骤。

第九方面，提供了一种芯片，所述芯片包括处理器和通信接口，所述通信接口和所述处理器耦合，所述处理器用于运行程序或指令，实现如第一方面所述的方法的步骤，或者，实现如第二方面所述的方法的步骤。

第十方面，提供了一种计算机程序/程序产品，所述计算机程序/程序产品被存储在非易失的存储介质中，所述程序/程序产品被至少一个处理器执行以实现如第一方面所述的方法的步骤，或者，实现如第二方面所述的方法的步骤。

在本申请实施例中，对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第二颜色空间格式的纹理图；对所述第二颜色空间格式的纹理图进行编码处理，得到第一纹理图码流。这样，在三维网格编码过程中通过对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换，支持将三维网格的纹理图转换为其他颜色空间格式的纹理图进行编码，能够提高三维网格的纹理图编码的灵活性。

附图说明

图1是相关技术中 Edgebreaker 的五种模式的示意图；

- 图 2 是相关技术中 Edgebreaker 中顶点遍历过程及操作模式字符串的示意图；
- 图 3 是本申请实施例提供的一种三维网格编码方法的流程图；
- 图 4 是本申请实施例提供的一种三维网格解码方法的流程图；
- 图 5 是本申请实施例提供的一种三维网格编码框架示意图；
- 图 6 是本申请实施例提供的一种三维网格解码框架示意图；
- 图 7 是本申请实施例提供的一种流形网格示意图；
- 图 8 是本申请实施例提供的一种 Corner 关系示意图；
- 图 9 是本申请实施例提供的一种网格遍历示意图；
- 图 10 是本申请实施例提供的一种三维网格示意图；
- 图 11 是本申请实施例提供的一种基于三维到二维投影的 UV 坐标预测示意图；
- 图 12 是本申请实施例提供的一种三维网格编码装置的结构示意图；
- 图 13 是本申请实施例提供的一种三维网格解码装置的结构示意图；
- 图 14 是本申请实施例提供的一种通信设备的结构示意图；
- 图 15 是本申请实施例提供的一种终端的结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚描述，显然，所描述的实施例是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

本申请的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不用描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的术语在适当情况下可以互换，以便本申请的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施，且“第一”、“第二”所区别的对象通常为一类，并不限定对象的个数，例如第一对象可以是一个，也可以是多个。此外，本申请中的“或”表示所连接对象的至少其中之一。例如“A 或 B”涵盖三种方案，即，方案一：包括 A 且不包括 B；方案二：包括 B 且不包括 A；方案三：既包括 A 又包括 B。字符“/”一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。

本申请的术语“指示”既可以是一个直接的指示（或者说显式的指示），也可以是一个间接的指示（或者说隐含的指示）。其中，直接的指示可以理解为，发送方在发送的指示中明确告知了接收方具体的信息、需要执行的操作或请求结果等内容；间接的指示可以理解为，接收方根据发送方发送的指示确定对应的信息，或者进行判断并根据判断结果确定需要执行的操作或请求结果等。

本申请实施例中的编解码方法对应的编解码端可以为终端，该终端也可以称作终端设备或者用户终端（User Equipment, UE），终端可以是手机、平板电脑（Tablet Personal Computer）、膝上型电脑（Laptop Computer）或称为笔记本电脑、个人数字助理（Personal Digital Assistant, PDA）、掌上电脑、上网本、超级移动个人计算机（ultra-mobile personal

computer, UMPC)、移动上网装置 (Mobile Internet Device, MID)、增强现实(augmented reality, AR)/虚拟现实(virtual reality, VR)设备、机器人、可穿戴式设备 (Wearable Device) 或车载设备 (Vehicle User Equipment, VUE)、行人终端 (Pedestrian User Equipment, PUE) 等终端侧设备, 可穿戴式设备包括: 智能手表、手环、耳机、眼镜等。需要说明的是, 在本申请实施例并不限定终端的具体类型。

为了方便理解, 以下对本申请实施例涉及的一些内容进行说明:

1、三维网格

近年来, 随着多媒体技术的迅速发展, 相关研究成果迅速产业化, 并成为人们生活中不可或缺的重要组成部分。三维模型成为继音频、图像、视频之后的新一代数字化媒体。三维网格和点云是两种常用的三维模型表示方式。三维网格模型与传统的图像、视频等多媒体相比具有更强的交互性和逼真性的特点, 使其在商业、制造业、建筑业、教育、医学、娱乐、艺术、军事等各个领域都得到了越来越广泛的应用。

而随着人们对三维网格模型在视觉效果上越来越高的需求, 以及许多更加成熟的三维扫描技术和三维建模软件的涌现, 通过三维扫描设备或三维建模软件获取的三维网格模型的数据规模和复杂度也在急剧地增长着。因此, 如何高效压缩三维网格数据是实现三维网格数据方便地传输、存储和处理的关键。

一个三维网格往往同时包含了拓扑信息、几何信息及属性信息三种主要信息。拓扑信息, 也叫做连接性关系信息, 用于描述网格中顶点和面片等元素之间的连接关系; 几何信息是网格中所有顶点的三维坐标; 属性信息则记录了附着在网格上的其它信息, 比如法向量、纹理坐标以及颜色等。对三维网格数据的压缩往往就是针对这三种信息分别按照其数据特性进行压缩。另外, 对于带有纹理图的三维网格, 需对纹理图进行压缩。

Draco 是用于压缩和解压缩三维 (3Dimension, 3D) 几何网格和点云的库, 旨在改善 3D 图形的存储和传输, 大幅加速 3D 数据的编码、传输和解码。Draco 支持对三维网格几何信息、连接信息以及属性信息的压缩。Draco 支持有损模式和近无损模式。此外, Draco 编码连接关系时使用的 Edgebreaker 方法是目前编码三维网格连接信息最高效的方法之一。

但是 Edgebreaker 要求待编码网格为流形结构, 对于存在非流形结构的网格, Draco 必须要将其拆分成流形结构才能正确地编码。然而, Draco 在解码端不会对拆分出的结构进行合并, 这就使得解码端输出的网格相比于编码端输入的原始网格会多出拆分出的点。这会导致 Draco 不能无损编码这类存在非流形结构的网格。

视频图像邻域的国际标准组织运动图像专家组 (Moving Picture Expert Group, MPEG) 正在制定新的动态三维网格压缩标准基于视频的动态三维网格压缩 (Video-based dynamic mesh coding, V-DMC 或 VDMC), 目前在编码静态三维网格时也选择采用基于 Edgebreaker 的方案且暂时复用了 Draco 编解码器。同时 MPEG 也在尝试实现由 MPEG 提供的基于 Edgebreaker 的三维网格编解码器, 以实现对三维网格几何信息、连接信息以及属性信息的压缩。由于 Edgebreaker 要求待编码网格为流形结构, 因此在目前提出的方案中会存在

将非流形结构的三维网格拆分成流形结构再进行编码。因此在无损模式下，MPEG 提供的基于 Edgebreaker 的三维网格编解码器实现会记录并编码由于拆非流形而产生的重复点信息，并对拆开后的流形网格的每个顶点添加一个标识来判断其是否是由于拆非流形而产生的重复点，从而依据该标识和由于拆分非流形而产生的重复点信息在解码端恢复原始三维网格的非流形结构以实现三维网格的无损编码。

MPEG 目前提供的基于 Edgebreaker 的三维网格压缩工具将三维网格的连接信息、几何信息和属性信息（例如，UV 坐标）分别进行编码并进行存储。UV 坐标是二维坐标，水平方向是 U，垂直方向是 V。其中的核心模块，即编码连接信息的模块使用了 Edgebreaker 算法。以属性信息为 UV 坐标为例，对几何信息和 UV 坐标的编码则采用了常规的压缩方法，即对数据进行量化、预测压缩（例如，平行四边形预测）和熵编码。由于该工具采用了连接关系驱动的编码方法，对几何信息和 UV 坐标的编码将遵循连接信息的编码顺序。通过这种方式将连接关系编码的顶点顺序隐含在几何信息的顶点顺序中来避免单独传输连接关系编码的顶点顺序，从而节省了这部分的比特开销。

2、Edgebreaker

Edgebreaker（可简称为 EB）方法是具有压缩性能好、便于实现、可以给出压缩比上限等优点的一种三维网格连接关系编码方法。Edgebreaker 方法本身只描述了三维网格连接信息的压缩方法，还要通过几何信息压缩和熵编码等才能实现对三维网格的压缩。

Edgebreaker 编码技术对与球体同胚的三角形网格的压缩效率能够达到每个三角形 2 位或更少。编码算法使用五种不同的模式（称为 C、L、E、R 和 S）以深度优先顺序访问网格的每个三角形。根据每个三角形所处的模式，对其进行标记，生成 CLERS 字符串，得到对网格连接关系的紧凑表示。

Edgebreaker 方法的五种模式，如图 1 所示。Edgebreaker 方法将网格分为已遍历部分和未遍历部分，两部分的边界被称为活动边界。在 Edgebreaker 的编码过程中，通过活动边界上的活动边访问待遍历的三角形，并根据活动边与其所处三角形的关系来选择使用哪种模式。将活动边所在三角形中的另一个顶点称为第三个顶点。如果第三个顶点不处于活动边界上，那么当前三角形标记为 C 模式。如果第三个顶点处于活动边界上，并且按照顺时针顺序，处于当前活动边顶点的下一个，那么当前三角形标记为 R 模式。如果第三个顶点处于活动边界上，并且按照逆时针顺序，处于当前活动边顶点的上一个，那么当前三角形标记为 L 模式。如果第三个顶点处于活动边界上，并且按照逆时针顺序，既是当前活动边顶点的上一个顶点，又是当前活动边的下一个顶点，那么当前三角形标记为 E 模式。如果第三个顶点处于活动边界上，但是按照逆时针顺序，既不是当前活动边顶点的上一个顶点，又不是当前活动边的下一个顶点，那么当前三角形标记为 S 模式。

在每次标记一个三角形之后，都会更新活动边界，并按照一定规则选择下一个活动边。当遍历完所有的三角形之后，对得到的 CLERS 字符串进行熵编码，可以得到更高的压缩效率。

图 2 给出了一个使用 EB 编码二维网格的示意图。根据 EB 的编码规则，最终熵编码的模式码字为 CCRSLCRSERRELCCRRCRRRE。

由于 Edgebreaker 方法的五种模式不能处理非流形网格，因此使用 Edgebreaker 方法前须将网格转化成流形网格。

相关技术中，在对三维网格的纹理图进行编码时，直接对 BGR444 格式的纹理图进行编码，导致三维网格的编解码效率较低。

下面结合附图，通过一些实施例及其应用场景对本申请实施例提供的三维网格编码方法、三维网格解码方法、装置及设备进行详细地说明。

参见图 3，图 3 是本申请实施例提供的一种三维网格编码方法的流程图，可以应用于编码端，如图 3 所示，三维网格编码方法包括以下步骤：

步骤 101、对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第二颜色空间格式的纹理图。

其中，第一颜色空间格式可以为三维网格的纹理图的原始颜色空间格式。第一颜色空间格式可以为 RGB 颜色空间格式，示例地，第一颜色空间格式可以为 BGR444，BGR555，RGB555，或 RGB 565 等等；或者，第一颜色空间格式可以为 YUV 颜色空间格式；或者，第一颜色空间格式可以为 CMY 颜色空间格式；或者，第一颜色空间格式可以为 CMYK 颜色空间格式；或者，第一颜色空间格式可以为 HSV 颜色空间格式；等等，本实施例对第一颜色空间格式不进行限定。RGB 是指红（red）、绿（green）和蓝（blue）。CMY 是指青（Cyan）、洋红（Magenta）和黄（Yellow）。YUV 中 Y 表示亮度（Luminance），UV 分别表示色度（Chrominance）和浓度（Chroma）。CMYK 是指青（Cyan）、洋红（Magenta）、黄（Yellow）和黑色（black）。HSV 是指色度-饱和度-数值（hue-saturation-value）。

另外，第二颜色空间格式可以为进行颜色空间格式转换后的颜色空间格式。第二颜色空间格式和第一颜色空间格式为不同的颜色空间格式。第二颜色空间格式可以为 YUV 颜色空间格式，示例地，第二颜色空间格式可以为 YUV444，YUV420，或 YUV422 等等；或者，第二颜色空间格式可以为 RGB 颜色空间格式；第二颜色空间格式还可以为 HSV 颜色空间格式；或第二颜色空间格式还可以为 CMY 颜色空间格式；或第二颜色空间格式还可以为 Lab 颜色空间格式；等等，本实施例对第二颜色空间格式不进行限定。其中，Lab 中 L 是亮度，a 和 b 是两个颜色通道。

一种实施方式中，第二颜色空间格式与第一颜色空间格式为不同颜色空间的颜色空间格式；或，第二颜色空间格式与第一颜色空间格式为相同颜色空间的不同格式。

需要说明的是，可以针对不同的应用场景进行不同的颜色空间格式转换。为提高编解码效率，第二颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量可以小于第一颜色空间格式的纹理图的相关信息量。例如，第二颜色空间格式的纹理图为第一颜色空间格式的纹理图去除了一定的冗余信息后得到的纹理图；或，第二颜色空间格式的纹理图为第一颜色空间格式的纹理图去除了颜色分量间的相关性后得到的纹理图。

需要说明的是,所述对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换,得到第二颜色空间格式的纹理图,可以是,对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行无损颜色空间格式转换,得到第二颜色空间格式的纹理图。

步骤 102、对所述第二颜色空间格式的纹理图进行编码处理,得到第一纹理图码流。

在本申请实施例中,对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换,得到第二颜色空间格式的纹理图;对所述第二颜色空间格式的纹理图进行编码处理,得到第一纹理图码流。这样,在三维网格编码过程中通过对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换,支持将三维网格的纹理图转换为其他颜色空间格式的纹理图进行编码,能够提高三维网格的纹理图编码的灵活性。

可选地,所述对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换,得到第二颜色空间格式的纹理图,包括:

在确定对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下,对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换,得到第二颜色空间格式的纹理图。

其中,编码端可以确定是否对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换。编码端可以基于不同的编码需求确定是否对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换。示例地,在要求较高的编解码效率的情况下,可以确定对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换。

该实施方式中,在确定对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下,对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换,得到第二颜色空间格式的纹理图,这样,通过判断是否对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换,可支持编码端选择性地对纹理图进行颜色空间格式转换,能够提高三维网格编码过程中对纹理图进行编码的灵活性。

可选地,所述方法还包括:

在确定不对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下,对所述第一颜色空间格式的纹理图进行编码处理,得到第二纹理图码流。

其中,编码端可以确定是否对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换。编码端可以基于不同的编码需求确定是否对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换。示例地,在对编解码效率要求不高的场景,可以确定不对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换。

该实施方式中,在确定不对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下,对所述第一颜色空间格式的纹理图进行编码处理,得到第二纹理图码流,这样,通过判断是否对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换,可支持编码端选择性地不对纹理图进行颜色空间格式转换,能够进一步提高三维网格编码过程中对纹理图进行编码的灵活性。

可选地,所述三维网格对应的码流包括第一指示信息的编码结果,所述第一指示信息用于指示编码端是否对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换;

其中,在所述第一指示信息指示编码端对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下,所述三维网格对应的码流还包括所述第一纹理图码流;或

在所述第一指示信息指示编码端不对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，所述三维网格对应的码流还包括第二纹理图码流。

示例地，第一指示信息为“0”，则指示编码端不对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换；否则，第一指示信息指示编码端对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换。

需要说明的是，在所述第一指示信息指示对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，所述第一指示信息还可以用于指示所述三维网格的纹理图由所述第一颜色空间格式转换至所述第二颜色空间格式的转换类型；从而解码端可以依据第一指示信息确定编码端进行了何种类型的颜色空间格式转换，便于解码端执行相应颜色空间格式的逆转换以恢复原始的纹理图。

该实施方式中，所述三维网格对应的码流包括所述第一纹理图码流或第二纹理图码流，所述三维网格对应的码流还包括第一指示信息的编码结果，所述第一指示信息用于指示编码端是否对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换，这样，通过第一指示信息指示编码端是否对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换，解码端能够通过该第一指示信息确定是否对解码的纹理图进行颜色空间格式转换，便于解码端重建三维网格。

可选地，在所述第一指示信息指示对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，所述第一指示信息还用于指示所述三维网格的纹理图由所述第一颜色空间格式转换至所述第二颜色空间格式的转换类型。

其中，所述第一指示信息可以用于指示在编码端将所述三维网格的纹理图由所述第一颜色空间格式转换至所述第二颜色空间格式。一种实施方式中，第一指示信息可以为预设列表中的值，该预设列表中不同的值表示不同的颜色空间格式的转换类型。示例地，第一指示信息为“0”，则指示编码端不对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换；第一指示信息为“1”，则指示在编码端所述三维网格的纹理图由 RGB 颜色空间的 BGR444 格式转换至 YUV 颜色空间的 YUV444 格式；第一指示信息为“2”，则指示在编码端所述三维网格的纹理图由 RGB 颜色空间的 BGR444 格式转换至 RGB 颜色空间的 RGB444 格式；第一指示信息为“3”，则指示在编码端所述三维网格的纹理图由 RGB 颜色空间的 BGR444 格式转换至 YUV 颜色空间的 YUV420 格式；第一指示信息为“4”，则指示在编码端所述三维网格的纹理图由 RGB 颜色空间的 BGR444 格式转换至 YUV 颜色空间的 YUV422 格式；第一指示信息为“5”，则指示在编码端所述三维网格的纹理图由 RGB 颜色空间的 BGR555 格式转换至 YUV 颜色空间的 YUV444 格式；等等。

该实施方式中，在所述第一指示信息指示对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，所述第一指示信息还用于指示所述三维网格的纹理图由所述第一颜色空间格式转换至所述第二颜色空间格式的转换类型，从而解码端能够通过该第一指示信息确定编码端进行了何种类型的颜色空间格式转换，便于解码端执行相应颜色空间格式的逆转换以恢复原始的纹理图。

可选地，所述第二颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量小于所述第一颜色

空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量。

其中，第二颜色空间格式的纹理图可以为第一颜色空间格式的纹理图去除了一定的冗余信息后得到的纹理图；或，第二颜色空间格式的纹理图可以为第一颜色空间格式的纹理图去除了颜色分量间的相关性后得到的纹理图。

相关技术中，在对三维网格的纹理图进行编码时，直接对 BGR444 格式的纹理图进行编码。由于解码端对不同颜色空间格式的视频进行解码的效率不同，而解码端对 BGR444 格式的视频进行解码的效率较低，导致三维网格的编解码效率较低。在该实施方式中，在三维网格编码过程中通过对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换，将三维网格的纹理图转换为编解码效率较高的颜色空间格式的纹理图，能够提高三维网格的编解码效率。

可选地，所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为不同颜色空间的颜色空间格式；或，所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为相同颜色空间的不同颜色空间格式。

可选地，所述第一颜色空间格式为 RGB 颜色空间格式，所述第二颜色空间格式为 YUV 颜色空间格式。

该实施方式中，所述第一颜色空间格式为 RGB 颜色空间格式，所述第二颜色空间格式为 YUV 颜色空间格式，从而在对三维网格的纹理图进行编码时将 RGB 颜色空间的纹理图转换为 YUV 颜色空间的纹理图进行编码，由于解码端解码 YUV 颜色空间的视频的效率高，通过颜色空间格式转换能够提高三维网格的编解码效率。

本申请实施例还提供一种三维网格编码方法，所述方法包括：

在确定不对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，对所述第一颜色空间格式的纹理图进行编码处理，得到第二纹理图码流。

可选地，所述三维网格对应的码流包括所述第二纹理图码流和第一指示信息的编码结果，所述第一指示信息指示编码端不对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换。

参见图 4，图 4 是本申请实施例提供的一种三维网格解码方法的流程图，可以应用于解码端设备，如图 4 所示，三维网格解码方法包括以下步骤：

步骤 201、对三维网格对应的码流中的第一纹理图码流进行解码处理，得到第二颜色空间格式的纹理图；

步骤 202、对所述第二颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第一颜色空间格式的纹理图；

步骤 203、基于所述第一颜色空间格式的纹理图进行网格重建处理，得到重建的三维网格。

可选地，所述方法还包括：

对所述三维网格对应的码流中的第一指示信息的编码结果进行解码，得到所述第一指示信息；

所述对三维网格对应的码流中的第一纹理图码流进行解码处理,得到第二颜色空间格式的纹理图,包括:

在基于所述第一指示信息确定对纹理图进行颜色空间格式转换的情况下,对三维网格对应的码流中的第一纹理图码流进行解码处理,得到第二颜色空间格式的纹理图。

可选地,所述对所述第二颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换,得到第一颜色空间格式的纹理图,包括:

在基于所述第一指示信息确定将纹理图由第二颜色空间格式转换至第一颜色空间格式的情况下,将所述第二颜色空间格式的纹理图由所述第二颜色空间格式转换至第一颜色空间格式,得到所述第一颜色空间格式的纹理图。

可选地,所述方法还包括:

在基于所述第一指示信息确定对纹理图不进行颜色空间格式转换的情况下,对三维网格对应的码流中的第二纹理图码流进行解码处理,得到第一颜色空间格式的纹理图。

可选地,所述第二颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量小于所述第一颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量。

可选地,所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为不同颜色空间的颜色空间格式;或,所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为相同颜色空间的不同颜色空间格式。

可选地,所述第一颜色空间格式为 RGB 颜色空间格式,所述第二颜色空间格式为 YUV 颜色空间格式。

需要说明的是,本实施例作为与图 3 所示的实施例中对应的解码侧的实施方式,其具体的实施方式可以参见图 3 所示的实施例的相关说明,为了避免重复说明,本实施例不再赘述,且还可以达到相同有益效果。

本申请实施例还提供一种三维网格解码方法,所述方法包括:

对三维网格对应的码流中的第一指示信息的编码结果进行解码,得到所述第一指示信息;

在所述第一指示信息指示对纹理图不进行颜色空间格式转换的情况下,对三维网格对应的码流中的第二纹理图码流进行解码处理,得到第一颜色空间格式的纹理图;

基于所述第一颜色空间格式的纹理图进行网格重建处理,得到重建的三维网格。

本申请实施例还提出了一种基于 Edgebreaker 的三维网格纹理图无损编解码框架及方法。如图 5 所示,该编码框架主要包括预处理模块(包含拆分非流形结构模块)、连接关系编码模块、几何信息编码模块、属性信息编码模块、纹理图无损颜色空间格式转换以及纹理图编码模块等。在编码三维网格时能够使用 Edgebreaker 对三维网格进行无损编码。

以第一颜色空间格式为 RGB 颜色空间格式,第二颜色空间格式为 YUV 颜色空间格式,属性信息为 UV 坐标(也可描述为纹理坐标,也可简称为 UV 或纹理)为例,编码端进行三维网格编码的过程如下:

(1) 在编码端判断几何坐标和 UV 坐标是否具有相同的连接关系并记录该信息。对于表示网格中几何坐标和 UV 坐标是否具有相同的连接关系的信息,例如:可以通过设置一个网格中几何坐标和 UV 坐标是否具有相同的连接关系的标识来表示,此处不限制其表示方法。

(2) 拆分网格中可能存在的非流形点和非流形边,将网格转化为流形网格。拆分非流形结构是通过增加具有相同几何信息和属性信息的重复点实现的。在拆分非流形时,若几何坐标和 UV 坐标具有相同的连接关系即几何坐标和 UV 坐标是一一对应的关系,则只需记录一组由于拆非流形结构产生的重复点索引信息;若几何坐标和 UV 坐标具有不同的连接关系比如一个几何坐标顶点对应多个纹理坐标顶点,则需分别记录由于拆非流形结构产生的几何重复点索引信息和 UV 重复点索引信息。对于由于拆非流形结构产生的重复点索引信息的表示方式,可以是恢复非流形时需要合并到的目标顶点索引,也可以是重复点组索引:具有相同索引的点属于同一个重复点组即具有相同的顶点信息,此处不限制其表示方式。

(3) 编码指示几何坐标和 UV 坐标是否具有相同连接关系的信息。使用 Edgebreaker 方法编码连接关系,得到可以简洁表示连接关系的 CLERS 模式字符串,使用熵编码对模式字符串进行压缩,得到连接关系的子码流。使用如平行四边形预测等方法编码网格的几何信息,得几何信息子码流。如果网格存在 UV 坐标等属性信息,使用如相似三角形预测等方法编码网格的 UV 坐标,得到属性信息子码流。

(4) 编码一个指示信息(即第一指示信息)来指示是否对纹理图进行无损颜色空间格式转换。如对纹理图进行无损颜色空间格式转换,则将纹理图由 RGB 颜色空间格式(即第一颜色空间格式)转换成 YUV 颜色空间格式(即第二颜色空间格式),使用视频编码器编码 YUV 格式的纹理图,得到纹理图子码流。此处只强调由 RGB 颜色空间格式转换到 YUV 颜色空间,不限制纹理图的具体格式,例如纹理图在 RGB 颜色空间可以是 BGR444 格式,也可以是 RGB444 格式。如果不对纹理图进行颜色空间格式转换,则直接使用视频编码器无损编码 RGB 颜色空间的视频。

(5) 对于非流形结构信息的编码,包含三部分需编码的信息:指示网格中是否存在非流形结构的信息、顶点是否是拆非流形而产生的重复点的标识信息和由于拆非流形结构产生的重复点索引信息。其中,对于指示网格中是否存在非流形结构的信息,可以通过设置一个网格中是否存在非流形结构的标识来表示,也可以使用网格中由于拆非流形结构而产生的重复点的数量表示,此处不限制其表示方法。在编码非流形结构信息时,首先编码表示网格中是否存在非流形结构的信息。如果网格中存在非流形结构,则分为两种情况:若几何坐标和 UV 坐标具有相同的连接关系,则每个顶点设置一个标识表示其是否是拆非流形而产生的重复点,并编码该信息以及因拆分非流形而产生的重复点索引信息;若几何坐标和 UV 坐标具有不同的连接关系,则分别为每个几何顶点和每个 UV 顶点设置一个标识表示其是否是拆非流形而产生的几何重复点或 UV 重复点,并分别编码几何顶点的非流

形标识信息和拆非流形而产生的几何重复点的索引信息、UV 顶点的非流形标识信息和拆非流形而产生的 UV 重复点的索引信息。

以第一颜色空间格式为 RGB 颜色空间格式,第二颜色空间格式为 YUV 颜色空间格式,属性信息为 UV 坐标(也可描述为纹理坐标,也可简称为 UV 或纹理)为例,如图 6 所示,解码端进行三维网格解码的过程如下:

(1) 在解码端,解码得到表示网格中几何坐标和 UV 坐标是否具有相同连接关系的信息。熵解码得到 CLERS 模式字符串,使用模式字符串重建几何坐标和 UV 坐标的连接关系。使用平行四边形反预测等方法解码网格的几何信息,使用相似三角形反预测等方法解码网格的 UV 坐标。在解码非流形结构信息时,首先解码网格中是否存在非流形结构的指示信息。如果网格中存在非流形结构,则进一步解码得到顶点的非流形标识信息和拆非流形而产生的重复点索引信息,将由于拆非流形而产生的的重复点合并,并调整连接关系,进而恢复网格中的非流形结构。

(2) 解码是否进行无损颜色空间格式转换的指示信息(如第一指示信息),并使用视频解码器解码纹理图,如果在编码端对纹理图的颜色空间格式进行了无损颜色空间格式转换,则解码得到的是 YUV 格式的纹理图,根据指示信息在解码端对纹理图进行无损颜色空间格式转换,将纹理图由 YUV 颜色空间格式(即第二颜色空间格式)转换到 RGB 颜色空间格式(即第一颜色空间格式),从而实现纹理图的无损编解码。此处只强调由 YUV 颜色空间格式转换到 RGB 颜色空间格式,不限制纹理图的具体格式,例如纹理图在 RGB 颜色空间可以是 BGR444 格式,也可以是 RGB444 格式。如果在编码端未对纹理图的颜色空间格式进行无损颜色空间格式转换,则解码得到的是 RGB 格式的纹理图,此时在解码端无需进行颜色空间格式转换。

通过本申请实施例的编解码框架,能够完成三维网格的无损编解码。

本申请实施例的三维网格编码框架如图 5 所示,在该实施例中以第一颜色空间格式为 RGB 颜色空间格式,第二颜色空间格式为 YUV 颜色空间格式,属性信息为 UV 坐标(也可描述为纹理坐标,也可简称为 UV 或纹理)为例进行说明。

(1) 在预处理步骤中,首先判断几何坐标和 UV 坐标是否具有相同的连接关系,然后对存在非流形结构的输入网格进行拆分以得到流形网格,并记录因拆分非流形而产生的重复点信息。需要说明的是,该步骤也可以包含滤除重复点,添加虚拟点等其它编码所需的预处理模块。为方便说明,图 5 中仅列出了本申请实施例针对的拆分非流形结构的模块。

(2) 编码表示网格中几何坐标和 UV 坐标是否具有相同的连接关系的信息;对流形网格,使用 Edgebreaker 方法编码连接信息,得到模式字符串,并对其进行熵编码;编码流形网格的几何信息,例如可以使用平行四边形预测编码方法,此处不限制几何信息的编码方法;如果网格存在 UV 坐标等属性信息,可以使用如相似三角形预测编码等方法进行编码,此处不限制属性信息的编码方法;编码非流形结构信息时,首先编码网格中是否存在非流形的表示信息。如果网格中存在非流形结构,则根据网格中几何坐标和 UV 坐标是

否具有相同的连接关系分为两种情况：如果网格中几何坐标和 UV 坐标具有相同的连接关系即几何坐标和 UV 坐标是一一对应的关系时，按照相同的编码顺序编码一组顶点的非流形标识信息和拆非流形而产生的重复点索引信息；如果网格中几何坐标和 UV 坐标具有不同的连接关系即几何坐标和 UV 坐标不是一一对应的关系时，则分别按照几何坐标和 UV 坐标的编码顺序编码几何顶点的非流形标识信息和拆非流形而产生的几何重复点索引信息、UV 顶点的非流形标识信息和拆非流形而产生的 UV 重复点索引信息。此处关于顶点的非流形标识信息，是通过为拆分后的流形网格中的每个顶点编码一个标志位，来标识该顶点是否是拆非流形而产生的重复点。

(3) 可以编码一个指示信息来指示是否对纹理图进行无损颜色空间格式转换。如对纹理图进行无损颜色空间格式转换，则在无损颜色空间格式转换模块，将纹理图由 RGB 颜色空间格式(即第一颜色空间格式)转换到 YUV 颜色空间格式(即第二颜色空间格式)，使用视频编码器编码 YUV 格式的纹理图，得到纹理图子码流。如果不对纹理图进行颜色空间格式转换，则直接使用视频编码器无损编码 RGB 颜色空间格式的视频。最后，将多路码流进行混流，得到最终输出码流。

需要说明的是，不强调三维网格连接关系编码和顶点信息编码的先后顺序，可以是在编码连接关系的同时，编码几何信息、属性信息和非流形结构信息；也可以是在编码完连接关系后，再依次根据连接关系的编码顺序编码几何信息、属性信息和非流形结构信息。在编码顶点的几何信息和属性信息时，拆非流形产生的重复点的几何信息和属性信息可以跳过编码即只编码一次，也可以不跳过编码，此处不强调是否跳过拆非流形产生的重复点的几何信息和属性信息的编码。

本申请实施例的三维网格解码框架如图 6 所示，在该实施例中以第一颜色空间格式为 RGB 颜色空间格式，第二颜色空间格式为 YUV 颜色空间格式，属性信息为 UV 坐标(也可描述为纹理坐标，也可简称为 UV 或纹理)为例进行说明。

(1) 首先，将码流分解得到各路子码流。然后解码表示网格中几何坐标和 UV 坐标是否具有相同的连接关系的信息；熵解码连接关系子码流，得到模式字符串，若几何坐标和 UV 坐标具有相同的连接关系，则只需重建一套连接关系；若几何坐标和 UV 坐标具有不同的连接关系，则需分别重建几何坐标的连接关系和 UV 坐标的连接关系；使用与编码端相对应的解码方法解码网格的几何信息；使用与编码端相对应的解码方法解码网格的属性信息；在解码非流形结构信息时，首先解码网格中是否存在非流形的信息，如果网格中存在非流形结构，则依据网格中几何坐标和 UV 坐标是否具有相同的连接关系分为两种情况：如果网格中几何坐标和 UV 坐标具有相同的连接关系即几何坐标和 UV 坐标是一一对应的关系时，进一步解码得到一组顶点的非流形标识信息和拆非流形而产生的重复点索引信息；如果网格中几何坐标和 UV 坐标具有不同的连接关系即几何坐标和 UV 坐标不是一一对应的关系时，则分别解码出几何顶点的非流形标识信息和拆非流形而产生的几何重复点索引信息、UV 顶点的非流形标识信息和拆非流形而产生的 UV 重复点索引信息。在后

处理步骤中,将由于拆非流形而产生的重复点进行合并,并调整连接关系,恢复网格中的非流形结构。完成含有非流形结构网格的无损编解码。需要说明的是,后处理步骤中也可以包含恢复滤除的重复点、删除添加的虚拟顶点等正确解码所需的后处理模块。为方便说明,图6中仅列出了本申请实施例针对的恢复非流形结构的模块。

(2) 解码是否进行无损颜色空间格式转换的指示信息(如第一指示信息),并使用视频解码器解码纹理图,如果在编码端对纹理图的颜色空间格式进行了无损颜色空间格式转换,则解码得到的是YUV格式的纹理图,根据指示信息在解码端对纹理图进行无损颜色空间格式转换,将纹理图由YUV颜色空间格式(即第二颜色空间格式)转换到RGB颜色空间格式(即第一颜色空间格式),从而实现纹理图的无损编解码。如果在编码端未对纹理图的颜色空间格式进行无损颜色空间格式转换,则解码得到的是RGB格式的纹理图,此时在解码端无需进行颜色空间格式转换。

下面通过一个具体的实施例对三维网格编解码方法进行说明:

编码端:

如图5所示,三维网格无损编码框架主要分为五部分:预处理中的拆分非流形结构、连接关系编码、几何信息编码、属性信息编码以及非流形结构信息编码。在该实施例中以第一颜色空间格式为RGB颜色空间格式,第二颜色空间格式为YUV颜色空间格式,属性信息为UV坐标(也可描述为纹理坐标,也可简称为UV或纹理)为例,对各部分分别进行介绍:

(1) 预处理

输入:原始网格;

输出:表示网格中几何坐标和UV坐标是否具有相同连接关系的信息、流形网格、拆非流形产生的重复点信息。

在拆除非流形结构前,首先判断几何坐标和UV坐标是否具有相同的连接关系。可以首先判断出几何顶点数量与UV顶点数量是否一致,若一致则再根据几何三角形与UV三角形即几何连接关系和UV连接关系是否一致来判断,若几何三角形与UV三角形不一致则几何坐标和UV坐标具有不同的连接关系;若几何顶点的数量和UV顶点的数量不一致,但几何三角形的数量与UV三角形的数量一致,则几何坐标和UV坐标也具有不同的连接关系。也可以用其他方式判断,此处不限制其判断方法。

拆分非流形结构主要分为两部分:拆分非流形边和拆分非流形点。

拆分非流形边的第一步是找到非流形边。非流形边的判断条件是一条边同时存在于三个或更多的三角形中。具体实现的方法:可以是,建立一个数据结构来存储每条边所在的三角形,通过查询该边对应的三角形数量找出非流形边;也可以是,通过构造转角台(CornerTable)来建立网格中角和边之间的对应关系,进而找出非流形边。具体地,对于流形网格,每条边最多与两个角相对,相对的两个角称为对角。如图7所示,角a与角d与边bc相对,角a与角d为对角;而对于非流形边,会有三个或更多的对角。因此,通

过角与边的对应关系也可以找出非流形边。

拆分非流形边的第二步是添加顶点，并修改连接关系。在找到非流形边后，为非流形边的两个顶点分别创建重复顶点，选择非流形边所在的一个三角形 t ，使该三角形中的第三个顶点与新添加的两个顶点构成新的三角形 t' ，用 t' 替换原三角形 t ，迭代此过程直到非流形边转化成流形边。

拆分非流形点首先需要构建 CornerTable，建立每个顶点和该顶点的角之间的对应关系。对于每一个顶点执行两步操作。第一步，从顶点的某一个角开始，依次遍历与该角相邻且构成一个扇形的所有角，将顶点和遍历到的角标记为已遍历。如果在执行完上述过程后，有顶点仍存在未遍历过角，则说明该顶点为非流形点。第二步，对于每个非流形点，创建一个重复点，并修改连接关系，将第一步中未遍历到的角连接到新添加的重复点，将非流形点拆分为两个流形顶点。重复这一过程，直到所有的顶点都转换成流形点为止。

若几何坐标和 UV 坐标具有相同的连接关系，则执行一次上述过程，并记录一组该过程产生的重复点信息；若几何坐标和 UV 坐标具有不同的连接关系，则几何和 UV 分别执行一次上述过程：分别构建几何和 UV 的 CornerTable，并分别拆分几何的非流形边和几何的非流形点、拆分 UV 的非流形边和 UV 的非流形点，并分别记录该过程产生的几何重复点信息和 UV 重复点信息。

(2) 连接关系编码

输入：流形网络的连接关系，表示网格中几何坐标和 UV 坐标是否具有相同连接关系的信息；

输出：编码后的连接关系子码流和顶点编码顺序。

本实施例使用 Edgebreaker 方法编码三维网络的连接关系，通过建立 CornerTable 来表示网络的连接关系，并利用 CornerTable 遍历网格中的所有三角形，生成 Edgebreaker 的 CLERS 模式字符串。

CornerTable 用于表示网格中的角与顶点以及三角形之间的关系。在构建 CornerTable 之前首先需要对角进行编号，按照网格中三角形面片的顺序遍历三角形，对于每个三角形按照逆时针顺序为角进行编号，如果网格有 f 个三角形面片，那么网格会有 $3f$ 个角。这样编号的好处是，通过角的序号，可以计算出当前角所在的三角形序号，如式 (1) 所示；还可以计算出按照逆时针方向，当前角 c 的前一个角 c_p 和后一个角 c_n 的序号，如式 (2) 和式 (3) 所示。

$$f_i = c / 3 \quad (1)$$

其中， c 为当前角的索引， f_i 为当前角 c 所在三角形的序号，“/”为整数除法，对所得结果向下取整。

$$c_p = (f_i * 3) + (c - 1) \% 3 \quad (2)$$

其中， c 为当前角的索引， f_i 为当前角 c 所在三角形的序号，“*”为乘法，“%”为取模运算。

$$c_p = (f_i * 3) + (c + 1) \% 3 \quad (3)$$

其中, c 为当前角的索引, f_i 为当前角 c 所在三角形的序号, “*”为乘法, “%”为取模运算。

CornerTable 包含四部分: 分别是 V 表、O 表、U 表以及 M 表。其中, V 表存储每个角对应的顶点索引, O 表存储每个角的对角索引, U 表存储在遍历过程中每个三角形是否被遍历过的标识, M 表存储在遍历过程中每个顶点是否被遍历过的标识。

利用 CornerTable 可以构造如图 8 所示的关系, 其中 c 表示当前角, $c.p$ 表示当前角 c 的前一个角 (按逆时针方向), $c.n$ 表示当前角 c 的下一个角。 $c.o$ 为当前角 c 的对角, 可以查询 O 表得到。 $c.t$ 为 c 所在三角形的序号, 可以由式 1 计算得到。 $c.v$ 表示当前角的顶点, 可以查询 V 表得到。 $c.l$ 表示当前角 c 左边的角, 通过查询 O 表中 $c.p$ 的对角得到; $c.r$ 表示当前角 c 右边的角, 通过查询 O 表中 $c.n$ 的对角得到。

利用 CornerTable 构建起角与顶点及三角形之间的关系后, 可以按照螺旋形顺序遍历网格, 得到表示网格连接关系的 Edgebreaker 的 CLERS 模式字符串。此时, 五种模式的判断条件以及遍历规则如图 9 所示。当前遍历的角为 x , 如果 x 所对应的顶点 $x.v$ 没有被访问过, 那么当前的三角形为 C 模式, 并且下一个待遍历的三角形为 $x.r$ 所在的三角形; 否则, 如果 $x.l$ 所在的三角形被访问过, 那么当前的三角形为 L 模式, 并且下一个待遍历的三角形为 $x.r$ 所在的三角形; 如果 $x.r$ 所在的三角形被访问过, 那么当前的三角形为 R 模式, 并且下一个待遍历的三角形为 $x.l$ 所在的三角形; 如果顶点 $x.v$ 被访问过, 而 $x.l$ 与 $x.r$ 所在的三角形都没有被访问过, 那么当前三角形为 S 模式, 此时遍历路径会产生两个分支, 采用深度优先遍历的原则, 首先遍历的三角形为 $x.r$ 所在的三角形, 并且要将 $x.l$ 所在的三角形存入堆栈, 等待 $x.r$ 所在的分支遍历完成后, 再遍历 $x.l$ 所在的三角形; 如果 $x.l$ 与 $x.r$ 所在的三角形都被访问过, 那么当前三角形的模式为 E, 此时遍历到了当前遍历路径分支的终点。

在网格中随机选择一个初始三角形, 按照上述规则遍历网格中的三角形, 并生成 CLERS 模式字符串。当遍历路径终结, 但网格仍存在为遍历到的三角形时, 随机选择一个未遍历的三角形, 开始下一次遍历, 直到网格中所有的三角形都被遍历过为止。

使用熵编码对 CLERS 模式字符串进行压缩, 得到最终的连接信息码流。

若几何坐标和 UV 坐标具有相同的连接关系, 则执行一次上述过程即可; 若几何坐标和 UV 坐标具有不同的连接关系, 由于几何三角形和纹理三角形数量一致且对应, 只是对应的几何坐标索引和 UV 坐标索引不是一一对应的关系, 因此只需根据几何的 CornerTable 构建一次 CLERS 模式字符串并编码。而在该情况下对于 UV, 则在几何的每个连通区域的模式字符串编码完成后, 遍历已经遍历过的角, 根据 UV 的 TC 表和 OTC 表记录并编码 UV 连接关系与几何连接关系的差异信息。其中, TC 表存储纹理三角形中的每个角对应的 UV 顶点索引, OTC 表存储纹理三角形中的每个对角索引。

(3) 几何信息编码

输入：流形网格的几何信息和连接关系编码顺序；

输出：几何信息子码流以及几何信息编码顺序。

编码几何信息可以采用多种方法，如差值预测编码算法、平行四边形预测编码算法、多平行四边形预测编码算法等，此处不强调具体的编码方法。以平行四边形预测编码算法为例：设有 a、b、c、d 四个顶点，构成如图 10 所示的网格中相邻的两个三角形。

其中，a、b、c 点的几何信息已编码，d 点的几何信息待编码，可以使用式 (4) 计算出 d 点几何坐标的预测值 d'。

$$d'(x, y, z) = b(x, y, z) + c(x, y, z) - a(x, y, z) \quad (4)$$

得到 d' 后，计算 d' 与 d 点三维坐标的差值，如式 (5) 所示：

$$\Delta d(x, y, z) = d(x, y, z) - d'(x, y, z) \quad (5)$$

对 Δd 进行熵编码得到几何信息的码流。

对于无法使用平行四边形预测的三角形，比如处于网格边界的三角形，使用差值编码方法编码几何信息。即使用相邻已编码顶点的坐标值，作为当前顶点坐标的预测值，计算并预测残差。

(4) 属性信息编码

输入：流形网格的属性信息和连接关系编码顺序；

输出：属性信息子码流以及属性信息的编码顺序。

三维网格属性信息一般包括 UV 坐标、法向量等，以 UV 坐标为例。UV 坐标可以采用的编码方法有很多种，包括差值预测编码、平行四边形预测编码以及相似三角形预测编码等，此处不强调具体的编码方法。下面描述相似三角形预测算法。

首先选取一个三维网格中的三角形作为初始三角形，对初始三角形的三个顶点不进行预测直接编码 UV 坐标，并且把初始三角形的边存入边集合中，这个集合可以是满足一定存取准则的数据结构。之后取出一个集合中的边 τ ，预测下一个新三角形中 τ 的对顶点 UV 坐标。并且将新三角形中除 τ 之外的两边放入集合内。记待预测点为点 C，边 τ 两端点分别为 N，P，通过 τ 与新三角形相邻的三角形对顶点为 O，C 在 τ 上的投影点 X。如图 11 所示，由于点 N，P，O 三点的 UV 坐标都先于 C 点编码，因此可以利用这三点预测 C 点的 UV 坐标。具体计算流程如下：

设 $C_{uv}, X_{uv}, N_{uv}, P_{uv}, O_{uv}$ 分别为各点的 UV 坐标， C_G, X_G, N_G, P_G, O_G 为各点的几何坐标。

首先使用式 (6) 及式 (7) 计算点 X 的 UV 坐标：

$$\overrightarrow{NX_{uv}} = (\overrightarrow{NP_G} \cdot \overrightarrow{NC_G}) / \overrightarrow{NX_G}^2 \quad (6)$$

$$X_{uv} = \overrightarrow{NX_{uv}} + N_{uv} \quad (7)$$

其中， $\overrightarrow{NP_G}, \overrightarrow{NC_G}, \overrightarrow{NX_G}$ 等以 G 为下标的向量表示均为相应各点间的几何坐标的向量表示；同理， $\overrightarrow{NX_{uv}}$ 等以 UV 为下标的向量表示均为相应各点间的 UV 坐标的向量表示。

使用式 (8) 计算向量 $\overrightarrow{XC_{uv}}$ ，Rotated() 表示对向量进行 90 度翻转：

$$\overrightarrow{XC_{uv}} = (|\overrightarrow{XC_G}| / |\overrightarrow{NP_G}|) \cdot \text{Rotated}(\overrightarrow{NP_G}) \quad (8)$$

最后使用式 (9)、式 (10) 及式 (11) 计算 C 点预测 UV 坐标 Pred_C :

$$\overrightarrow{\text{CO1}}_{uv} = \mathbf{O}_{uv} - (\mathbf{X}_{uv} + \overrightarrow{\text{XC}}_{uv}) \quad (9)$$

$$\overrightarrow{\text{CO2}}_{uv} = \mathbf{O}_{uv} - (\mathbf{X}_{uv} - \overrightarrow{\text{XC}}_{uv}) \quad (10)$$

$$\text{Pred}_C = \begin{cases} \mathbf{X}_{uv} + \overrightarrow{\text{XC}}_{uv} & |\overrightarrow{\text{CO1}}_{uv}| > |\overrightarrow{\text{CO2}}_{uv}| \\ \mathbf{X}_{uv} - \overrightarrow{\text{XC}}_{uv} & |\overrightarrow{\text{CO1}}_{uv}| < |\overrightarrow{\text{CO2}}_{uv}| \end{cases} \quad (11)$$

其中, $\overrightarrow{\text{CO1}}_{uv}$ 和 $\overrightarrow{\text{CO2}}_{uv}$ 均表示 C 点和 O 点间 UV 坐标的向量, 但为不同计算方式/取值的表示形式。

得到 UV 坐标预测值之后, 再与原始 UV 坐标相减得到残差值。

编码 UV 坐标步骤如下:

(a) 从连接性关系中选取一个初始三角形, 不进行预测直接编码初始三角形三个顶点的 UV 坐标。将初始三角形边存入边集合中。

(b) 按照存取准则从集合中选取边 τ , 编码与 τ 组成的新三角形对顶点的 UV 坐标。利用三角形三维到二维的投影关系, 依据以上所述的 UV 坐标预测值计算过程计算待编码点的预测值。将 UV 坐标原始值减去预测值得到残差。

(c) 将新三角形的两条边加入边集合中, 移除集合顶部的边 τ 。从集合中取出下一条边, 继续编码该边邻接三角形的对顶点 UV 坐标, 返回步骤 3, 直到所有顶点的 UV 坐标编码完成。

(d) 熵编码 UV 坐标残差, 输出 UV 坐标码流。

(5) 非流形结构信息编码

输入: 表示网格中几何坐标和 UV 坐标是否具有相同连接关系的信息、表示网格中是否存在非流形结构的信息、顶点的非流形标识、拆非流形而产生的重复点索引信息、几何信息编码顺序、属性信息编码顺序;

输出: 非流形结构信息子码流。

首先, 编码指示网格中是否存在非流形结构的信息。以设置是否存在非流形结构的标识为例: 如果网格中不存在非流形结构, 即因拆非流形而产生的重复点数量为 0, 将标识置 0, 不需要再编码顶点的非流形标识和拆非流形而产生的重复点索引信息; 如果网格中存在非流形结构, 即因拆非流形而产生的重复点数量大于 0, 将标识置 1, 然后编码顶点的非流形标识和拆非流形而产生的重复点索引信息。

因拆非流形而产生的重复点包括几何重复点和 UV 重复点两部分。依据网格中几何坐标和 UV 坐标是否具有相同的连接关系, 将编码顶点的非流形标识和拆非流形而产生的重复点索引信息分为两种情况: 第一种情况是网格中几何坐标和 UV 坐标具有相同的连接关系即几何坐标和 UV 坐标是一一对应的关系时, 则直接编码一组顶点的非流形标识和拆非流形而产生的重复点索引信息, 索引信息可以根据编码端几何坐标和 UV 坐标的编码顺序得到; 第二种情况是网格中几何坐标和 UV 坐标具有不同的连接关系即几何坐标和 UV 坐标不是一一对应的关系时, 则分别编码几何顶点的非流形标识和拆非流形而产生的几何重复点索引信息、UV 顶点的非流形标识和拆非流形而产生的 UV 重复点索引信息, 索引信

息可以分别根据编码端的几何坐标编码顺序和 UV 坐标编码顺序得到。

具体实现是：若网格中几何坐标和 UV 坐标具有相同的连接关系，则对流形网格中的每个顶点设置一个标志位，用于表示当前位置的点是否是由于拆非流形而产生的重复点，并编码由于拆非流形而产生的重复点索引信息；若网格中几何坐标和 UV 坐标具有不同的连接关系，则分别对流形网格中的每个几何顶点和每个 UV 顶点设置一个标志位，分别用于表示当前位置的几何顶点和 UV 顶点是否是由于拆非流形而产生的重复点，并分别编码由于拆非流形而产生的几何重复点索引信息和 UV 重复点索引信息。然后对按照相应的编码顺序排列的标志位二进制字符串序列和拆非流形而产生的重复点索引信息进行熵编码，得到非流形结构信息码流。

非流形结构信息码流在总码流中可以有多种存放方式：一种是将非流形结构信息码流作为单独的一路子码流；另一种是将几何非流形结构信息的码流存放到几何信息子码流中，将 UV 非流形结构信息的码流存放到属性信息子码流中；还可以将几何非流形结构信息的码流和 UV 非流形结构信息的码流作为两路子码流存放到总码流中。此处不强调非流形结构信息码流在总码流中的存放方式。

(6) 无损颜色空间格式转换模块

输入：BGR444 格式的纹理图（此处以 BGR444 格式为例说明）；

输出：YUV444 格式的纹理图。

可以编码一个指示信息来指示是否对纹理图进行无损颜色空间格式转换。如对纹理图进行无损颜色空间格式转换，则对输入的 RGB 颜色空间格式（即第一颜色空间格式）的纹理图进行无损的颜色空间格式转换，得到 YUV 颜色空间格式（即第二颜色空间格式）的纹理图。此处无损颜色空间格式转换可以有多种实现方式，本申请实施例不限制无损颜色空间格式转换的具体实现方式。例如，可以使用如式（12）-式（14）所示的颜色空间格式转换方法，将纹理图由 RGB 颜色空间格式转换到 YUV 颜色空间格式。

$$U = B - \text{round}\left(\frac{87}{256}R + \frac{169}{256}G\right) \quad (12)$$

$$V = R - G \quad (13)$$

$$Y = G + \text{round}\left(\frac{86}{256}V + \frac{29}{256}U\right) \quad (14)$$

或者，可以使用如式（15）-（17）所示的颜色空间格式转换方法，将纹理图由 RGB 颜色空间格式转换到 YUV 颜色空间格式。

$$Y = \text{round}\left(\frac{R + 2G + B}{4}\right) \quad (15)$$

$$U = R - G \quad (16)$$

$$V = B - G \quad (17)$$

其中，round（）代表向下取整函数。

(7) 纹理图编码模块

如果对纹理图进行无损颜色空间格式转换,则使用视频编码器无损编码 YUV 颜色空间格式的视频。如果不对纹理图进行颜色空间格式转换,则使用视频编码器无损编码 RGB 颜色空间格式的视频。此处不限定使用的视频编码器。

解码端:

如图 6 所示,本申请实施例的三维网格无损解码框架主要分为六部分:连接关系解码、几何信息解码、属性信息解码、非流形结构信息解码、重建流形网格以及后处理中的恢复非流形结构。在该实施例中以第一颜色空间格式为 RGB 颜色空间格式,第二颜色空间格式为 YUV 颜色空间格式,属性信息为 UV 坐标(也可描述为纹理坐标,也可简称为 UV 或纹理)为例,对各部分分别进行介绍:

(1) 连接关系解码

输入:待解码的连接关系子码流,表示几何坐标和 UV 坐标是否具有相同的连接关系的信息;

输出:流形网格的连接关系和解码的顶点顺序。

先对连接关系子码流进行解码得到模式字符串。按照某种顺序(正序或逆序)遍历模式字符串,根据字符串中相对应的模式来重建连接关系。与编码端一致,若几何坐标和 UV 坐标具有相同的连接关系,则只需重建一套连接关系;若几何坐标和 UV 坐标具有不同的连接关系,则先根据解码出来的字符串重建几何的连接关系,然后再遍历当前已经解码出来的连通区域中的角以及当前已经解码出来的连通区域中的 UV 连接关系与几何连接关系的差异信息,重建 UV 坐标的连接关系。此外,将顶点的遍历顺序输出至几何信息和属性信息解码模块。

(2) 几何信息解码

输入:几何信息子码流、连接关系的解码顺序;

输出:流形网格的几何信息。

网格几何坐标的解码过程是编码过程的逆过程:先熵解码出坐标预测残差。再根据已解码三角形按照平行四边法则预测出待解码点的预测坐标。将预测坐标加上熵解码出的残差值即可得到待解码的几何坐标位置。这里的顶点遍历顺序与编码几何信息的顶点顺序相同。需要说明的是,初始三角形的几何坐标不使用预测编码,而是直接编码它们的几何坐标值。在解码端解码出该三角形的几何坐标后作为初始三角形开始遍历解码其他三角形顶点的几何坐标。另外,此处还可能使用其他解码方法,不强调具体的解码方法,只要与编码端对应即可。

(3) 属性信息解码

输入:待解码的属性信息码流、连接关系的解码顺序;

输出:流形网格重建的属性信息。

以 UV 坐标为例,对 UV 坐标解码采用与编码端对应的解码方法,此处不强调具体的解码方法。下面描述使用相似三角形预测算法的解码过程。

解码 UV 坐标步骤如下：

a、熵解码 UV 坐标码流。

b、解码初始三角形三个顶点的 UV 坐标，这里不计算预测值，初始三角形是直接编码其 UV 坐标而不是编码残差。将初始三角形边存入边集合中。

c、按照存取准则从集合中选取边 τ ，解码与 τ 组成的新三角形对顶点的 UV 坐标。先利用三角形三维到二维的映射关系，与编码端一致的计算方式计算待解码点的 UV 坐标预测值。再将预测值与熵解码的残差相加，得到重建 UV 坐标。

d、将新三角形的两条边加入边集合中，移除集合顶部的边 τ 。从集合中取出下一条边，继续解码该边邻接三角形的对顶点 UV 坐标，返回步骤 c，直到所有顶点的 UV 坐标解码完成。

（4）非流形结构信息解码

输入：非流形结构信息子码流、表示网格中几何坐标和 UV 坐标是否具有相同连接关系的信息、几何信息解码顺序和属性信息解码顺序；

输出：指示网格中是否存在非流形结构的信息、顶点的非流形标识、拆非流形而产生的重复点索引信息。

首先，解码得到网格中指示是否存在非流形结构的信息。以该信息为是否存在非流形的标识为例：如果标识为 0，则不需要解码顶点的非流形标识和拆非流形而产生的重复点索引信息，并跳过后续恢复非流形结构的模块；如果标识为 1，则解码顶点的非流形标识和拆非流形而产生的重复点索引信息。

顶点的非流形标识和拆非流形而产生的重复点索引信息解码采用与编码端相对应的方法，根据几何坐标和 UV 坐标是否具有相同的连接关系分为两种情况：若几何坐标和 UV 坐标具有相同的连接关系，则熵解码得到一组顶点的非流形标识和拆非流形而产生的重复点索引信息；若几何坐标和 UV 坐标具有不同的连接关系，则分别解码得到几何顶点的非流形标识和拆非流形而产生的几何重复点索引信息、UV 顶点的非流形标识和拆非流形而产生的 UV 重复点索引信息。记录这些信息并将其输出到恢复非流形结构模块。

（5）重建流形网格

输入：流形网格的连接关系、流形网格的几何信息、流形网格的属性信息；

输出：流形网格。

利用流形网格的连接关系、几何信息、属性信息，可以直接重建得到流形网格。

（6）后处理中的恢复非流形结构

输入：流形网格、顶点的非流形标识、拆非流形而产生的重复点索引信息、表示网格中几何坐标和 UV 坐标是否具有相同连接关系的信息；

输出：重建非流形网格。

非流形边与非流形点的恢复过程是相同的。以拆非流形而产生的重复点索引信息为重复点组索引为例，可以首先按顶点的解码顺序遍历所有顶点，依据顶点的非流形标识建立

一个哈希表，哈希表的键为拆非流形而产生的重复点组索引，值为要合并到的目标顶点的索引。若当前顶点不是拆非流形而产生的重复点，则当前顶点与当前顶点的索引对应，即不更新其索引；若当前顶点是拆非流形而产生的重复点，且是其所在重复点组要合并到的目标顶点，则当前顶点与当前顶点的索引对应，即不更新其索引，在哈希表中添加当前顶点的重复点组索引和当前顶点在重建流形网格中的索引；若当前顶点是拆非流形而产生的重复点，但不是其所在重复点组要合并到的目标顶点，则依据当前点的重复点组索引在哈希表中进行搜索得其要合并到的目标顶点在重建流形网格中的索引，以进行合并拆非流形而产生的重复点的操作，即更新当前顶点索引为其对应的要合并到的目标顶点的索引。最后，更新几何坐标列表和 UV 坐标列表，并更新连接关系中的几何顶点和 UV 顶点的索引，得到重建的非流形网格。

若几何坐标和 UV 坐标具有相同的连接关系，则执行一次上述过程，得到重建的几何坐标和 UV 坐标具有相同连接关系的非流形网格；若几何坐标和 UV 坐标具有不同的连接关系，则分别按照几何顶点和 UV 顶点的解码顺序遍历几何顶点和 UV 顶点，并分别依据几何顶点和 UV 顶点的非流形标识建立几何哈希表和 UV 哈希表，分别存储拆非流形而产生的几何重复点索引信息和要合并到的几何目标顶点在重建流形网格中的索引、拆非流形而产生的 UV 重复点索引信息和要合并到的 UV 目标顶点在重建流形网格中的索引，分别执行上述判断和合并拆非流形而产生的重复点的操作，并更新几何坐标列表和 UV 坐标列表，更新连接关系中的几何顶点索引和 UV 顶点索引，得到重建的几何坐标和 UV 坐标具有不同连接关系的非流形网格。

(8) 纹理图解码模块

解码是否进行无损颜色空间格式转换的指示信息（如第一指示信息），并使用视频解码器解码纹理图，如果在编码端对颜色空间格式进行了无损颜色空间格式转换，则解码得到的是 YUV 格式的纹理图；如果在编码端未对颜色空间格式进行无损颜色空间格式转换，则解码得到的是 RGB 格式的纹理图。

(9) 无损颜色空间格式转换模块

输入：YUV 444 格式的纹理图；

输出：BGR444 格式的纹理图（此处以 BGR444 格式为例）。

如果对颜色空间格式进行无损变换，对输入的 YUV 颜色空间格式（即第二颜色空间格式）的纹理图进行无损的颜色空间格式转换，得到 RGB 颜色空间格式（即第一颜色空间格式）的纹理图。此处无损颜色空间格式转换可以有多种实现方式，本实施例不限制无损颜色空间格式转换的具体实现方式。例如，与式（12）-式（14）所示的颜色空间格式转换方法相对应的逆转换方法如（18）-（20）所示。

$$G = Y - \text{round}\left(\frac{86}{256}V + \frac{29}{256}U\right) \quad (18)$$

$$R = V + G \quad (19)$$

$$B = U + \text{round}\left(\frac{87}{256}R + \frac{169}{256}G\right) \quad (20)$$

与式(15)-式(17)所示的颜色空间格式转换方法相对应的逆转换方法如(21)-(23)所示。

$$G = Y - \text{round}\left(\frac{U+V}{4}\right) \quad (21)$$

$$R = U + G \quad (22)$$

$$B = V + G \quad (23)$$

其中，round() 代表向下取整函数。

相关技术中，针对三维网格的纹理图的无损编码，直接使用视频编码器编码 BGR444 格式的纹理图，导致纹理图无损编码效率较低。本申请实施例提出一种基于 Edgebreaker 的三维网格纹理图无损编解码方法。以第一颜色空间格式为 RGB 颜色空间格式，第二颜色空间格式为 YUV 颜色空间格式为例，在解码端解码得到指示是否进行无损颜色空间格式转换的指示信息，如果在编码端对纹理图的颜色空间格式进行了无损颜色空间格式转换，则使用视频解码器解码得到的是 YUV 格式的纹理图，对纹理图进行无损颜色空间格式转换，将纹理图由 YUV 颜色空间格式(即第二颜色空间格式)转换到 RGB 颜色空间格式(即第一颜色空间格式)，从而实现纹理图的无损编解码。需要说明的是，此实施例将纹理图由 YUV 颜色空间格式转换到 RGB 颜色空间格式，而不限制纹理图的具体格式，例如纹理图在 RGB 颜色空间格式可以是 BGR444 格式，也可以是 RGB444 格式。如果在编码端未对纹理图的颜色空间格式进行无损颜色空间格式转换，则使用视频解码器解码得到的是 RGB 颜色空间格式的视频。本申请实施例能够提高三维网格的编解码效率。

需要说明的是，本申请实施例提供的三维网格编码方法，执行主体可以为三维网格编码装置，或者，该三维网格编码装置中的用于执行三维网格编码的方法的控制模块。本申请实施例中以三维网格编码装置执行网格编码的方法为例，说明本申请实施例提供的三维网格编码装置。

请参见图 12，图 12 是本申请实施例提供的一种三维网格编码装置的结构图，如图 12 所示，三维网格编码装置 300 包括：

转换模块 301，用于对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第二颜色空间格式的纹理图；

第一编码模块 302，用于对所述第二颜色空间格式的纹理图进行编码处理，得到第一纹理图码流。

可选地，所述转换模块具体用于：

在确定对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第二颜色空间格式的纹理图。

可选地，所述装置还包括：

第二编码模块，用于在确定不对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，

对所述第一颜色空间格式的纹理图进行编码处理，得到第二纹理图码流。

可选地，所述三维网格对应的码流包括第一指示信息的编码结果，所述第一指示信息用于指示编码端是否对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换；

其中，在所述第一指示信息指示编码端对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，所述三维网格对应的码流还包括所述第一纹理图码流；或

在所述第一指示信息指示编码端不对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，所述三维网格对应的码流还包括第二纹理图码流。

可选地，在所述第一指示信息指示对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，所述第一指示信息还用于指示所述三维网格的纹理图由所述第一颜色空间格式转换至所述第二颜色空间格式的转换类型。

可选地，所述第二颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量小于所述第一颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量。

可选地，所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为不同颜色空间的颜色空间格式；或，所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为相同颜色空间的不同颜色空间格式。

可选地，所述第一颜色空间格式为 RGB 颜色空间格式，所述第二颜色空间格式为 YUV 颜色空间格式。

本申请实施例中的三维网格编码装置可以是装置，具有操作系统的装置或电子设备，也可以是终端中的部件、集成电路、或芯片。该装置或电子设备可以是移动终端，也可以为非移动终端。示例性的，移动终端可以包括但不限于上述所列举的终端的类型，非移动终端可以为服务器、网络附属存储器（Network Attached Storage，NAS）、个人计算机（personal computer，PC）、电视机（television，TV）、柜员机或者自助机等，本申请实施例不作具体限定。

本申请实施例提供的三维网格编码装置能够实现图 3 的方法实施例实现的各个过程，并达到相同的技术效果，为避免重复，这里不再赘述。

需要说明的是，本申请实施例提供的三维网格解码方法，执行主体可以为三维网格解码装置，或者，该三维网格解码装置中的用于执行三维网格解码的方法的控制模块。本申请实施例中以三维网格解码装置执行网格解码的方法为例，说明本申请实施例提供的三维网格解码装置。

请参见图 13，图 13 是本申请实施例提供的一种三维网格解码装置的结构图，如图 13 所示，三维网格解码装置 400 包括：

第一解码模块 401，用于对三维网格对应的码流中的第一纹理图码流进行解码处理，得到第二颜色空间格式的纹理图；

转换模块 402，用于对所述第二颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第一颜色空间格式的纹理图；

重建模块 403，用于基于所述第一颜色空间格式的纹理图进行网格重建处理，得到重建的三维网格。

可选地，所述装置还包括：

第二解码模块，用于对所述三维网格对应的码流中的第一指示信息的编码结果进行解码，得到所述第一指示信息；

所述第一解码模块具体用于：

在基于所述第一指示信息确定对纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，对三维网格对应的码流中的第一纹理图码流进行解码处理，得到第二颜色空间格式的纹理图。

可选地，所述第一解码模块具体用于：

在基于所述第一指示信息确定将纹理图由第二颜色空间格式转换至第一颜色空间格式的情况下，将所述第二颜色空间格式的纹理图由所述第二颜色空间格式转换至第一颜色空间格式，得到所述第一颜色空间格式的纹理图。

可选地，所述装置还包括：

第三解码模块，用于在基于所述第一指示信息确定对纹理图不进行颜色空间格式转换的情况下，对三维网格对应的码流中的第二纹理图码流进行解码处理，得到第一颜色空间格式的纹理图。

可选地，所述第二颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量小于所述第一颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量。

可选地，所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为不同颜色空间的颜色空间格式；或，所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为相同颜色空间的不同颜色空间格式。

可选地，所述第一颜色空间格式为 RGB 颜色空间格式，所述第二颜色空间格式为 YUV 颜色空间格式。

本申请实施例中的三维网格解码装置可以是装置，具有操作系统的装置或电子设备，也可以是终端中的部件、集成电路、或芯片。该装置或电子设备可以是移动终端，也可以为非移动终端。示例性的，移动终端可以包括但不限于上述所列举的终端的类型，非移动终端可以为服务器、网络附属存储器（Network Attached Storage，NAS）、个人计算机（personal computer，PC）、电视机（television，TV）、柜员机或者自助机等，本申请实施例不作具体限定。

本申请实施例提供的三维网格解码装置能够实现图 4 的方法实施例实现的各个过程，并达到相同的技术效果，为避免重复，这里不再赘述。

可选地，如图 14 所示，本申请实施例还提供一种通信设备 500，包括处理器 501 和存储器 502，存储器 502 上存储有可在所述处理器 501 上运行的程序或指令，例如，该通信设备 500 为编码端设备时，该程序或指令被处理器 501 执行时实现上述三维网格编码方法实施例的各个步骤，且能达到相同的技术效果。该通信设备 500 为解码端设备时，该程

序或指令被处理器 501 执行时实现上述三维网格解码方法实施例的各个步骤,且能达到相同的技术效果,为避免重复,这里不再赘述。

本申请实施例还提供一种电子设备,包括处理器及通信接口,所述处理器用于:对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换,得到第二颜色空间格式的纹理图;对所述第二颜色空间格式的纹理图进行编码处理,得到第一纹理图码流。该电子设备实施例与上述三维网格编码方法实施例对应,上述三维网格编码方法实施例的各个实施过程和实现方式均可适用于该电子设备实施例中,且能达到相同的技术效果。

本申请实施例还提供一种电子设备,包括处理器及通信接口,所述处理器用于:对三维网格对应的码流中的第一纹理图码流进行解码处理,得到第二颜色空间格式的纹理图;对所述第二颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换,得到第一颜色空间格式的纹理图;基于所述第一颜色空间格式的纹理图进行网格重建处理,得到重建的三维网格。该电子设备实施例与上述三维网格解码方法实施例对应,上述三维网格解码方法实施例的各个实施过程和实现方式均可适用于该电子设备实施例中,且能达到相同的技术效果。

具体地,所述电子设备可以为终端。图 15 为实现本申请实施例的一种终端的硬件结构示意图。

该终端 600 包括但不限于:射频单元 601、网络模块 602、音频输出单元 603、输入单元 604、传感器 605、显示单元 606、用户输入单元 607、接口单元 608、存储器 609 以及处理器 610 等中的至少部分部件。

本领域技术人员可以理解,终端 600 还可以包括给各个部件供电的电源(比如电池),电源可以通过电源管理系统与处理器 610 逻辑相连,从而通过电源管理系统实现管理充电、放电、以及功耗管理等功能。图 15 中示出的终端结构并不构成对终端的限定,终端可以包括比图示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件布置,在此不再赘述。

应理解的是,本申请实施例中,输入单元 604 可以包括图形处理器(Graphics Processing Unit, GPU) 6041 和麦克风 6042, GPU 6041 对在视频捕获模式或图像捕获模式中由图像捕获装置(如摄像头)获得的静态图片或视频的图像数据进行处理。显示单元 606 可包括显示面板 6061,可以采用液晶显示器、有机发光二极管等形式来配置显示面板 6061。用户输入单元 607 包括触控面板 6071 以及其他输入设备 6072 中的至少一种。触控面板 6071,也称为触摸屏。触控面板 6071 可包括触摸检测装置和触摸控制器两个部分。其他输入设备 6072 可以包括但不限于物理键盘、功能键(比如音量控制按键、开关按键等)、轨迹球、鼠标、操作杆,在此不再赘述。

本申请实施例中,射频单元 601 接收来自网络侧设备的下行数据后,可以传输给处理器 610 进行处理;另外,射频单元 601 可以向网络侧设备发送上行数据。通常,射频单元 601 包括但不限于天线、放大器、收发信机、耦合器、低噪声放大器、双工器等。

存储器 609 可用于存储软件程序或指令以及各种数据。存储器 609 可主要包括存储程序或指令的第一存储区和存储数据的第二存储区,其中,第一存储区可存储操作系统、至

少一个功能所需的应用程序或指令（比如声音播放功能、图像播放功能等）等。此外，存储器 609 可以包括易失性存储器或非易失性存储器，或者，存储器 609 可以包括易失性和非易失性存储器两者。其中，非易失性存储器可以是只读存储器(Read-Only Memory, ROM)、可编程只读存储器(Programmable ROM, PROM)、可擦除可编程只读存储器(Erasable PROM, EPROM)、电可擦除可编程只读存储器(Electrically EPROM, EEPROM)或闪存。易失性存储器可以是随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)、静态随机存取存储器(Static RAM, SRAM)、动态随机存取存储器(Dynamic RAM, DRAM)、同步动态随机存取存储器(Synchronous DRAM, SDRAM)、双倍数据速率同步动态随机存取存储器(Double Data Rate SDRAM, DDRSDRAM)、增强型同步动态随机存取存储器(Enhanced SDRAM, ESDRAM)、同步连接动态随机存取存储器(Synch link DRAM, SLDRAM)和直接内存总线随机存取存储器(Direct Rambus RAM, DRRAM)。本申请实施例中的存储器 609 包括但不限于这些和任意其它适合类型的存储器。

处理器 610 可包括一个或多个处理单元；可选的，处理器 610 集成应用处理器和调制解调处理器，其中，应用处理器主要处理涉及操作系统、用户界面和应用程序等的操作，调制解调处理器主要处理无线通信信号，如基带处理器。可以理解的是，上述调制解调处理器也可以不集成到处理器 610 中。

其中，在所述终端为编码端设备的情况下：

所述处理器 610 用于：

对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第二颜色空间格式的纹理图；

对所述第二颜色空间格式的纹理图进行编码处理，得到第一纹理图码流。

可选地，所述处理器 610 具体用于：

在确定对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第二颜色空间格式的纹理图。

可选地，所述处理器 610 还用于：

在确定不对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，对所述第一颜色空间格式的纹理图进行编码处理，得到第二纹理图码流。

可选地，所述三维网格对应的码流包括第一指示信息的编码结果，所述第一指示信息用于指示编码端是否对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换；

其中，在所述第一指示信息指示编码端对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，所述三维网格对应的码流还包括所述第一纹理图码流；或

在所述第一指示信息指示编码端不对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，所述三维网格对应的码流还包括第二纹理图码流。

可选地，在所述第一指示信息指示对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，所述第一指示信息还用于指示所述三维网格的纹理图由所述第一颜色空间格式转换至

所述第二颜色空间格式的转换类型。

可选地，所述第二颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量小于所述第一颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量。

可选地，所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为不同颜色空间的颜色空间格式；或，所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为相同颜色空间的不同颜色空间格式。

可选地，所述第一颜色空间格式为 RGB 颜色空间格式，所述第二颜色空间格式为 YUV 颜色空间格式。

其中，在所述终端为解码端设备的情况下：

所述处理器 610 用于：

对三维网格对应的码流中的第一纹理图码流进行解码处理，得到第二颜色空间格式的纹理图；

对所述第二颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第一颜色空间格式的纹理图；

基于所述第一颜色空间格式的纹理图进行网格重建处理，得到重建的三维网格。

可选地，所述处理器 610 还用于：

对所述三维网格对应的码流中的第一指示信息的编码结果进行解码，得到所述第一指示信息；

所述处理器 610 具体用于：

在基于所述第一指示信息确定对纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，对三维网格对应的码流中的第一纹理图码流进行解码处理，得到第二颜色空间格式的纹理图。

可选地，所述处理器 610 具体还用于：

在基于所述第一指示信息确定将纹理图由第二颜色空间格式转换至第一颜色空间格式的情况下，将所述第二颜色空间格式的纹理图由所述第二颜色空间格式转换至第一颜色空间格式，得到所述第一颜色空间格式的纹理图。

可选地，所述处理器 610 还用于：

在基于所述第一指示信息确定对纹理图不进行颜色空间格式转换的情况下，对三维网格对应的码流中的第二纹理图码流进行解码处理，得到第一颜色空间格式的纹理图。

可选地，所述第二颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量小于所述第一颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量。

可选地，所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为不同颜色空间的颜色空间格式；或，所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为相同颜色空间的不同颜色空间格式。

可选地，所述第一颜色空间格式为 RGB 颜色空间格式，所述第二颜色空间格式为 YUV 颜色空间格式。

具体地，本申请实施例的终端还包括：存储在存储器 609 上并可在处理器 610 上运行的指令或程序，处理器 610 调用存储器 609 中的指令或程序执行图 12 或图 13 所示各模块执行的方法，并达到相同的技术效果，为避免重复，故不在此赘述。

本申请实施例还提供一种可读存储介质，所述可读存储介质上存储有程序或指令，该程序或指令被处理器执行时实现上述三维网格编码方法实施例的各个过程，或者，该程序或指令被处理器执行时实现上述三维网格解码方法实施例的各个过程，且能达到相同的技术效果，为避免重复，这里不再赘述。

其中，所述处理器为上述实施例中所述的终端中的处理器。所述可读存储介质，包括计算机可读存储介质，如计算机只读存储器（Read-Only Memory, ROM）、随机存取存储器（Random Access Memory, RAM）、磁碟或者光盘等。

本申请实施例另提供了一种芯片，所述芯片包括处理器和通信接口，所述通信接口和所述处理器耦合，所述处理器用于运行程序或指令，实现上述三维网格编码方法实施例的各个过程，或者，实现上述三维网格解码方法实施例的各个过程，且能达到相同的技术效果，为避免重复，这里不再赘述。

应理解，本申请实施例提到的芯片还可以称为系统级芯片，系统芯片，芯片系统或片上系统芯片等。

需要说明的是，在本文中，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者装置不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者装置所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括该要素的过程、方法、物品或者装置中还存在另外的相同要素。此外，需要指出的是，本申请实施方式中的方法和装置的范围不限按示出或讨论的顺序来执行功能，还可包括根据所涉及的功能按基本同时的方式或按相反的顺序来执行功能，例如，可以按不同于所描述的次序来执行所描述的方法，并且还可以添加、省去、或组合各种步骤。另外，参照某些示例所描述的特征可在其他示例中被组合。

通过以上的实施方式的描述，本领域的技术人员可以清楚地了解到上述实施例方法可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现，当然也可以通过硬件，但很多情况下前者是更佳的实施方式。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对相关技术做出贡献的部分可以以计算机软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质（如 ROM/RAM、磁碟、光盘）中，包括若干指令用以使得一台终端（可以是手机，计算机，服务器，空调器，或者网络设备等等）执行本申请各个实施例所述的方法。

上面结合附图对本申请的实施例进行了描述，但是本申请并不局限于上述的具体实施方式，上述的具体实施方式仅仅是示意性的，而不是限制性的，本领域的普通技术人员在本申请的启示下，在不脱离本申请宗旨和权利要求所保护的范围情况下，还可做出很多形式，均属于本申请的保护之内。

权利要求书

1. 一种三维网格编码方法，由编码端执行，包括：

对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第二颜色空间格式的纹理图；

对所述第二颜色空间格式的纹理图进行编码处理，得到第一纹理图码流。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第二颜色空间格式的纹理图，包括：

在确定对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第二颜色空间格式的纹理图。

3. 根据权利要求 2 所述的方法，其中，所述方法还包括：

在确定不对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，对所述第一颜色空间格式的纹理图进行编码处理，得到第二纹理图码流。

4. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的方法，其中，所述三维网格对应的码流包括第一指示信息的编码结果，所述第一指示信息用于指示编码端是否对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换；

其中，在所述第一指示信息指示编码端对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，所述三维网格对应的码流还包括所述第一纹理图码流；或

在所述第一指示信息指示编码端不对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，所述三维网格对应的码流还包括第二纹理图码流。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，其中，在所述第一指示信息指示对三维网格的纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，所述第一指示信息还用于指示所述三维网格的纹理图由所述第一颜色空间格式转换至所述第二颜色空间格式的转换类型。

6. 根据权利要求 1-5 中任一项所述的方法，其中，所述第二颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量小于所述第一颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量。

7. 根据权利要求 1-6 中任一项所述的方法，其中，所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为不同颜色空间的颜色空间格式；或，所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为相同颜色空间的不同颜色空间格式。

8. 根据权利要求 1-7 中任一项所述的方法，其中，所述第一颜色空间格式为 RGB 颜色空间格式，所述第二颜色空间格式为 YUV 颜色空间格式。

9. 一种三维网格解码方法，由解码端执行，包括：

对三维网格对应的码流中的第一纹理图码流进行解码处理，得到第二颜色空间格式的纹理图；

对所述第二颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第一颜色空间格式的

纹理图；

基于所述第一颜色空间格式的纹理图进行网格重建处理，得到重建的三维网格。

10. 根据权利要求 9 所述的方法，其中，所述方法还包括：

对所述三维网格对应的码流中的第一指示信息的编码结果进行解码，得到所述第一指示信息；

所述对三维网格对应的码流中的第一纹理图码流进行解码处理，得到第二颜色空间格式的纹理图，包括：

在基于所述第一指示信息确定对纹理图进行颜色空间格式转换的情况下，对三维网格对应的码流中的第一纹理图码流进行解码处理，得到第二颜色空间格式的纹理图。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，其中，所述对所述第二颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第一颜色空间格式的纹理图，包括：

在基于所述第一指示信息确定将纹理图由第二颜色空间格式转换至第一颜色空间格式的情况下，将所述第二颜色空间格式的纹理图由所述第二颜色空间格式转换至第一颜色空间格式，得到所述第一颜色空间格式的纹理图。

12. 根据权利要求 10 或 11 所述的方法，其中，所述方法还包括：

在基于所述第一指示信息确定对纹理图不进行颜色空间格式转换的情况下，对三维网格对应的码流中的第二纹理图码流进行解码处理，得到第一颜色空间格式的纹理图。

13. 根据权利要求 9-12 中任一项所述的方法，其中，所述第二颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量小于所述第一颜色空间格式的纹理图的颜色空间的相关信息量。

14. 根据权利要求 9-13 中任一项所述的方法，其中，所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为不同颜色空间的颜色空间格式；或，所述第二颜色空间格式与所述第一颜色空间格式为相同颜色空间的不同颜色空间格式。

15. 根据权利要求 9-14 中任一项所述的方法，其中，所述第一颜色空间格式为 RGB 颜色空间格式，所述第二颜色空间格式为 YUV 颜色空间格式。

16. 一种三维网格编码装置，所述装置包括：

转换模块，用于对三维网格的第一颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第二颜色空间格式的纹理图；

第一编码模块，用于对所述第二颜色空间格式的纹理图进行编码处理，得到第一纹理图码流。

17. 一种三维网格解码装置，所述装置包括：

第一解码模块，用于对三维网格对应的码流中的第一纹理图码流进行解码处理，得到第二颜色空间格式的纹理图；

转换模块，用于对所述第二颜色空间格式的纹理图进行颜色空间格式转换，得到第一颜色空间格式的纹理图；

重建模块，用于基于所述第一颜色空间格式的纹理图进行网格重建处理，得到重建的

三维网格。

18. 一种电子设备，包括处理器，存储器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的程序或指令，所述程序或指令被所述处理器执行时实现如权利要求 1 至 8 任一项所述的三维网格编码方法的步骤；或者，所述程序或指令被所述处理器执行时实现如权利要求 9 至 15 任一项所述的三维网格解码方法的步骤。

19. 一种芯片，所述芯片包括处理器和通信接口，所述通信接口和所述处理器耦合，所述处理器用于运行程序或指令，实现如权利要求 1 至 8 任一项所述的三维网格编码方法的步骤，或者，实现如权利要求 9 至 15 任一项所述的三维网格解码方法的步骤。

20. 一种可读存储介质，所述可读存储介质上存储程序或指令，所述程序或指令被处理器执行时实现如权利要求 1 至 8 任一项所述的三维网格编码方法的步骤，或者，所述程序或指令被处理器执行时实现如权利要求 9 至 15 任一项所述的三维网格解码方法的步骤。

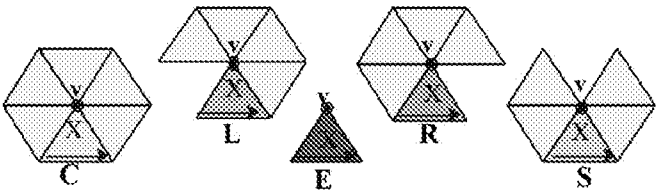


图 1

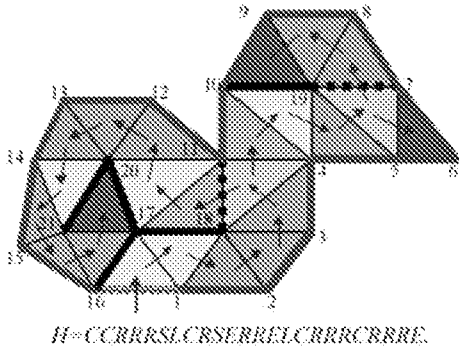


图 2

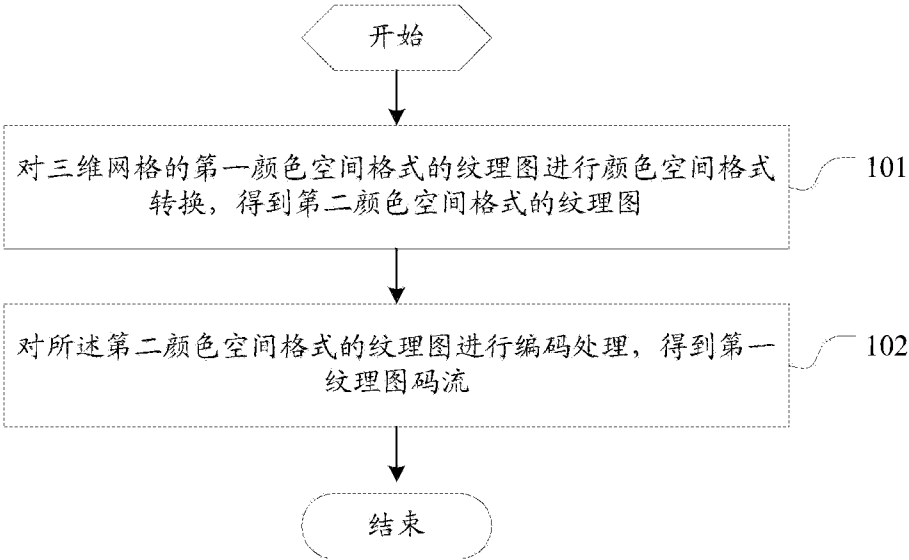


图 3

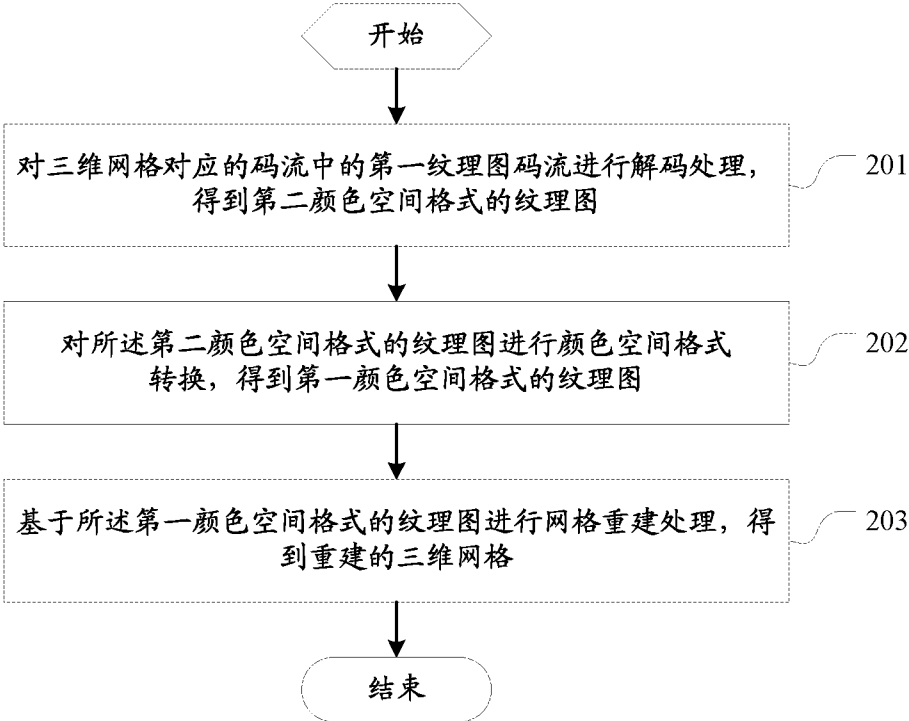


图 4

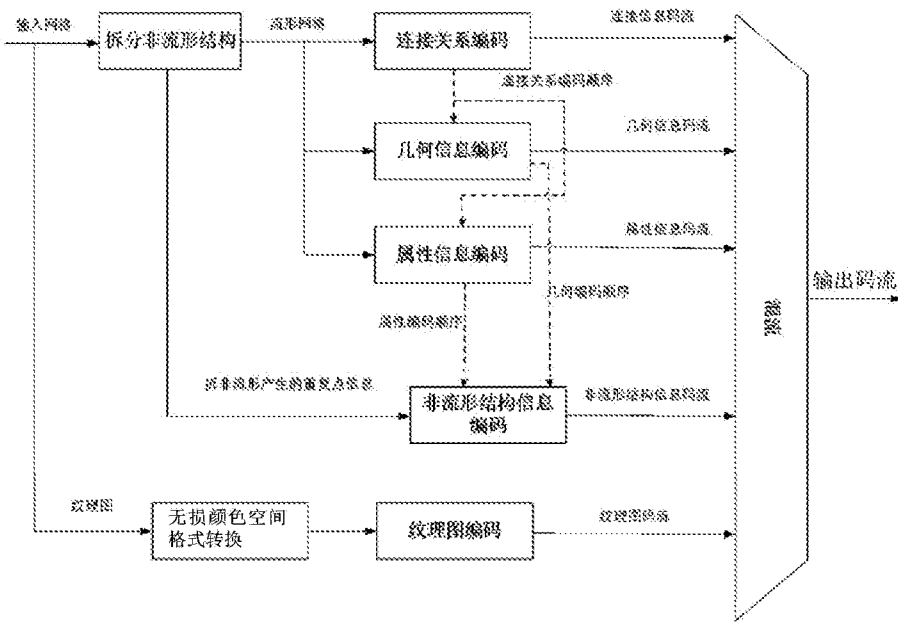


图 5

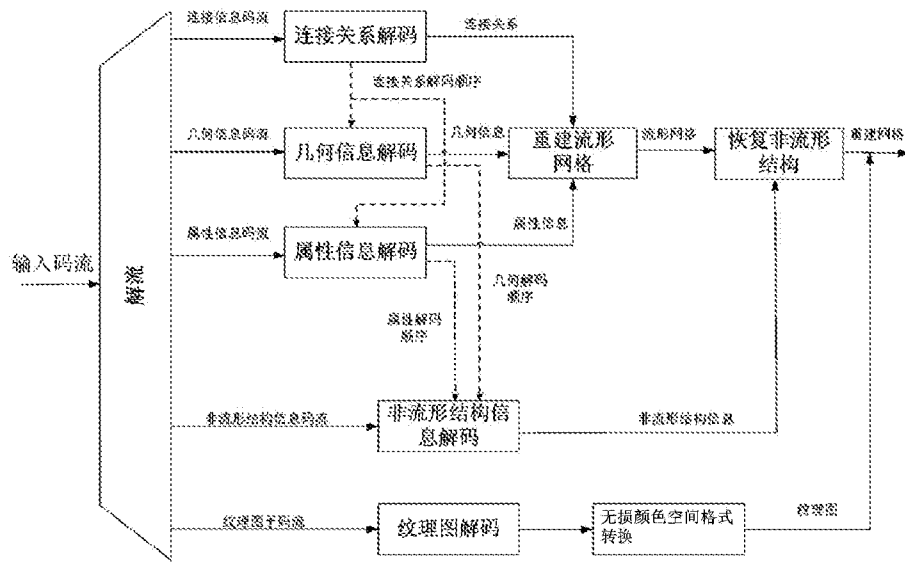


图 6

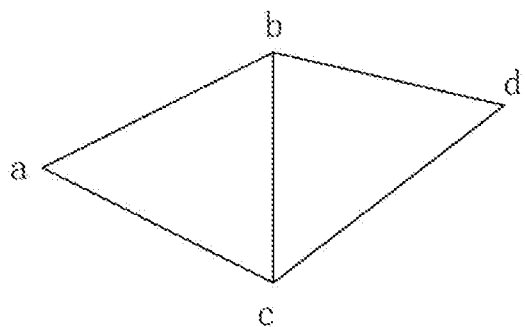


图 7

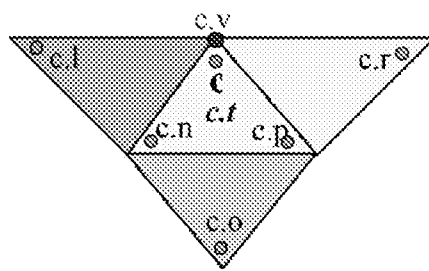


图 8

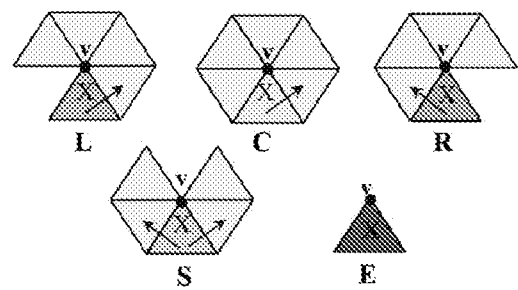


图 9

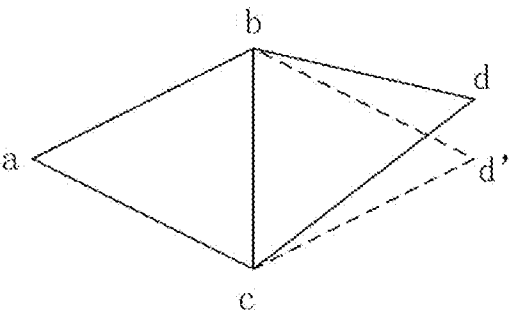


图 10

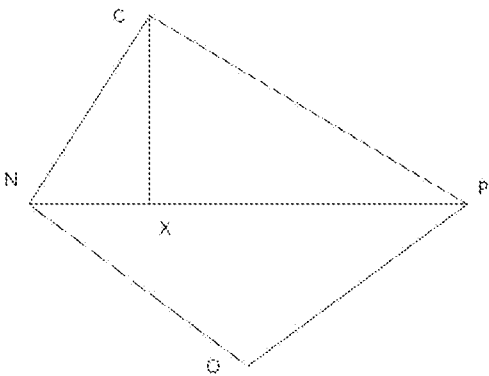


图 11

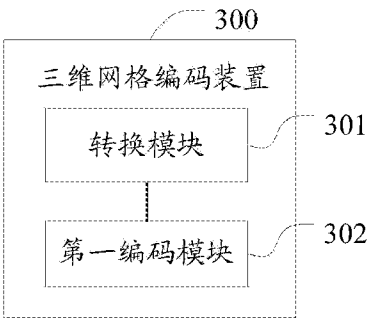


图 12

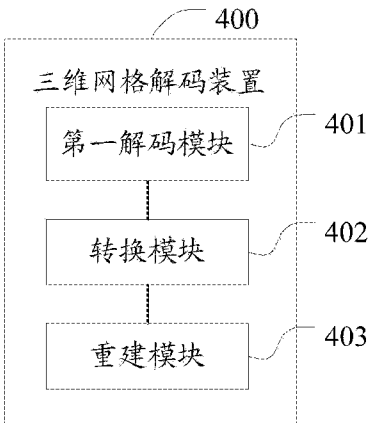


图 13

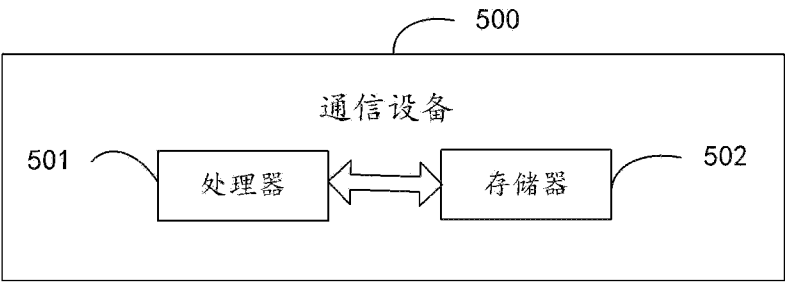


图 14

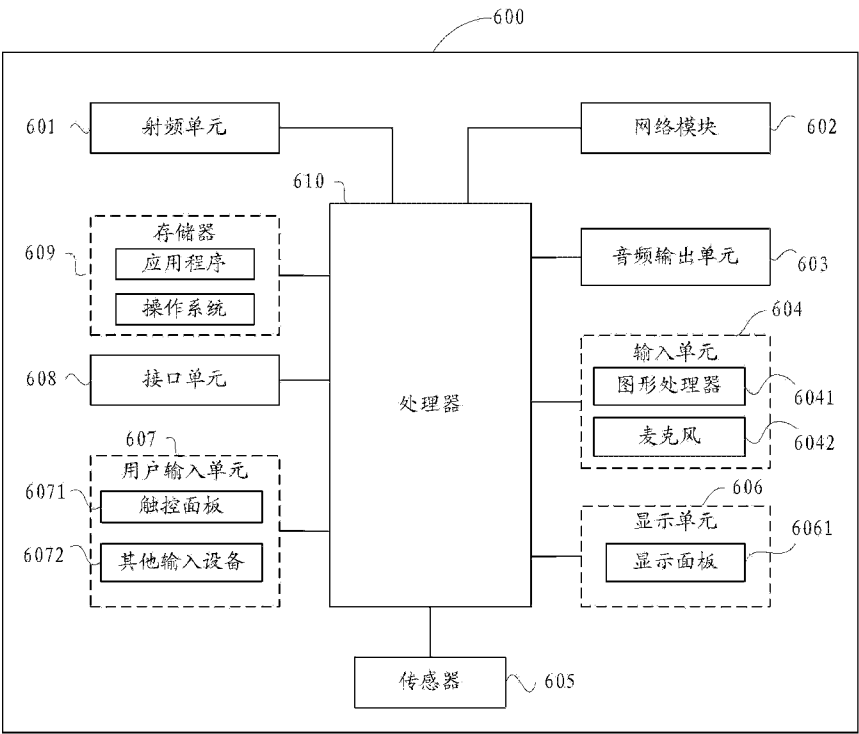


图 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/100833

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06T17/20(2006.01)i; G06T9/00(2006.01)n 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) IPC: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) CNTXT, ENTXT, ENTXTC, DWPI, WPABS, CNKI, IEEE: 三维, 网格, 编码, 解码, 转换, 第一颜色空间, 第二颜色空间, three dimension, grid, encode, decode, transform, first color space, second color space		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2017339430 A1 (GURULOGIC MICROSYSTEMS OY) 23 November 2017 (2017-11-23) description, paragraphs 2-203, claims 1-28, and figures 1-4	1-20
X	US 2019156518 A1 (APPLE INC.) 23 May 2019 (2019-05-23) description, paragraphs 2-348, and figures 1-7	1-20
X	US 2021090301 A1 (APPLE INC.) 25 March 2021 (2021-03-25) description, paragraphs 2-587, and figures 1-19	1-20
A	CN 104054338 A (DOLBY LABORATORIES LICENSING CORP.) 17 September 2014 (2014-09-17) entire document	1-20
A	CN 103563376 A (KONINKLIJKE PHILIPS N.V.) 05 February 2014 (2014-02-05) entire document	1-20
A	CN 116109798 A (TENCENT TECHNOLOGY (SHENZHEN) CO., LTD.) 12 May 2023 (2023-05-12) entire document	1-20
☐ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 13 August 2024		Date of mailing of the international search report 29 August 2024
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2024/100833

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2017339430	A1	23 November 2017	GB	2533109	A	15 June 2016
				WO	2016091397	A1	16 June 2016
				EP	3231180	A1	18 October 2017
				GB	2533109	B	28 November 2018
US	2019156518	A1	23 May 2019	US	10607373	B2	31 March 2020
US	2021090301	A1	25 March 2021	WO	2021062044	A1	01 April 2021
				US	11450030	B2	20 September 2022
CN	104054338	A	17 September 2014	WO	2012122425	A1	13 September 2012
				US	2014003527	A1	02 January 2014
				EP	2684365	A1	15 January 2014
				CN	104054338	B	05 April 2019
CN	103563376	A	05 February 2014	WO	2012137114	A1	11 October 2012
				US	2014029665	A1	30 January 2014
				EP	2695382	A1	12 February 2014
				JP	2014517556	A	17 July 2014
				RU	2013149856	A	20 May 2015
CN	116109798	A	12 May 2023	CN	116109798	B	09 June 2023
				HK	40086739	A0	01 September 2023
				HK	40086739	A1	17 November 2023

A. 主题的分类

G06T17/20(2006.01)i; G06T9/00(2006.01)n

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)

IPC: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))

CNTEXT,ENTEXT,ENTXTC,DWPI,WPABS,CNKI,IEEE: 三维,网格,编码,解码,转换,第一颜色空间,第二颜色空间,three dimension,grid,encode,decode,transform,first color space,second color space

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
X	US 2017339430 A1 (GURULOGIC MICROSYSTEMS OY.) 2017年11月23日 (2017 - 11 - 23) 说明书第2-203段, 权利要求1-28, 附图1-4	1-20
X	US 2019156518 A1 (APPLE INC.) 2019年5月23日 (2019 - 05 - 23) 说明书第2-348段, 附图1-7	1-20
X	US 2021090301 A1 (APPLE INC.) 2021年3月25日 (2021 - 03 - 25) 说明书第2-587段, 附图1-19	1-20
A	CN 104054338 A (杜比实验室特许公司) 2014年9月17日 (2014 - 09 - 17) 全文	1-20
A	CN 103563376 A (皇家飞利浦有限公司) 2014年2月5日 (2014 - 02 - 05) 全文	1-20
A	CN 116109798 A (腾讯科技(深圳)有限公司) 2023年5月12日 (2023 - 05 - 12) 全文	1-20

☐ 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

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“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

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2024年8月13日

国际检索报告邮寄日期

2024年8月29日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

王艳丽

电话号码 (+86) 027-59183856

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/100833

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
US	2017339430	A1	2017年11月23日	GB	2533109	A	2016年6月15日
				WO	2016091397	A1	2016年6月16日
				EP	3231180	A1	2017年10月18日
				GB	2533109	B	2018年11月28日
US	2019156518	A1	2019年5月23日	US	10607373	B2	2020年3月31日
US	2021090301	A1	2021年3月25日	WO	2021062044	A1	2021年4月1日
				US	11450030	B2	2022年9月20日
CN	104054338	A	2014年9月17日	WO	2012122425	A1	2012年9月13日
				US	2014003527	A1	2014年1月2日
				EP	2684365	A1	2014年1月15日
				CN	104054338	B	2019年4月5日
CN	103563376	A	2014年2月5日	WO	2012137114	A1	2012年10月11日
				US	2014029665	A1	2014年1月30日
				EP	2695382	A1	2014年2月12日
				JP	2014517556	A	2014年7月17日
				RU	2013149856	A	2015年5月20日
CN	116109798	A	2023年5月12日	CN	116109798	B	2023年6月9日
				HK	40086739	A0	2023年9月1日
				HK	40086739	A1	2023年11月17日