



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118525307 A

(43) 申请公布日 2024. 08. 20

(21) 申请号 202380014861.2

(22) 申请日 2023.09.08

(30) 优先权数据

63/433,726 2022.12.19 US

18/240,660 2023.08.31 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.05.31

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2023/032255 2023.09.08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/136929 EN 2024.06.27

(71) 申请人 腾讯美国有限责任公司

地址 美国加利福尼亚州帕洛阿尔托公园大道2747号

(72) 发明人 阮景上 黄超 许晓中 刘杉

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司 11018

专利代理师 陈世华 王琦

(51) Int.Cl.

G06T 17/20 (2006.01)

H04N 19/20 (2006.01)

G06T 15/08 (2006.01)

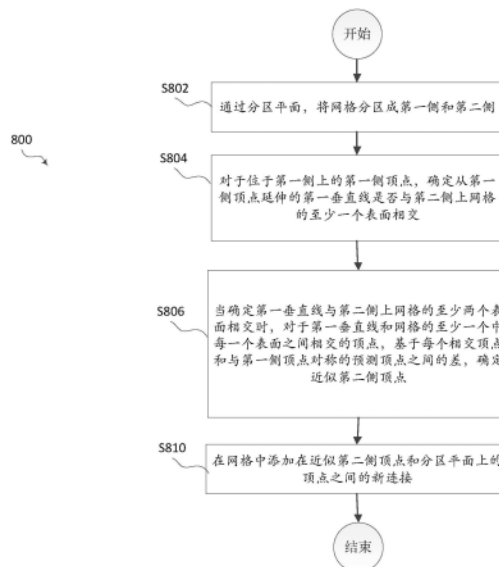
权利要求书3页 说明书12页 附图6页

(54) 发明名称

使网格对称的方法和装置

(57) 摘要

由编码器执行的方法包括:通过分区平面,将网格分区成第一侧和第二侧,其中,在所述网格中,所述第二侧与所述第一侧是相对的;对于位于所述第一侧上的第一顶点,确定从所述第一顶点延伸的所述第一垂直线是否与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第一垂直线的每个交点与所述第二侧上相交的顶点相对应;当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第二侧上每个相交的顶点和与所述第一顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第二侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第一顶点对应的第二顶点;及,在所述网格中,生成所述第二顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。



1. 一种网格编码方法,由至少一个处理器执行,其特征在于,包括:

通过分区平面,将网格分区成第一侧和第二侧,其中,在所述网格中,所述第二侧与所述第一侧是相对的;

对于位于所述第一侧上的第一顶点,确定从所述第一顶点延伸的所述第一垂直线是否与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第一垂直线的每个交点与所述第二侧上相交的顶点相对应;

当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第二侧上每个相交的顶点和与所述第一顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第二侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第一顶点对应的第二顶点;及,

在所述网格中,生成所述第二顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的任一个表面都不相交时,基于与所述第一顶点对称的所述预测顶点与所述第二侧上每个顶点之间的差,选择所述第二顶点。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的任一个表面都不相交时,选择所述第二侧上与所述第一顶点对称的所述预测顶点之间距离最小的顶点,作为所述第二顶点。

4. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

确定位于所述网格的所述第二侧上与所述第二顶点最近的近似顶点与所述第二顶点之间的距离是否小于阈值;

当确定所述距离不小于所述阈值时,

对于所述第二顶点,确定从所述第二顶点延伸的第二垂直线是否与所述第一侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第二垂直线的每个交点与所述第一侧上相交的顶点相对应;

当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第一侧上每个相交的顶点和与所述第二顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第一侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第二顶点对应的第三顶点;及,

在所述网格中,生成所述第三顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中,当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的任一个表面都不相交时,基于与所述第二顶点对称的所述预测顶点与所述第一侧上每个顶点之间的差,选择所述第三顶点。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中,当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的任一个表面都不相交时,选择所述第一侧上与所述第二顶点对称的所述预测顶点之间距离最小的顶点,作为所述第三顶点。

7. 根据权利要求5所述的方法,其中,当确定所述第二顶点与所述第二侧上的第四顶点之间的距离小于阈值时,使用所述第二顶点替换所述第四顶点。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中,基于所述第一顶点、以及所述第二顶点与在所述第二侧上与所述第一顶点对称的所述预测顶点之间的位移,对所述网格进行编码。

9. 一种编码器,其特征在于,包括:

至少一个存储器,用于存储程序代码;

至少一个处理器,用于读取所述程序代码,并根据所述程序代码的指令进行操作,所述程序代码包括:

分区代码,用于使得所述至少一个处理器,通过分区平面,将网格分区成第一侧和第二侧,其中,在所述网格中,所述第二侧与所述第一侧是相对的;

第一确定代码,用于使得所述至少一个处理器,对于位于所述第一侧上的第一顶点,确定从所述第一顶点延伸的所述第一垂直线是否与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第一垂直线的每个交点与所述第二侧上相交的顶点相对应;

第一选择代码,用于使得所述至少一个处理器,当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第二侧上每个相交的顶点和与所述第一顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第二侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第一顶点对应的第二顶点;及,

第一生成代码,用于使得所述至少一个处理器,在所述网格中,生成所述第二顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。

10. 根据权利要求9所述的编码器,其中,当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的任一个表面都不相交时,所述第一选择代码进一步使得所述处理器,基于与所述第一顶点对称的所述预测顶点与所述第二侧上每个顶点之间的差,选择所述第二顶点。

11. 根据权利要求10所述的编码器,其中,当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的任一个表面都不相交时,选择所述第二侧上与所述第一顶点对称的所述预测顶点之间距离最小的顶点,作为所述第二顶点。

12. 根据权利要求9所述的编码器,其中,所述程序代码还包括:

第二确定代码,用于使得所述至少一个处理器,确定位于所述网格的所述第二侧上与所述第二顶点最近的近似顶点与所述第二顶点之间的距离是否小于阈值;

当确定所述距离不小于所述阈值时,

第三确定代码,用于使得所述至少一个处理器,对于所述第二顶点,确定从所述第二顶点延伸的第二垂直线是否与所述第一侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第二垂直线的每个交点与所述第一侧上相交的顶点相对应;

第二选择代码,用于使得所述至少一个处理器,当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第一侧上每个相交的顶点和与所述第二顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第一侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第二顶点对应的第三顶点;及,

第二生成代码,用于使得所述至少一个处理器,在所述网格中,生成所述第三顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。

13. 根据权利要求12所述的编码器,其中,所述第二选择代码进一步使得所述至少一个处理器,当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的任一个表面都不相交时,基于与所述第二顶点对称的所述预测顶点与所述第一侧上每个顶点之间的差,选择所述第三顶点。

14. 根据权利要求13所述的编码器,其中,当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的任一个表面都不相交时,选择所述第一侧上与所述第二顶点对称的所述预测顶点之间距离最小的顶点,作为所述第三顶点。

15. 根据权利要求9所述的编码器,其中,当确定所述第二顶点与所述第二侧上的第四顶点之间的距离小于阈值时,使用所述第二顶点替换所述第四顶点。

16. 一种非易失性计算机可读介质,其特征在于,其上存储有指令,所述指令由编码器中的处理器执行时,使得所述处理器执行方法,包括:

通过分区平面,将网格分区成第一侧和第二侧,其中,在所述网格中,所述第二侧与所述第一侧是相对的;

对于位于所述第一侧上的第一顶点,确定从所述第一顶点延伸的所述第一垂直线是否与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第一垂直线的每个交点与所述第二侧上相交的顶点相对应;

当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第二侧上每个相交的顶点和与所述第一顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第二侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第一顶点对应的第二顶点;及,

在所述网格中,生成所述第二顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。

17. 根据权利要求16所述的非易失性计算机可读介质,其中,当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的任一个表面都不相交时,基于与所述第一顶点对称的所述预测顶点与所述第二侧上每个顶点之间的差,选择所述第二顶点。

18. 根据权利要求17所述的非易失性计算机可读介质,其中,当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的任一个表面都不相交时,选择所述第二侧上与所述第一顶点对称的所述预测顶点之间距离最小的顶点,作为所述第二顶点。

19. 根据权利要求16所述的非易失性计算机可读介质,还包括:

确定位于所述网格的所述第二侧上与所述第二顶点最近的近似顶点与所述第二顶点之间的距离是否小于阈值;

当确定所述距离不小于所述阈值时,

对于所述第二顶点,确定从所述第二顶点延伸的第二垂直线是否与所述第一侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第二垂直线的每个交点与所述第一侧上相交的顶点相对应;

当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第一侧上每个相交的顶点和与所述第二顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第一侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第二顶点对应的第三顶点;及,

在所述网格中,生成所述第三顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。

20. 根据权利要求19所述的非易失性计算机可读介质,其中,当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的任一个表面都不相交时,基于与所述第二顶点对称的所述预测顶点与所述第一侧上每个顶点之间的差,选择所述第三顶点。

使网格对称的方法和装置

[0001] 引用并入

[0002] 本申请要求于2022年12月19日提交的、申请号为63/433,726的美国临时申请的优先权,以及于2023年8月31日提交的、申请号为18/240,660的美国申请的优先权,其全部内容通过引用并入本申请中。

技术领域

[0003] 本申请实施例涉及先进的视频编解码技术,尤其涉及一种使网格对称的方法和装置。

背景技术

[0004] VMesh是一种用于压缩网格的正在进行的MPEG标准。当前VMesh参考软件基于抽取的基础网格、位移矢量和运动场来压缩网格。通过搜索输入网格上相对于细分出的网格中每个顶点最近的点,计算位移。通过线性提升方案,将位移矢量变换成小波系数,然后通过视频编解码器或算术编解码器,对系数进行量化和编码。

[0005] 反射对称(Reflection symmetry)是网格编码,尤其是计算机生成的网格的流行特征。利用对称压缩对称网格。顶点被分成对称面的左部分和右部分。左部分通过网格编码进行编码,而右部分通过对称预测和位移编码进行编码。

[0006] 然而,3D网格通常不是完全对称的,而是具有近似的对称,其中只有表面是近似对称的。在左右对称之间的一对一映射对于后续对称编码工具,包括位移、预测等,是必要的。

发明内容

[0007] 根据至少一个实施例,一种网格编码方法,由至少一个处理器执行,包括:

[0008] 通过分区平面,将网格分区成第一侧和第二侧,其中,在所述网格中,所述第二侧与所述第一侧是相对的;

[0009] 对于位于所述第一侧上的第一顶点,确定从所述第一顶点延伸的所述第一垂直线是否与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第一垂直线的每个交点与所述第二侧上相交的顶点相对应;

[0010] 当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第二侧上每个相交的顶点和与所述第一顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第二侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第一顶点对应的第二顶点;及,

[0011] 在所述网格中,生成所述第二顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。

[0012] 根据至少一个实施例,一种编码器,包括:

[0013] 至少一个存储器,用于存储程序代码;

[0014] 至少一个处理器,用于读取所述程序代码,并根据所述程序代码的指令进行操作,所述程序代码包括:

[0015] 分区代码,用于使得所述至少一个处理器,通过分区平面,将网格分区成第一侧和

第二侧,其中,在所述网格中,所述第二侧与所述第一侧是相对的;

[0016] 第一确定代码,用于使得所述至少一个处理器,对于位于所述第一侧上的第一顶点,确定从所述第一顶点延伸的所述第一垂直线是否与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第一垂直线的每个交点与所述第二侧上相交的顶点相对应;

[0017] 第一选择代码,用于使得所述至少一个处理器,当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第二侧上每个相交的顶点和与所述第一顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第二侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第一顶点对应的第二顶点;及,

[0018] 第一生成代码,用于使得所述至少一个处理器,在所述网格中,生成所述第二顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。

[0019] 根据至少一个实施例,一种非易失性计算机可读介质,其特征在于,其上存储有指令,所述指令由编码器中的处理器执行时,使得所述处理器执行方法,包括:

[0020] 通过分区平面,将网格分区成第一侧和第二侧,其中,在所述网格中,所述第二侧与所述第一侧是相对的;

[0021] 对于位于所述第一侧上的第一顶点,确定从所述第一顶点延伸的所述第一垂直线是否与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第一垂直线的每个交点与所述第二侧上相交的顶点相对应;

[0022] 当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第二侧上每个相交的顶点和与所述第一顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第二侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第一顶点对应的第二顶点;及,

[0023] 在所述网格中,生成所述第二顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。

附图说明

[0024] 根据以下详细描述和附图,所公开的主题的其他特征、性质和各种优点将进一步明确,其中:

[0025] 图1是根据本申请实施例的通信系统的示例性框图的示意图;

[0026] 图2是根据本申请实施例的流系统的示例性框图的示意图;

[0027] 图3示出了从左到右遍历网格的示例;

[0028] 图4示出了执行从左到右遍历网格时超出范围的顶点的示例;

[0029] 图5示出了从右到左遍历网格的示例;

[0030] 图6示出了执行从右到左遍历网格时超出范围的顶点的示例;

[0031] 图7示出了在网格中加入新链接的示例算法;

[0032] 图8示出了使网格对称的示例过程;

[0033] 图9是实施本申请实施例的计算机系统的示意图。

具体实施方式

[0034] 示例实施例的以下详细描述参考附图。不同附图中相同的附图标记可以识别相同或类似的元件。

[0035] 上述公开提供了说明和描述,但并不旨在穷举或将实施方式限制为所公开的精确

形式。根据以上公开,修改和变化是可能的,或者可以从实施方式的实践中获取修改和变化。此外,一个实施例的至少一个特征或部件可以并入另一实施例(或另一实施例的至少一个特征)中或与另一实施例(或另一实施例的至少一个特征)组合。附加地,在以下提供的流程图和操作描述中,应当理解,可以省略至少一个操作,可以添加至少一个操作,可以同时(至少部分地)执行至少一个操作,并且可以切换至少一个操作的顺序。

[0036] 显然,本文描述的系统和/或方法可以以不同形式的硬件、固件或硬件和软件的组合来实施。用于实施这些系统和/或方法的实际专用控制硬件或软件代码并不限制实施方式。因此,本文描述了系统和/或方法的操作和行为,而没有参考特定的软件代码——应当理解,软件和硬件可以被设计成基于本文的描述来实施系统和/或方法。

[0037] 即使在权利要求中列举和/或在说明书中公开了特征的特定组合,这些组合并不旨在限制可能实施方式的公开内容。实际上,这些特征中的许多可以以未在权利要求中具体叙述和/或在说明书中公开的方式组合。虽然下面列出的每个从属权利要求可以直接依赖于仅一个权利要求,但是可能实施方式的公开内容包括与权利要求组中的每个其它权利要求进行组合的每个附属权利要求。

[0038] 除非这样明确说明,否则本文使用的任何元件、行为或指令均不应被解释为关键或必要的。此外,如本文所使用的,冠词“一个(a)”和“一个(an)”旨在包括至少一个项目,并且可以与“至少一个”互换使用。当仅旨在指一个项目时,使用术语“一个”或类似语言。此外,如本文所使用的,术语“具有(has)”、“具有(have)”、“具有(having)”、“包括(include)”、“包括(including)”等旨在是开放式术语。此外,除非另有明确说明,否则短语“基于”旨在意指“至少部分地基于”。此外,诸如“[A]和[B]中的至少一种”或“[A]或[B]中的至少一种”的表达应理解为仅包括A、仅包括B,或包括A和B两者。

[0039] 在整个说明书中对“一个实施例”、“实施例”或类似语言的引用意指结合所指示的实施例描述的特定特征、结构或特性被包括在本解决方案的至少一个实施例中。因此,整个说明书中的短语“在一个实施例中”、“在实施例中”和类似语言可以但不一定都指相同的实施例。

[0040] 此外,本申请的所描述的特征、优点和特性可以以任何合适的方式组合在至少一个实施例中。根据本文的描述,相关领域的技术人员将认识到,可以在没有特定实施例的特定特征或优点中的至少一个的情况下实践本申请。在其它情况下,在某些实施例中可以认识到在本申请的所有实施例中可能不存在的附加特征和优点。

[0041] 参考图1至图2,描述了用于实施本申请的编码和解码结构的本申请的至少一个实施例。

[0042] 图1图示了根据本申请的实施例的通信系统100的简化框图。系统100可以包括经由网络150互连的至少两个终端110、120。对于数据的单向传输,第一终端110可以在本地位置处对可以包括网格数据的视频数据进行编码以经由网络150传输到另一终端120。第二终端120可以从网络150接收另一终端的已编码视频数据,对已编码数据进行解码并且显示已恢复的视频数据。单向数据传输在媒体服务应用等中可能是常见的。

[0043] 图1图示了第二对终端130、140,提供该第二对终端130、140以支持例如在视频会议期间可能发生的已编码视频的双向传输。对于数据的双向传输,每个终端130、140可以对本地位置处捕获的视频数据进行编码,以经由网络150传输到另一终端。每个终端130、

140还可以接收由另一终端传输的已编码视频数据,可以对已编码数据进行解码,并且可以在本地显示设备上显示已恢复的视频数据。

[0044] 在图1中,终端110至140可以是例如服务器、个人计算机和智能电话和/或任何其它类型的终端。例如,终端(110至140)可以是膝上型计算机、平板计算机、媒体播放器和/或专用视频会议设备。网络150表示在终端110至140中传送已编码视频数据的任何数量的网络,包括例如有线和/或无线通信网络。通信网络150可以在电路交换和/或分组交换信道中交换数据。代表性网络包括电信网、局域网、广域网和/或因特网。为了本讨论的目的,网络150的架构和拓扑结构对于本申请的操作可以是不重要的,除非下面给出解释。

[0045] 图2作为所公开主题的应用的示例图示了视频编码器和解码器在流传输环境中的布置。所公开的主题可以与其它视频使能应用一起使用,包括例如视频会议、数字电视、在包括CD、DVD、记忆棒等的数字媒体上存储压缩视频等。

[0046] 如图2所图示的,流传输系统200可以包括捕获子系统213,该捕获子系统213包括视频源201和编码器203。流传输系统200可以进一步包括至少一个流传输服务器205和/或至少一个流传输客户端206。

[0047] 视频源201例如可以创建包括3D网格和与该3D网格相关联的元数据的流202。视频源201可以包括例如3D传感器(例如深度传感器)或3D成像技术(例如,至少一个数字相机),以及被配置为使用从3D传感器或3D成像技术接收的数据来生成3D网格的计算设备。当与已编码视频码流相比时,可能具有高数据量的样本流202可以由耦合到视频源201的编码器203处理。编码器203可以包括硬件、软件或其组合,以实现或实施以下更详细描述的主题的各方面。编码器203还可以生成已编码视频码流204。与未压缩流202相比,可能具有较低数据量的已编码视频码流204可以被存储在流传输服务器205上以供将来使用。至少一个流传输客户端206可以访问流传输服务器205以检索可以是已编码视频码流204的副本的视频码流209。

[0048] 流传输客户端206可以包括视频解码器210和显示器212。视频解码器210可以例如对作为已编码视频码流204的输入副本的视频码流209进行解码,并且创建可以在显示器212或另一渲染设备上渲染的输出视频样本流211。在一些流传输系统中,可以根据某些视频编码/压缩标准来对视频码流204、209进行编码。

[0049] 本申请的实施例涉及使网格对称化。实施例基于改进网格不同侧面上顶点的一对一映射,提供了一种增强的对称。

[0050] 网格可以是定义形状或对象的顶点、边缘和面的集合。3D网格可以包括多个顶点,其中每个顶点与3D空间中的3D坐标(例如,x、y、z)相关联。2D网格可以包括多个顶点,其中每个顶点与2D空间中的2D坐标(例如,x和y)相关联。顶点可以被连接以形成边缘,其中顶点的集合可以定义面。网格可以被平面分区成左侧(例如,第一侧)和右侧(例如,与第一侧相对的第二侧)。在至少一个示例中,网格的一侧可以指对网格进行分区的分区平面的一侧。在至少一个示例中,表面或网格表面可以指由三个或更多个顶点和连接这些顶点的边缘限定的平面或面。

[0051] 对称网格 \mathcal{M} 可以具有镜像对称平面 p ,该镜像对称平面 p 将顶点 \mathbf{v} 分成一组左顶点 \mathbf{v}_L 、一组右顶点 \mathbf{v}_R 和一组对称平面内顶点 \mathbf{v}_J ;将面 \mathcal{F} 分成一组左面 \mathcal{F}_L 、一组右面 \mathcal{F}_R 和一组交叉对称平面 \mathcal{F}_C 。

[0052] 根据至少一个实施例,一种方法使多边形网格的几何顶点和连接性对称。多边形网格可以是3D网格。来自对称过程的输出网格可以是完全对称的或接近完全对称的,在左顶点和右顶点之间具有一对一映射。对称过程的输出可以是对称顶点集 \mathbf{V}_S 。在至少一个示例中,对称顶点集可以被初始化为空集。 $\mathbf{V}_S = \emptyset$ 。

[0053] 图3图示了根据至少一个实施例的执行网格的从左到右遍历。可以根据将网格300分区为左侧(例如,第一侧)和右侧(例如,与第一侧相对的第二侧)的对称平面p来对网格300进行分区。在至少一个示例中,对于左侧中的每个顶点 $v_L \in \mathbf{V}_L$,定义垂直于对称平面p并且穿过顶点 v_L 的线 ℓ_L 302。该垂直线302可以在 c_L 点 $\tilde{v}_R^i, i = \{1, \dots, c_L\}$ 处与右表面相交。垂直线与表面网格的交点可以被称为相交顶点。如图3所图示的,垂直线302在右侧、在以下点 \tilde{v}_R^2 和 \tilde{v}_R^1 处与网格300相交。该顶点 \tilde{v}_R 可以是 v_L 的预测对称顶点。在至少一个示例中,可以如下选择最接近 \tilde{v}_R 的点作为近似顶点如 \tilde{v}_R 。

[0054] 等式(1):

$$[0055] \quad \tilde{v}_R = \arg \min_{v_i \in \{1, c_L\}} |\tilde{v}_R^i - \tilde{v}_R|_2^2。$$

[0056] 在至少一个示例中, v_L 和 \tilde{v}_R 两者都可以被分类为对称顶点集 $\mathbf{V}_S \leftarrow \{v_L, \tilde{v}_R\}$,如图3所图示的。如图3的右侧所图示的,网格304图示了相对于网格300的经修改的网格,其中可以为近似顶点 \tilde{v}_R 添加新的连接性(例如,新的线306),如下面进一步详细描述。

[0057] 预测右对称顶点和近似右对称顶点之间的差可以定义为如下的对称位移。

[0058] 等式(2): $d = \tilde{v}_R - \hat{v}_R$ 。

[0059] 图4图示了网格400,其中垂直线402不与网格400右侧的表面相交。根据至少一个实施例,如果在线 ℓ_L 和右表面或超出范围的顶点之间没有相交,则发现与预测对称顶点 \tilde{v}_R 最接近的右顶点为 v_R^* 。

[0060] 等式(3): $v_R^* = \arg \min_{v_R \in \mathbf{V}_R} |\tilde{v}_R - v_R|_2^2$ 。

[0061] v_R^* 到线 ℓ_L 402的投影为 \tilde{v}_R^* ,该 \tilde{v}_R^* 可以替换原始右顶点 v_R 。该顶点也可以包括在对称集 $\mathbf{V}_S \leftarrow \{\tilde{v}_R^*\}$ 中。图4的右侧图示了相对于网格400的经修改的网格404,其中超出范围的顶点 \tilde{v}_R^* 被添加到网格。

[0062] 在至少一个示例中,预测右对称顶点和近似右对称顶点之间的差被定义为如下的对称位移。

[0063] 等式(4): $d = \tilde{v}_R^* - \hat{v}_R$ 。

[0064] 根据至少一个实施例,阈值 τ 可以被预先定义为最小失真阈值。对于右侧上的所有顶点 v_R ,可以如下确定来自 \mathbf{V}_S 的最接近的近似顶点。

[0065] 等式(5): $v_R^*, \varepsilon_R^* = \arg \min_{v \in \mathbf{V}_S} |v_R - v|_2^2$,

[0066] 其中 ε_R^* 为最小距离。如果到最近对称顶点 ε_R^* 的距离大于 τ ,则该顶点可以被分类为需要对称过程。

[0067] 因此,如果距离大于阈值,则可以从右到左执行与上述从左到右类似的过程。图5图示了根据至少一个实施例的执行从右到左的过程。

[0068] 例如,定义了穿过 v_L 并且垂直于对称平面p的网格500中的 ℓ_R 线502。该线可以与左表面在 $c_R \geq 0$ 的点 $\tilde{v}_L^i, i = \{1, \dots, c_R\}$ 处相交,其中 \hat{v}_L 是 v_L 的对称顶点。最接近 \hat{v}_L 的点被如下定义为 \tilde{v}_L 。

$$[0069] \quad \text{等式 (6)} : \tilde{v}_L = \arg \min_{v_i \in [1, c_R]} |\tilde{v}_L^i - \hat{v}_L|_2^2。$$

[0070] 在至少一个示例中,可以定义表示为 \hat{v}_R 的 \tilde{v}_L 的预测对称顶点。 \tilde{v}_L 和 v_R 两者都可以被设置为对称顶点 $v_S \leftarrow \{\tilde{v}_L, v_R\}$ 。

[0071] 在至少一个示例中,右顶点 v_R 和预测对称顶点 \hat{v}_R 之间的差被视为如下的位移。

$$[0072] \quad \text{等式 (7)} : d = v_R - \hat{v}_R$$

[0073] 网格504图示了关于网格500的经修改的网格的示例,其中顶点 \tilde{v}_L 被添加到网格504。

[0074] 根据至少一个实施例,如果在线 ℓ_R 和左表面(例如 $c_R = 0$)之间不存在相交,则可以以与从左到右的遍历类似的方式在从右到左的遍历中确定超出范围的顶点。在至少一个示例中,可以如下发现与预测对称顶点 \hat{v}_L 最近的左顶点为 v_L^* 。

$$[0075] \quad \text{等式 (8)} : v_L^* = \arg \min_{v_L \in \mathcal{V}_L} |\hat{v}_L - v_L|_2^2$$

[0076] v_L^* 到线 ℓ_R 的投影可以为 \tilde{v}_L^* ,该 \tilde{v}_L^* 可以替换原始右顶点 v_L 。该顶点也可以包括在对称集 $v_S \leftarrow \{\tilde{v}_L^*\}$ 中。

[0077] 根据至少一个实施例,如果如下原始右顶点和对应的近似右顶点之间的距离小于阈值 ϵ ,则原始右顶点 v_R 可以由对应的近似右顶点 \tilde{v}_R 替换。

$$[0078] \quad \text{等式 (9)} : |\tilde{v}_R - v_R|_2^2 \leq \epsilon。$$

[0079] 通过用对应的近似右顶点 \tilde{v}_R 替换原始右顶点 v_R ,对应的位移变为零,这导致新添加的连接性的减少。

[0080] 根据至少一个实施例,对于超出范围的顶点,添加新的连接性而不是用对应的右近似顶点 \tilde{v}_R^* 替换原始顶点 v_R 。图6图示了其中确定超出范围的顶点 \tilde{v}_R^* 的示例网格600。图6的右侧图示了相对于网格600的经修改的网格604,其中超出范围 \tilde{v}_R^* 的顶点被添加到网格。

[0081] 根据至少一个实施例,可以在从右到左的遍历之前执行从左到右的遍历。然而,该顺序可以被颠倒,在从左到右的遍历之前执行从右到左的遍历。

[0082] 图7图示了根据至少一个实施例的用于创建一对一顶点映射的连接性的示例算法。对于左和右两者中的近似顶点(例如 $\tilde{v}_{R/L}$),此顶点可以属于 $\mathcal{F} = \{v_i, \dots, v_{i+k}\}$ 的给定连接性。给定对应于要分割的连接的数量h,其中 $h \in [2, k-1]$,基于图7所图示的算法可以导出新的面 \mathcal{F}^i 。

[0083] 图8图示了根据至少一个实施例的用于使网格对称的示例过程800的流程图。该过程可以由诸如编码器203的编码器来执行。

[0084] 该过程可以在操作S802处开始,通过分区平面,将网格分区成第一侧和第二侧。例如,参考图3,网格300经由对称平面p被分区成左侧和右侧。左侧或右侧可以被识别为第一侧,而另一侧被识别为第二侧。

[0085] 该过程进行到操作S804,对于位于第一侧上的第一侧顶点,确定从第一侧顶点延伸的第一垂直线是否与第二侧上网格的至少一个表面相交。例如,参考图3,确定垂直线302在点 \bar{v}_R^2 和 \bar{v}_R^1 处与网格300右侧上的表面相交。

[0086] 该过程进行到操作S806,当确定第一垂直线与第二侧上网格的至少两个表面相交时,对于第一垂直线和网格的至少一个中每一个表面之间相交的顶点,基于每个相交顶点和与第一侧顶点对称的预测顶点之间的差,确定近似第二侧顶点。例如,参考图3,基于等式(1),确定顶点 \bar{v}_R^1 到预测对称顶点 \hat{v}_R 具有最小距离,并且因此 \bar{v}_R^1 被确定为近似顶点 v_R^* 。

[0087] 该过程进行到操作S810,在网格中添加在近似第二侧顶点和分区平面上的顶点之间的新连接。例如,参考图3,在顶点 \bar{v}_R^1 被确定为近似顶点之后,在 \bar{v}_R^1 和对称平面p上的顶点之间的新连接线被添加到网格304。

[0088] 上述技术可以通过计算机可读指令实现为计算机软件,并且物理地存储在至少一个计算机可读存储介质中。例如,图9示出了计算机系统(900),其适于实现所公开主题的某些实施例。

[0089] 所述计算机软件可通过任何合适的机器代码或计算机语言进行编码,通过汇编、编译、链接等机制创建包括指令的代码,所述指令可由至少一个计算机中央处理单元(CPU),图形处理单元(GPU)等直接执行或通过译码、微代码等方式执行。

[0090] 所述指令可以在各种类型的计算机或其组件上执行,包括例如个人计算机、平板电脑、服务器、智能手机、游戏设备、物联网设备等。

[0091] 图9所示的用于计算机系统(900)的组件本质上是示例性的,并不用于对实现本申请实施例的计算机软件的使用范围或功能进行任何限制。也不应将组件的配置解释为与计算机系统(900)的示例性实施例中所示的任一组件或其组合具有任何依赖性 or 要求。

[0092] 计算机系统(900)可以包括某些人机界面输入设备。这种人机界面输入设备可以通过触觉输入(如:键盘输入、滑动、数据手套移动)、音频输入(如:声音、掌声)、视觉输入(如:手势)、嗅觉输入(未示出),对至少一个人类用户的输入做出响应。所述人机界面设备还可用于捕获某些媒体,气与人类有意识的输入不必直接相关,如音频(例如:语音、音乐、环境声音)、图像(例如:扫描图像、从静止影像相机获得的摄影图像)、视频(例如二维视频、包括立体视频的三维视频)。

[0093] 人机界面输入设备可包括以下中的至少一个(仅绘出其中一个):键盘(901)、鼠标(902)、触控板(903)、触摸屏(910)、数据手套(未示出)、操纵杆(905)、麦克风(906)、扫描仪(907)、照相机(908)。

[0094] 计算机系统(900)还可以包括某些人机界面输出设备。这种人机界面输出设备可以通过例如触觉输出、声音、光和嗅觉/味觉来刺激至少一个人类用户的感受。这样的人机界面输出设备可包括触觉输出设备(例如通过触摸屏(910)、数据手套(未示出)或操纵杆(905)的触觉反馈,但也可以有不用作输入设备的触觉反馈设备)、音频输出设备(例如,扬声器(909)、耳机(未示出))、视觉输出设备(例如,包括阴极射线管屏幕、液晶屏幕、等离子

屏幕、有机发光二极管屏的屏幕(910),其中每一个都具有或没有触摸屏输入功能、每一个都具有或没有触觉反馈功能——其中一些可通过诸如立体画面输出的手段输出二维视觉输出或三维以上的输出;虚拟现实眼镜(未示出)、全息显示器和放烟箱(未示出))以及打印机(未示出)。

[0095] 计算机系统(900)还可以包括人可访问的存储设备及其相关介质,如包括具有CD/DVD的高密度只读/可重写式光盘(CD/DVD ROM/RW)(920)或类似介质(921)的光学介质、拇指驱动器(922)、可移动硬盘驱动器或固体状态驱动器(923),诸如磁带和软盘(未示出)的传统磁介质,诸如安全软件保护器(未示出)等的基于ROM/ASIC/PLD的专用设备,等等。

[0096] 本领域技术人员还应当理解,结合所公开的主题使用的术语“计算机可读存储介质”不包括传输介质、载波或其它瞬时信号。

[0097] 计算机系统(900)还可以包括通往至少一个通信网络(955)的接口(954)。例如,网络可以是无线的、有线的、光学的。网络还可为局域网、广域网、城域网、车载网络和工业网络、实时网络、延迟容忍网络等等。网络还包括以太网、无线局域网、蜂窝网络(GSM、3G、4G、5G、LTE等)等局域网、电视有线或无线广域数字网络(包括有线电视、卫星电视、和地面广播电视)、车载和工业网络(包括CANBus)等等。某些网络通常需要外部网络接口适配器,用于连接到某些通用数据端口或外围总线(949)(例如,计算机系统(900)的USB端口);其它系统通常通过连接到如下所述的系统总线集成到计算机系统(900)的核心(例如,以太网接口集成到PC计算机系统或蜂窝网络接口集成到智能电话计算机系统)。通过使用这些网络中的任何一个,计算机系统(900)可以与其它实体进行通信。所述通信可以是单向的,仅用于接收(例如,无线电视),单向的仅用于发送(例如CAN总线到某些CAN总线设备),或双向的,例如通过局域或广域数字网络到其它计算机系统。上述的每个网络和网络接口可使用某些协议和协议栈。

[0098] 上述的人机界面设备、人可访问的存储设备以及网络接口可以连接到计算机系统(900)的核心(940)。

[0099] 核心(940)可包括至少一个中央处理单元(CPU)(941)、图形处理单元(GPU)(942)、以现场可编程门阵列(FPGA)(943)形式的专用可编程处理单元、用于特定任务的硬件加速器(944)、图形适配器(950)等。这些设备以及只读存储器(ROM)(945)、随机存取存储器(946)、内部大容量存储器(例如内部非用户可存取硬盘驱动器、固态硬盘等)(947)等可通过系统总线(948)进行连接。在某些计算机系统中,可以以至少一个物理插头的形式访问系统总线(948),以便可通过额外的中央处理单元、图形处理单元等进行扩展。外围装置可直接附接到核心的系统总线(948),或通过外围总线(949)进行连接。在一示例中,屏幕(910)可以连接到图形适配器(950)。外围总线的体系结构包括外部控制器接口PCI、通用串行总线USB等。

[0100] CPU(941)、GPU(942)、FPGA(943)和加速器(944)可以执行某些指令,这些指令组合起来可以构成上述计算机代码。该计算机代码可以存储在ROM(945)或RAM(946)中。过渡数据也可以存储在RAM(946)中,而永久数据可以存储在例如内部大容量存储器(947)中。通过使用高速缓冲存储器可实现对任何存储器设备的快速存储和检索,高速缓冲存储器可与至少一个CPU(941)、GPU(942)、大容量存储器(947)、ROM(945)、RAM(946)等紧密关联。

[0101] 所述计算机可读存储介质上可具有计算机代码,用于执行各种计算机实现的操

作。介质和计算机代码可以是为本申请的目的而特别设计和构造的,也可以是计算机软件领域的技术人员所熟知和可用的介质和代码。

[0102] 作为实施例而非限制,具有体系结构(900)的计算机系统,特别是核心(940),可以作为处理器(包括CPU、GPU、FPGA、加速器等)提供执行包含在至少一个有形的计算机可读存储介质中的软件的功能。这种计算机可读存储介质可以是与上述的用户可访问的大容量存储器相关联的介质,以及具有非易失性的核心(940)的特定存储器,例如核心内部大容量存储器(947)或ROM(945)。实现本申请的各种实施例的软件可以存储在这种设备中并且由核心(940)执行。根据特定需要,计算机可读存储介质可包括一个或一个以上存储设备或芯片。该软件可以使得核心(940)特别是其中的处理器(包括CPU、GPU、FPGA等)执行本文所述的特定过程或特定过程的特定部分,包括定义存储在RAM(946)中的数据结构以及根据软件定义的过程来修改这种数据结构。另外或作为替代,计算机系统可以提供逻辑硬连线或以其它方式包含在电路(例如,加速器(944))中的功能,该电路可以代替软件或与软件一起运行以执行本文所述的特定过程或特定过程的特定部分。在适当的情况下,对软件的引用可以包括逻辑,反之亦然。在适当的情况下,对计算机可读存储介质的引用可包括存储执行软件的电路(如集成电路(IC)),包含执行逻辑的电路,或两者兼备。本申请包括任何合适的硬件和软件组合。

[0103] 本申请中“至少一个”的使用旨在包括所述元素的任何一个或组合。例如,对A、B或C中的至少一个的引用;A、B和C中的至少一个;A、B和/或C中的至少一个;并且A至C中的至少一个旨在仅包括A、仅B、仅C或其任何组合。

[0104] 虽然本申请已对多个示例性实施例进行了描述,但实施例的各种变更、排列和各种等同替换均属于本申请的范围之内。因此应理解,本领域技术人员能够设计多种系统和方法,所述系统和方法虽然未在本文中明确示出或描述,但其体现了本申请的原则,因此属于本申请的精神和范围之内。

[0105] 本申请还包括如下实施例:

[0106] (1) 一种网格编码方法,由至少一个处理器执行,包括:

[0107] 通过分区平面,将网格分区成第一侧和第二侧,其中,在所述网格中,所述第二侧与所述第一侧是相对的;

[0108] 对于位于所述第一侧上的第一顶点,确定从所述第一顶点延伸的所述第一垂直线是否与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第一垂直线的每个交点与所述第二侧上相交的顶点相对应;

[0109] 当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第二侧上每个相交的顶点和与所述第一顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第二侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第一顶点对应的第二顶点;及,

[0110] 在所述网格中,生成所述第二顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。

[0111] (2) 根据(1)所述的方法,其中,当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的任一个表面都不相交时,基于与所述第一顶点对称的所述预测顶点与所述第二侧上每个顶点之间的差,选择所述第二顶点。

[0112] (3) 根据(2)所述的方法,其中,当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的任一个表面都不相交时,选择所述第二侧上与所述第一顶点对称的所述预测顶点之间距

离最小的顶点,作为所述第二顶点。

[0113] (4) 根据(1)所述的方法,还包括:

[0114] 确定位于所述网格的所述第二侧上与所述第二顶点最近的近似顶点与所述第二顶点之间的距离是否小于阈值;

[0115] 当确定所述距离不小于所述阈值时,

[0116] 对于所述第二顶点,确定从所述第二顶点延伸的第二垂直线是否与所述第一侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第二垂直线的每个交点与所述第一侧上相交的顶点相对应;

[0117] 当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第一侧上每个相交的顶点和与所述第二顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第一侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第二顶点对应的第三顶点;及,

[0118] 在所述网格中,生成所述第三顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。

[0119] (5) 根据(4)所述的方法,其中,当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的任一个表面都不相交时,基于与所述第二顶点对称的所述预测顶点与所述第一侧上每个顶点之间的差,选择所述第三顶点。

[0120] (6) 根据(5)所述的方法,其中,当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的任一个表面都不相交时,选择所述第一侧上与所述第二顶点对称的所述预测顶点之间距离最小的顶点,作为所述第三顶点。

[0121] (7) 根据(5)所述的方法,其中,当确定所述第二顶点与所述第二侧上的第四顶点之间的距离小于阈值时,使用所述第二顶点替换所述第四顶点。

[0122] (8) 根据(1)所述的方法,其中,基于所述第一顶点、以及所述第二顶点与在所述第二侧上与所述第一顶点对称的所述预测顶点之间的位移,对所述网格进行编码。

[0123] (9) 一种编码器,包括:

[0124] 至少一个存储器,用于存储程序代码;

[0125] 至少一个处理器,用于读取所述程序代码,并根据所述程序代码的指令进行操作,所述程序代码包括:

[0126] 分区代码,用于使得所述至少一个处理器,通过分区平面,将网格分区成第一侧和第二侧,其中,在所述网格中,所述第二侧与所述第一侧是相对的;

[0127] 第一确定代码,用于使得所述至少一个处理器,对于位于所述第一侧上的第一顶点,确定从所述第一顶点延伸的所述第一垂直线是否与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第一垂直线的每个交点与所述第二侧上相交的顶点相对应;

[0128] 第一选择代码,用于使得所述至少一个处理器,当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第二侧上每个相交的顶点和与所述第一顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第二侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第一顶点对应的第二顶点;及,

[0129] 第一生成代码,用于使得所述至少一个处理器,在所述网格中,生成所述第二顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。

[0130] (10) 根据(9)所述的编码器,其中,当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的任一个表面都不相交时,所述第一选择代码进一步使得所述处理器,基于与所述第一

顶点对称的所述预测顶点与所述第二侧上每个顶点之间的差,选择所述第二顶点。

[0131] (11) 根据(10)所述的编码器,其中,当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的任一个表面都不相交时,选择所述第二侧上与所述第一顶点对称的所述预测顶点之间距离最小的顶点,作为所述第二顶点。

[0132] (12) 根据(9) - (11)中任一项所述的编码器,其中,所述程序代码还包括:

[0133] 第二确定代码,用于使得所述至少一个处理器,确定位于所述网格的所述第二侧上与所述第二顶点最近的近似顶点与所述第二顶点之间的距离是否小于阈值;

[0134] 当确定所述距离不小于所述阈值时,

[0135] 第三确定代码,用于使得所述至少一个处理器,对于所述第二顶点,确定从所述第二顶点延伸的第二垂直线是否与所述第一侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第二垂直线的每个交点与所述第一侧上相交的顶点相对应;

[0136] 第二选择代码,用于使得所述至少一个处理器,当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第一侧上每个相交的顶点和与所述第二顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第一侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第二顶点对应的第三顶点;及,

[0137] 第二生成代码,用于使得所述至少一个处理器,在所述网格中,生成所述第三顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。

[0138] (13) 根据(12)所述的编码器,其中,所述第二选择代码进一步使得所述至少一个处理器,当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的任一个表面都不相交时,基于与所述第二顶点对称的所述预测顶点与所述第一侧上每个顶点之间的差,选择所述第三顶点。

[0139] (14) 根据(13)所述的编码器,其中,当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的任一个表面都不相交时,选择所述第一侧上与所述第二顶点对称的所述预测顶点之间距离最小的顶点,作为所述第三顶点。

[0140] (15) 根据(9) - (14)中任一项所述的编码器,其中,当确定所述第二顶点与所述第二侧上的第四顶点之间的距离小于阈值时,使用所述第二顶点替换所述第四顶点。

[0141] (16) 一种非易失性计算机可读介质,其特征在于,其上存储有指令,所述指令由编码器中的处理器执行时,使得所述处理器执行方法,包括:

[0142] 通过分区平面,将网格分区成第一侧和第二侧,其中,在所述网格中,所述第二侧与所述第一侧是相对的;

[0143] 对于位于所述第一侧上的第一顶点,确定从所述第一顶点延伸的所述第一垂直线是否与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第一垂直线的每个交点与所述第二侧上相交的顶点相对应;

[0144] 当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第二侧上每个相交的顶点和与所述第一顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第二侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第一顶点对应的第二顶点;及,

[0145] 在所述网格中,生成所述第二顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。

[0146] (17) 根据(16)所述的非易失性计算机可读介质,其中,当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的任一个表面都不相交时,基于与所述第一顶点对称的所述预测顶

点与所述第二侧上每个顶点之间的差,选择所述第二顶点。

[0147] (18) 根据(17)所述的非易失性计算机可读介质,其中,当确定所述第一垂直线与所述第二侧上所述网格的任一个表面都不相交时,选择所述第二侧上与所述第一顶点对称的所述预测顶点之间距离最小的顶点,作为所述第二顶点。

[0148] (19) 根据(16)所述的非易失性计算机可读介质,还包括:

[0149] 确定位于所述网格的所述第二侧上与所述第二顶点最近的近似顶点与所述第二顶点之间的距离是否小于阈值;

[0150] 当确定所述距离不小于所述阈值时,

[0151] 对于所述第二顶点,确定从所述第二顶点延伸的第二垂直线是否与所述第一侧上所述网格的至少两个表面相交,所述第二垂直线的每个交点与所述第一侧上相交的顶点相对应;

[0152] 当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的至少两个表面相交时,基于所述第一侧上每个相交的顶点和与所述第二顶点对称的预测顶点之间的最短距离,从所述第一侧上多个相交的顶点中选择一个相交的顶点,作为与所述第二顶点对应的第三顶点;及,

[0153] 在所述网格中,生成所述第三顶点与所述分区平面上另一顶点之间的新连接。

[0154] (20) 根据(19)所述的非易失性计算机可读介质,其中,当确定所述第二垂直线与所述第一侧上所述网格的任一个表面都不相交时,基于与所述第二顶点对称的所述预测顶点与所述第一侧上每个顶点之间的差,选择所述第三顶点。

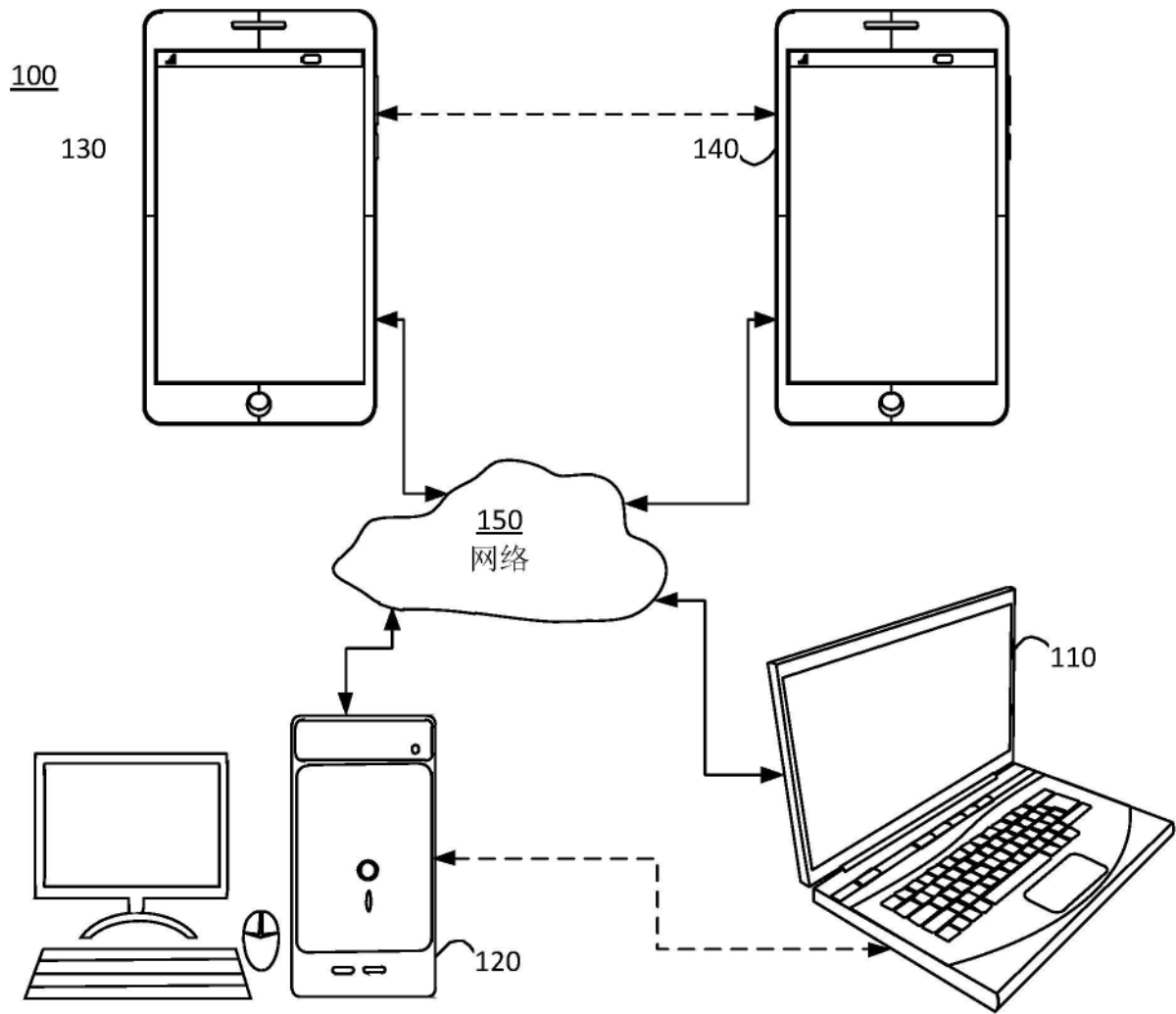


图1

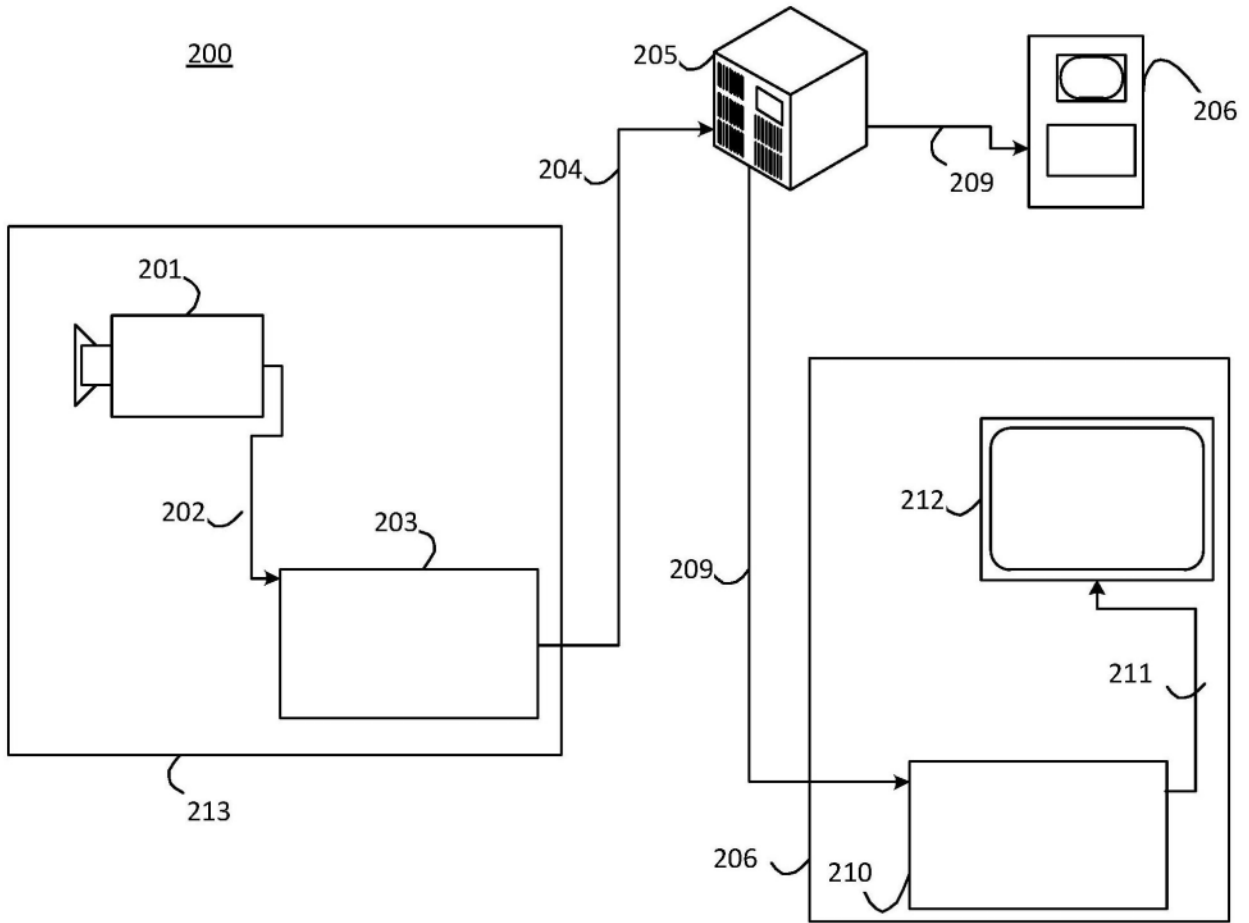


图2

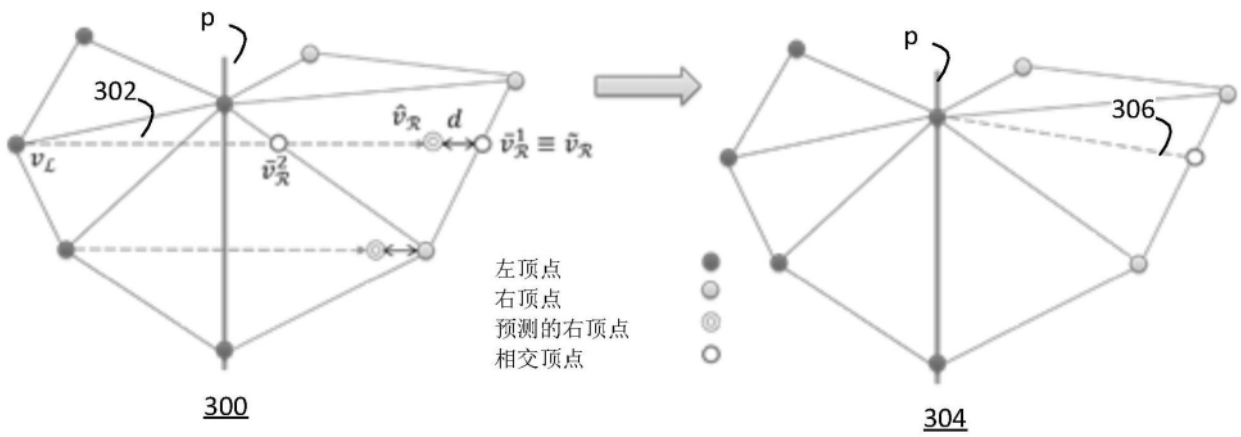


图3

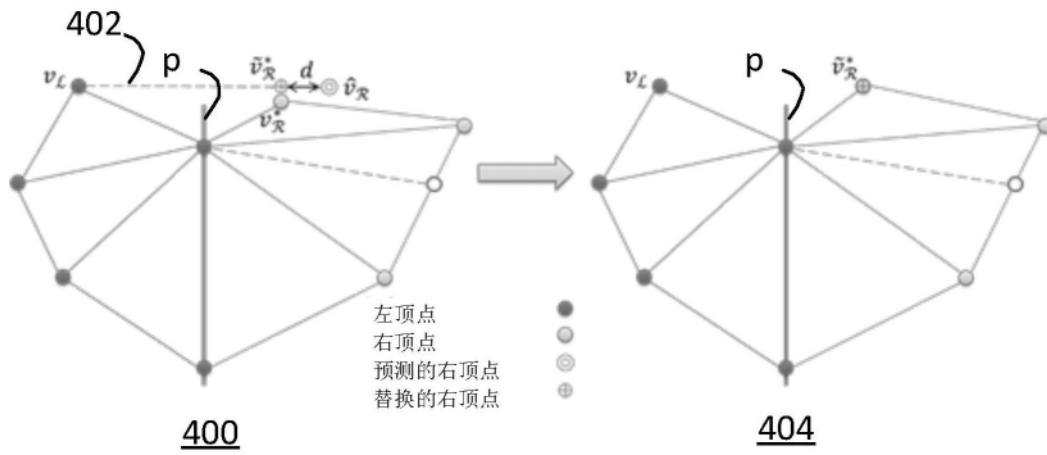


图4

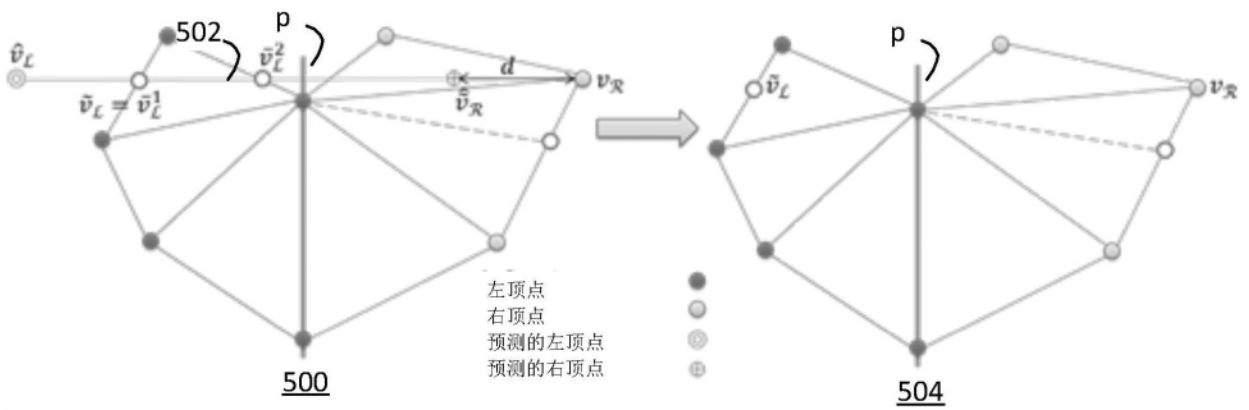


图5

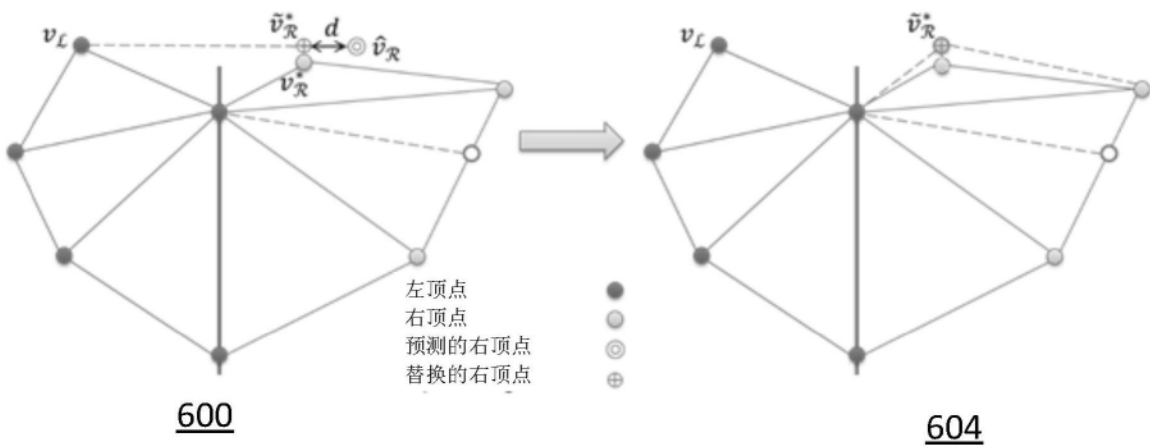


图6

```
q = floor(k / h)
for (j = 0; j < h; i++) {
  start = j * q
  end = min((j+1) * q, k)
   $\mathcal{F}^j = \{\mathcal{F}[start: end], \tilde{v}_{\mathcal{R}/\mathcal{L}}\} = \{v\_start : v\_end, \tilde{v}_{\mathcal{R}/\mathcal{L}}\}$ 
}
```

图7

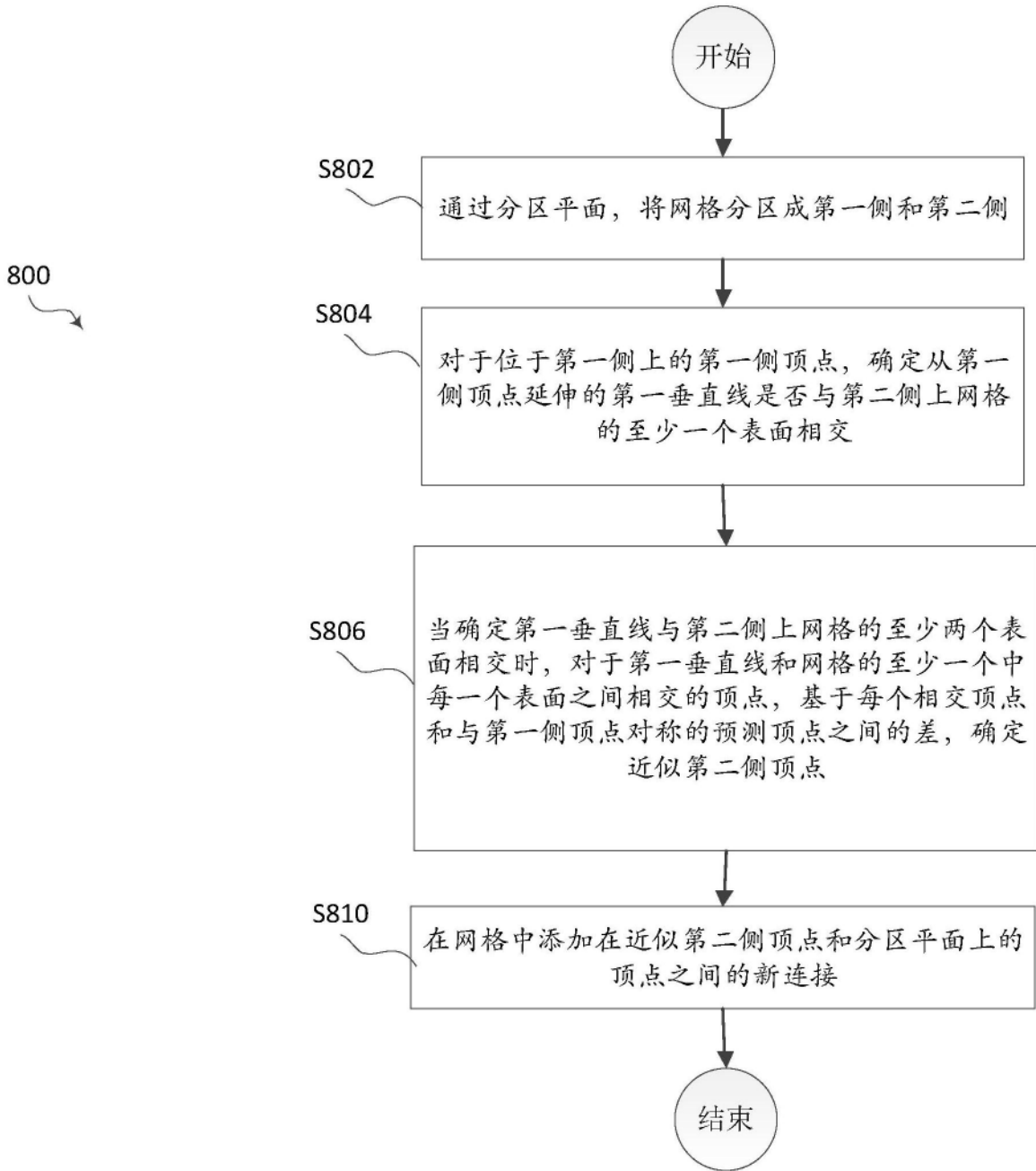


图8

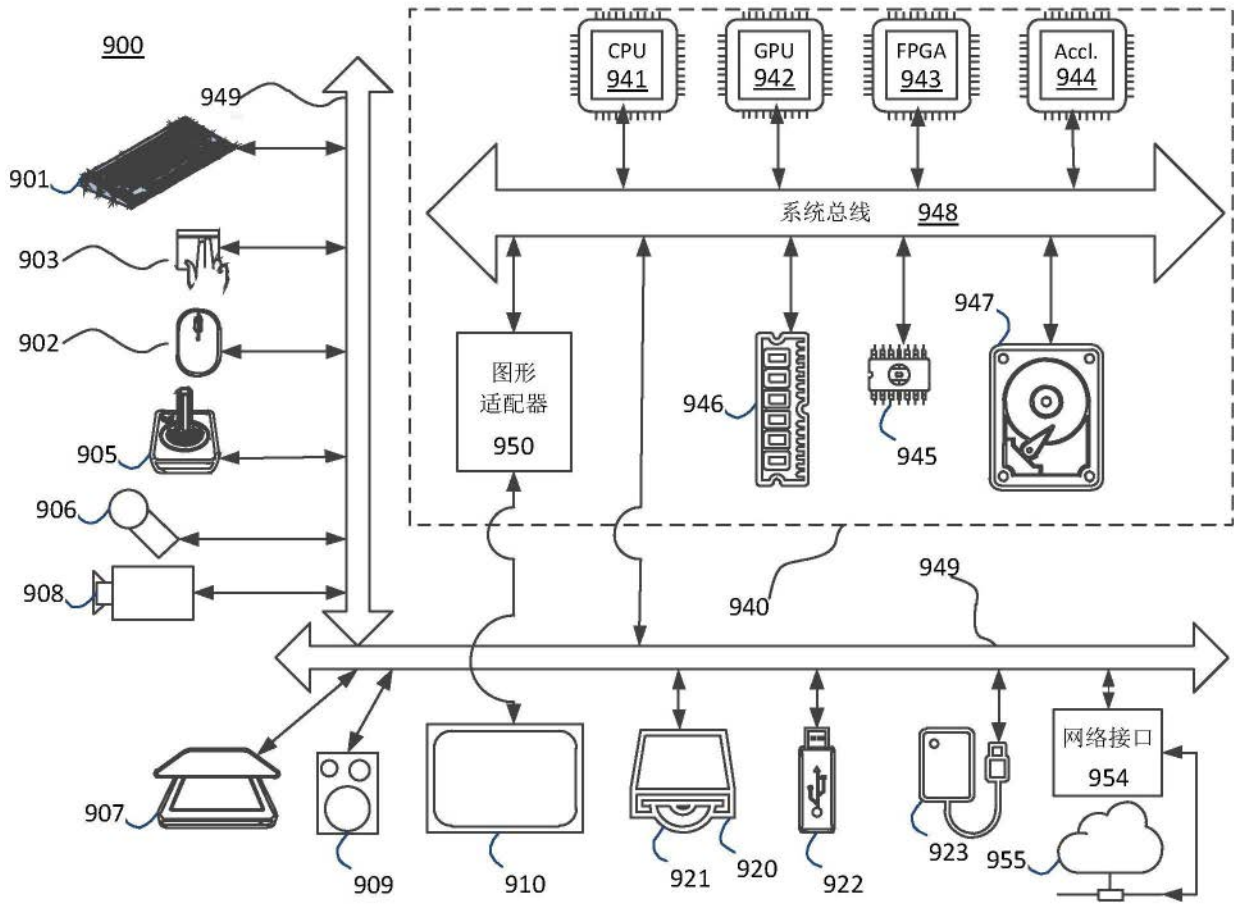


图9