(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113168714 A
(43)申请公布日 2021.07.23

(21)申请号 201980004687.7
(22)申请日 2019.09.18
(30)优先权数据
10201808791P 2018.10.04 SG
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2020.03.24
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/SG2019/050466 2019.09.18
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/072001 EN 2020.04.09
(71)申请人 GPS图资新加坡私人有限公司
地址 新加坡35惹兰柏民宾05-02楔形安装工业大厦
(72)发明人 王金山
(74)专利代理机构 重庆恩洲知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 50263
代理人 兰渝宏
(51)Int.Cl.
G06T 7/73(2006.01)
G06T 17/05(2006.01)
G01C 21/20(2006.01)

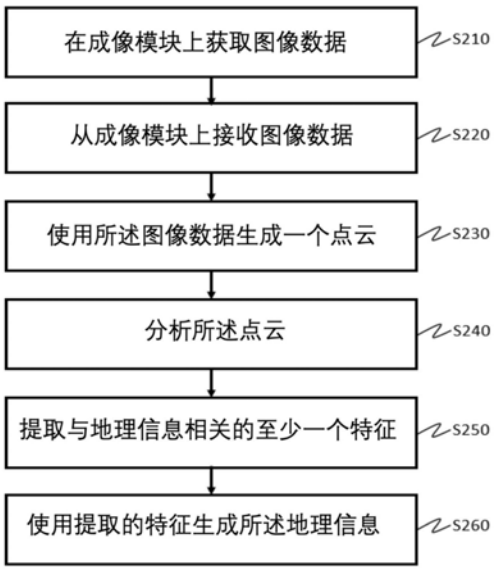
权利要求书2页 说明书13页 附图5页

(54)发明名称

促进地理信息生成的系统和方法

(57)摘要

本发明公开了一种促进地理信息生成的系统和方法。所述促进地理信息生成的系统可以包括成像模块,其可用于获取图像数据;处理器,其可用于接收图像数据并使用图像数据生成具有多个数据点的点云,其中处理器还可进一步用于分析点云以提取与地理信息相关联的至少一个特征,并使用所提取的特征生成地理信息。



CN 113168714 A

1.一种促进地理信息生成的系统,其特征在于,包括:

一种成像模块,用于获取图像数据;以及

一种处理器,用于接收所述图像数据并使用所述图像数据生成具有多个数据点的点云,

其中,所述处理器还可进一步用于分析所述点云以提取与所述地理信息相关联的至少一个特征,以及使用提取的所述特征生成所述地理信息。

2.如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述成像模块包括至少一个3D传感器用于生成3D图像数据作为所述图像数据。

3.如权利要求1或2所述的系统,其特征在于,所述点云的生成包括地理参照所述图像数据。

4.如权利要求1-3任一项所述的系统还进一步包括一个位置和方向系统(POS),可用于向所述处理器发送位置和/或方向相关数据。

5.如权利要求4所述的系统,其特征在于,所述处理器可用于解析所述发送数据,并使用所述解析的信息来执行地理参考所述图像数据。

6.如权利要求1-5任一项所述的系统,其特征在于,所述处理器可用于对所述点云进行辐射地和/或几何地校正。

7.如权利要求1-6任一项所述的系统,其特征在于,所述处理器可用于计算八叉树,并基于所计算的八叉树将所述点云分离为多个单元,使得所述多个单元中的每个单元具有相同的大小。

8.如权利要求7所述的系统,其特征在于,所述处理器可用于计算所述多个数据点中的每一个的法线,并基于所计算的法线为所述多个单元中的每一个单元创建特征值。

9.如权利要求8所述的系统,其特征在于,所述处理器可用于计算所述多个单元中的所述每一个单元的至少一个几何属性,通过规范化所述多个单元中的所述每一个单元的所述特征值来实现。

10.如权利要求9所述的系统,其特征在于,所述处理器可用于根据所述几何属性分割所述点云。

11.如权利要求10所述的系统,其特征在于,所述处理器,根据依据所述几何属性分段的所述点云,对所述多个数据点中的每一个数据点进行分类。

12.如权利要求1-11任一项所述的系统,其特征在于,所述成像模块还进一步包括至少一个2D传感器用于生成2D图像数据。

13.如权利要求12所述的系统,其特征在于,所述处理器可用于合并所述2D图像数据和所述3D图像数据。

14.如权利要求9-11任一项所述的系统,其特征在于,所述处理器可基于合并的图像数据重新计算所述多个单元中的所述每一个单元的所述至少一个几何属性和/或重新分类所述多个数据点中的所述每一个数据点。

15.如权利要求1-14任一项所述的系统,其特征在于,所述处理器可用于接收选择的需要生成的所述地理信息的类型,并提取与需要生成的所述地理信息相关联的所述至少一个特征。

16.如权利要求1-15任一项所述的系统,其特征在于,所述地理信息包括高清地图、植

物信息或公共基础设施信息中的至少一个。

17.如权利要求1-16任一项所述的系统，其特征在于，所述特征包括地理特征或对象特征中的至少一个。

18.如权利要求1-17任一项所述的系统，其特征在于，所述成像模块可用于提供先前向所述处理器获得的所述图像数据。

19.一种促进地理信息生成的方法，其特征在于，包括：

在成像模块上获取图像数据；

在处理器上接收来自所述成像模块的所述图像数据；

在所述处理器上，使用所述图像数据生成具有多个数据点的点云；

在所述处理器上，所述点云；

在所述处理器上，提取至少一个与所述地理信息相关联的特征；以及

在所述处理器上，使用提取的所述特征生成所述地理信息。

促进地理信息生成的系统和方法

[0001] 该申请要求申请号为SG10201808791P,申请时间为2018年10月4日的新加坡专利申请的优先权。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种促进地理信息生成的系统和方法。

背景技术

[0003] 下文中对技术背景的讨论的目的仅在于促进对本发明的理解。需要说明的是,该讨论并不代表或承认讨论中提及的内容是本发明优先权日时在任何司法管辖区已经发表、已知或属于技术人员公知常识的一部分。

[0004] 随着成像传感器的发展,三维类型传感器(以下称“3D传感器”)被广泛应用于获取图像数据以生成地理信息,如高清晰度(HD)地图。3D传感器的一个例子是光探测和测距传感器(又称激光雷达传感器LiDAR)。激光雷达传感器通过用脉冲激光照射物体并检测反射脉冲来测量到该物体的距离,并利用检测到的距离来获得图像数据。

[0005] 然而,在3D传感器获得图像数据之后,用户可能面临使用图像数据生成地理信息的复杂过程。现有的利用图像数据生成地理信息的系统往往使用起来比较复杂,因为这些系统需要用户对图像数据进行分析和处理以生成地理信息。

[0006] 鉴于上述情况,用户使用所获得的图像数据生成地理信息并不容易。此外,由于用户分析和处理图像数据需要时间,用户通常可能面临实时或接近实时(real-time or near real-time)生成地理信息的挑战。地理信息的生成是一项费力、低效、费时、费钱的工作。部分原因是因为基于获得的图像数据生成三维图像数据的计算密集性造成的。

[0007] 考虑到上述情况,有必要提供一个解决方案,以满足上述需要或至少部分解决问题。

发明内容

[0008] 在本文中,除非上下文要求不同的理解,术语“包括”或其的变型表明包括任何列举的整数或整数组,但不排除任何其它整数或整数组。

[0009] 在本文中,除非上下文要求不同的理解,术语“包含”或其的变型表明包括任何列举的整数或整数组,但不排除任何其它整数或整数组。

[0010] 本发明旨在提供一种减少用户在生成地理信息时的手工工作和体力工作的系统和方法。

[0011] 本发明的技术方案以一种促进地理信息生成的系统和方法的形式提供。具体而言,所述系统包括一个处理器,用于分析由一个成像模块获得的图像数据。此后,所述处理器可用于根据分析从图像数据中提取至少一个特征。提取的特征与用户希望生成的地理信息相关联。然后,所述处理器可以使用提取的特征生成地理信息。

[0012] 以这种方式,所述处理器可用于实时或接近实时地生成用户希望生成的地理信

息,而无需用户的手工工作和体力工作。

[0013] 在一方面,一种用于促进地理信息的生成的系统,包括:一种成像模块,用于获取图像数据;一种处理器,用于接收所述图像数据并使用所述图像数据生成具有多个数据点的点云;其中,所述处理器还可进一步用于分析所述点云以提取与所述地理信息相关联的至少一个特征,以及使用提取的所述特征生成所述地理信息。

[0014] 在一些实施例中,所述成像模块包括至少一个3D传感器用于生成3D图像数据。

[0015] 在一些实施例中,所述点云的生成包括地理参照所述图像数据。

[0016] 在一些实施例中,所述系统还进一步包括一个位置和方向系统(POS),用于向所述处理器发送位置和/或方向相关数据。

[0017] 在一些实施例中,所述处理器可用于解析发送的数据,并使用所述解析的信息来执行地理参考所述图像数据。

[0018] 在一些实施例中,所述处理器可用于对所述点云进行辐射地和/或几何地校正。

[0019] 在一些实施例中,所述处理器可用于计算八叉树,并基于所计算的八叉树将所述点云分离为多个单元,使得所述多个单元中的每个单元具有相同的大小。

[0020] 在一些实施例中,所述处理器可用于计算所述多个数据点中的每一个的法线,并基于所计算的法线为所述多个单元中的每一个单元创建特征值(eigenvalues)。

[0021] 在一些实施例中,所述处理器可用于根据几何属性分段所述点云。

[0022] 在一些实施例中,所述处理器用于对所述多个数据点中的每一个进行分类,基于根据几何属性分段的所述点云。

[0023] 在一些实施例中,所述成像模块还进一步包括至少一个2D传感器用于生成2D图像数据。

[0024] 在一些实施例中,所述处理器可用于合并所述2D图像数据和所述3D图像数据。

[0025] 在一些实施例中,所述处理器可基于合并的图像数据,用于重新计算所述多个单元中的所述每一个单元的几何属性和/或重新分类所述多个数据点中的所述每一个数据点。

[0026] 在一些实施例中,所述处理器可用于接收选择的需要生成的所述地理信息的类型并提取与需要生成的所述地理信息相关联的至少一个特征。

[0027] 在一些实施例中,所述地理信息包括高清地图、植物信息或公共基础设施信息中的至少一个。

[0028] 在一些实施例中,所述特征包括地理特征或对象特征中的至少一个。

[0029] 在一些实施例中,所述成像模块可用于提供先前由所述处理器获得的所述图像数据。

[0030] 在另一方面,提供一种促进地理信息生成的方法,包括:在成像模块上获取图像数据;在处理器上接收来自所述成像模块的所述图像数据;在所述处理器上,使用所述图像数据生成具有多个数据点的点云;在所述处理器上,分析所述点云;提取至少一个与地理信息相关联的特征;以及在所述处理器上,使用提取的所述特征生成地理信息。

[0031] 本领域技术人员结合附图审阅下面发明披露的技术方案的具体实施例说明可以很明显地了解到本发明披露的技术方案的其它方面。

附图说明

[0032] 现在,仅以示例的方式,参考附图来描述本发明的技术方案。

[0033] 图1显示了本发明其中一些实施例的框图。

[0034] 图2显示了本发明其中一些实施例的流程图。

[0035] 图3显示了本发明另外一些实施例的框图。

[0036] 图4显示了本发明另外一些实施例的流程图。

[0037] 图5显示了本发明其中一些实施例的关于地理信息生成的流程图。

[0038] 本发明披露技术方案的其它布置方式是可能,因此,附图不能被理解为替代前述对本发明披露技术方案说明的概括性。

具体实施方式

[0039] 实施例1

[0040] 图1显示了本发明其中一些实施例的框图。

[0041] 系统100可以包括成像模块110和处理器120。所述系统100还可以进一步包括位置和定向系统(POS)模块130。

[0042] 所述成像模块110可以包括至少一个3D传感器111和/或至少一个2D传感器112。所述3D传感器111可以包括但不限于:光探测和测距(LiDAR)传感器(也称为“LiDAR扫描器”)。所述2D传感器112可以包括但不限于:RGB相机、多光谱成像仪和/或高光谱成像仪。所述3D传感器111可用于生成3D图像数据,所述2D传感器112可用于生成2D图像数据。

[0043] 所述成像模块110可以通过对象的图像采集来生成图像数据。例如,所述LiDAR传感器通过用脉冲激光照射物体并检测反射脉冲来检测到物体的距离,并使用检测到的距离来生成图像数据。例如,图像数据可以包括但不限于:通过对象的图像采集和/或从原始数据处理的数据(称为“处理数据”)而生成的原始数据中的至少一个。

[0044] 所述成像模块110可用于实时或接近实时地向所述处理器120提供所述图像数据,以由所述处理器120进行快速评估和时间关键性决策。

[0045] 尽管未显示出来,所述成像模块110可以从外部数据库和/或服务器上获取所述图像数据。例如,所述成像模块110可以从外部数据库和/或服务器接收所述图像数据,然后将所述图像数据提供给所述处理器120。

[0046] 尽管未显示出来,所述成像模块110可以将先前生成的图像数据提供给所述处理器120。例如,所述成像模块110可以有一个内部数据库。所述内部数据库可以包括一个或多个存储单元,用于存储先前生成的所述图像数据。所述成像模块110可以从所述内部数据库提取所述图像数据,然后将所述图像数据提供给所述处理器120。

[0047] 所述POS 130可以包括一个惯性导航系统(INS)模块131和一个全球导航卫星系统(GNSS)模块132。所述POS 130可用于以通过所述模块131和/或所述模块132生成方向和/或位置相关数据。所述POS 130可以向所述处理器120发送所述位置和/或方向相关的数据。在一些实施例中,所述位置和/或方向相关的数据可以实时或接近实时地发送给所述处理器120。发送的所述位置和/或方位相关的数据可以通过以流播的方式传输。

[0048] 所述处理器120可以包括一个显式数据图执行(Explicit Data Graph Execution,EDGE)处理器。所述处理器120可以安装在便携式设备上,例如背包、移动和/或

机载平台。所述便携式设备可包括一个安装结构，例如一个框架，用于将物品固定或附着在其上。所述处理器120可以包括基于使用所述处理器120的平台的各种形式因素。所述处理器120可以包括至少一个GPU卡。所述处理器120可以包括至少一个图形处理单元(GPU)。所述GPU可以以卡的形式作为专用软件的硬件组件整合到所述处理器120中，安装在所述处理器120上。

[0049] 所述处理器120可以具有满足某些要求的外壳，例如，在室外条件下可使用的外壳。例如，所述外壳可以防水、防尘和/或防震。在一些例子中，所述外壳符合IP68的要求(也称为IP规范、国际保护标记、国际电工委员会(IEC)发布的IEC标准60529，或欧洲标准EN60529)。所述处理器120可以是现成的解决方案，有一个类似于Connecttech公司的商品名为ROSIE的占地面积小的箱子(http://Connecttech.com/product/ROSIE-embedded-system-with-nvidia-jetson-tx2-tx1/)，可从Mercury System公司(https://www.mrcy.com/rugged servers/gpgpu Computing servers/)获得坚固的GPGU计算服务器，或者它可以包括定制的外壳，例如，使用CNC机器用塑料或铝铣削而成，或者使用3D打印机打印出来。

[0050] 所述处理器120可用于同步和控制所述成像模块110和/或所述POS 130。所述处理器120还可用于实时或近实时地处理和分析所述图像数据。所述GPU可用于处理所述图像数据以输出到显示设备。

[0051] 所述处理器120进一步还可用于实时或接近实时地使用所述经处理和分析的图像数据生成地理信息，从而相比于传统方式，有利于实时生成数据。在一些实施例中，所述处理器120从所述处理和分析的图像数据中提取与用户希望生成的地理信息相关联的至少一个必要特征。此后，所述处理器120使用提取的因素或信息生成地理信息。这一过程可以自动实现，无需用户的手工工作和体力工作。

[0052] 可以理解，所述成像模块110、所述处理器120和所述POS 130通过通信网络连接在一起，所述通信网络，例如局域网(LAN)或可包括Wi-Fi、蓝牙或其它移动无线网络的以太网或无线通信网络。所述系统100可以通过通信网络实现对一系列移动平台的实时测绘和监控。

[0053] 以这种方式，所述系统100结合所述成像模块110和所述POS 130为形处理单元(Graphics Processing Units，GPGPU)硬件软件解决方案提供一种通用计算。所述系统100能够收集所述图像数据以及与位置和/或方向相关的数据，并且处理包括地理参考和分析的图像数据。在一些实施例中，分析结果可以流式传输给用户，例如一个远程观看者，实时和近实时地经由LAN传输送给用户以便立即检查。

[0054] 此外，所述系统100能够使用所述图像数据实时或近实时地生成地理信息，而不需要用户执行任何后处理任务。在一些实施例中，生成的地理信息可以流式传输给用户，例如一个远程观看者，实时和近实时地经由LAN传输送给用户以便立即检查。

[0055] 实施例2

[0056] 图2显示了本发明其中一些实施例的流程图。

[0057] 如上所述，所述系统100可以包括所述成像模块110和所述处理器120。所述系统100进一步还可以包括所述POS 130。

[0058] 首先，所述成像模块110获取图像数据(S210)。所述成像模块110可以包括至少一

个3D传感器111。所述3D传感器111生成3D图像数据，例如LiDAR数据，作为图像数据。

[0059] 所述处理器120然后从所述成像模块110接收图像数据(S220)。所述处理器120可以通过例如LAN的通信网络实时地或接近实时地从所述3D传感器111接收或收集所述3D图像数据。

[0060] 在所述3D传感器111接收所述3D图像数据之后，所述处理器120执行地理参考所述3D图像数据。执行地理参照以生成一个或多个点云。可以理解，从所述POS 130生成的位置和/或方向相关数据可用于执行地理参考所述3D图像数据。

[0061] 所述POS 130实时或近实时地向所述处理器120发送与位置和/或方向相关的数据。例如，所述POS 130通过用户数据报协议(UDP)网络连接来传输一串二进制数据包。所述UDP网络连接允许所述POS 130充当与所述处理器120有关的服务器，并通过所述UDP网络连接连续地传输位置和/或方向相关的数据。

[0062] 所述处理器120，作为与所述POS 130有关的客户端，从所述POS130接收与位置和/或方向相关的数据，例如一串二进制数据包，并解析所述一串二进制数据包以找到所需的信息。所述数据包可以包含但不限于：在参考帧(例如POS 130参考帧)中报告的位置、速度、状态、速度和动力学相关数据。可以理解，这些数据可以是输入方程式(例如LiDAR方程)用以执行地理参考的可变值。以这种方式，所述处理器120可以使用解析的信息来执行地理参考所述的图像数据。通过地理参照，传感器框架中的坐标被转换为测绘框架中的坐标，例如ECEF(地球中心，地球固定)坐标。

[0063] 所述处理器120然后使用地理参考图像数据(S230)生成点云。可以理解，所述点云包括一组数据点。

[0064] 尽管未显示出来，所述处理器120可用于对所述点云进行辐射地(radiometrically)和/或几何地(geometrically)校正。例如，可以对点云的强度值进行几何校正和辐射校正。在这方面，由于几何测量和环境影响，记录的强度可能会受到一些变形。因此，在能够使用强度值之前，可以对其进行辐射和几何校正。应当理解，记录的强度可以是黑色图像和白色图像，其中黑色图像可以代表低强度，白色图像可以代表高强度。

[0065] 此后，所述处理器120分析所述点云(S240)。所述分析可包括但不限于以下列表中的一个或多个：树数据结构(如八叉树(octree))的计算、法线(normal)的计算、几何属性的计算、点云的分段和每个数据点的分类。

[0066] 在一些实施例中，所述处理器120可以计算八叉树，并基于计算的八叉树将所述点云分割为多个单元，使得所述多个单元中的每个单元具有相同的大小，而不管每个单元中包括的点的数目。在一些实施例中，每个单元可以是立方体的形式。由于单元具有相同的大小，空间搜索和后续处理能够加快。

[0067] 然后，所述处理器120可以计算每个数据点的法线，并基于计算出的法线为所述多个单元中的每个单元创建特征值和/或特征向量。所述法线可以是与数据点集的最佳拟合平面垂直的向量。在一些实施例中，所述多个单元中的每个单元的特征值和/或特征向量是从每个数据点的近邻创建的协方差矩阵。

[0068] 此后，所述处理器120可以规范化所述多个单元中的每个单元的特征值，并为所述多个单元中的每个单元计算至少一个几何属性。所述至少一个几何属性可以包括但不限于：线性、平面性、散射、全方差、各向异性、特征熵(eigenentropy)、局部曲率、法线值、强

度、关于地面标高(AGE)的高程和δ高程(elevation and delta elevation with regards to an Above Ground Elevation(AGE))。

[0069] 所述处理器120然后可以根据几何属性分段所述点云。可以理解,上述几何属性中的至少一个可用于分段所述点云,特别是高程(elevation)、法线和/或强度、均匀性/变化和/或(特征)值。所述处理器120然后基于根据几何属性分段的所述点云对每个数据点进行分类。所述每个单元中的数据点按照预定的一组类别进行分类,例如,美国摄影测量和遥感学会(ASPRS)的LiDAR类别。此后,数据点可被网格化并用作AGE评估的0级。因此,每个数据点都可以有一个分类和AEG高程值(elevation value)。

[0070] 在对每个数据点进行分类之后,所述处理器120提取与地理信息相关联的至少一个特征(S250)。

[0071] 所述处理器120从用户处接收需要生成的地理信息类型的选择。所述地理信息可以包括但不限于:高清晰度地图,其源于3D特征提取、分类和/或分段、道路和路面状况监测和/或维护、自然和/或建筑环境中的变化检测或植物信息(如树木健康)。尽管未显示出来,所述处理器120可以推荐各种类型的地理信息,且用户可以选择用户希望生成的至少一个地理信息。例如,所述处理器120可以向显示器输出关于各种类型的地理信息的信息,以便用户可以选择至少一个地理信息。

[0072] 所述处理器120提取与所选的地理信息相关联的至少一个特征。所述特征可以包括但不限于:地理特征或对象特征中的至少一个。

[0073] 例如,如果选择植物信息,则计算NDVI(归一化植被指数)值。基于计算出的NDVI值,所述特征可以被提取和/或测量。NDVI的低值,例如0.1及以下,可能表示非植被区。NDVI的中等值,例如0.2到0.3,可能表示灌木和草丛。NDVI的高值,例如0.6到0.8,可能表示树木和森林。

[0074] 此后,所述处理器120使用所述提取的特征生成地理信息(S260)。

[0075] 在一些实施例中,可以理解,所述成像模块110还包括至少一个2D传感器112。因此,可以使用所述3D传感器111和所述2D传感器112的组合。所述2D传感器可用于生成2D图像数据,例如2D图像。所述3D传感器111和所述2D传感器112可以分别针对同一对象或背景获取3D图像数据和2D图像数据。

[0076] 所述处理器120可经由通信网络实时或近实时地接收或收集来自所述3D传感器111的3D图像数据和来自所述2D传感器112的2D图像数据。在一些实施例中,所述处理器120可以基于所述3D图像数据和所述2D图像数据中包含的对象或背景来匹配3D图像数据和2D图像数据。

[0077] 在分别从所述3D传感器111和所述2D传感器112接收所述3D图像数据和所述2D图像数据之后,所述处理器120实时或近实时地执行所述3D图像数据以及所述2D图像数据的地理参考。

[0078] 所述处理器120然后使用地理参考的图像数据生成点云。尽管未显示出来,所述处理器120可以对所述点云进行辐射和/或几何校正。对于二维图像数据,在多光谱成像仪的情况下,在所述图像数据首先进行辐射校正,然后进行几何校正后,一些指标从波段比中提取或生成,这些指标包括NDVI、SR(简单比植生指标)和PRI(光化植被指数)。这些指标用于分析点云。

[0079] 在对每个数据点进行分类之后，所述处理器120可以合并和/或融合所述2D图像数据和所述3D图像数据。所述处理器120可以基于合并的图像数据，重新计算所述多个单元中的每个单元的至少一个几何属性和/或重新分类每个数据点。所述处理器120可以选择并执行几何属性的重新计算或每个数据点的重新分类。

[0080] 关于几何属性的重新计算，所述处理器120可以添加其他几何属性，例如植被健康、叶绿素浓度等。由于所述2D图像数据来自所述2D传感器112，所述2D传感器112是被动传感器不具有视觉穿透能力，因此将几何属性添加到数据点受限于第一返回点。

[0081] 对于所述数据点的再分类，即分类细化，可以利用植被指数的2D图像数据对所述点云中的植被区划进行再强化和仿射。所述2D图像数据和所述3D图像数据的融合可以依赖于摄影测量和射线追踪原理。

[0082] 以这种方式，所述处理器120通过实时或接近实时的2D和3D指标提取来执行增强的点云的进一步处理和分析，所述的2D和3D指标提取包括数字表面模型(DSM)、数字地形模型(DTM)、等值线、断线、兴趣点等。这些结果中，关于点云指标可以储存为LAS或LAZ格式；关于光栅指标可以存储为GeoTIFF格式。包含实际3D图像数据的点云可以存储为二进制文件格式，例如LAS或LAZ格式。这是原始数据和处理过的数据。所述处理器120可以从所述点云产生三(3)种类型的数据。数据类型如下：用于分类和分段的点云；光栅，例如2D图像，用于DSM、DTM等；和/或用于等值线和断线的矢量。

[0083] 图3显示了本发明一些实施例的框图。图3显示了所述处理器120的服务器121和客户端122之间关系的综合布局，所述处理器例如为一种边缘处理器。所述处理器120的所述服务器121直接与所述3D传感器111、所述2D传感器112和/或所述POS 130接口。

[0084] 在图3中，所述处理器120包括一个服务器121和一个客户端122。换句话说，所述处理器120的至少一部分可以与所述服务器121的至少一个处理相关，并且所述处理器120的至少一部分与所述客户端122的至少一个处理相关。可以理解，如果需要更多的处理能力，则可以向所述处理器120添加额外的客户端，例如一个或多个GPUs。尽管未显示出来，在一些实施例中，一个集成设备可以包括所述处理器120、所述3D传感器111、所述2D传感器112和/或所述POS 130。

[0085] 所述系统100能够对以同步和异步方式发生的不同进程执行高效的并行化。所述系统100还能允许基于所述系统100的物理设置来放大或缩小所述处理器120。这样，所述处理器120可以实时或接近实时地调整要处理的数据量。

[0086] 所述服务器121可以通过传输控制协议/因特网协议(TCP/IP)网络连接直接与所述3D传感器111和所述2D传感器112接口。一个流播读取器3D模块123a(streamReader3D module 123a)和一个流播读取器2D模块123b(streamReader2D module 123b)可以分别检索3D图像数据流和2D图像数据流。

[0087] 所述3D传感器111可通过预定库以编程方式访问，所述预定库通过TCP/IP连接与所述系统100通信。该库可以是用于从所述3D传感器111控制和数据检索的文档化平台独立软件库。该库可用于配置和控制所述3D传感器111以及从所述3D传感器111检索和解析测量结果。可以理解，所述系统100与作为所述3D传感器111的任何扫描器(例如V线扫描器)兼容，无论所述扫描器是机载、移动或地面扫描器。

[0088] 可以理解，所述预定的库应该与传感器/扫描器的硬件兼容。

[0089] 所述服务器121可以通过用户数据报协议(UDP)网络连接直接与所述POS 130接口。一个流播读取器POS模块123c(streamReaderPOS module 123c)可以检索与位置和/或方向相关的数据流。

[0090] 在一些实施例中,数据流的每个数据包可以具有单独的时间戳,如图4的310a、320a和330a所示。所述时间戳用于交叉引用每个数据包,以使用数据地理参考处理器模块124(dataGeorefHandler module 124)在所述服务器121的GPU上进行地理注册。所述数据地理参考处理器模块124可以是应用于所述2D图像数据和所述3D图像数据的摄影测量和LiDAR方程的实现。创建光栅指标和点云后,所述光栅指标和点云将本地存储在服务器内部硬盘上。

[0091] 所述服务器121可以向一个或多个客户端122发送一系列消息,以通知原始数据集,例如光栅指标和点云,可用于进一步处理。

[0092] 在接收到来自所述服务器121的一系列消息之后,每个客户端122可以要求所述服务器121提供所需的数据,由metricXHandler 125a-125n来执行自己的处理任务。所述所需的数据可以包括但不限于:特定的指标,例如数字表面模型(DSM)、数字地形模型(DTM)等。

[0093] 一旦所述客户端122成功地执行了它们自己的处理任务,所述客户端122可以将结果复制到服务器内部硬盘驱动器的文件夹中,该文件夹可通过Samba服务器126访问(LAN上的文件服务)。

[0094] 可以理解,除了3D图像数据流、2D图像数据流和位置和/或方向相关数据流之外,数据地理参考处理器模块124(dataGeorefHandler module 124)还可以要求包含系统安装参数的系统安装文件。在一些实施例中,系统安装参数对于系统物理安装是唯一的,因为其涉及所述3D传感器111和所述2D传感器112相对于所述POS 130和GPS天线的实际空间分布和方向。

[0095] 在一些实施例中,为了简化所述系统100的整体配置,可以将各种参数输入到可以存储在所述服务器121中的预定义XML文件中。因此,简单的文本编辑器能够用于配置所述处理器120。

[0096] 实施例3

[0097] 图4显示了本发明的其中一些实施例的流程图。将参考图4描述元件310a、320a、330a、340a、350a、360a、360b、360c、370a、370b、390a、390b、390c以及步骤S320至S390的细节。

[0098] 所述流播读取器模块123分别连接到所述POS模块130、所述3D传感器111和所述2D传感器112以及系统配置模块(系统安装模块)140。所述POS模块130向流播读取器模块123发送S330a处的位置和状态信息,所述3D传感器111向所述123发送参照所述3D成像模块111的目标信息空间坐标。它还可以发送相关的属性信息,例如目标的属性信息,例如颜色、反射率。所述2D模块112向所述流播读取器模块123发送具有多个相关信息层的以2D向量形式呈现的成像信息,其中每一层可以具有诸如红色、绿色或蓝色信息的信息,或各种光谱带的反射率测量。所述系统安装模块140将把包含在XML文件中的信息传递给所述流播读取模块123。这些信息与每个传感器之间的物理安装有关,例如,包括安装系统的交通工具。数据流310a、320a和330a共有一个信息字段,所述时间戳实际上来自于由所述POS模块的每秒脉冲(PPS)信号同步的所述3D传感器111和所述2D传感器112。

[0099] 数据流310a、320a和330a由所述流播读取器模块123同步，因为每个流将以其自己的速率接收。一旦被所述123同步和合并在一起，信息被传递到所述信息地理参考处理器模块124，其中实际点云(360a)对来自所述模块111的数据进行地理参考，并且从来自所述模块112的数据生成图像并进行地理参考(360c)。所述数据地理处理器模块123还可以为所述点云的每个点生成总传播不确定性(Total Propagation Uncertainty)(360b)信息。将点云360a和相关的光栅图像360c传递到模块125a，分别用于点云(370a)和图像(370b)分类和分段。一旦分类，两个数据被模块S380合并在一起。此后，合并的数据被传递到模块125n用于最终特征提取过程，该过程将生成一组矢量文件(390a)和光栅文件(390c)。最终，这些文件将被塞进数据库用于允许fasts“搜索和查找”。进一步，构成向量文件390a和390b的文件放在SAMBA服务器上，该服务器允许任何用户将收集和处理的数据在远程硬盘中查看，并且可以通过简单的拖放将数据复制到自己的计算机。需要注意的是，为了简单起见，在图4中的所述模块123写了一个系统日志(350s)，然而，实际情况是，在每个实施例中，模块S350、S360、S370、S380和S390都是写了输出到系统日志(350a)中。

[0100] 所述客户端122可以通过所述服务器121上的所述数据地理处理器模块124收集所需的数据包，并将数据包发送到可以处理直接地理参考的各个子模块上，并且通过所述客户端122上的S370、S380、S390的metricXHandler模块125a-125n发送到指标产品上。

[0101] 流播读取器模块123

[0102] 尽管未显示出来，所述流播读取器模块123可以包括但不限于：一个流播读取器3D模块111、一个流播读取器2D模块112、流播读取器POS模块123c和系统配置读取器123d(sysConfig Reader)。所述流播读取器模块123可分别与3D和2D传感器的成像模块(所述3D传感器111或所述2D传感器111)以及POS S330接口。在所述3D图像数据从所述3D传感器111发送到所述流播读取器3D模块111之后，所述2D图像数据从所述2D传感器112发送到所述流播读取器2D模块112，所述位置和/或方向相关数据从所述POS130发送到所述流播读取器POS模块123c，所述流播读取器模块123可以分别从所述3D传感器111、所述2D传感器112和所述POS 130接收或收集所述3D图像数据、所述2D图像数据、所述位置和/或方向相关数据以及系统安装信息(S350)。

[0103] 数据地理参考处理器模块124

[0104] 数据地理参考处理器模块124可以执行3D图像数据和2D图像数据的实际地理参考(S360)。通过地理参照，将传感器框架中的坐标转换为测绘框架中的坐标，例如ECEF坐标。在一些实施例中，为了执行转换，可以使用LiDAR方程和/或摄影测量方程。在一些实施例中，所述数据地理参考处理器模块124可以使用Applanix云服务或PosPAC脚本(未显示出)执行轨迹的自动后处理。

[0105] 尽管未显示出来，另一个子模块可以添加进来以在所述3D图像数据和所述2D图像数据的末尾执行条带对齐。所述条带对齐还可以改进任何不准确的视轴角估计。在一些实施例中，所述数据地理参考处理器模块124可以执行条带对齐。

[0106] 可以理解，上述坐标转换可应用于后处理以及实时或接近实时处理。

[0107] 用于分类器的指标1处理器模块125a(Metrics1Handler module 125a)

[0108] 这是在地理参照之后发生的数据处理的第一阶段(S370)。指标1处理器模块125a可以作为所述3D图像数据和所述2D图像数据的分类器。

[0109] 对于所述2D图像数据，在多光谱成像仪的情况下，在所述图像数据首先进行辐射校正然后进行几何校正后，一些指标，例如NDVI、SR和PRI，从波段比中提取或生成，在大多数情况下，使用遥感图像分析对所述2D图像数据进行处理以分段所述2D图像数据。

[0110] 对于所述3D图像数据，可以对所述点云的强度值进行几何校正和辐射校正。此后，计算八叉树，使得所述多个单元具有相同的大小，而不考虑每个单元中包含的点数。此后，为所述每个数据点计算法线，并且基于计算的法线为所述多个单元中的每个单元创建特征值和/或特征向量。所述法线可以是与数据点集的最佳拟合平面垂直的向量。在一些实施例中，所述多个单元中的每个单元的特征值和/或特征向量用于从每个数据点的近邻创建协方差矩阵。此后，对特征值进行归一化，并为所述多个单元中的每个单元计算至少一个几何属性。所述几何属性可以包括但不限于：线性、平面度、散射、全方差、各向异性、特征熵、局部曲率、法线值、强度、关于地面标高(AGE)的高程和δ高程。

[0111] 然后，根据几何属性对所述点云进行分段。可以理解，可以使用几何特征、高程、法线和强度、均匀性/变化或值中的至少一个来分段所述点云。每个单元中的数据点根据预设的一组类别进行分类，例如ASPRS LiDAR类别。此后，数据点可被网格化并用作AGE评估的0级。因此，每个数据点都可以有一个类别和AEG高程值。

[0112] 用于数据融合的指标2处理器模块125b(Metrics2Handler module 125b)

[0113] 所述2D图像数据和所述3D图像数据然后被合并在一起(S380)。指标2处理器模块125b可基于合并的图像数据，为所述多个单元中的每个单元重新计算至少一个几何属性和/或重新分类每个数据点。所述指标2处理器模块125b可以选择并执行几何属性的重新计算或每个数据点的重新分类。

[0114] 关于几何属性的重新计算，所述指标2处理器模块125b可以添加其他几何属性，例如植被健康、叶绿素浓度等。由于所述2D图像数据来自所述2D传感器112，所述2D传感器112是被动传感器并且不具有视觉穿透能力，因此将几何属性添加到数据点受限于第一返回点。

[0115] 对于数据点的再分类，即分类细化，利用植被指数的2D图像数据对所述点云中的植被区划进行再强化和仿射。所述2D图像数据与所述3D图像数据的融合可以依赖于摄影测量和射线跟踪原理。

[0116] 在一些实施例中，如果没有所述2D图像数据，则可以省略S380的这一步骤。

[0117] 用于特定处理的(ad-hoc processing)指标N处理器模块125n(MetricsNHandler module 125n)

[0118] 指标N处理器模块125n将具有类别和AEG高程值的每个数据点应用于地理信息的生成(S390)。这样，所述指标N处理器模块125n可以生成用户想要的地理信息。

[0119] 可以理解，所述系统100可以在没有所述2D图像数据的情况下生成地理信息。如果没有所述2D图像数据，可以从图4中省略112的步骤以及320a、360c和370b元素。

[0120] 尽管在整个描述中描述了实时或接近实时数据处理，但是可以理解，所述处理器120也可以作为后处理器运行。在所述处理器120作为后处理器的情况下，所述2D图像数据和/或所述3D图像数据从一个或多个图像文件(例如2D图像文件和/或3D图像文件)上接收，而不是从所述2D传感器112和/或所述3D传感器111接收。

[0121] 在一些实施例中，所述3D图像文件，例如原始LiDAR文件，可以是RXP文件并可以通

过预定库访问。对于所述POS文件，其可以是平滑最佳估计轨迹(Smooth Best Estimate Trajectory,SBET)格式中的后处理轨迹，也可以是Applanix PosPAC软件生成的“file rnav_Mission1.out”格式。后一种文件格式可用于实时定位服务，例如RTK(实时基站校正)或RTX(实时卫星校正)。后一种文件的格式可以与SBET文件格式相同，但不需要对其进行后处理。对于所述2D图像文件，其可能取决于所述2D传感器112的类型。如果所述2D传感器112是具有例如micro-CASI的推扫式传感器，则原始2D图像可以首先是使用SBET轨迹的第一后处理图像，然后该图像可以送入所述处理器120。如果使用CMOS传感器作为所述2D传感器112，则可以将带有其时间标签的2D图像直接送入所述处理器120。

[0122] 图5显示了本发明其中一些实施例中关于地理信息的生成的流程图。

[0123] 经过分析所述点云，可以生成地理信息。所述处理器120接收用户要生成的地理信息类型的选择。尽管未显示出来，所述处理器120可以推荐各种类型的地理信息，并且用户可以选择用户希望生成的至少一个地理信息。

[0124] 所述处理器120提取与所选地理信息相关联的至少一个特征。所述特征可以包括但不限于：地理特征或对象特征中的至少一个。

[0125] 所述地理信息可以包括但不限于：高清地图，所述高清地图源于3D特征提取、分类和分段、道路和路面状况监测和维护、自然和建筑环境中的变化检测或植物信息(例如树木健康)。在一些实施例中，所述地理信息可以包括但不限于：冠层下绘测信息(under-canopy mapping information)或应急响应信息。

[0126] HD地图

[0127] 所述处理器120可以生成如下地理信息的HD地图。生成过程可对应于图2中的S260。

[0128] 所述处理器120提取与所选地理信息相关联的至少一个特征。要提取的特征可以与道路状况相关，且可以包括但不限于：道路中心线、道路标记、路缘、交通灯柱、标志、电缆等。提取过程可以对应于图2中的S250。在一些实施例中，所述处理器120可与一个双扫描器移动测绘系统一起使用。所述双扫描器移动测绘系统可以由两个LiDAR传感器、一个控制器单元、一个相机触发盒、一个全球导航卫星系统(GNSS)接收器和一个360°球形相机组成。特别地，所述处理器120可与一个Applanix AP60、一个VMX系统(具有2个Riegl VUX-1HA的Riegl的MMS VMX-1HA)和一个由FLIR提供的Ladybug5相机一起使用。

[0129] 所述处理器120可以使用360°旋转的LiDAR传感器作为3D轮廓仿形传感器(3D传感器111)。在一些实施例中，所述处理器120可以进一步使用2D轮廓仿形传感器(2D传感器112)。所述轮廓仿形传感器可以采集2D切片。所述2D切片可以堆叠以生成所述3D图像数据。

[0130] 例如，对于道路中心线的提取，所述轮廓仿形传感器可用于提取车辆后部近乎垂直的2D切片，从而允许中心线提取。为实现提取，可以使用分段线性时间序列分割方法来分析所述点云，所述方法使用滑动窗口来计算移动平均，以找到所述点云中的拐角或断点。该分析过程可对应于图2中的S240。通过语义分析，确定它们相对于车辆和/或彼此之间的相对位置，识别道路边缘和/或路缘，并推导出中心线。为了实现对所述点云的分析，可以使用图像数据生成所述点云。该生成过程可对应于图2中的S230。

[0131] 在一些实施例中，对由所述POS 130(例如IMU)生成的位置和/或方向相关数据的累积的分析，可以帮助检测道路中心线。在一些实施例中，中心线的检测可以提供一组方向

向量,该方向向量可以指导滑动分析窗口向正确方向滑动,以减少处理时间。在一些实施例中,累积也可以转换为多折线,然后可以保存为Shapefile矢量文件。保存的文件以后可以重新检查。

[0132] 在一些国家,路缘石是相同的图案,例如黑色和灰色(石头或混凝土的自然颜色)相间的条带。因此,路缘石的提取基于路缘石的几何性质和物理属性,如颜色和反射率。所述提取可以在中心线检测之后进行,因为道路的每一侧都已提取。一旦找到路的边缘,可分析反射率以确定路缘石的界限。

[0133] 可以基于强度属性提取道路标记。道路点云可以从使用路缘石限制信息的整个点云中提取。从该子点云,即提取的点云,可以应用强度阈值,其余点可以使用欧氏距离滤波器进行聚类。此后,分析每个簇的形状和标签。

[0134] 可以理解,提取的柱状特征可以是诸如灯柱、交通灯等的人造对象,也可以是树。在1米到1.3米之间提取一段数据。然后将这段数据分成更小的部分,以减少处理时间。例如,使用欧氏距离分段算法对该段数据进行聚类。对于每个簇,在数据的聚类切片中拟合一个圆柱体,并输出一个拟合分数。所述拟合分数用于评估形状类型。在一些实施例中,拟合分数可以是实际剩余法线,其可以是从点和圆柱体估计的最佳拟合平面之间的正交距离的实际RMSE(均方根误差)。

[0135] 如果拟合分数很高,则所述簇显示为圆柱形,这意味着要么是树,要么是某种人造杆。如果拟合分数较低,则所述簇不是圆柱形可以放在一边进一步处理。对于每个拟合,所述处理器120然后可以每隔一米或向上2米(直到没有更多的点可用)提取其他数据片段并进行圆柱体拟合。如果随后的拟合显示出高分并且类似的圆柱体特性都集中在相同的X、Y地理中心以及每个簇内一致数量的点上,则所述处理器120假定该特征是人造特征。然后,通过提取围绕最低簇的质心的缓冲区来执行进一步的处理。然后,切片序列的属性可使用机器学习方法来建立对象的类型(基于高度、直径等)。

[0136] 在有树的情况下,将量化结构模型(QSM)算法应用于缓冲的点云。该算法可以从主干和分支网络生成不透水网格。从该网格,所述处理器120可以评估边界框并调整缓冲区的大小。对于这个新的缓冲区,所述处理器120可以通过拟合一个圆或椭球体来评估与AGE和树冠直径有关的树的高度。

[0137] 在一些实施例中,基于拟合分数,例如剩余法线,可以确定拟合对象。所述拟合对象可以包括但不限于:圆柱体、圆和/或椭球体。在一些实施例中,执行拟合的库可以为拟合提供多种类型的对象并输出拟合分数。

[0138] 所述处理器120然后可以使用QSM算法产生的网格来评估树(主干和分支网络)的体积。对来源于数的体积和品种的信息,例如来源于第三方资源,所述处理器120可以评估树的重量和/或碳含量。

[0139] 每个对象然后都保存在地理信息系统数据库中,在那里可以进一步显示和分析。

[0140] 实时或接近实时的结果用适当的时间戳存储在IMU/BDDY参考帧中。这可以允许细化特征的最终位置,就像用户希望获得更精确的位置一样,他可以执行轨迹的后处理以获得SBET文件并将其应用于兴趣点上。

[0141] 树健康(如图5所示)

[0142] 所述处理器120可以生成树健康信息,作为以下地理信息。该生成过程可对应于图

2中的S260。

[0143] 所述处理器120可以执行沿着路边、公园和住宅区的树木的测绘并评估其健康状况。树木学家可使用地理信息来确定以下信息中的至少一个:基于图像的树种、以预定米的高度从地面开始的树木周长测量、估计的树高和树冠大小、所有树的树位置映射,或一个点特征指树干在距地面预定高度处的质心。

[0144] 对于这种应用,可以使用两种类型的运动系统集成。第一个系统可以来自交通工具,例如汽车,而另一个系统可以来自背包。在一些实施例中,所述处理器120可与Riegl's MMS VMX-1HA(双激光头移动测图系统)一起使用。所述Riegl's MMS VMX-1HA可以由两个Riegl VUX-1HA、一个控制器单元和一个相机触发盒、一个Applanix AP60、一个来自FLIR的360°球形Ladybug5相机和一个或两个microCASI-1920Itres组成。在其他实施例中,第二系统可由所述处理器120(具有较小的占地面积)、一个来自Applanix的APX20的Riegl miniVUX-1UAV、Theta V、来自Ricoh的360°球形相机和来自Itres的micro-CASI 1920组成。

[0145] 处理工作流程可能与上面描述的高清地图相同。这意味着从3D和2D成像仪获取3D和2D数据,然后使用轨迹信息进行地理参考(S501和S505)。一个点云可以进行一些几何(S503)和辐射(S504)校正。可以理解,所述点云可以与图3和图4中相同的方式生成。S503和S504可以对应于图2中的S240。然而,对于该应用,额外的2D传感器112,例如高光谱成像仪,可以通过分析高光谱植被指数如NDVI、SRI等来帮助识别场景中的植被(S511)。

[0146] 首先,作为3D图像数据的LiDAR数据可以使用如上所述的HD地图中提出的方法来分类。此后,可以使用Itres的RCX库(S507)对来自高光谱成像仪的2D图像数据进行辐射校正,然后使用轨迹信息(S508)最后对其进行几何投影,使用校准和地理化的图像数据(S510),例如校准和地理化的2D图像数据,可进行大气校正(S509)。然而,在这种应用中,传感器和物体之间的距离是最小的,因此由于树木在地面上,大气校正不能使用。

[0147] 随后,计算NDVI的值(S511)。基于NDVI计算的值,可以提取和/或确定特征。该提取和/或确定过程可对应于图2中的S250。NDVI的低值,例如0.1及以下,可以表示非植被区。NDVI的中等值,例如0.2到0.3,可以表示灌木和草丛。NDVI的高值,例如0.6至0.8,可以表示树木和森林。参考值可以由用户和/或所述处理器120确定。

[0148] 此时,3D和2D图像,S510、S511、S506和S504,可以基于时间戳信息融合在一起。融合过程可以包括点云着色(S521)、基于几何、颜色和强度属性的分类(S522)以及最后分段(S523)。在树木健康的情况下,可以从所述点云中提取树,使用QSM算法生成用于体积估计的树状网格(S524)。从网格体积估计(S525)中,可以使用当地树木学家提供的树种信息和树木体积(S526)来估计碳含量。最后,可以使用S511处的植被指数来估计树木健康指数。

[0149] 本领域技术人员可以领会到,上述技术特征的变化和组合,并不是可选方案或替代方案,可以被组合起来形成更多属于本发明保护范围的实施例。

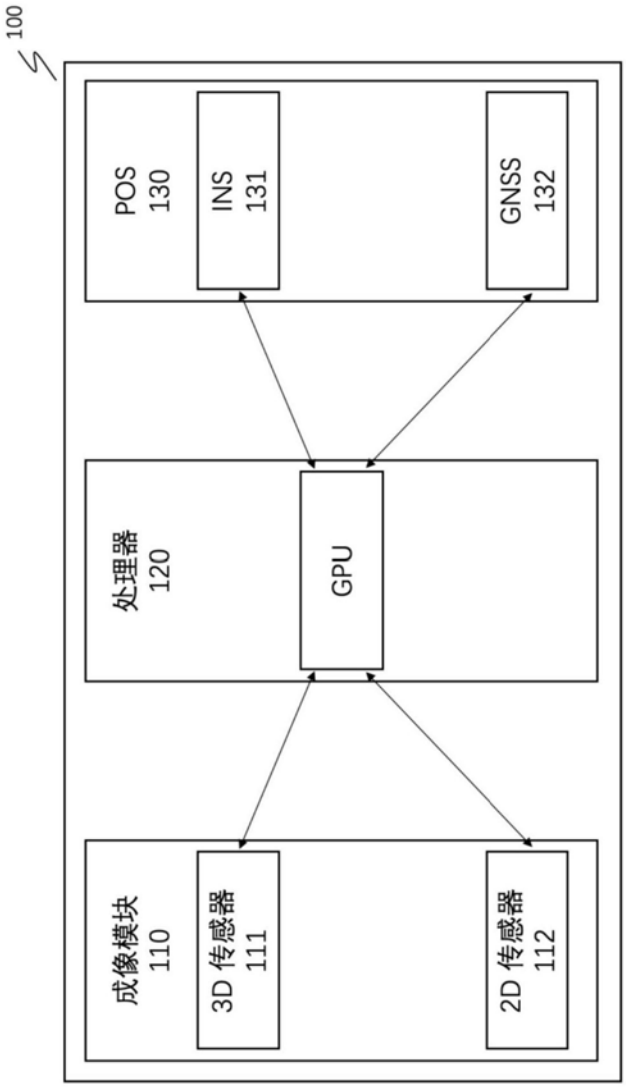

100
POS
130
INS
131
GNSS
132
处理器
120
GPU
成像模块
110
3D 传感器
111
2D 传感器
112

图1

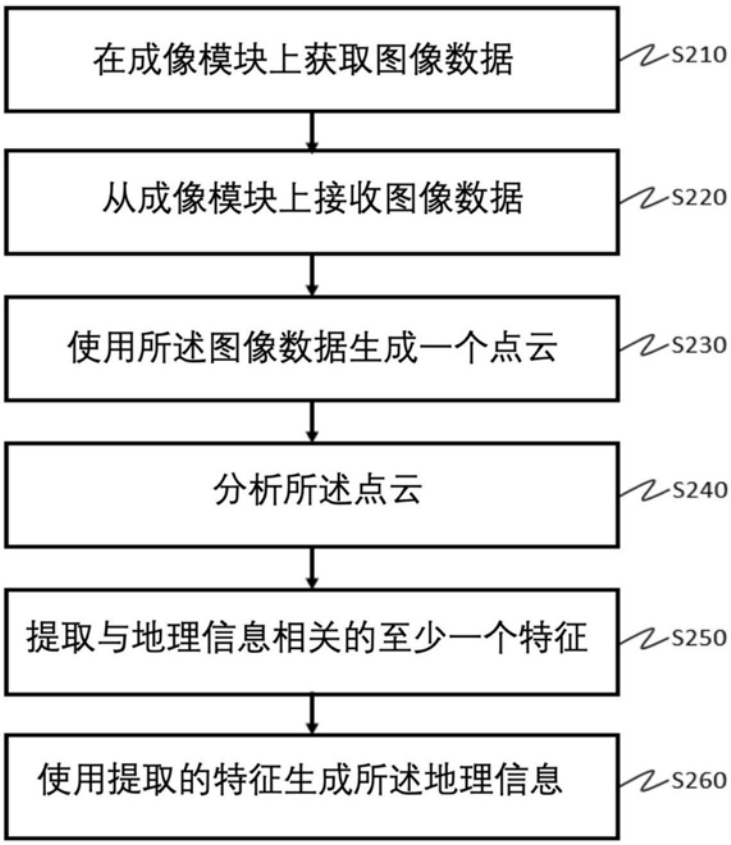

在成像模块上获取图像数据
S210
从成像模块上接收图像数据
S220
使用所述图像数据生成一个点云
S230
分析所述点云
S240
提取与地理信息相关的至少一个特征
S250
使用提取的特征生成所述地理信息
S260

图2

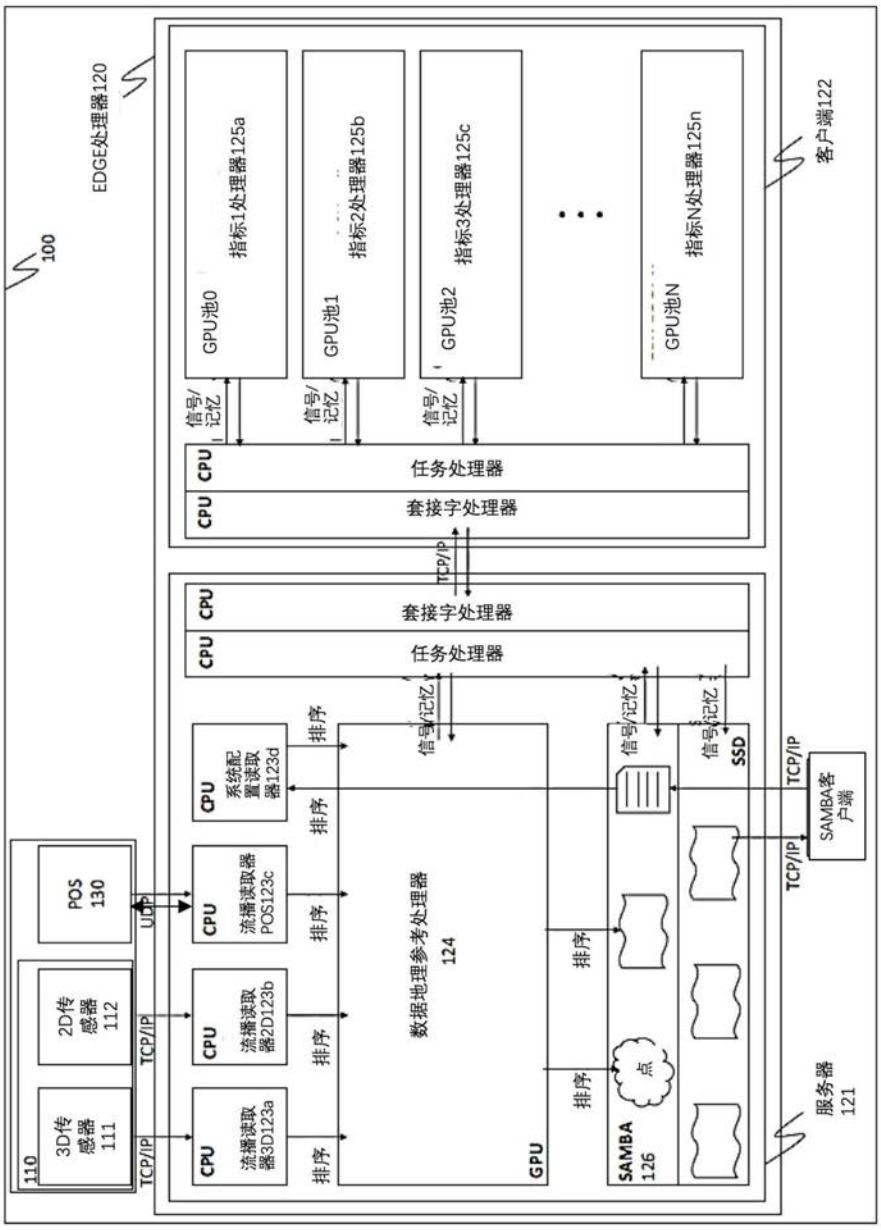

100
EDGE处理器120
客户端122
GPU池0
指标1处理器125a
GPU池1
指标2处理器125b
GPU池2
指标3处理器125c
GPU池N
指标N处理器125n
信号/记忆
CPU
任务处理器
套接字处理器
TCP/IP
UDP
POS 130
2D传感器 112
3D传感器 111
110
流播读取器3D123a
流播读取器2D123b
流播读取器POS123c
系统配置读取器123d
排序
数据地理参考处理器 124
GPU
SAMBA 126
点
SSD
SAMBA客户端
服务器 121

图3

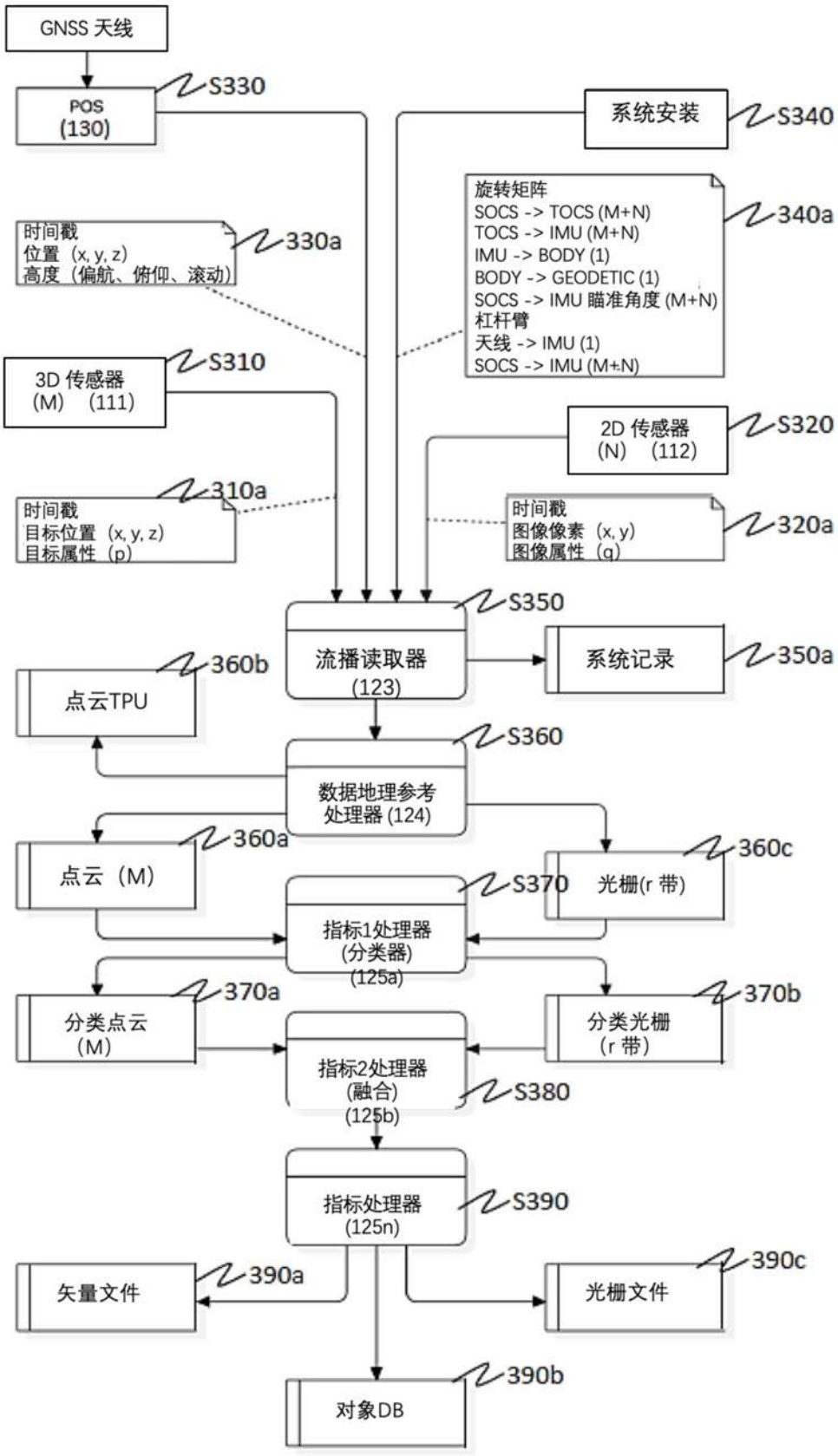

GNSS 天线
POS
(130)
S330
系统安装
S340
旋转矩阵
SOCS -> TOCS (M+N)
TOCS -> IMU (M+N)
IMU -> BODY (1)
BODY -> GEODETIC (1)
SOCS -> IMU 瞄准角度 (M+N)
杠杆臂
天线 -> IMU (1)
SOCS -> IMU (M+N)
340a
时间戳
位置 (x, y, z)
高度 (偏航、俯仰、滚动)
330a
3D 传感器
(M) (111)
S310
2D 传感器
(N) (112)
S320
时间戳
目标位置 (x, y, z)
目标属性 (p)
310a
时间戳
图像像素 (x, y)
图像属性 (q)
320a
S350
流播读取器
(123)
系统记录
350a
360b
点云TPU
S360
数据地理参考
处理器 (124)
360a
点云 (M)
360c
光栅(r 带)
S370
指标1处理器
(分类器)
(125a)
370a
分类点云
(M)
370b
分类光栅
(r 带)
指标2处理器
(融合)
(125b)
S380
指标处理器
(125n)
S390
390a
矢量文件
390c
光栅文件
390b
对象DB

图4

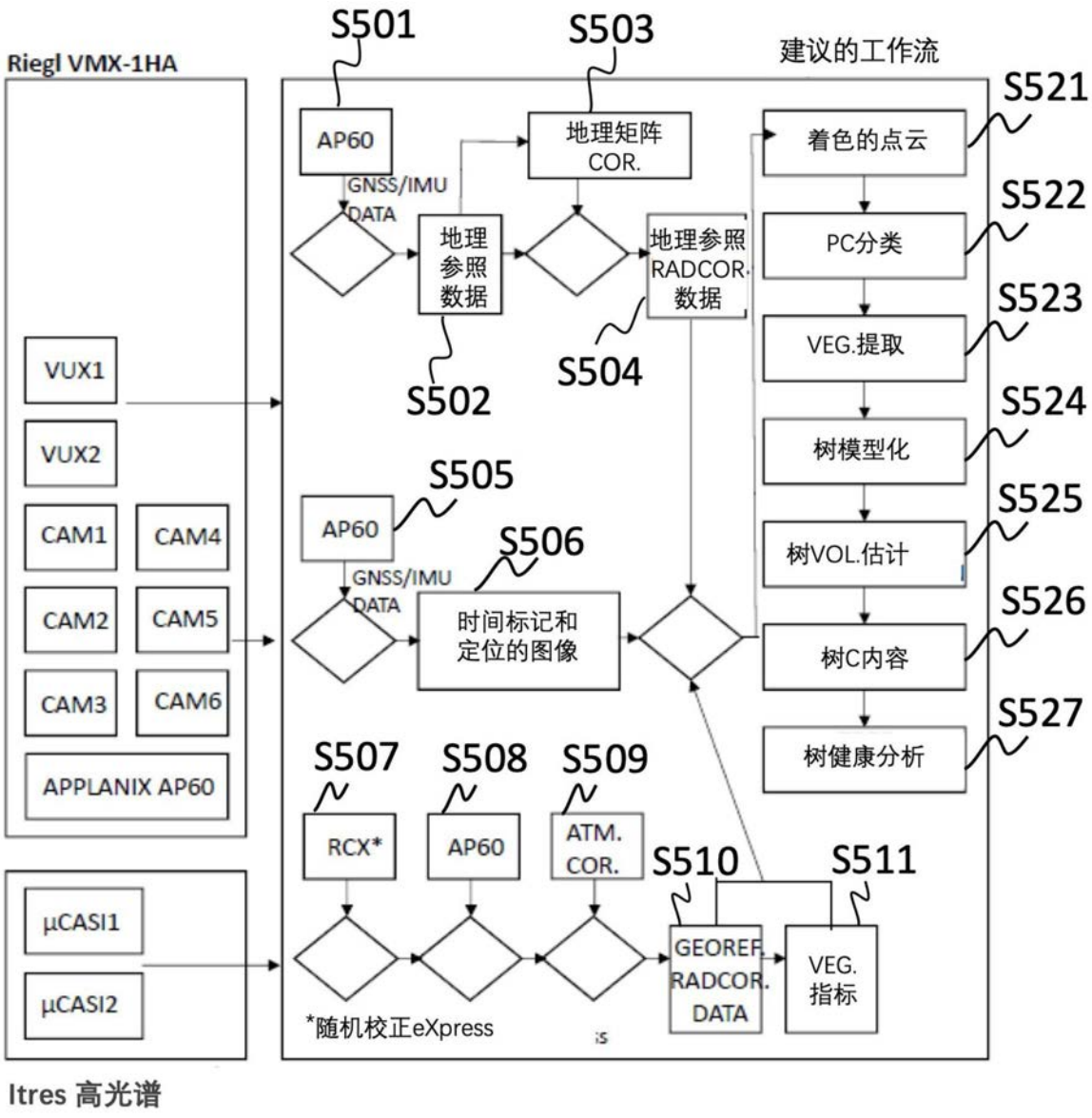

Riegl VMX-1HA
VUX1
VUX2
CAM1
CAM4
CAM2
CAM5
CAM3
CAM6
APPLANIX AP60
μCASI1
μCASI2
Itres 高光谱
建议的工作流
S501
AP60
GNSS/IMU DATA
S502
地理参照数据
S503
地理矩阵 COR.
S504
地理参照 RADCOR. 数据
S505
AP60
GNSS/IMU DATA
S506
时间标记和定位的图像
S507
RCX*
S508
AP60
S509
ATM. COR.
*随机校正eXpress
S510
GEOREF. RADCOR. DATA
S511
VEG. 指标
S521
着色的点云
S522
PC分类
S523
VEG.提取
S524
树模型化
S525
树VOL.估计
S526
树C内容
S527
树健康分析

图5