



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106199558 A

(43)申请公布日 2016.12.07

(21)申请号 201610687204.6

(22)申请日 2016.08.18

(71)申请人 宁波傲视智绘光电科技有限公司
地址 315100 浙江省宁波市高新区研发园
A5楼9层

(72)发明人 朱少岚

(74)专利代理机构 宁波市鄞州甬致专利代理事
务所(普通合伙) 33228
代理人 代忠炯

(51)Int.Cl.
G01S 7/48(2006.01)

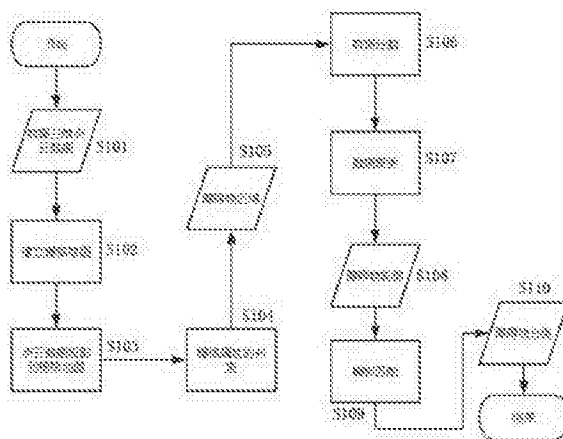
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

障碍物快速检测方法

(57)摘要

本公开的实施例关于一种障碍物快速检测方法,包括基于三维雷达的点云数据建立二维栅格地图,计算每个栅格的属性以确定不可通行区域,将不可通行区域中扫描线梯度值超过预先确定的阈值的点确定为障碍物点,以及遍历栅格地图对障碍物点进行相关性聚类。



1. 一种障碍物快速检测方法,包括:
基于三维雷达的点云数据建立二维栅格地图;
计算每个栅格的属性以确定不可通行区域;
将所述不可通行区域中扫描线梯度值超过预先确定的阈值的点确定为障碍物点;以及
遍历所述栅格地图对所述障碍物点进行相关性聚类。
2. 如权利要求1所述的方法,其中所述三维雷达的点云数据由8线激光雷达、16线激光雷达和32线激光雷达之一获得。
3. 如权利要求1所述的方法,其中所述二维栅格地图中每个栅格的属性包括栅格内的相对高度差。
4. 如权利要求1所述的方法,还包括在建立所述二维栅格地图之前将雷达坐标系的点云数据转化到车体坐标系以转化所述三维雷达数据的坐标。
5. 如权利要求3所述的方法,其中所述相对高度差正比于栅格内最高高度与最低高度的差值。
6. 如权利要求3所述的方法,还包括在一个栅格的所述相对高度差大于预先确定的相对高度差阈值时确定其为所述不可通行区域。
7. 如权利要求3所述的方法,还包括在一个栅格的所述相对高度差小于或等于预先确定的相对高度差阈值时确定其不是所述不可通行区域。
8. 如权利要求1所述的方法,其中所述扫描线梯度由在同一个扫描方向中相邻环上扫描线的两个点的值来计算。
9. 如权利要求1所述的方法,其中遍历所述栅格地图包括如果遇到栅格非障碍物点,则使用邻域聚类算子在该点的上下左右四个方向搜索。
10. 如权利要求9所述的方法,还包括通过计算模板与聚类的障碍物点之间的相关系数,确定障碍物的类型。

障碍物快速检测方法

技术领域

[0001] 本公开属于计算机视觉和激光雷达数据处理技术领域,尤其是涉及一种障碍物快速检测方法。

背景技术

[0002] 交通场景中障碍物的检测对于无人驾驶车辆和/或机器人准确感知周围环境信息,做出安全驾驶决策具有重要意义。基于视觉信息的障碍物检测对环境依赖性较强。在光照不好或者天气不佳的情况下,拍摄得到的视频会对结果检测误差产生较大的影响。因此本公开选择采用基于16线激光雷达数据的方法进行检测。基于16线激光雷达的方式有诸多优势,一方面激光雷达获取的数据抗干扰能力强,对环境的依赖小。另一方面相比于其他型号的激光雷达,16线激光雷达价格更低,更有可能在面向大众的无人车市场中实现商业化部署。这些方法的研究流程如下:首先是将采集到的原始点云数据投影到栅格地图当中,每个栅格保留点云的距离、高度等信息,通过计算栅格内最高点和最低点高度的差值,计算栅格属性。通过属性不同,判定栅格内点是否属于障碍点。

[0003] 基于传统视觉方法的障碍物检测有Ren.S等人在文献“Ren.S,He.K,and Grishich.R,Faster R-CNN:Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Network,In Advances in Neural Information Processing Systems,pp.91-99,2015.”中提出的基于深度神经网络的检测方法,该方法通过使用区域候选框与卷积神经网络结合的框架,实现了快速的获取检测区域框,并最终实现物体检测的功能。

[0004] 基于激光雷达的障碍物检测方法有Zhang.J等人在文献“Zhang.J and Singh.S, LOAM:Lidar Odometry and mapping in Real-Time,In Robotics:Science and Systems Conference,pp.109-111,2014.”中提出来的基于问题分割的物体检测。是把复杂的定位问题分解成多个子问题进行解决。首先是对场景点云实现快速测距,但是这一过程存在保真率较低的缺陷。为了解决这个缺陷需要同时执行另一个算法,该算法使用快速的雷达线扫描来实现点云的精细配置和配准。国内的研究中,Gan.Z等人在文献“Gan.Z,Wang.C,and Yang.M,A Method for Vehicle Tracking and Recognition Based on Scanning Laser Radar,Journal of Shanghai Jiaotong University,vol.43,no.6,pp.923-926,2009.”中提出的采用聚类合并解决目标分割时的车辆识别问题,采用跟踪中心变换算法提高车辆检测的精度,并结合车辆的矩形投影及物体的速度特征来识别车辆。

[0005] 现有技术中也出现了采用激光雷达进行物体检测的技术,例如中国国家知识产权局专利局公开的CN105404844A号专利,给出了一种使用多线激光雷达进行道路边界检测的方法,它在处理中只将疑似道路边界点的三维坐标信息的点云数据转为成二维栅格地图,并在转化之前已对原始坐标信息进行预处理计算。这种处理方案计算中耗时较多,针对道路边界这种单一场景检测效率比较好,但对于道路中行人、车辆等多种障碍物进行检测,时间消耗非常大。

[0006] 这些方法都有局限性,基于视觉信息的检测在光照较弱的情况下,对于物体检测

精度会下降,其他两种基于雷达的方法,处理速度较慢,对于大规模点云数据的处理耗费的时间较长。

发明内容

[0007] 本公开的一些实施例关于一种障碍物快速检测方法,包括基于三维雷达的点云数据建立二维栅格地图,计算每个栅格的属性以确定不可通行区域,将不可通行区域中扫描线梯度值超过预先确定的阈值的点确定为障碍物点以及遍历栅格地图对障碍物点进行相关性聚类。

[0008] 在一些实施例中,三维雷达的点云数据由8线激光雷达、16线激光雷达和32线激光雷达之一获得。

[0009] 在一些实施例中,二维栅格地图中每个栅格的属性包括栅格内的相对高度差。

[0010] 在一些实施例中,在建立二维栅格地图之前将雷达坐标系的点云数据转化到车体坐标系以转化三维雷达数据的坐标。

[0011] 在一些实施例中,相对高度差正比于栅格内最高高度与最低高度的差值。

[0012] 在一些实施例中,在一个栅格的相对高度差大于预先确定的相对高度差阈值时确定其为不可通行区域。

[0013] 在一些实施例中,在一个栅格的相对高度差小于或等于预先确定的相对高度差阈值时确定其不是不可通行区域。

[0014] 在一些实施例中,扫描线梯度由在同一个扫描方向中相邻环上扫描线的两个点的值来计算。

[0015] 在一些实施例中,遍历栅格地图包括如果遇到栅格非障碍物点,则使用邻域聚类算子在该点的上下左右四个方向搜索。

[0016] 在一些实施例中,通过计算模板与聚类的障碍物点之间的相关系数,确定障碍物的类型。

[0017] 本公开的实施例有助于解决至少一些上述现有技术中的问题。可以克服传统解决方案中数据处理速度慢,分类效率较低的缺陷。同时基于扫描线梯度方法进行数据分割,保证分类精度。本公开实施例的一些优点包括在光照条件不好或者天气状况不佳的情况下,检测精度不会下降。处理速度较快,可以实现实时性。检测障碍物种类多,根据所配置的模板可以对于道路中多种障碍物同时实现有效检测。在基于栅格地图的检测基础上进一步执行聚类检测,避免漏检和误检。

附图说明

[0018] 本公开提供了附图以便于所公开内容的进一步理解,附图构成本申请的一部分,但仅仅是用于图示出体现发明概念的一些发明的非限制性示例,而不是用于做出任何限制。

[0019] 图1是根据本公开一些实施例的障碍物快速检测方法的流程图。

[0020] 图2是根据本公开一些实施例的室内原始点云数据三维图。

[0021] 图3是根据本公开一些实施例的交通场景原始点云数据三维图。

[0022] 图4是根据本公开一些实施例将室内原始点云数据投影所得的二维图。

[0023] 图5是根据本公开一些实施例的障碍物快速检测方法所检测的室内障碍物示意图。

[0024] 图6是根据本公开一些实施例的障碍物快速检测方法所检测的交通场景障碍物示意图。

[0025] 图7是根据本公开一些实施例的障碍物快速检测方法中使用的示例性相关性聚类算子的示意图。

具体实施方式

[0026] 下文将使用本领域技术人员向本领域的其它技术人员传达他们工作的实质所通常使用的术语来描述本公开的发明概念。然而,这些发明概念可体现为许多不同的形式,因而不应视为限于本文中所述的实施例。提供这些实施例是为了使本公开内容更详尽和完整,并且向本领域的技术人员完整传达其包括的范围。也应注意这些实施例不相互排斥。来自一个实施例的组件、步骤或元素可假设成在另一实施例中可存在或使用。在不脱离本公开的实施例的范围的情况下,可以用多种多样的备选和/或等同实现方式替代所示出和描述的特定实施例。本申请旨在覆盖本文论述的实施例的任何修改或变型。

[0027] 对于本领域的技术人员而言明显可以仅使用所描述的方面中的一些方面来实践备选实施例。本文出于说明的目的,在实施例中描述了特定的数字、材料和配置,然而,领域的技术人员在没有这些特定细节的情况下,也可以实践备选的实施例。在其它情况下,可能省略或简化了众所周知的特征,以便不使说明性的实施例难于理解。

[0028] 此外,下文为有助于理解说明性的实施例,将各种操作依次描述为了多个离散的操作;然而,所描述的顺序不应当被认为是意味着这些操作必须依赖于该顺序执行。而是不必以所呈现的顺序来执行这些操作。

[0029] 下文中的“在一些实施例中”,“在一个实施例中”等短语可以或不指相同的实施例。术语“包括”、“具有”和“包含”是同义的,除非上下文中以其它方式规定。短语“A和/或B”意味着(A)、(B)或(A和B)。短语“A/B”意味着(A)、(B)或(A和B),类似于短语“A和/或B”。短语“A、B和C中的至少一个”意味着(A)、(B)、(C)、(A和B)、(A和C)、(B和C)或(A、B和C)。短语“(A)B”意味着(B)或(A和B),即A是可选的。

[0030] 如图1所示,一种示范的障碍物快速检测方法开始于步骤S101,其中通过雷达来获取对象的三维点云数据。雷达例如可以是8线激光雷达、16线激光雷达和/或32线激光雷达。选择激光雷达相比于视频识别系统鲁棒性更强。本公开提出的激光雷达点云数据处理的方法,可以保证在多种天气状况下都保持较好的检测结果。在图2和图3中分别提供了室内和交通场景中由雷达获取的三维点云数据的示意图。

[0031] 可选地,这时可以进行三维坐标转化,即计算实际车体和雷达之间坐标系的偏差参数以将雷达三维数据转化到车辆坐标系。首先计算旋转矩阵 R_{Lidar} :

$$[0032] \quad R_{mp} = \begin{bmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma & 0 \\ -\sin \gamma & \cos \gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta & \sin \beta \\ 0 & -\sin \beta & \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$[0033] \quad R_{lidar} = R_{tmp} \begin{bmatrix} \cos yaw & \sin yaw & 0 \\ -\sin yaw & \cos yaw & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0034] 上述两式中, R_{tmp} 是不考虑航向角时的旋转矩阵, R_{lidar} 是最终的旋转矩阵, 其中设车体坐标系是xyz, 车体坐标系是XYZ, 定义N是xoy平面与XOY平面的相交线, α 是X轴与交点线N的夹角, β 是z轴与Z轴的夹角, γ 是交点线N与X轴的夹角, yaw是航向角。然后计算平移矩阵

$$T = \begin{bmatrix} T_{xy} \\ C \end{bmatrix}, \text{其中} C \text{是拟合地面方程, } T_{xy} \text{是水平xoy平面上的位移。}$$

[0035] 接着在步骤S102和S103中, 基于三维雷达的点云数据建立二维栅格地图, 其中将三维雷达点云数据投影到栅格地图中, 同时保存点云数据信息, 每个栅格表示投影到其中的雷达点, 从而用栅格地图来表示整个场景。建立栅格地图可以使用按照Chen.C等人在文献“Chen.C, Tay.C, and Laugier.C, “Dynamic Environment Modeling with Gridmap: A Multiple-object Tracking Application, In International Conference on Control, Automation, Robotics, and Vision, pp.1-6, 2006”中的方法。在一些实施例中, 根据无人车整体技术要求以及传感器的性能等情况, 可建立一张200*400的栅格地图, 其中宽度(x方向)为200个栅格, 长度(y方向)为400个栅格, 每个栅格大小都为20*20厘米, 故地图的实际尺寸达到40*80米。将点云数据投影到栅格地图中可以包括在将原始的三维点云转化到车体坐标系后, 遍历每个三维点, 根据x, y坐标投影到栅格地图的对应栅格并判断该点是否为高度最高点或者是最低点, 如果是, 则更新该栅格的最高或最低高度。在完成遍历之后输出栅格地图。投影后所得到的栅格地图的一个示例如图4所示。因此, 本公开的方法相对于传统的障碍物检测处理速度将更快。本公开将原始三维点云投影到了栅格地图进行处理, 在保证数据处理精度的情况下, 大大简化原有数据量。假设栅格地图采用400*200的标准, 16线激光雷达每秒钟捕获30万个激光点, 投影后仅需处理8万个栅格点即可。以栅格属性代表投影到其中的点云, 相当于做了一个局部的滤波。

[0036] 在步骤S104和步骤S105中计算栅格的属性值以确定障碍物可能存在的区域, 即不可通行区域, 从而先初步地确定障碍物的大致存在位置和分布情况。栅格的属性值包括但不限于栅格内的相对高度差、栅格的平均高度和/或栅格内高度的分布等。以通过栅格内的相对高度差来确定不可通行区域为例, 首先遍历所有栅格, 如果栅格内的点的数量小于一定的设定值, 例如2, 则判定该栅格为未知区域, 而在栅格内的点的数量大于或等于该设定值时计算相对高度差 ΔH , ΔH 正比于栅格内最高高度与最低高度差值。在一些实施例中, ΔH 可等于栅格内最高高度与最低高度差值。若 $\Delta H < \eta$, 则标记栅格属性为可通行, 若 $\Delta H \geq \eta$, 则标记栅格属性为不可通行。其中 η 为预先确定的相对高度差阈值。在遍历栅格完成之后, 可得到不可通行区域的分布。采用基于高度差的方法对不可通行区域进行判断, 可以有效减少斜坡和颠簸路况的影响。

[0037] 在步骤S106中, 采用基于扫描线梯度的方法对数据进行分割。在使用16根扫描线的实施例中, 在同一个扫描方向上, 相邻环上的激光扫描线的两个点值被用来计算该点的

梯度值。公式为 $\tan(\theta) = \frac{\Delta z}{distance}$, 其中 Δz 代表相邻扫描线纵向的高度差, distance表示相

邻扫面线前后点的x-y的平面距离。由于障碍物之间存在遮挡, 所以会破坏扫描线本征直径

间距离,使得distance距离变小,另外障碍物边界高度上 Δz 也存在突变。因此可以利用障碍物在扫描点云中distance和 Δz 的变化特性来帮助检测障碍物。如果那些点梯度值超过预设的阈值,则被标记为障碍物点。基于障碍物点的扫面线梯度值进行分割,能够有效补充栅格检测的不足,减少栅格检测中可能出现的漏检和误检问题的影响。

[0038] 图5和图6分别示出了本公开的障碍物快速检测方法所检测的室内和交通场景障碍物点。如此得到的障碍物点相比于单一使用栅格地图进行检测提高了识别精度,有效减少了漏检和误检发生的概率,弥补了栅格检测存在的不足,保证了最终划定的障碍物轮廓的精确度。

[0039] 在步骤S107和S108中,进一步对上面步骤所识别的障碍物点进行相关性聚类,并可选地通过计算模板与聚类的障碍物点之间的相关系数,确定障碍物的类型。这使得一个障碍物中的离散点都能聚集在一起,从而将障碍物的具体轮廓画出。首先遍历栅格地图,如果遇到栅格的属性为非障碍物点,则使用例如图7所示的邻域聚类算子在该点的上下左右四个方向搜索。之后判定障碍物类型采用模板匹配的方法,将聚类后图像与模板进行匹配,通过计算模板与障碍物之间的相关系数,确定障碍物的所属类型。其中相关系数计算公式如下:

$$[0040] \quad R(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N S^{i,j}(m, n) * T(m, n) / \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S^{i,j}(m, n)]^2} \quad (3)$$

[0041] 其中,S为障碍块,T为模板,i,j表示模板相对障碍块水平和垂直方向移动的栅格数,M,N为在水平和垂直方向计算匹配程度最大范围。其中障碍物的模板可以使用现有的或自制的障碍物数据库来得到。

[0042] 图2-6的数据是在中央处理器为Intel® i5-45900 3.3GHz CPU、内存为16G、OS为WINDOWS 10操作系统的运行环境中得到,运用MATLAB软件将图像绘出。数据采集使用激光雷达在室内室外场景分别采集,每段视频长度10秒钟到30秒不等,每秒钟保存10帧数据,每帧数据大概保存23000个周围场景点。从图5和图6的示例结果可以看出本公开的算法有效地检测到了包括室内的办公桌和交通环境中的危险区域范围内的行人和其他障碍。

[0043] 此外,本公开的系统更有针对性。本方法专门针对交通场景对障碍物进行定义,设计模板,所以对于交通场景中的障碍物检测,有更好的表现效果。总的来说,本公开将障碍物的检测分成区域的判定和物体的分类两个方面,使用栅格地图进行计算,极大提高了对数据处理的速度,同时采用扫描线梯度的数据分割方法,对栅格地图检测进行了补充,又保证了分类的精确度。该方法有很强的鲁棒性,用雷达采集数据可以适应各种复杂环境。在解决斜坡和颠簸路面的问题时,该方法也能表现出出色的性能。

[0044] 本文中的部分方法步骤和流程可能需要由计算机执行,从而以硬件、软件、固件及其任何组合的方式来实施,并且可以包括计算机可执行的指令。该计算机可执行的指令可以以计算机程序产品的形式存储在机器可读介质上或者以从远程服务器下载的方式进行提供,并由通用计算机、专用计算机和/或其他可编程数据处理装置的一个或多个处理器读取和执行以实现方法步骤和流程中指明的功能/动作。机器可读介质包括但不限于软盘、光盘、压缩盘、磁光盘、只读存储器ROM、随机存取存储器RAM、可擦可编程ROM(EPROM)、电可擦可编程ROM(EEPROM)、存储卡、闪存和/或电、光、声以及其他形式的传播信号(例如载波、红外信号、数字信号等)。

[0045] 另外需注意,本文中的术语“和/或”可表示“和”、“或”、“异或”、“一个”、“一些但不是全部”、“两者皆不”和/或“两者皆是”,但在此方面并无限制。本文虽然已经示出和描述了本公开的具体实施例,但对本领域技术人员显然可以在不脱离所附权利要求书范围的情况下进行众多改变、变化和修改。另外,在上述具体实施方式中,可看到各种特征在单个实施例中组合在一起以便简化公开内容。此公开方式不应解释为反映要求保护的实施方式需要比每个权利要求项明确所述的具有更多特征。相反,如权利要求所反映的一样,本公开的主题依赖的是比单个公开实施方式所有特征更少的特征。因此,权利要求书的每个权利要求项本身保持为单独的完整的实施例。综上,本领域技术人员将认识到在不脱离本公开的范围和精神的情况下,可在更广阔的各方面中进行改变和修改。所附权利要求书在其范围内涵盖了落入本公开真实范围和精神内的所有此类改变、变化和修改。

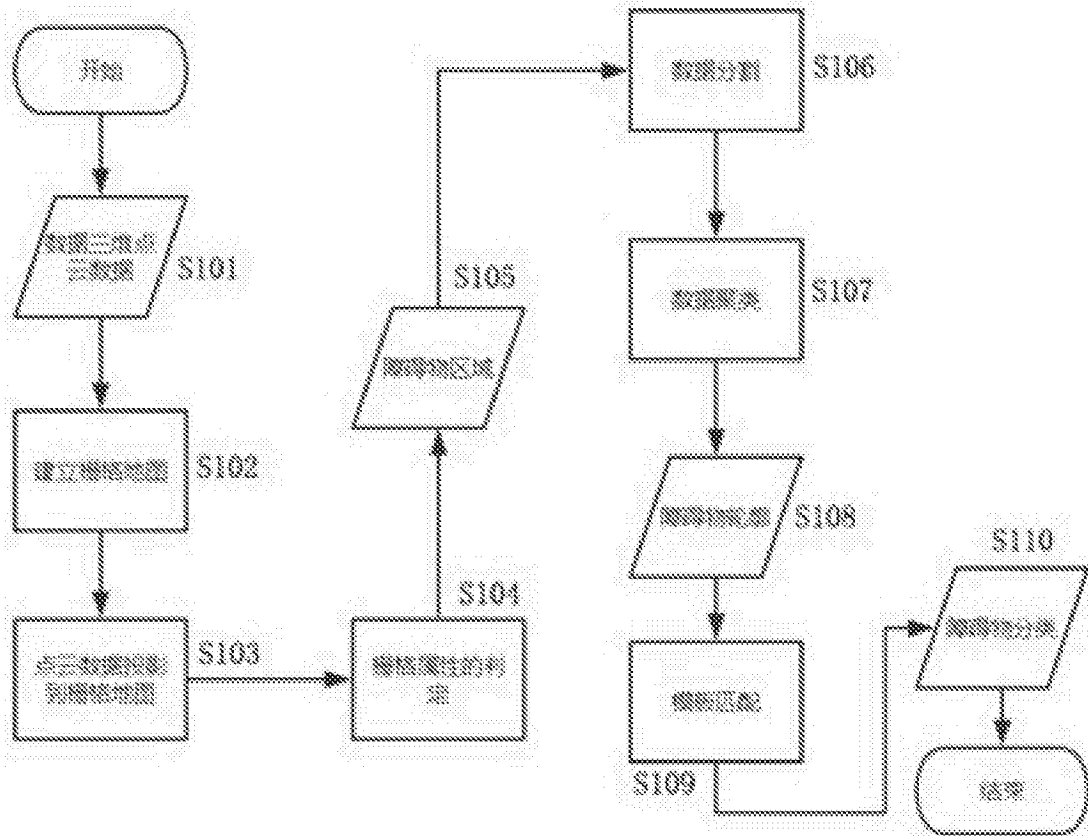


图1

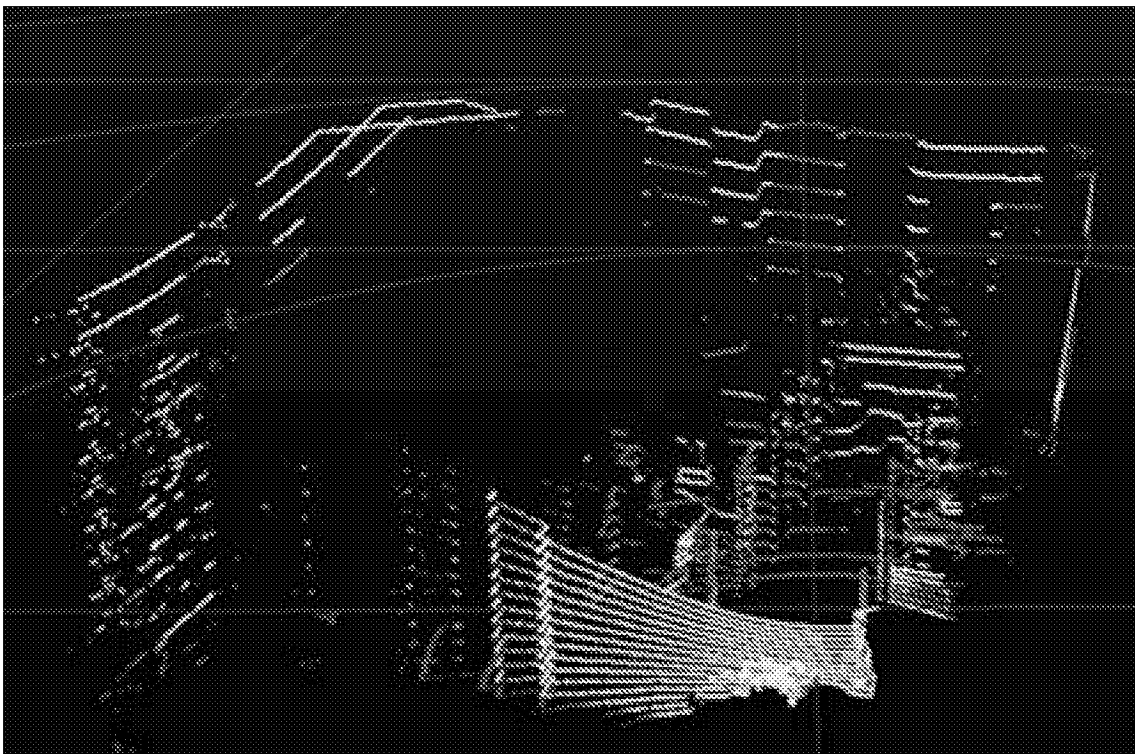


图2

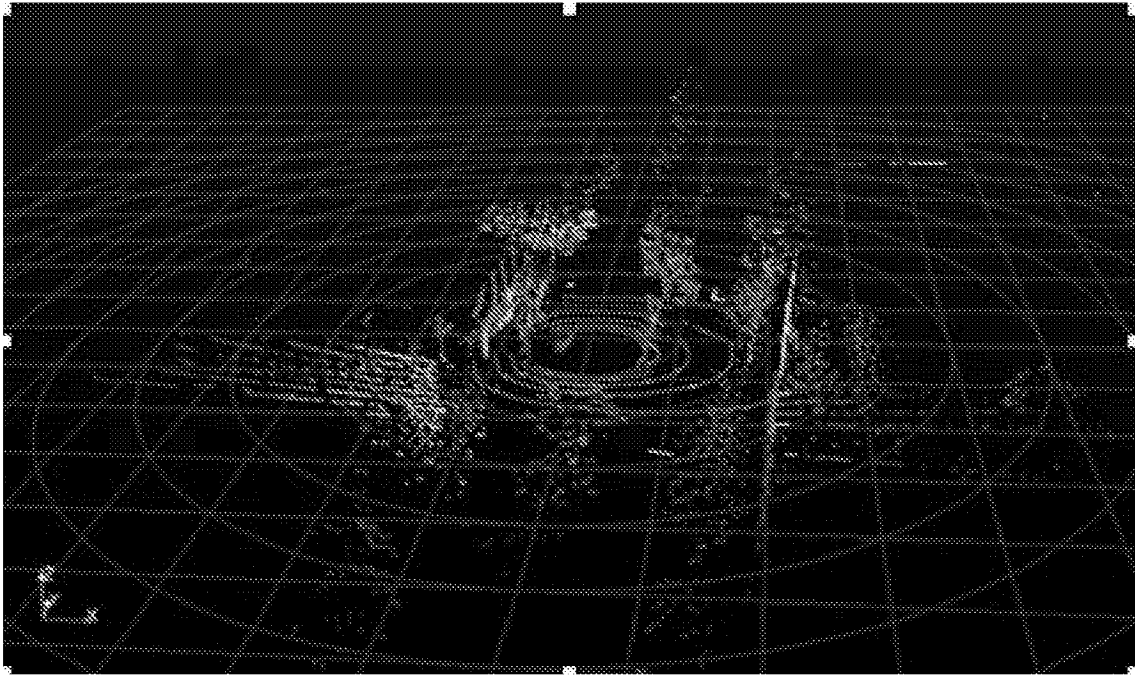


图3

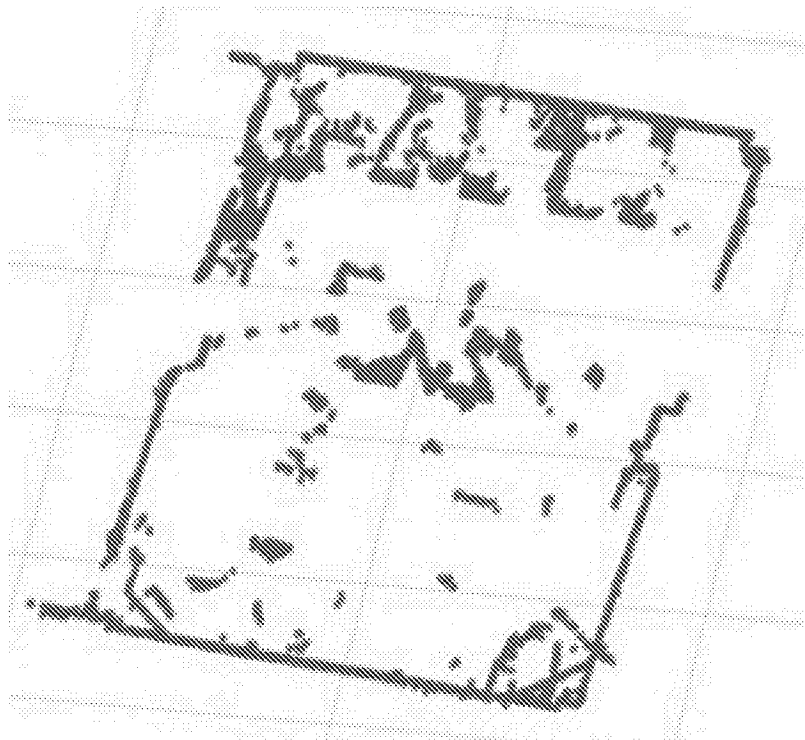


图4

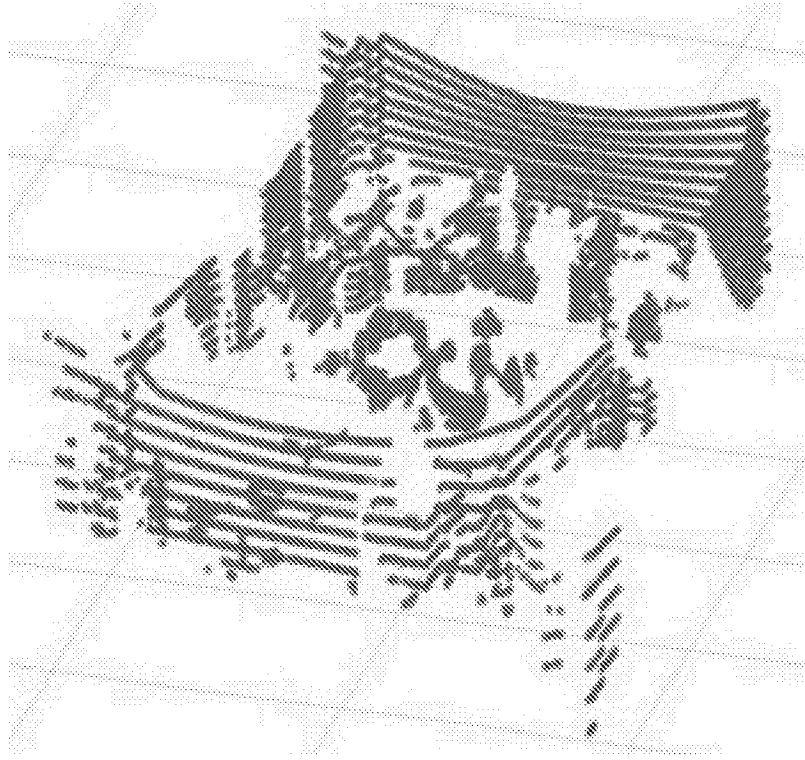


图5

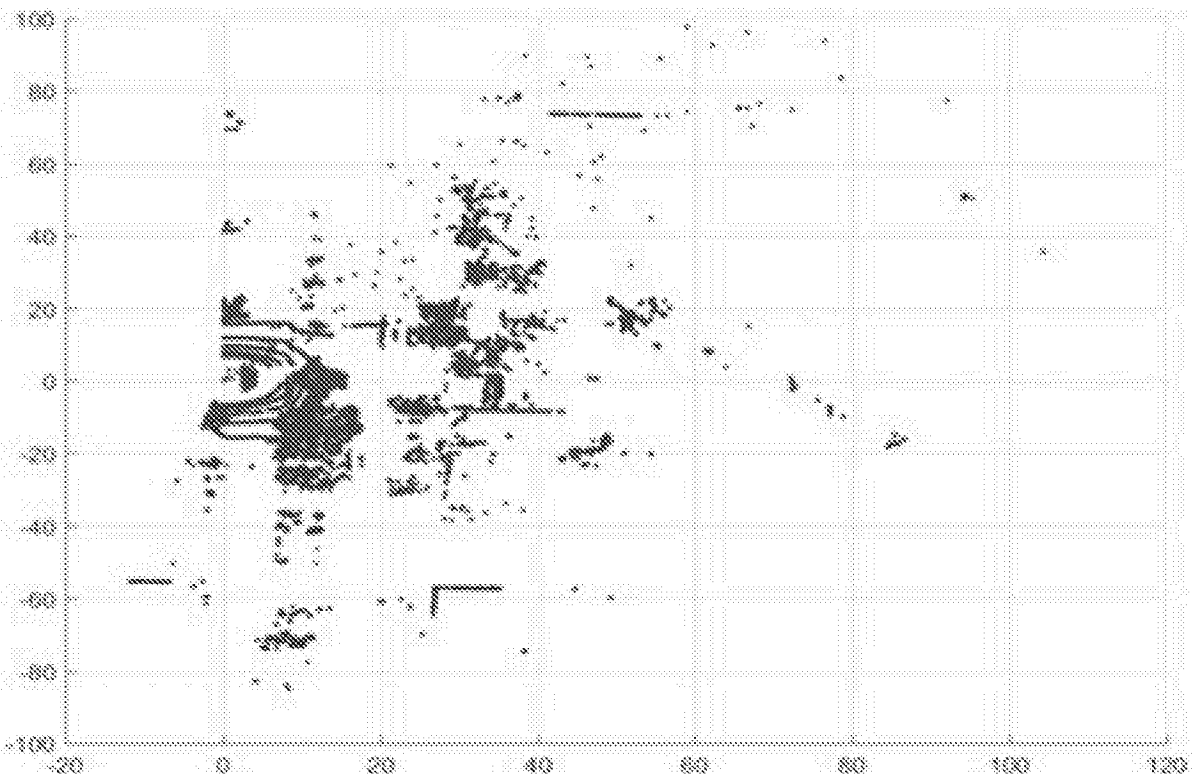


图6

		1		
		1		
1	1	1	1	1
		1		
		1		

图7