



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108710818 A
(43)申请公布日 2018. 10. 26

(21)申请号 201810194914.4

(22)申请日 2018.03.09

(71)申请人 唐义

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街5号北京理工大学家属区127单元7号

(72)发明人 唐义 陈兆一

(74)专利代理机构 北京理工大学专利中心
11120

代理人 李爱英 仇蕾安

(51) Int. Cl.

G06K 9/00(2006.01)

G06K 9/62(2006.01)

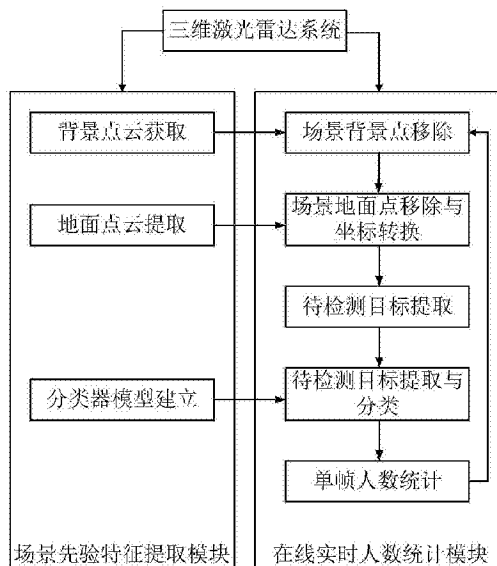
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计系统及方法

(57)摘要

本发明公开一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计系统,包括三维激光雷达系统和人数监测处理系统;三维激光雷达系统扫描目标场景图像,并将图像发送给人数监测处理系统;人数监测处理系统对所述图像进行背景移除、地面点移除和坐标转换后,利用二分类器模型识别出人,确定目标场景图像的人数,本发明能够通过固定位置安装的激光雷达扫描系统对场景进行实时扫描成像测量,并实时分析获得场景内的人数,以实现场景内人数的实时监测。



1. 一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计系统,其特征在于,包括三维激光雷达系统和人数监测处理系统;

三维激光雷达系统扫描目标场景图像,并将图像发送给人数监测处理系统;

人数监测处理系统对所述图像进行背景移除、地面点移除和坐标转换后,利用二分类器模型识别出人,确定目标场景图像的人数。

2. 如权利要求1所述的一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计系统,其特征在于,所述三维激光雷达系统安装高度为H,三维激光雷达系统测量的最远距离为D,三维激光雷达系统地面扫描区域为S;其中,在满足扫描精度的情况下安装高度H、测量距离D与扫描区域S关系为 $S = \pi \cdot \frac{D^2 - H^2}{2}$,在满足扫描精度的条件下H不低于5米。

3. 如权利要求1所述的一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计系统,其特征在于,所述三维激光雷达系统为三维固态激光雷达系统、三维单线激光雷达系统或三维多线激光雷达系统。

4. 一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一、根据目标场景的先验信息进行工作环境离线预建立;

步骤二、利用所建立的工作环境实时在线人数统计。

5. 如权利要求4所述的一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计方法,其特征在于,步骤一和步骤二的具体过程为:

步骤1.1、将三维激光雷达系统扫描的人类扫描点云模型作为分类器正样本,将目标场景内的车辆、推车和宠物点云模型作为分类器负样本,利用分类器正样本和分类器负样本对分类器模型进行监督训练,得到离线获取的二分类器模型;所述分类器正样本和分类器负样本均为待检测目标;

步骤1.2、通过三维激光雷达系统扫描获得不包含任何待检测目标的场景背景点云;

步骤1.3、对场景中的地平面进行提取,获得三维激光雷达系统扫描场景下的地平面方程;

步骤2.1、通过场景背景点云图对待检测场景点云进行背景移除;

步骤2.2、利用地平面方程将完成背景移除的待检测场景点云由以三维激光雷达系统的传感器为中心的坐标系转为以地平面为X-Y平面的地面坐标系;并采用直通滤波器将高程值为0的地面点坐标移除;

步骤2.3、通过对完成场景地面点坐标移除与坐标转换的场景点云进行分割,提取场景内待检测目标;

步骤2.4、对生成的待检测目标进行特征提取,并通过二分类器模型对待检测目标进行分类,确定场景内人数,完成一帧场景内的人数统计;

步骤2.5、重复步骤2.1—步骤2.4的操作,实现场景内人数的实时统计。

6. 如权利要求5所述的一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计方法,其特征在于,所述地平面方程的提取采用三点法确定,即通过三个不共线地面点计算而得。

7. 如权利要求5所述的一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计方法,其特征在于,所述人类扫描点云模型的提取采用ESF提取。

8. 如权利要求5所述的一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计方法,其特征在于,

步骤2.1中背景移除采用基于有序点云的背景移除方法。

9. 如权利要求5所述的一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计方法,其特征在于,步骤2.3中场景点云分割采用欧式聚类分割法。

一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于激光雷达技术领域及机器视觉技术领域,具体涉及一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计系统与方法。

背景技术

[0002] 人数统计是大型商城、机场、车展、广场等公共场所所在管理和决策支持方面的重要工作。在公共环境下,对人数的实时监测是防止突发情况发生的基本任务;对销售业而言,人数更是非常基础的指标,与销售量有直接、正比的关系。传统的人数统计方法由人工计数或人工电子设备触发计数。随着信息化时代的到来与大数据学科的发展,人数统计自动化技术的研究与应用得到了一定的发展。当前,有多种方式可以实现非接触的人数统计,如计算机视觉、红外、热成像与激光点云等。

[0003] 基于激光点云的人数监测方法,通过激光雷达传感器直接获取目标的三维点云信息。这种方法较二维图像获取的信息更为直观、准确。三维激光扫描系统作为一种新型的空间数据采集处理系统,能够实时地反映目标物体的空间位置信息,能够很好地满足现代测量技术非接触、高精度、高抗干性、高精细度的要求。激光扫描技术的诸多优势,极大的促进了激光扫描设备的发展和应用。而随着激光扫描技术的发展,越来越多的成熟高效的激光扫描系统应用于地面测量、文物保护、车辆智能导航、三维重建等诸多领域。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明提供了一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计系统与方法,能够通过固定位置安装的激光雷达扫描系统对场景进行实时扫描成像测量,并实时分析获得场景内的人数,以实现场景内人数的实时监测。

[0005] 实现本发明的技术方案如下:

[0006] 一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计系统,包括三维激光雷达系统和人数监测处理系统;

[0007] 三维激光雷达系统扫描目标场景图像,并将图像发送给人数监测处理系统;

[0008] 人数监测处理系统对所述图像进行背景移除、地面点移除和坐标转换后,利用二分类器模型识别出人,确定目标场景图像的人数。

[0009] 进一步地,所述三维激光雷达系统为三维固态激光雷达系统、三维单线激光雷达系统或三维多线激光雷达系统。

[0010] 进一步地,所述三维激光雷达系统安装高度为H,三维激光雷达系统测量的最远距离为D,三维激光雷达系统地面扫描区域为S;其中,在满足扫描精度的情况下安装高度H、测量距离D与扫描区域S关系为

$$S = \pi \cdot \frac{D^2 - H^2}{2}$$
,在满足扫描精度的条件下H不低于5米。

[0011] 进一步地,所述人数监测处理系统的统计过程为:

[0012] 步骤一、根据目标场景的先验信息进行工作环境离线预建立;

- [0013] 步骤二、利用所建立的工作环境实时在线人数统计。
- [0014] 进一步地,步骤一具体过程为:
- [0015] 步骤1.1、将三维激光雷达系统扫描的人类扫描点云模型作为分类器正样本,将目标场景内的车辆、推车和宠物点云模型作为分类器负样本,利用分类器正样本和分类器负样本对分类器模型进行监督训练,得到离线获取的二分类器模型;所述分类器正样本和分类器负样本均为待检测目标;
- [0016] 步骤1.2、通过三维激光雷达系统扫描获得不包含任何待检测目标的场景背景点云;
- [0017] 步骤1.3、对场景中的地平面进行提取,获得三维激光雷达系统扫描场景下的地平面方程;
- [0018] 进一步地,步骤二的具体过程为:
- [0019] 步骤2.1、通过场景背景点云图对待检测场景点云进行背景移除;
- [0020] 步骤2.2、利用地平面方程对完成背景移除的待检测场景点云进行坐标转换:以三维激光雷达系统的传感器为中心的坐标系转为以地平面为X-Y平面的地面坐标系;并采用高通滤波器将高程值为0的地面点坐标移除,完成场景地面点坐标移除与坐标转换;
- [0021] 步骤2.3、通过对完成场景地面点坐标移除与坐标转换的场景点云进行分割,提取场景内待检测目标;
- [0022] 步骤2.4、对生成的待检测目标进行特征提取,并通过二分类器模型对待检测目标进行分类,确定场景内人数,完成一帧场景内的人数统计;
- [0023] 步骤2.5、重复步骤2.1—步骤2.4的操作,实现场景内人数的实时统计。
- [0024] 进一步地,所述地平面方程的提取采用三点法确定,即通过三个不共线地面点计算而得。
- [0025] 进一步地,所述人类扫描点云模型的提取采用ESF提取。
- [0026] 进一步地,步骤2.1中背景移除采用基于有序点云的背景移除方法。
- [0027] 进一步地,步骤2.3中场景点云分割采用欧式聚类分割法。
- [0028] 有益效果:
- [0029] 本发明设计了一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计系统,通过该系统可以获取场景的完整信息,并在保证待检测目标特征完整的情况下实现对场景的实时采集;本发明通过三维激光雷达系统获取的点云信息代替二维图像作为人数统计的信息源,可以有效的弥补二维图像对近距离行人无法分割的缺点,提高人数监测精度。同时,通过有序点云的背景移除与地面点移除的处理步骤,减小了处理点云的规模,减少了实时人数统计的计算量,极大地增加了运算效率。本发明可以通过激光雷达传感器对场景进行连续扫描,完成场景内人数的实时统计功能。

附图说明

- [0030] 图1所示为本发明的三维单线激光雷达系统装置图。
- [0031] 图2所示为本发明的三维激光雷达系统人体扫描示意图。
- [0032] 图3所示为根据本发明实施方式中的人数实时监测统计系统流程示意图。
- [0033] 图4所示为本发明实施例2的三维固态激光雷达系统扫描线示意图。

[0034] 图5所示为本发明实施例3的三维多线旋转式激光雷达系统扫描线示意图。

[0035] 其中,1-成像激光雷达,2-人数监测处理系统,3-三维单线激光雷达系统及三维多线激光雷达系统中的旋转平台。

具体实施方式

[0036] 下面结合附图并举实施例,对本发明进行详细描述。

[0037] 本发明提供了一种基于三维激光雷达的人数实时监测统计系统,包括三维激光雷达系统和人数监测处理系统;三维激光雷达系统扫描目标场景图像,并将图像发送给人数监测处理系统;人数监测处理系统利用所述图像统计目标场景的实时人数。

[0038] 所述三维激光雷达系统为三维固态激光雷达系统、三维单线激光雷达系统或三维多线激光雷达系统。三维单线激光雷达系统由二维单线激光雷达及旋转平台(3)构成;三维多线激光雷达系统由二维多线激光雷达及旋转平台(3)构成。具体装置如图1所示,其中三维激光雷达系统(及旋转平台)倒置悬挂在高度为H激光雷达支撑架(或墙壁等其他稳定支撑)上,经过成像或扫描成像后,获得的激光雷达三维点云水平与垂直方向分辨率分别为 θ_x 与 θ_y ;

[0039] 所述三维激光雷达系统安装高度为H,三维激光雷达系统测量的最远距离为D,三维激光雷达系统地面扫描区域为S;其中,在满足扫描精度的情况下安装高度H、测量距离D与扫描区域S关系为 $S = \pi \times \frac{D^2 - H^2}{2}$,在满足扫描精度的条件下H不低于5米。

[0040] 人数监测处理系统为具有处理能力的处理器及其运行其上的人数实时监测统计系统,所述人数监测处理系统的统计过程为:

[0041] 步骤一、根据目标场景的先验信息进行工作环境离线预建立;

[0042] 步骤一主要工作内容为提取目标场景的部分先验信息,包括场景行人模型分类器建立、背景点云的获取和地面方程提取步骤。主要工作流程为:

[0043] 步骤1.1、行人目标特征提取与分类器模型训练;

[0044] 该步骤将三维激光雷达系统扫描的人类扫描点云模型作为分类器正样本,将目标场景内的车辆、推车和宠物点云模型作为分类器负样本,利用分类器正样本和分类器负样本对分类器模型进行监督训练,得到离线获取的二分类器模型;所述分类器正样本和分类器负样本均为待检测目标;

[0045] 所述人类扫描点云模型的提取采用ESF提取。

[0046] 步骤1.2、场景背景点云获取;

[0047] 该步骤通过三维激光雷达系统扫描获得不包含任何待检测目标的场景背景点云;目的是通过背景点云图对后续实时监测做背景移除处理,加快处理速度;

[0048] 步骤1.3、地平面方程提取;

[0049] 该步骤对场景中的地平面进行提取,获得三维激光雷达系统扫描场景下的地平面方程;用于下述步骤中的地面点移除与坐标转换。

[0050] 该步骤可采用三点法提取目标场景的地面方程,具体方法为通过人工选取目标场景点云中的三个地面点,采用待定系数方法求解地平面方程参数的方法获得地平面方程。

[0051] 步骤二、实时在线人数统计。

[0052] 步骤二主要工作内容为目标场景的实时人数统计,包括场景点云背景点移除、场景点云地面点移除与坐标转换、场景点云分割与待检测目标提取和待检测目标特征提取与分类等步骤。主要工作流程为:

[0053] 步骤二的具体过程为:

[0054] 步骤2.1、场景点云背景点移除;

[0055] 该步骤通过步骤1.2获取的场景背景点云图对待检测场景点云进行背景移除;该步骤可选择采用基于有序点云的背景移除方法进一步加快处理速度;

[0056] 步骤2.2、场景点云地面点移除与坐标转换;

[0057] 该步骤通过步骤1.3提取的地平面方程求解坐标系转换公式,将以传感器为中心的坐标系转为以地平面为X-Y平面的地面坐标系,并采用直通滤波器将高程值为0的地面点坐标移除,完成场景地面点移除与坐标转换;

[0058] 步骤2.3、场景点云分割与待检测目标提取;

[0059] 该步骤通过对完成场景地面点移除与坐标转换的场景点云采用欧式聚类分割法进行分割,提取场景内待检测目标;

[0060] 步骤2.4、待检测目标特征提取与分类;

[0061] 该步骤对生成的待检测目标进行特征提取,并通过步骤1.1得到的二分类器模型对待检测目标进行分类,确定场景内人数,完成一帧场景内的人数统计;

[0062] 步骤2.5、重复上述步骤,实现场景内人数的实时统计。

[0063] 实施例1

[0064] 本实施例提供了一种基于单线激光雷达旋转式的方法实现激光雷达三维点云的获取,进而实现人数实时监测统计系统与方法,其中包括单线激光雷达和旋转扫描结构。

[0065] 单线激光雷达旋转式扫描结构如图1所示。单线激光雷达旋转式系统由二维线扫激光雷达与旋转平台构成,扫描线束为单线激光点束,经过旋转形成扫描区域。图1中虚线所示为激光在地面上的扫描束,灰色部分为单条激光扫描线束。旋转地面覆盖扫描区域为以雷达为中心的圆形或扇形区域。通过后续扫描区域截取获得待检测区域。

[0066] 现对实施例可行性进行分析:

[0067] 定行人目标最低可识别点数为10点,被扫描行人扫描点低于10点可认为特征不完备,不能完成识别。行人模型为高为h,直径r的圆柱体。有行人目标水平与垂直最近扫描间距 d_x 、 d_y 分别为:

$$[0068] \quad d_x = \sqrt{2D^2 - 2D^2 \cos \theta_x} \quad d_y = \sqrt{2D^2 - 2D^2 \cos \theta_y}$$

[0069] 因此,需保证:

$$[0070] \quad \frac{h}{d_x} \cdot \frac{r}{d_y} > 10$$

[0071] 因此D需满足以下条件:

$$[0072] \quad D^2 < \frac{h \cdot r}{20 \sqrt{(1 - \cos \theta_x)(1 - \cos \theta_y)}}$$

[0073] 二维线扫激光雷达地面扫描区域为图1所示半圆形区域,在以每平方米一人计算

场景内最多监测人数,则有:

$$[0074] \quad \text{场景最多监测人数} = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{D_{\max}^2 - H^2}$$

$$[0075] \quad \text{其中, } D_{\max}^2 = \frac{h^2}{20 \sqrt{(1-\cos \theta_x)(1-\cos \theta_y)}}。$$

[0076] 现定旋转式单线激光雷达双方向扫描角度为 0.25° ,雷达高度为10米,激光雷达最大扫描距离为100米,定人体目标为高1.6米、半径0.3米的圆柱体模型。

[0077] 现验证三维激光雷达系统装置可行性。如图2所示,两扫描线夹角为 0.25° 。在激光雷达距被测目标距离50米条件下,两最近扫描点间距约为0.2米,即垂直方向扫描8点,竖直方向扫描3点,单一无遮挡目标扫描点数24点,满足最低被测要求。经计算,扫描区域面积约为3769平方米。以每平方米容纳一个人的标准,该实施例共可监测3769人。

[0078] 本实施例中,人数实时监测统计系统包括:目标场景先验信息获取模块和在线实时人数统计模块;

[0079] 目标场景先验信息获取模块接收三维激光雷达系统获取的先验数据并加以处理,提取目标场景中的先验信息,获得场景背景点云、地面方程与分类器模型。如图3所示,目标场景先验信息获取模块包括对人的二分类器模型建立子模块、背景点云获取子模块和地面方程提取子模块。

[0080] 在线实时人数统计模块接受三维激光雷达系统获取的实时点云数据流,并对其加以处理,利用目标场景先验信息获取模块提取的场景先验信息,完成实际场景的实时人数统计功能。如图3所示包括场景点云背景点移除模块,场景点云地面点移除与坐标转换模块,待检测目标提取模块和待检测目标特征提取与分类模块;

[0081] 在在线实时人数统计模块中,场景点云背景点移除子模块利用背景点云获取子模块获得的背景点云进行背景移除;场景点云地面点移除与坐标转换子模块利用地面方程提取子子模块提取的地面方程进行地面点移除与坐标转换;待检测目标特征提取与分类子模块利用分类器模型建立子子模块提取的分类器模型进行目标分类。

[0082] 所述目标场景先验信息获取模块具体包括:

[0083] 分类器模型建立子模块,通过所述分类器模型建立子模块可将待检测目标分类为人与无关目标。该模块模型选定为SVM(支持向量机)分类模型。

[0084] 背景点云获取子模块,通过所述背景点云获取模块采集目标场景中不含任何检测目标背景点云。

[0085] 地面方程提取子模块,通过所述地面方程提取子模块提取目标场景的地平面方程。该模块选用三点法确定地平面,通过在背景点云中三个地平面点,待定系数求解地平面方程。首先确定平面方程有:

$$[0086] \quad A(x-x_1)+B(y-y_1)+C(z-z_1)=0$$

[0087] 其中,A、B、C为平面方程系数。 (x_1, y_1, z_1) 为任一选点坐标。通过待定系数法求解:

$$[0088] \quad \begin{vmatrix} x-x_1 & y-y_1 & z-z_1 \\ x_2-x_1 & y_2-y_1 & z_2-z_1 \\ x_3-x_1 & y_3-y_1 & z_3-z_1 \end{vmatrix} = 0$$

[0089] 所述在线实时人数统计模块具体包括:

[0090] 场景点云背景点移除模块,通过所述场景点云背景点移除模块可以将目标场景点云中背景点移除。在本例中,由于所用激光雷达扫描点云具有有序性,通过有序点云的背景移除方法作为加快处理速度的优化方式。

[0091] 场景点云地面点移除与坐标转换模块,通过所述场景点云地面点移除与坐标转换模块对场景点云背景点移除模块得到的移除背景点云后数据进行地面点滤除与坐标转换操作。将地面点进一步滤除并将雷达中心坐标系转化为地面坐标系。

[0092] 待检测目标提取模块,通过所述待检测目标提取模块将前一模块生成点云进行进一步提取待检测目标操作。本实施例中采用基于欧式聚类的点云分割法提取待检测目标。

[0093] 待检测目标特征提取与分类模块,通过所述待检测目标特征提取与分类模块对待检测目标进行分类,提取行人目标,完成人数统计工作。

[0094] 实施例2

[0095] 本实施例提供了一种基于三维固态激光雷达的人数实时监测统计系统与方法,其中包括三维固态激光雷达系统装置与人数实时监测统计方法。如图4所示,三维固态激光雷达由激光相控阵控制激光扫描区域,可不通过旋转扫描结构实现三维场景扫描,实现场景指定区域的扫描。

[0096] 本实施例人数实时监测统计方法与实施例1相同,故不再赘述人数实时监测统计方法。

[0097] 其余步骤与分析过程与实施例1相同。

[0098] 实施例3

[0099] 本实施例提供了一种基于三维多线旋转式激光雷达的人数实时监测统计系统与方法,其中包括三维多线旋转式激光雷达系统装置与人数实时监测统计方法。本实施例人数实时监测统计方法与实施例1相同,故不再赘述人数实时监测统计方法。

[0100] 如图5所示,三维多线旋转式激光雷达装配方式与三维固态激光雷达相同。三维多线旋转式激光雷达由多线扫描激光雷达(如16线或32线等)与旋转平台构成,扫描线束为多条单线激光点束,经过旋转形成扫描区域。旋转地面覆盖扫描区域为以雷达为中心的圆形或扇形。如图5所示,三维多线旋转式激光雷达扫描线为多条激光线束旋转扫描形成的同心圆。本实施例所述三维多线旋转式激光雷达扫描方式相较于三维固态激光雷达扫描方式与三维单线旋转式激光雷达扫描分辨率更高,扫描速度更快。

[0101] 其余步骤与分析过程与实施例1相同。

[0102] 综上所述,以上仅为本发明的较佳实施例而已,并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

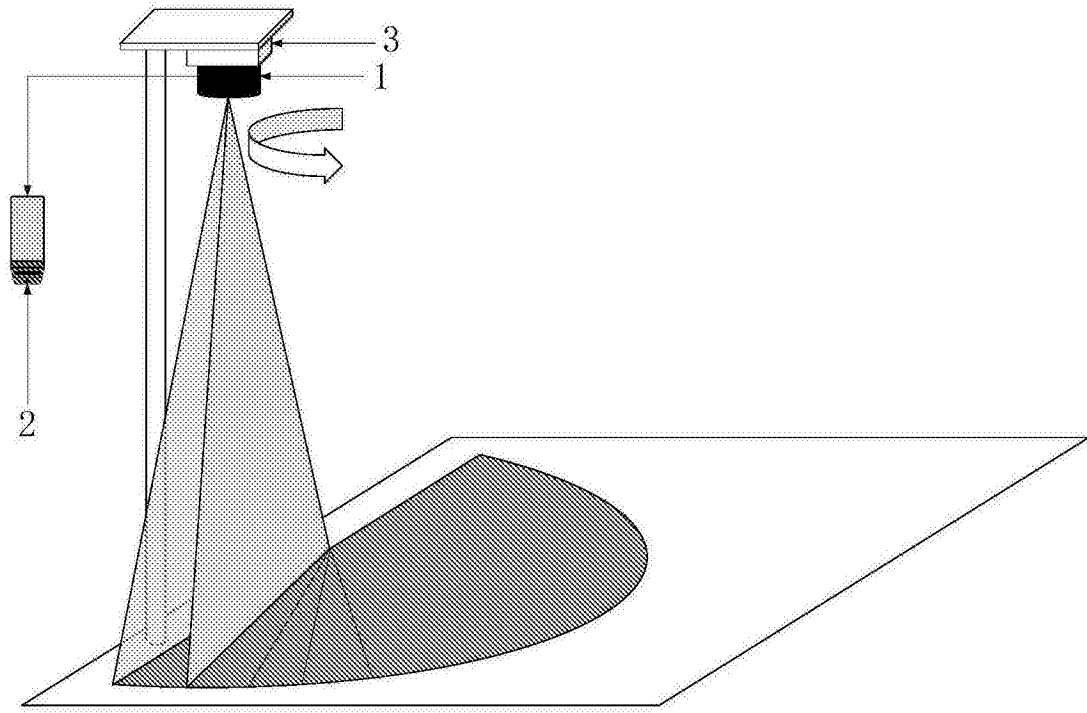


图1

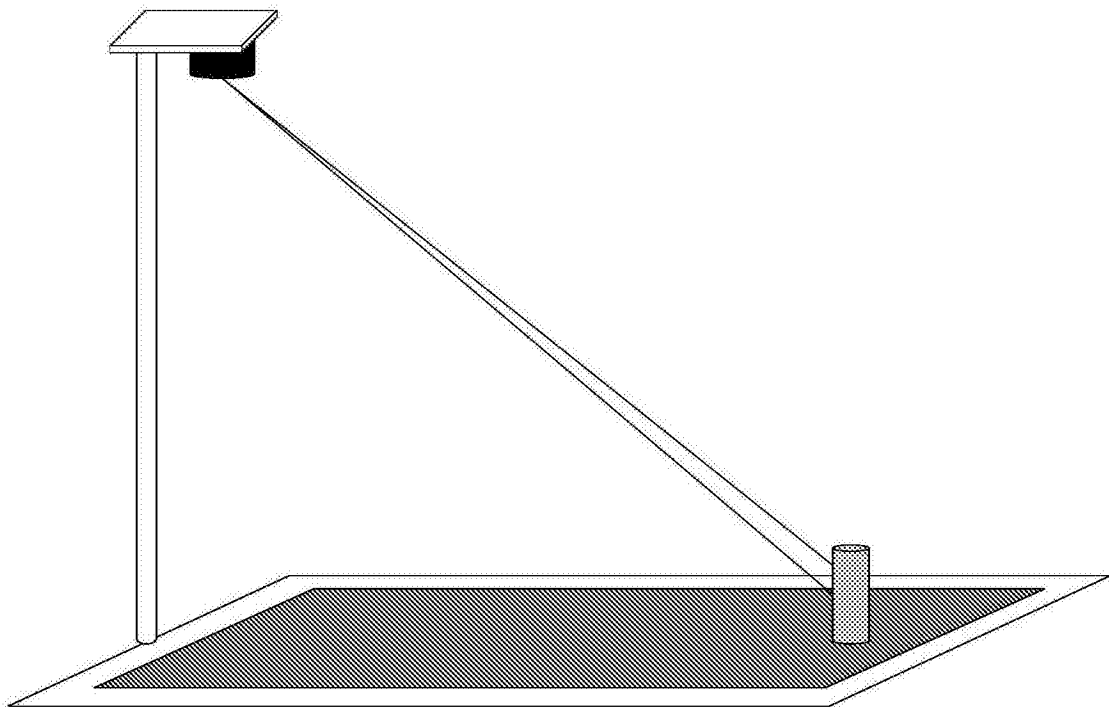


图2

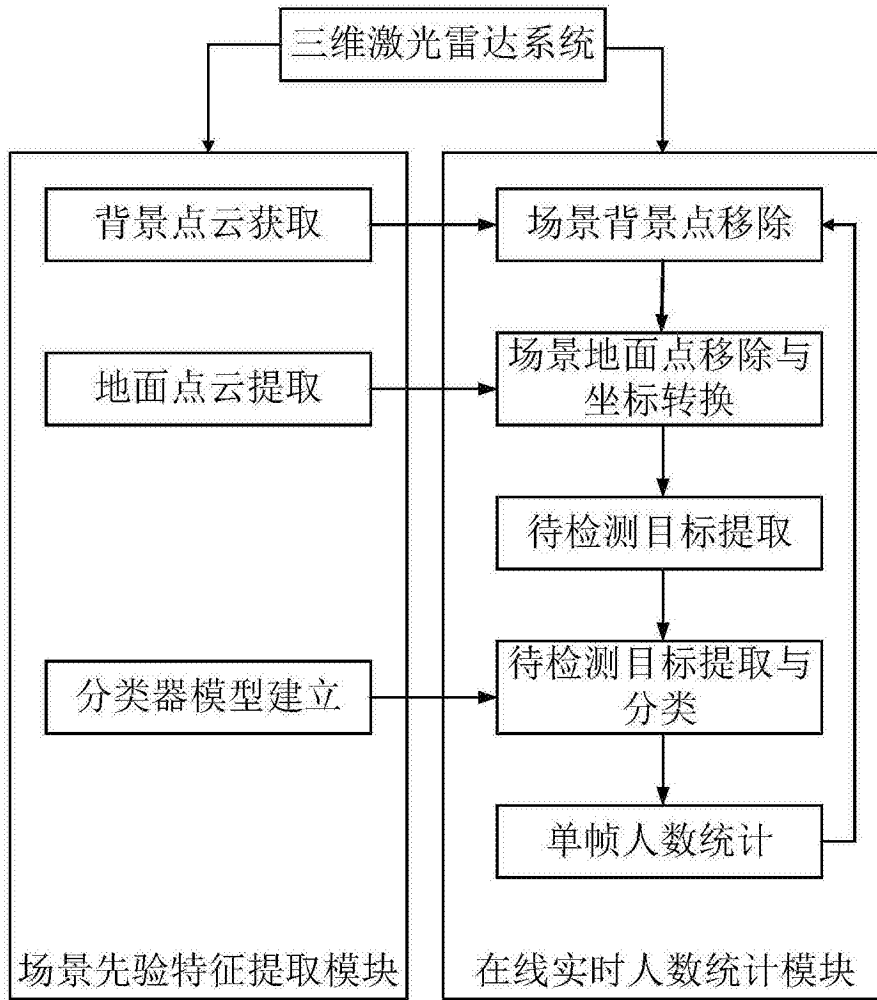


图3

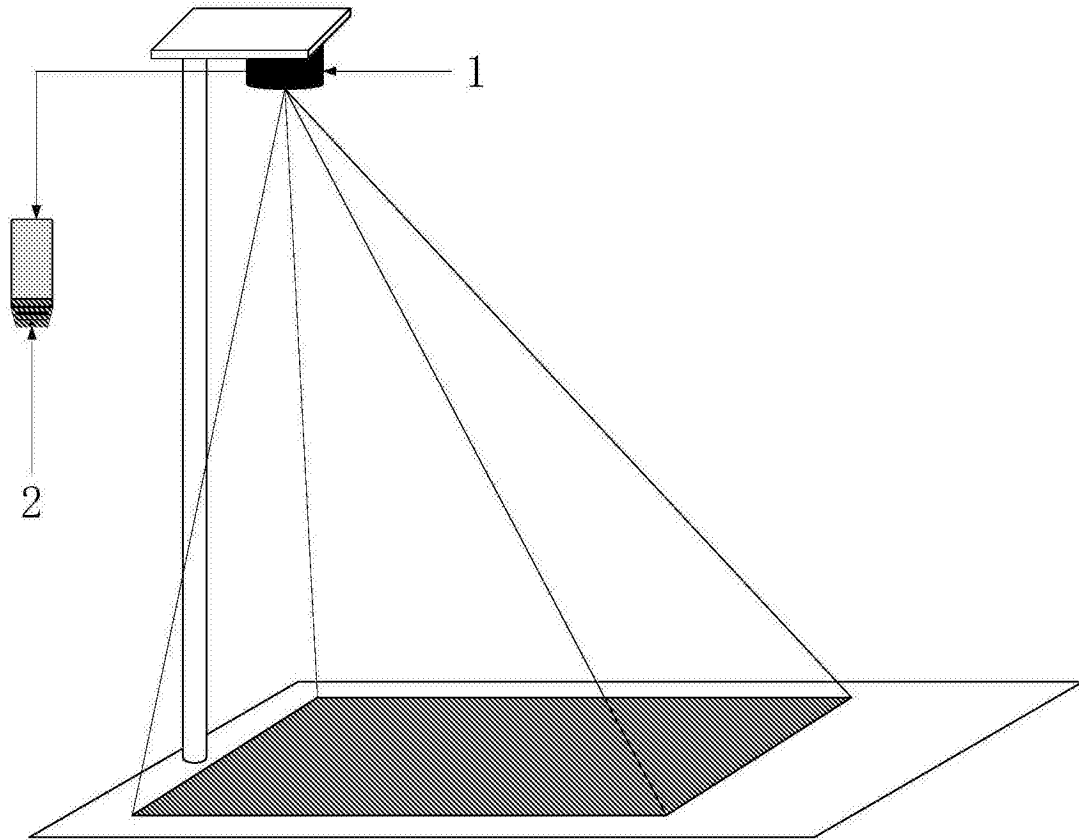


图4

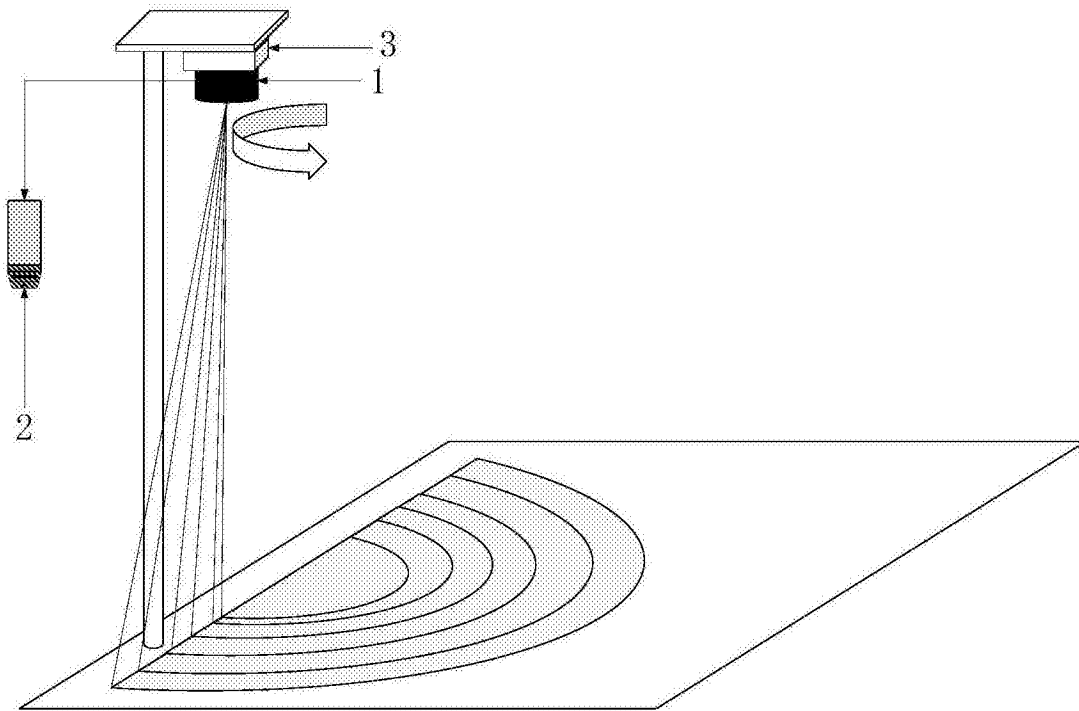


图5