



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114509049 B

(45) 授权公告日 2023.06.16

(21) 申请号 202111362905.X

G06T 7/73 (2017.01)

(22) 申请日 2021.11.17

审查员 褚金雷

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114509049 A

(43) 申请公布日 2022.05.17

(73) 专利权人 中国民用航空总局第二研究所

地址 610041 四川省成都市二环路南二段
17号

(72) 发明人 周利军 颜善 韩先林 王鑫然

王瑾

(74) 专利代理机构 北京酷爱智慧知识产权代理

有限公司 11514

专利代理师 刘志刚

(51) Int. Cl.

G01C 11/08 (2006.01)

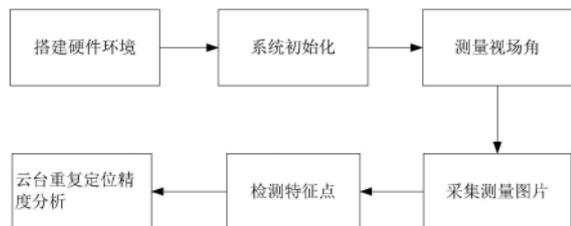
权利要求书2页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

基于图像处理的云台重复定位精度测量方法及其系统

(57) 摘要

本发明实施例公开了一种基于图像处理的云台重复定位精度测量方法,包括:系统初始化;视场角测量:控制云台转动,测量当前焦距下、云台的水平视场角和俯仰视场角;图片采集:控制云台采用预置位巡航模式进行转动,采集多张测量图片;特征点检测:利用特征点检测sift算法,找出候选特征点,与第一张图片进行特征点匹配,以得到最优特征点集(默认500个候选特征点中的前50个点集),根据最优特征点集计算每一张图片相对于第一张的偏差量;根据摄像机的分辨率、水平视场角、俯仰视场角和偏差量进行误差分析,得到云台在水平方向和俯仰方向的重复定位精度。实施本发明,具有可追溯、精度高、成本低及普遍适用等优点。



1. 一种基于图像处理的云台重复定位精度测量方法,其特征在于,包括:

硬件环境搭建步骤:将摄像机固定于云台的转台内部或头部;

系统初始化步骤:预先选取若干个云台预置位,并对每一预置位依次编号;

视场角测量步骤:转动云台到任意预置位,控制云台转动,测量摄像机在当前焦距下所能拍摄的水平视场角和俯仰视场角;

图片采集步骤:控制云台采用预置位巡航模式进行转动,在每一预置位摄像机采集多张测量图片;

特征点检测步骤:利用特征点检测sift算法,找出每一张所述测量图片的候选特征点,并与第一张测量图片进行特征点匹配,以得到最优特征点集,根据所述最优特征点集计算每一张测量图片相对于第一张测量图片的偏移量;

云台重复定位精度分析步骤:根据摄像机的分辨率、水平视场角、俯仰视场角和所述偏移量进行误差分析,得到云台在水平方向和俯仰方向的重复定位精度;

其中,图片采集步骤具体为:

控制云台使用预置位巡航模式进行转动,当第k次到达预置位n且所述摄像机成像清晰后,控制摄像机抓拍一张图片,保存并编号k,不同的预置位保存在不同文件夹中;其中,k和n均为自然数;

控制云台转动到n+1号预置位,进行同样操作,抓拍并保存图片并编号k;当云台在每个预置位采集图片后,就进入下一次采集过程;

其中,特征点检测步骤具体为:

读取任意两张所述测量图片,进行灰度处理,得到第一灰度图和第二灰度图;

对所述第一灰度图和第二灰度图分别进行特征点提取,得到第一特征图和第二特征图;

采用KNN算法,针对所述第一特征图中的每一个特征点找到所述第二特征图中的两个候选匹配点,得到匹配结果;

根据所述匹配结果进行最优特征点集筛选,以去除匹配失败的候选特征点;

针对最优特征点,按照最优最短距离进行排序;

选取最优最短距离的前50个特征点作为计算参数,根据该计算参数计算每一张测量图片相对于第一张测量图片的偏移量。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述视场角测量步骤具体为:

转到云台到任意初始化完成的预置位;

在所述摄像机的图像中,选取一个特征点P;

控制云台转动,使得所述特征点P在所述摄像机的左边缘,记录当前云台的水平角度 α_1 ,控制云台转动,使得特征点P在摄像机右边缘,记录当前云台水平角度 α_2 ,摄像机的水平视场角 $\alpha = |\alpha_1 - \alpha_2|$;

控制云台转动,使得特征点P在摄像机上边缘,记录当前云台俯仰角度 β_1 ,控制云台转动,使得特征点P在摄像机下边缘,记录当前云台俯仰角度 β_2 ,摄像机的俯仰视场角 $\beta = |\beta_1 - \beta_2|$ 。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,云台重复定位精度分析步骤具体为:

设所述摄像机的分辨率为 $W \times H$,根据所述水平视场角和俯仰视场角,分别计算出一个

像素代表的水平角度和俯仰角度,再根据每一张测量图片的偏移量进行误差分析,得到云台在水平方向和俯仰方向的重复定位精度。

4.一种计算机设备,包括处理器、输入设备、输出设备和存储器,所述处理器、输入设备、输出设备和存储器通过总线相互连接,所述存储器用于存储计算机程序,所述计算机程序包括程序指令,其特征在于,所述处理器被配置于调用程序指令执行如权利要求1-3任一项所述的方法。

5.一种基于图像处理的云台重复定位精度测量系统,包括摄像机、云台及计算机设备,所述摄像机设置于所述云台,所述计算机设备与所述云台通信,其特征在于,所述摄像机用于采集测量图片;所述计算机设备如权利要求4所述。

基于图像处理的云台重复定位精度测量方法及其系统

技术领域

[0001] 本发明涉及云台定位技术领域,具体涉及一种基于图像处理的云台重复定位精度测量方法及其系统。

背景技术

[0002] 目前,云台重复定位精度测量方法主要采用:

[0003] (1)激光干涉仪;

[0004] (2)千分表。

[0005] 上述两种主要测量方式都涉及到物理测量仪器,过程大致如下:先用仪器测定一个结果,然后人工记录,如此循环往复,对测定的多组数据取平均值,得出其定位误差。该仪器测量过程主要存在如下问题:

[0006] (1)人为参与度高,不能避免人为误差;

[0007] (2)都是在一个较短时间内完成,测得的实验结果也仅能代表当前一段时间,或者与当前时段相近的情况下的精度,不能做到被测设备定位误差的长时间跟踪,不可追溯、不可复现,不利于核查;

[0008] (3)不能消除云台自身形变对测量精度的影响。

发明内容

[0009] 针对现有技术中的技术缺陷,本发明实施例的目的在于提供一种基于图像处理的云台重复定位精度测量方法、计算机设备及其系统,以解决如下问题:

[0010] (1)传统测量过程人为参与度高,容易引入人为误差;

[0011] (2)不能长时间跟踪测量不同环境条件下的云台重复定位精度;

[0012] (3)测量结果不可追溯。

[0013] 为实现上述目的,第一方面,本发明实施例提供了一种基于图像处理的云台重复定位精度测量方法,包括:

[0014] 系统初始化步骤:预先选取若干个云台预置位,并对每一预置位依次编号;

[0015] 视场角测量步骤:转动云台到任意预置位,控制云台转动,测量当前焦距下、云台的水平视场角和俯仰视场角;

[0016] 图片采集步骤:控制云台采用预置位巡航模式进行转动,在每一预置位摄像机采集多张测量图片;

[0017] 特征点检测步骤:利用特征点检测sift算法,找出每一张所述测量图片的候选特征点,并与第一张测量图片进行特征点匹配,以得到最优特征点集,根据所述最优特征点集计算每一张测量图片相对于第一张测量图片的偏移量;

[0018] 云台重复定位精度分析步骤:根据摄像机的分辨率、水平视场角、俯仰视场角和所述偏移量进行误差分析,得到云台在水平方向和俯仰方向的重复定位精度。

[0019] 在本申请的某些具体实施方式中,所述视场角测量步骤具体为:

- [0020] 转到云台到任意初始化完成的预置位；
- [0021] 在所述摄像机的图像中,选取一个特征点P；
- [0022] 控制云台转动,使得所述特征点P在所述摄像机的左边缘,记录当前摄像机的水平角度 α_1 ,控制云台转动,使得特征点P在摄像机右边缘,记录当前摄像机的水平角度 α_2 ,摄像机的水平视场角 $\alpha = |\alpha_1 - \alpha_2|$ ；
- [0023] 控制云台转动,使得特征点P在摄像机上边缘,记录当前摄像机的俯仰角度 β_1 ,控制云台转动,使得特征点P在摄像机下边缘,记录当前摄像机的俯仰角度 β_2 ,摄像机的的俯仰视场角 $\beta = |\beta_1 - \beta_2|$ 。
- [0024] 在本申请的某些具体实施方式中,图片采集步骤具体为：
- [0025] 控制云台使用预置位巡航模式进行转动,当第k次到达预置位n且所述摄像机成像清晰后,控制摄像机抓拍一张图片,保存并编号k,不同的预置位保存在不同文件夹中；
- [0026] 控制云台转动到n+1号预置位,进行同样操作,抓拍并保存图片并编号k;当云台在每个预置位采集图片后,就进入下一次采集过程。
- [0027] 作为本申请的某种具体实施方式,特征点检测步骤具体为：
- [0028] 读取任意两张所述测量图片,进行灰度处理,得到第一灰度图和第二灰度图；
- [0029] 对所述第一灰度图和第二灰度图分别进行特征点提取,得到第一特征图和第二特征图；
- [0030] 采用KNN算法,针对所述第一特征图中的每一个特征点找到所述第二特征图中的两个候选匹配点,得到匹配结果；
- [0031] 根据所述匹配结果进行最优特征点集筛选,以去除匹配失败的候选特征点；
- [0032] 针对最优特征点,按照最优最短距离进行排序；
- [0033] 选取最优最短距离的前50个特征点作为计算参数,根据该计算参数计算每一张测量图片相对于第一张测量图片的偏移量。
- [0034] 作为本申请的某种具体实施方式,云台重复定位精度分析步骤具体为：
- [0035] 设所述摄像机的分辨率为 $W \times H$,根据所述水平视场角和俯仰视场角,分别计算出一个像素代表的水平角度和俯仰角度,再根据每一张测量图片的偏移量进行误差分析,得到云台在水平方向和俯仰方向的重复定位精度。
- [0036] 第二方面,本发明实施例还提供了一种计算机设备,包括处理器、输入设备、输出设备和存储器,所述处理器、输入设备、输出设备和存储器通过总线相互连接,所述存储器用于存储计算机程序,所述计算机程序包括程序指令。其中,所述处理器被配置用于调用所述程序指令,执行上述第一方面的方法。
- [0037] 第三方面,本发明实施例提供了一种基于图像处理的云台重复定位精度测量系统,包括摄像机、云台及计算机设备,所述摄像机设置于所述云台,所述计算机设备与所述云台通信。其中,所述摄像机用于采集测量图片,所述计算机设备如上述第二方面所述。
- [0038] 与现有技术相比,实施本发明实施例,具有如下有益效果：
- [0039] (1)可追溯:测量数据永久保存,测量结果可复现,利于复核人员追溯核查,利用激光干涉仪或者千分尺进行测量,相当于进行重复测量,可能出现多次测量结果不一致的情况；
- [0040] (2)精度高:对重复定位精度要求越高的云台,转台零部件约精密,对环境适应性

越差,不同环境下云台自身形变量会被叠加到云台重复定位精度,导致数据失真。可在本发明基础上设立对照实验组,消除环境因素导致的形变误差,进一步提高重复定位精度的准确性;

[0041] (3) 成本低:测量过程中不在需要用到激光干涉仪或千分尺等精密设备,只需一台普通摄像机和一台用于控制的计算机;

[0042] (4) 普遍性:测量过程可适用于任何型号的云台,不针对具体某种云台。

附图说明

[0043] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。

[0044] 图1是本发明实施例提供的基于图像处理的云台重复定位精度测量方法的流程图;

[0045] 图2是预置位设置示意图;

[0046] 图3是第n个预置位成像图;

[0047] 图4是在图3中选取一个特征点P后的示意图;

[0048] 图5是特征点P在摄像机左边缘的示意图;

[0049] 图6是特征点P在摄像机右边缘的示意图;

[0050] 图7是特征点P在摄像机上边缘的示意图;

[0051] 图8是特征点P在摄像机下边缘的示意图;

[0052] 图9是第1轮和第2轮匹配效果图;

[0053] 图10是本发明实施例提供的计算机设备的结构图。

具体实施方式

[0054] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0055] 实施例一

[0056] 本发明实施例提供了一种基于图像处理的云台重复定位精度测量方法,如图1所示,其主要包括搭建硬件环境、系统初始化、测量视场角、采集测量图片、检测特征点和计算云台重复定位精度六个部门。下面逐一介绍。

[0057] 一、搭建硬件环境

[0058] 本发明主要用于测定云台重复定位精度,因此云台自身也作为硬件环境的组成部分,除此之外还包括用于采集图像的摄像机以及一台用于控制测定系统和图像分析的计算机。测定系统硬件满足以下要求:摄像机固定于转台内部(或头部),摄像机视野无遮挡;云台底座相对于特征点保持固定。

[0059] 二、系统初始化

[0060] 预先选取若干个云台预置位,并对每个预置位依次编号n($n=1,2,3,4,5,6\cdots$);确保每个预置位摄像机视野范围内有明显特征点,且能清晰成像;每个预置位摄像机焦距保

持一致,测试过程中保持不变。

[0061] 三、测量视场角

[0062] 分别测量出当前焦距下,摄像机水平视场角 α 和俯仰视场角 β ;视场角测量步骤如下:

[0063] 转动云台到任意初始化完成的预置位;

[0064] 在摄像机图像中,人为选取一个特征点P;

[0065] 控制云台转动,使得特征点P在摄像机左边缘,记录当前摄像机的水平角度 α_1 ,控制云台转动,使得特征点P在摄像机右边缘,记录当前摄像机的水平角度 α_2 ,那么摄像机的水平视场角就等于两次摄像机的水平角度差的绝对值,即: $\alpha = |\alpha_1 - \alpha_2|$;

[0066] 控制云台转动,使得特征点P在摄像机上边缘,记录当前摄像机的俯仰角度 β_1 ,控制云台转动,使得特征点P在摄像机下边缘,记录当前摄像机的俯仰角度 β_2 ,那么摄像机的俯仰视场角就等于两次摄像机的水平角度差的绝对值,即: $\beta = |\beta_1 - \beta_2|$ 。

[0067] 四、采集测量图片

[0068] 控制云台使用预置位巡航模式进行转动,当第 k ($k=1,2,3,4,5,6\cdots$)次到达预置位 n 且摄像机成像清晰后,控制摄像机抓拍一张图片,保存并编号 k ,不同的预置位保存在不同文件夹中;然后控制云台转动到 $n+1$ 号预置位,进行同样操作,抓拍并保存图片并编号 k ;

[0069] 当云台在每个预置位采集图片后,就进入下一次采集过程,即第 $k+1$ 次采集。用户根据实际需求,决定采集的时间段及采集图片的次数 k 。

[0070] 五、检测特征点

[0071] 完成图片采集后,某预置位 n 都采集到 k 张图片;利用特征点检测sift算法,找到每张采集图片的500个候选特征点,然后与第一张进行特征点匹配,选取最佳匹配的50个点,计算出每一张图片相对于第一张的偏移,具体步骤如下:

[0072] a) 读取两张测试图片A和B;

[0073] b) 测试图片灰度处理A1和B1;

[0074] c) 对两张灰度图分别提取特征点A3和B3;

[0075] d) 采用KNN算法针对A3的每一个特征点找到B3中两个候选匹配点,特征点的个数可以作为变量参数,本发明中使用过程中产生了500个候选特征点;

[0076] e) 根据匹配情况进行最优特征点集筛选(去除匹配失败的候选特征点);

[0077] f) 对最优特征点按最优最短距离进行排序;

[0078] g) 选取最优匹配距离的前50个点作为计算B现对于A的偏移量。

[0079] 六、云台重复定位精度分析

[0080] 设摄像机的分辨率为 $W \times H$,根据已经测定的视场角,可分别计算出一个像素代表的水平角度和俯仰角度,然后根据每一张图片的偏移量,进行误差分析,得出云台在水平方向及俯仰方向的重复定位精度。

[0081] 实施例二

[0082] 根据实施例所介绍的方法步骤,下面对本发明实施例的基于图像处理的云台重复定位精度测量方法进行更为详细的描述:

[0083] 一、搭建硬件环境

[0084] 本发明实施例的方法所需的硬件包括摄像机、被测云台、网络传输设备及计算机。

其中,摄像机固定于旋转台内部(或头部),摄像机视野无遮挡;云台底座相对于特征点保持固定,通过计算机可以控制云台和摄像机。

[0085] 二、系统初始化

[0086] 如图2所示,设置n个预置位,其中一个预置位的成像如图3所示。

[0087] 三、测量视场角

[0088] 分别测量出当前焦距下,摄像机水平视场角 α 和俯仰视场角 β ,具体为:

[0089] 1. 转动云台到任意初始化完成的预置位;

[0090] 2. 在摄像机图像中,人为选取一个特征点P,如图4所示;

[0091] 3. 控制云台转动,使得所述特征点P在所述摄像机的左边缘,如图5所示,记录当前云台的水平角度 α_1 ,控制云台转动,使得特征点P在摄像机右边缘,如图6所示,记录当前云台水平角度 α_2 ,那么云台的水平视场角就等于两次云台水平角度差的绝对值,即 $\alpha = |\alpha_1 - \alpha_2| = |179.757^\circ - 178.246^\circ| = 1.511^\circ$;

[0092] 4. 控制云台转动,使得特征点P在摄像机上边缘,如图7所示,记录当前云台俯仰角度 β_1 ,控制云台转动,使得特征点P在摄像机下边缘,如图8所示,记录当前云台俯仰角度 β_2 ,云台的俯仰视场角就等于两次云台俯仰角度差的绝对值 $\beta = |\beta_1 - \beta_2| = |$

[0093] $185.673^\circ - 184.821^\circ| = 0.852^\circ$ 。

[0094] 四、采集测量图片

[0095] 控制云台使用预置位巡航模式进行转动,共循环500次,实验结束,每个预置位采集到500张图片。

[0096] 五、检测特征点

[0097] 完成图片采集后,利用特征点检测sift算法,计算每张图片相对于第一张图片的偏移量。详细步骤如下:

[0098] a) 读取A和B两张测试图片,进行预处理,例如灰度处理等;

[0099] b) 对两张图片分别提取候选特征点500个;

[0100] c) 将两张图片特征点进行匹配;

[0101] d) 根据匹配情况进行最优特征点集筛选,去除匹配失败的候选特征点;

[0102] e) 对最优特征点按最优最短距离进行排序;

[0103] f) 选取最优匹配距离的前50个点,计算B相对于A的偏移量;

[0104] g) 依次类推,分别计算出每一张图片相对于第一张图片的偏移量。

[0105] 例如,第1轮和第N轮匹配效果如图9所示。

[0106] 其中,最优匹配特征点信息如下表一所示:

[0107]

点对	第一轮			第 N 轮			偏移量	
	特征点 编号	X	Y	特征点 编号	X	Y	X	Y
1	234	1199.54	559.697	64	1199.52	559.685	0.02	0.01
2	150	1387.82	387.849	415	1387.83	387.917	0.01	0.07
3	166	1199.26	573.168	125	1199.17	573.18	0.09	0.01
4	167	1199.26	573.168	124	1199.17	573.18	0.09	0.01
5	106	1388.31	373.644	366	1388.27	373.73	0.04	0.09
6	110	1401.15	374.714	376	1401.06	374.625	0.09	0.09
7	111	1401.15	374.714	377	1401.06	374.625	0.09	0.09
8	465	1893.56	988.184	402	1893.44	988.198	0.12	0.01
9	143	1139.44	379.994	3	1139.32	379.948	0.12	0.05
10	88	1361.65	373.022	364	1361.52	373.071	0.13	0.05
11	92	1361.65	373.022	365	1361.52	373.071	0.13	0.05
12	21	1130.96	653.235	405	1130.81	653.3	0.15	0.06
13	304	1144.85	619.233	274	1144.68	619.233	0.17	0.00
14	81	943.243	925.333	416	943.071	925.297	0.17	0.04
15	173	1452.89	390.15	393	1452.72	390.161	0.17	0.01
16	300	1170.78	620.31	281	1170.67	620.453	0.11	0.14
17	421	1828.14	851.882	458	1827.96	851.943	0.18	0.06
18	424	1828.14	851.882	459	1827.96	851.943	0.18	0.06
19	89	1804.81	903.58	398	1804.74	903.748	0.07	0.17
20	397	1415.38	326.71	264	1415.29	326.885	0.09	0.18
21	398	1415.38	326.71	265	1415.29	326.885	0.09	0.18
22	112	1413.87	374.921	378	1413.73	375.067	0.14	0.15
23	114	1413.87	374.921	400	1413.73	375.067	0.14	0.15
24	117	1453.33	376.413	427	1453.14	376.496	0.19	0.08
25	384	1285.24	321.954	249	1285.05	322.012	0.19	0.06
26	385	1285.24	321.954	250	1285.05	322.012	0.19	0.06

[0108]

27	229	1238.66	561.04	70	1238.49	560.93	0.17	0.11
28	237	1172.71	558.587	63	1172.5	558.618	0.21	0.03
29	170	1159.34	572.018	113	1159.15	572.129	0.19	0.11
30	239	1159.73	558.55	61	1159.56	558.695	0.17	0.15
31	177	1146.48	571.464	111	1146.26	571.496	0.22	0.03
32	36	1145.3	606.031	227	1145.13	605.873	0.17	0.16
33	37	1145.3	606.031	226	1145.13	605.873	0.17	0.16
34	118	1466.27	376.809	428	1466.04	376.833	0.23	0.02
35	123	1466.27	376.809	429	1466.04	376.833	0.23	0.02
36	429	1589.08	587.222	460	1588.88	587.068	0.20	0.15
37	10	1198.12	607.5	230	1197.88	607.536	0.24	0.04
38	149	1374.28	387.213	421	1374.08	387.354	0.20	0.14
39	99	1788.09	900.941	372	1787.93	901.148	0.16	0.21
40	100	1788.09	900.941	367	1787.93	901.148	0.16	0.21
41	20	1117.91	652.577	404	1117.66	652.526	0.25	0.05
42	329	1454.86	327.113	355	1454.62	327.225	0.24	0.11
43	330	1454.86	327.113	352	1454.62	327.225	0.24	0.11
44	97	1463.37	472.8	118	1463.11	472.714	0.26	0.09
45	102	1463.37	472.8	119	1463.11	472.714	0.26	0.09
46	49	1436.48	485.477	184	1436.22	485.381	0.26	0.10
47	375	1173.79	524.715	138	1173.61	524.926	0.18	0.21
48	151	1423.92	471.056	121	1423.7	471.224	0.22	0.17
49	152	1423.92	471.056	122	1423.7	471.224	0.22	0.17
50	422	1102.22	714.17	49	1102	714.37	0.22	0.20

[0109] 表一

[0110] 根据该表,可以计算出第N轮相对于第1轮对应的偏移量为(0.16,0.09)。

[0111] 六、云台重复定位精度分析

[0112] 设摄像机的分辨率为 $W=1920, H=1080$,根据已经测定的视场角可计算出,第N次相对于第1次水平偏移为: $1.511/1920 = \Delta\alpha/0.16 \rightarrow \Delta\alpha = (0.16*1.511)/1920 = 0.0001259^\circ$;第N次相对于第1次俯仰偏移为: $0.852/1080 = \Delta\beta/0.09 \rightarrow \Delta\beta = (0.09*0.852)/1080 = 0.000071^\circ$,依次类推可以计算出每一次水平及俯仰偏移量,如下表二所示:

[0113]

轮数	X 平均偏差	Y 平均偏差	轮数	X 平均偏差	Y 平均偏差	轮数	X 平均偏差	Y 平均偏差	轮数	X 平均偏差	Y 平均偏差
2	0.202186	0.13149	373	2.30375	2.90384	250	2.27464	0.511965	377	2.16852	2.52698
3	0.584995	0.231345	374	2.51642	2.11779	251	2.67012	0.416996	378	2.34232	2.8968
4	0.24139	0.213453	127	1.15152	0.172748	252	3.10551	0.674843	379	2.36081	2.41459
5	0.173582	0.225689	128	1.47762	0.210076	253	2.92934	0.446455	380	2.01913	2.59057
6	0.078948	0.104445	129	1.3579	0.164846	254	3.11826	0.285409	381	2.33126	2.55948
7	0.131052	0.211297	130	1.48547	0.215549	255	2.86839	0.302607	382	2.25884	2.47793
8	0.286743	0.251894	131	1.39251	0.20485	256	2.44525	0.394011	383	2.5196	2.8373
9	0.111665	0.114301	132	1.24534	0.25798	257	2.77902	0.587274	384	2.21379	2.65027
10	0.12748	0.154874	133	1.59908	0.171093	258	2.97986	0.332115	385	1.70169	2.95719
11	0.079924	0.128297	134	1.29721	0.145501	259	2.65193	0.242411	386	2.52199	2.56038

[0114]

12	0.453236	0.262103	135	1.47801	0.17748	260	2.0724	0.426793	387	2.56995	2.28627
13	0.193035	0.156559	136	1.65128	0.324592	261	2.89698	0.517153	388	2.54897	2.26832
14	0.222676	0.353719	137	1.80151	0.443593	262	2.91734	0.23705	389	2.17942	1.52097
15	0.245658	0.221603	138	1.38926	0.154725	263	3.49884	0.37769	390	3.56996	1.99537
16	0.22012	0.331872	139	1.1038	0.23275	264	3.17675	0.729894	391	3.1193	2.10759
17	0.407612	0.278859	140	1.62917	0.246191	265	3.2288	0.425341	392	2.96388	1.77169
18	0.553286	0.300844	141	1.56948	0.134103	266	2.84901	0.218828	393	3.62617	1.28657
19	0.382817	0.29814	142	1.05305	0.206862	267	2.96425	0.276802	394	2.82388	1.33644
20	0.21251	0.306301	143	1.68737	0.189733	268	2.52131	0.501055	395	1.98005	1.90182
21	0.280396	0.221704	144	1.34377	0.16547	269	3.04557	0.240793	396	2.20014	0.904685
22	0.330295	0.301713	145	1.64966	0.211048	270	3.11247	0.692853	397	3.43402	1.50424
23	0.190591	0.214126	146	1.5102	0.146371	271	2.68438	0.525599	398	2.77604	1.75822
24	1.003	0.489534	147	1.51402	0.150402	272	2.68457	0.37986	399	2.75269	1.10619
25	0.414165	0.23313	148	1.34876	0.180825	273	2.75523	0.42233	400	2.59131	1.3619
26	0.372659	0.309747	149	1.56886	0.150187	274	2.8487	0.323259	401	2.9104	1.04643
27	0.731509	0.496624	150	1.25458	0.233357	275	2.74649	0.383637	402	2.96557	1.3263
28	0.27678	0.168906	151	1.49374	0.193445	276	2.35255	0.274786	403	2.3163	0.404562
29	0.324297	0.426128	152	1.51617	0.223995	277	2.45401	0.709208	404	2.42353	1.38716
30	0.36925	0.154974	153	1.67012	0.184781	278	2.23107	0.630609	405	2.84778	0.797343
31	0.433171	0.235186	154	1.56881	0.171815	279	2.97031	0.642386	406	3.00688	0.302538
32	0.618682	0.266149	155	1.7857	0.302536	280	1.96677	0.451354	407	3.07371	1.19545
33	0.342271	0.236913	156	1.71819	0.183462	281	2.35729	0.341812	408	2.62392	1.20051
34	0.642759	0.151197	157	1.55329	0.18959	282	2.16531	0.459739	409	1.81739	1.39475
35	0.36396	0.182827	158	1.22998	0.238319	283	1.83132	0.566324	410	2.61194	0.717281
36	0.820518	0.179957	159	1.27494	0.221541	284	2.33784	0.501768	411	3.02095	0.785342
37	0.781527	0.291966	160	1.6274	0.194225	285	2.73416	0.921545	412	2.91697	0.811039
38	0.436538	0.537701	161	1.84881	0.189718	286	2.10159	0.326559	413	2.82711	0.693157
39	0.603413	0.164897	162	1.30243	0.235613	287	1.9973	0.930522	414	2.78766	1.15435
40	0.494539	0.302018	163	1.72555	0.171489	288	2.62918	0.359178	415	2.96631	0.942798
41	0.345347	0.349846	164	1.89766	0.307406	289	2.088	0.644134	416	3.10186	0.612466
42	0.233638	0.184113	165	1.46004	0.231238	290	1.50116	0.371429	417	3.15891	0.46388
43	0.497572	0.150562	166	1.61633	0.276024	291	2.73292	0.315826	418	3.27812	0.474906
44	0.385526	0.344647	167	1.6115	0.239042	292	2.10471	0.314485	419	3.65616	0.315106
45	0.601384	0.638826	168	1.56446	0.52782	293	2.32496	0.249324	420	2.69935	0.419394
46	0.639497	0.6152	169	1.71785	0.389132	294	2.28521	0.477922	421	3.15802	0.342236
47	0.802219	0.17557	170	1.64106	0.439514	295	2.51012	0.880145	422	3.01393	0.240387
48	0.568577	0.787606	171	1.72801	0.212535	296	2.44762	0.285576	423	3.18592	0.454152
49	0.673188	0.561454	172	2.15836	0.22479	297	1.83224	0.318218	424	3.04469	0.453115
50	0.768738	0.590661	173	1.7075	0.696422	298	2.24951	0.779107	425	3.0676	0.496596
51	0.869707	0.662868	174	1.40284	0.59746	299	2.17877	0.611976	426	2.98838	0.23543
52	0.598232	0.506087	175	1.5935	0.688478	300	1.84136	0.352178	427	3.1371	0.351024
53	0.370093	0.580973	176	1.77365	0.364761	301	2.22731	0.525598	428	2.98734	0.665402
54	0.763521	0.689531	177	1.61847	0.3431	302	2.48687	0.308256	429	2.92192	0.674757
55	1.09818	0.767485	178	1.7576	0.76767	303	1.87022	0.620026	430	2.91549	0.669953
56	0.744407	0.505123	179	1.65614	0.707339	304	2.40751	0.511927	431	2.82181	0.940031
57	0.539263	0.86841	180	1.95571	0.706432	305	2.6164	0.78345	432	2.21127	1.10225
58	0.742603	0.777343	181	1.82884	0.728397	306	1.74084	1.26575	433	3.08947	0.804802
59	0.712612	0.530296	182	1.88666	0.81201	307	2.08308	0.234781	434	2.81162	1.05809
60	1.18568	0.82619	183	1.85652	0.891858	308	1.79436	0.43379	435	2.86803	1.03402
61	0.455068	0.3084	184	1.90728	0.866073	309	2.68289	0.450916	436	2.31176	1.26694
62	0.477971	0.220773	185	1.79365	0.980587	310	2.47998	0.928282	437	2.59978	1.06882
63	1.05545	0.483667	186	1.57059	0.741185	311	2.85366	0.251971	438	2.75699	0.927184
64	0.669808	0.510933	187	1.91258	0.536055	312	2.03964	0.32752	439	2.89016	1.10792
65	0.954106	0.380383	188	1.95113	0.882484	313	2.85514	0.312916	440	2.7087	0.972402
66	0.797623	0.67938	189	1.88231	0.444082	314	2.20306	0.218212	441	2.64547	0.794739
67	0.822782	0.626403	190	2.15575	0.615965	315	2.82963	0.361349	442	2.61641	0.684779
68	0.720295	0.64586	191	1.93528	1.02381	316	2.04074	0.169115	443	2.73449	0.610406
69	0.722761	0.384598	192	2.62783	1.02282	317	2.22277	0.301669	444	2.61859	0.196355

[0115]

70	0.949297	0.533977	193	2.16484	1.01144	318	2.53141	0.232198	445	2.67135	0.434226
71	0.891868	0.53576	194	2.17118	1.03483	319	2.06135	0.45507	446	2.5801	0.261389
72	0.950686	0.517645	195	1.94346	0.677955	320	2.05058	0.452707	447	2.366	0.362892
73	1.02215	0.670925	196	2.2419	1.21871	321	2.29424	0.461074	448	2.4389	0.366725
74	0.746854	0.549361	197	2.62382	1.04704	322	2.1087	1.10003	449	2.2387	0.195977
75	1.07343	0.561305	198	2.60472	1.23167	323	2.20955	1.26664	450	2.41212	0.249211
76	0.824915	0.617245	199	2.75254	1.33294	324	1.93945	1.289	451	2.43549	0.455803
77	0.98584	0.466416	200	2.11729	0.997762	325	1.9988	1.1761	452	2.32383	0.412222
78	1.21138	0.383165	201	2.59542	0.956011	326	1.96443	1.46062	453	2.37103	0.618847
79	0.780923	0.476549	202	2.48862	0.535278	327	1.95123	1.67552	454	1.88474	0.218397
80	0.882852	0.441184	203	2.59095	0.867322	328	2.37119	1.90033	455	2.14237	0.258474
81	1.06873	0.300667	204	2.58875	1.34814	329	2.45862	1.66674	456	1.91591	0.31609
82	1.43613	0.407549	205	2.37224	0.726425	330	2.40279	1.8393	457	2.25682	0.178842
83	1.1212	0.479348	206	2.29698	1.11134	331	2.15406	2.16569	458	2.01357	0.175452
84	1.13559	0.539587	207	2.77342	0.785373	332	2.63252	2.16223	459	2.19831	0.286686
85	0.972399	0.365229	208	2.20254	0.963485	333	2.75888	1.94088	460	2.07355	0.383777
86	0.937003	0.510395	209	2.72117	0.86199	334	2.30189	2.28267	461	2.41464	0.338206
87	1.08699	0.534401	210	2.71532	0.850635	335	2.06636	2.05507	462	2.14557	0.367151
88	1.09086	0.370619	211	2.51101	0.922756	336	2.30407	2.50546	463	2.24676	0.479112
89	1.19531	0.473055	212	2.5479	0.535955	337	2.40914	2.13702	464	1.99166	0.342443
90	1.24229	0.243559	213	2.7247	0.335594	338	2.5982	2.46605	465	2.43727	0.486097
91	1.1488	0.382177	214	2.65939	1.09654	339	2.64219	2.33138	466	2.38364	0.307256
92	0.836121	0.264691	215	2.69539	0.78391	340	1.94196	2.43371	467	2.48294	0.858141
93	1.2275	0.674719	216	2.90881	0.721701	341	2.32401	2.63171	468	2.56721	0.654944
94	1.14454	0.254772	217	3.0002	0.772426	342	2.41143	2.83212	469	2.33896	0.540397
95	0.860143	0.258405	218	3.0677	0.478725	343	2.43258	2.7476	470	3.02234	0.956949
96	0.948369	0.250616	219	2.76806	0.967505	344	2.03554	2.44247	471	2.56392	0.730084
97	1.09448	0.289647	220	2.93313	0.91187	345	2.705	2.74599	472	2.68277	0.930496
98	0.69959	0.246664	221	2.79368	1.05377	346	2.28487	2.73396	473	2.23273	1.09862
99	0.890638	0.186589	222	2.81475	0.564339	347	2.57359	2.92157	474	1.85975	0.939288
100	1.12156	0.344752	223	2.37352	0.702196	348	2.36884	2.7458	475	2.31028	1.71804
101	1.3149	0.29501	224	3.14083	0.570985	349	2.20144	2.91134	476	2.13864	1.05576
102	1.07403	0.223995	225	2.81628	0.58884	350	2.04888	2.19333	477	2.08624	1.48361
103	0.968843	0.311334	226	3.16954	0.93548	351	2.24829	3.0475	478	1.99056	0.810271
104	1.31459	0.290026	227	3.20602	0.52928	352	2.36707	2.93851	479	2.05181	1.00663
105	1.01415	0.241559	228	2.60492	0.238176	353	2.18074	2.69164	480	2.06942	1.66747
106	1.25451	0.403894	229	3.31026	0.819148	354	2.15502	2.54617	481	2.09802	1.18037
107	1.21408	0.212123	230	3.05999	0.965647	355	2.11253	2.68287	482	1.88005	1.06451
108	1.2427	0.380672	231	2.6499	0.34488	356	2.12521	2.58262	483	1.57277	1.94908
109	1.22924	0.401495	232	3.13651	1.00775	357	2.18281	2.86631	484	2.52948	2.12849
110	1.17199	0.241937	233	3.26984	0.897538	358	2.32431	3.0739	485	1.60306	1.93502
111	1.25893	0.189318	234	3.20492	0.730827	359	2.23365	3.2969	486	2.02173	1.22794
112	1.3623	0.522557	235	2.79879	0.677544	360	2.07666	2.89411	487	2.44875	1.91661
113	1.35949	0.237042	236	3.38083	0.918307	361	2.10917	3.06329	488	2.98357	1.56537
114	1.34686	0.388724	237	2.65918	0.853293	362	2.00082	2.95316	489	2.68682	2.35479
115	1.1489	0.397304	238	3.33659	0.832703	363	2.28732	3.03173	490	2.34474	1.21012
116	1.42883	0.699686	239	2.85483	0.976005	364	2.16697	3.19495	491	2.45899	1.24244
117	1.16216	0.585971	240	2.99094	0.832142	365	2.38419	2.74539	492	2.69334	1.83534
118	1.33946	0.237432	241	3.06846	0.766415	366	2.28034	3.58463	493	2.29741	2.61443
119	0.93239	0.240085	242	2.94725	1.15281	367	2.25765	2.8723	494	3.18845	2.63411
120	1.34246	0.264426	243	2.82758	0.901406	368	2.70549	3.07966	495	2.89662	2.74656
121	1.20848	0.431495	244	3.17692	0.625369	369	2.04054	2.91025	496	2.30606	2.88802
122	1.32001	0.189486	245	3.27496	0.289434	370	2.38104	3.66355	497	3.24922	2.76847
123	1.47458	0.270504	246	3.07375	0.738192	371	2.06061	2.97073	498	2.44056	2.15121
124	1.2589	0.231234	247	3.43262	0.382495	372	2.11256	2.80093	499	2.45554	3.24036
125	1.44024	0.1837	248	3.12688	0.45806	375	2.22178	3.1862	500	2.40008	3.00257
126	1.29604	0.305469	249	3.02004	0.453942	376	2.28701	2.73698			

[0116] 表二

[0117] 对上表进行误差分析,即可得到当前云台以像素为单位的重复定位精度。所有轮平均差表示如下,其中表示水平偏移平均值,表示俯仰偏移平均值, x_i 表示第*i*轮水平偏差, y_i 表示第*i*轮俯仰偏移, $i = (2, 3, \dots, n)$, n 表示最大采集轮数,即:

$$[0118] \quad \begin{cases} \bar{x} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n x_i = 1.97532555931864 \\ \bar{y} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n y_i = 0.874995639278556 \end{cases}$$

[0119] 那么水平偏移总体标准差 σ_x ,俯仰偏移总体标准差 σ_y ,如下所示:

$$[0120] \quad \begin{cases} \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.845470799311368 \\ \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = 0.826673430917351 \end{cases}$$

[0121] 根据总体标准差可计算出标准误差,那么水平标准误差 σ_{nx} ,俯仰标准误差 σ_{ny} ,如下所示即:

$$[0122] \quad \begin{cases} \sigma_{nx} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n-1}} = 0.0378864524347261 \\ \sigma_{ny} = \frac{\sigma_y}{\sqrt{n-1}} = 0.0370441222157073 \end{cases}$$

[0123] 误差分析结果得到水平偏移为 $1.975 \pm 0.0379 \text{pix}$,垂直偏移为 $0.875 \pm 0.0370 \text{pix}$,以上得到的结果单位是像素,通过换算可得到如下结论:

$$[0124] \quad \Delta \alpha = ((1.975 \pm 0.0379) * 1.511) / 1920$$

$$[0125] \quad = (0.00155428385416667 \pm 2.98265104166667e-05)^\circ$$

$$[0126] \quad \Delta \beta = ((0.875 \pm 0.0370) * 0.852) / 1080$$

$$[0127] \quad = (0.00069027777777778 \pm 2.9188888888889e-05)^\circ$$

[0128] 即:

$$[0129] \quad \text{水平偏移: } \Delta \alpha = (0.0015543 \pm 2.983e-05)^\circ$$

$$[0130] \quad \text{垂直偏移: } \Delta \beta = (0.0006903 \pm 2.919e-05)^\circ$$

[0131] 从以上描述可以得知,实施本发明实施例,具有如下有益效果:

[0132] (1)可追溯:测量数据永久保存,测量结果可复现,利于复核人员追溯核查,利用激光干涉仪或者千分尺进行测量,相当于进行重复测量,可能出现多次测量结果不一致的情况;

[0133] (2)精度高:对重复定位精度要求越高的云台,转台零部件越精密,对环境适应性越差,不同环境下云台自身形变量会被叠加到云台重复定位精度,导致数据失真。可在本发明基础上设立对照实验组,消除环境因素导致的形变误差,进一步提高重复定位精度的准确性;

[0134] (3)成本低:测量过程中不在需要用到激光干涉仪或千分尺等精密设备,只需一台普通摄像机和一台用于控制的计算机;

[0135] (4)普遍性:测量过程可适用于任何型号的云台,不针对具体某种云台。

[0136] 实施例三

[0137] 基于相同的发明构思,本发明实施例提供了一种基于图像处理的云台重复定位精

度测量系统包括摄像机、云台及计算机设备,所述摄像机设置于所述云台,所述计算机设备与所述云台通信。

[0138] 其中,如图10所示,计算机设备可以包括:一个或多个处理器101、一个或多个输入设备102、一个或多个输出设备103和存储器104,上述处理器101、输入设备102、输出设备103和存储器104通过总线105相互连接。存储器104用于存储计算机程序,所述计算机程序包括程序指令,所述处理器101被配置用于调用所述程序指令执行如下步骤:

[0139] 视场角测量步骤:当转动云台到任意预置位时,控制云台转动,以完成当前焦距下、云台的水平视场角和俯仰视场角的测量;

[0140] 图片采集步骤:控制云台采用预置位巡航模式进行转动,以完成在每一预置位通过摄像机采集多张测量图片;

[0141] 特征点检测步骤:利用特征点检测sift算法,找出每一张所述测量图片的候选特征点,并与第一张测量图片进行特征点匹配,以得到最优特征点集,根据所述最优特征点集计算每一张测量图片相对于第一张测量图片的偏移量;

[0142] 云台重复定位步骤:根据摄像机的分辨率、水平视场角、俯仰视场角和所述偏移量进行误差分析,得到云台在水平方向和俯仰方向的重复定位精度。

[0143] 进一步地,所述处理器还被配置于调用程序指令执行如下步骤:

[0144] 转到云台到任意初始化完成的预置位;

[0145] 在所述摄像机的图像中,选取一个特征点P;

[0146] 控制云台转动,使得所述特征点P在所述摄像机的左边缘,记录当前云台的水平角度 α_1 ,控制云台转动,使得特征点P在摄像机右边缘,记录当前云台水平角度 α_2 ,云台的水平视场角 $\alpha = |\alpha_1 - \alpha_2|$;

[0147] 控制云台转动,使得特征点P在摄像机上边缘,记录当前云台俯仰角度 β_1 ,控制云台转动,使得特征点P在摄像机下边缘,记录当前云台俯仰角度 β_2 ,云台的俯仰视场角 $\beta = |\beta_1 - \beta_2|$ 。

[0148] 进一步地,所述处理器还被配置于调用程序指令执行如下步骤:

[0149] 控制云台使用预置位巡航模式进行转动,当第k次到达预置位n且所述摄像机成像清晰后,控制摄像机抓拍一张图片,保存并编号k,不同的预置位保存在不同文件夹中;

[0150] 控制云台转动到n+1号预置位,进行同样操作,抓拍并保存图片并编号k;当云台在每个预置位采集图片后,就进入下一次采集过程。

[0151] 进一步地,所述处理器还被配置于调用程序指令执行如下步骤:

[0152] 设所述摄像机的分辨率为 $W \times H$,根据所述水平视场角和俯仰视场角,分别计算出一个像素代表的水平角度和俯仰角度,再根据每一张测量图片的偏移量进行误差分析,得到云台在水平方向和俯仰方向的重复定位精度。

[0153] 应当理解,在本发明实施例中,所称处理器101可以是中央处理单元(Central Processing Unit, CPU),该处理器还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit, ASIC)、现成可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array, FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

[0154] 输入设备102可以包括键盘等,输出设备103可以包括显示器(LCD等)、扬声器等。

[0155] 该存储器104可以包括只读存储器和随机存取存储器,并向处理器101提供指令和数据。存储器104的一部分还可以包括非易失性随机存取存储器。例如,存储器104还可以存储设备类型的信息。

[0156] 具体实现中,本发明实施例中所描述的处理器101、输入设备102、输出设备103可执行本发明实施例提供的基于图像处理的云台重复定位精度测量方法的实施例中所描述的实现方式,在此不再赘述。

[0157] 需要说明的是,关于本实施中系统及计算机设备更为具体的工作流程,请参考前述方法实施例部分,在此不再赘述。

[0158] 本领域普通技术人员可以意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现,为了清楚地说明硬件和软件的可互换性,在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各示例的组成及步骤。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0159] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到各种等效的修改或替换,这些修改或替换都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

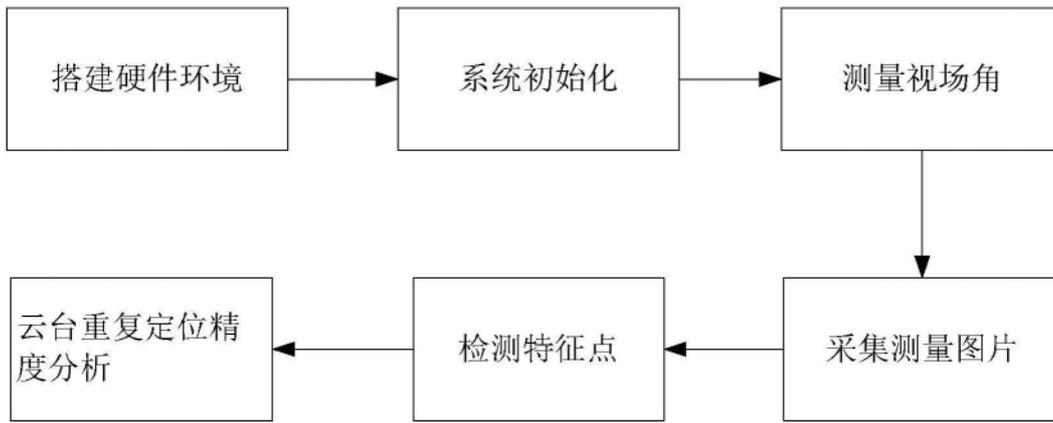


图1

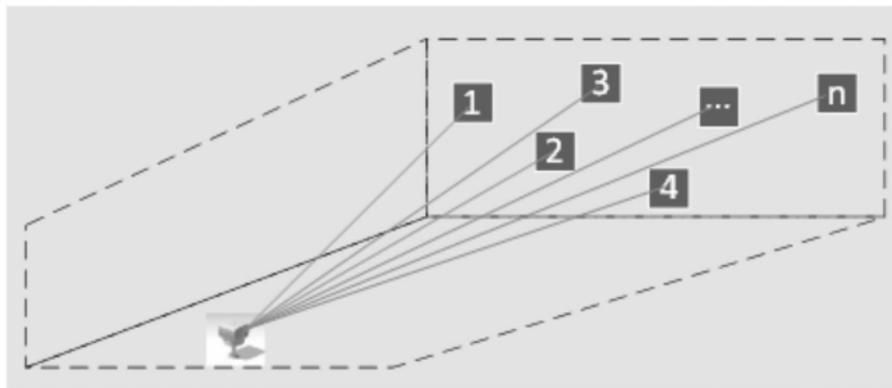


图2

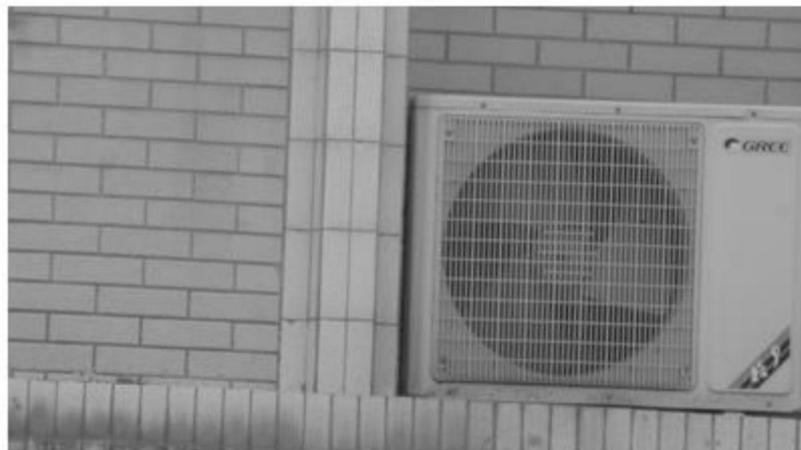


图3



图4

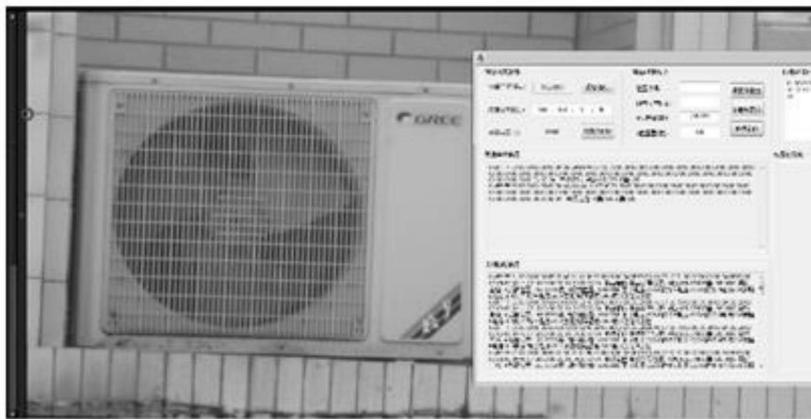


图5



图6



图7



图8



图9

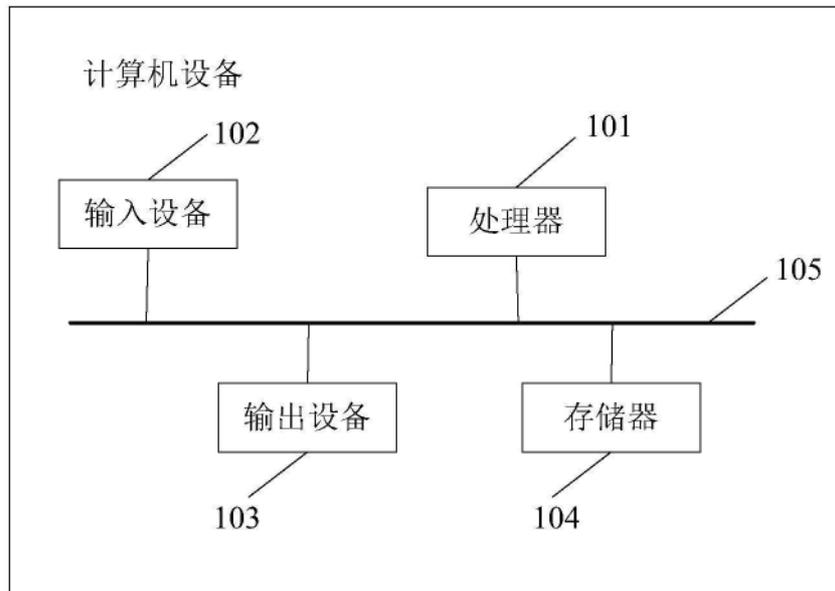


图10