



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104823218 A

(43) 申请公布日 2015. 08. 05

(21) 申请号 201280077485. 3

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 12. 03

G06T 7/00(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2015. 06. 03

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/CN2012/085727 2012. 12. 03

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02014/085953 EN 2014. 06. 12

(71) 申请人 哈曼国际工业有限公司  
地址 美国康涅狄格州

(72) 发明人 张燕昆 洪初阳 蒋如意 周允  
诺曼·韦里奇

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227  
代理人 康建峰 李春晖

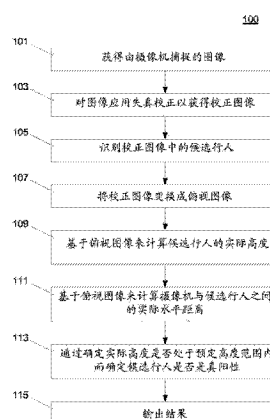
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

### (54) 发明名称

使用单一普通摄像机来检测行人的系统和方法

### (57) 摘要

本申请提供行人检测系统和方法。行人检测方法包括：获得由摄像机捕捉的图像；识别图像中的候选行人；将图像变换成俯视图图像；基于俯视图图像和摄像机的外在参数来计算候选行人的实际高度；以及通过确定候选行人的实际高度是否处于预定行人高度范围内而确定候选行人是否是真阳性。本申请的系统和方法与常规技术相比较具有较低成本和较高精确度。



1. 一种行人检测方法,其包括:  
获得由摄像机捕捉的图像;  
识别所述图像中的候选行人;  
将所述图像变换成俯视图;  
基于所述俯视图和所述摄像机的外在参数来计算所述候选行人的实际高度;以及  
通过确定所述候选行人的所述实际高度是否处于预定行人高度范围内而确定所述候选行人是否是真阳性。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述摄像机的所述外在参数包括俯仰角  $\alpha$ 、偏角  $\beta$  和安装高度  $h$ 。
3. 如权利要求 1 所述的方法,其还包括:对所述图像进行失真校正以获得校正图像;以及将所述校正图像变换成所述俯视图。
4. 如权利要求 1 所述的方法,其还包括:如果所述候选行人被确定是真阳性,那么就产生警报。
5. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述预定行人高度范围为 1 米至 2.4 米。
6. 一种行人检测系统,其包括:  
输出设备;以及  
处理设备,所述处理设备被配置来:获得由摄像机捕捉的图像;识别所述图像中的候选行人;将所述图像变换成俯视图;基于所述俯视图和所述摄像机的外在参数来计算所述候选行人的实际高度;通过确定所述候选行人的所述实际高度是否处于预定行人高度范围内而确定所述候选行人是否是真阳性;以及如果所述候选行人被确定是真阳性,那么就控制所述输出设备来产生警报。
7. 如权利要求 6 所述的系统,其中所述摄像机的所述外在参数包括俯仰角  $\alpha$ 、偏角  $\beta$  和安装高度  $h$ 。
8. 如权利要求 6 所述的系统,其还包括所述摄像机。
9. 如权利要求 6 所述的系统,其中所述处理设备还被配置来:对所述图像进行失真校正以获得校正图像;以及将所述校正图像变换成所述俯视图。
10. 如权利要求 6 所述的系统,其中所述预定行人高度范围为 1 米至 2.4 米。

## 使用单一普通摄像机来检测行人的系统和方法

### 技术领域

[0001] 本申请总体上涉及使用单一普通摄像机来检测行人的系统和方法。

### [0002] 背景

[0003] 各种行人检测技术已被开发,并被用于车辆中以便检测在车辆附近的行人并且就此对驾驶员做出提醒。一些解决方案是基于雷达,一些解决方案是基于多摄像机,一些解决方案是基于激光,并且一些解决方案是基于红外摄像机,但是这些解决方案具有的相同缺点是高成本。尽管使用单一普通摄像机的一些常规解决方案是低成本的,但是这些解决方案会为了获得高检测率而产生许多假阳性(false positive)。这类解决方案的实例请参见 N.Dalal 和 B.Triggs, "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection", CVPR, 2005 ; P.Dollar, C.Wojek, B.Schiele 和 P.Perona, "Pedestrian Detection: An Evaluation of the State of the Art", PAMI, 2011 ; D.Geronimo 与 A.M.Lopez 和 A.D.Sappa 与 T.Graf, "Survey of Pedestrian Detection for Advanced Driver Assistance Systems", PAMI, 2010 ; 以及 M.Enzweiler 和 D.M.Gavrila. Monocular Pedestrian Detection: Survey and Experiments. IEEE 模式分析与机器智能汇刊 (IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence), 第 31 卷, 第 12 期, 第 2179-2195 页, 2009。鉴于以上,需要提供使用单一普通摄像机来检测行人的更稳健的方法和系统。

### [0004] 概述

[0005] 在本申请的一个实施方案中,提供一种行人检测方法。所述方法包括:获得由摄像机捕捉的图像;识别图像中的候选行人;将图像变换成俯视图;基于俯视图和摄像机的外在参数来计算候选行人的实际高度;以及通过确定候选行人的实际高度是否处于预定行人高度范围内而确定候选行人是否是真阳性(true positive)。

[0006] 在一些实施方案中,摄像机的外在参数可包括俯仰角  $\alpha$ 、偏角  $\beta$  和安装高度  $h$ 。

[0007] 在一些实施方案中,由摄像机捕捉的图像可使用摄像机的内在参数变换成俯视图,所述内在参数如焦距  $f_u$  和  $f_v$ , 以及光学中心  $c_u$  和  $c_v$ 。在一些实施方案中,如果摄像机的透镜是鱼眼透镜,那么俯视图变换矩阵可为:

$$[0008] \quad {}^uT = \begin{bmatrix} -\frac{1}{f_u}c_2 & \frac{1}{f_v}s_1s_2 & -\frac{1}{f_u}c_2c_u - \frac{1}{f_v}c_vs_1s_2 - c_1s_2 \\ \frac{1}{f_u}s_2 & \frac{1}{f_v}s_1c_1 & -\frac{1}{f_u}c_us_2 - \frac{1}{f_v}c_vs_1c_2 - c_1c_2 \\ 0 & \frac{1}{f_v}c_1 & -\frac{1}{f_v}c_vc_1 - s_1 \end{bmatrix} \quad \text{方程 (1)}$$

[0009] 其中  $c_1 = \cos \alpha$ 、 $s_1 = \sin \alpha$ 、 $c_2 = \cos \beta$  并且  $s_2 = \sin \beta$ 。如果摄像机使用不同的透镜,那么俯视图变换矩阵可以不同。

[0010] 在一些实施方案中,一个点在俯视图中的坐标可通过将所述点在图像中的坐标乘以俯视图变换矩阵来计算。

[0011] 在一些实施方案中,所述方法还可包括:对图像进行失真校正以获得校正图像;以及将校正图像变换成俯视图像。

[0012] 在一些实施方案中,所述方法还可包括:如果候选行人被确定是真阳性,那么就产生警报。

[0013] 在本申请的一个实施方案中,提供一种行人检测系统。所述行人检测系统包括:输出设备;以及处理设备,所述处理设备被配置来:获得由摄像机捕捉的图像;识别图像中的候选行人;将图像变换成俯视图像;基于俯视图像和摄像机的外在参数来计算候选行人的实际高度;通过确定候选行人的实际高度是否处于预定行人高度范围内而确定候选行人是否是真阳性;以及如果候选行人被确定是真阳性,那么就控制输出设备来产生警报。

[0014] 在一些实施方案中,所述处理设备还可被配置来:对图像进行失真校正以获得校正图像;以及将校正图像变换成俯视图像。

[0015] 在一些实施方案中,所述行人检测系统还可包括摄像机。

[0016] 在本申请的一个实施方案中,提供一种行人检测系统。所述行人检测系统包括:输出设备;以及处理设备,所述处理设备用于:获得由摄像机捕捉的图像;识别图像中的候选行人;将图像变换成俯视图像;基于俯视图像和摄像机的外在参数来计算候选行人的实际高度;通过确定候选行人的实际高度是否处于预定行人高度范围内而确定候选行人是否是真阳性;以及如果候选行人被确定是真阳性,那么就控制输出设备来产生警报。

[0017] 在本申请的一个实施方案中,提供一种行人检测系统。所述行人检测系统包括:用于识别由摄像机所捕捉图像中的候选行人的设备;用于将图像变换成俯视图像的设备;用于基于俯视图像和摄像机的外在参数来计算候选行人的实际高度的设备;用于通过确定候选行人的实际高度是否处于预定行人高度范围内而确定候选行人是否是真阳性的设备;以及输出设备,如果候选行人被确定是真阳性,那么所述输出设备就产生警报。

[0018] 使用本申请的方法和系统时,只需要单一普通摄像机来检测行人,因此可减少车辆安装行人检测系统的成本。另外,本申请的方法和系统可用于仅具有一个被配置来捕捉前方视野图像的单摄像机的现有车辆模型,从而非常适宜于将这项功能增加到这类车辆模型中。例如,这项功能可仅仅通过更新现有车辆模型的驾驶辅助系统的软件来增加。此外,在本申请的方法和系统中,不需要运动信息,因此计算复杂性可被大大减少。

[0019] 附图简述

[0020] 本公开的前述和其它特征将从以下结合附图进行的描述和权利要求书而变得更完整明显。应理解,这些图仅示出根据本公开的一些实施方案,并且因此,不应被视为对本公开范围的限制,本公开将通过附图的使用以另外的特殊性和细节来加以描述。

[0021] 图 1 示出根据本申请的一个实施方案的行人检测方法 100 的示意图。

[0022] 图 2A 示出由摄像机捕捉的示例性图像。

[0023] 图 2B 示出通过对图 2A 所示的图像进行失真校正所获得的示例性图像。

[0024] 图 3A 示出:在图 2B 所示的校正图像中识别的候选行人。

[0025] 图 3B 示出从图 2B 所示的校正图像变换的俯视图像。

[0026] 图 4 示出车辆和行人的示意图。

[0027] 图 5 示出如何计算候选行人的实际高度的示意图。

[0028] 图 6 示出呈现检测结果的示例性图像。

[0029] 图 7 示出根据本申请的一个实施方案的用于检测行人的系统的示意框图。

[0030] 详述

[0031] 在以下详述中,参考附图,所述附图形成本发明的一部分。在图中,除非上下文另外指定,否则类似的符号典型地标示类似的部件。详述、图式和权利要求书中描述的说明性实施方案不意图为限制。在不脱离本文提出的主题的精神或范围的情况下,可使用其它实施方案并且可做出其它改变。将容易理解的是,如本文大体上所述和图中所示的本公开的方面可以多种不同的配置来布置、替换、合并和设计,所有这些不同的配置都被本公开明确涵盖并且成为本公开的一部分。

[0032] 图 1 示出根据本申请的一个实施方案的行人检测方法 100 的示意图。

[0033] 在 101,获得由摄像机捕捉的图像。图 2A 示出由摄像机捕捉的图像的实例。

[0034] 在 103,对由摄像机捕捉的图像应用失真校正以获得校正图像。在许多情况下,由摄像机、尤其是广角摄像机捕捉的图像具有失真,并且失真校正可用来减少这种失真对后续过程的影响。因为失真校正技术在本领域中是众所周知的,所以这类技术这里将不做详细描述。图 2B 示出通过对图 2A 所示的图像进行失真校正所获得的校正图像的实例。

[0035] 在 105,识别校正图像中的候选行人。这类技术的一些实例请参考“Histograms of Oriented Gradients for Human Detection,Navneet Dalal 和 Bill Triggs,IEEE 计算机视觉与模式识别会议 (IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition,CVPR),第 II 卷,第 886-893 页,2005 年 6 月”;“Real-Time Human Detection Using Contour Cues,Jianxin Wu,Christopher Geyer 和 James M. Rehg;2011 年 IEEE 机器人与自动化国际会议汇刊 (Proc.The 2011IEEE Int’l Conference on Robotics and Automation,ICRA 2011),2011 年 5 月中国上海,第 860-867 页”以及“Fast Pedestrian Detection Using A Cascade Of Boosted Covariance Features:IEEE 电路与系统视频技术学报 (IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology),2008”。

[0036] 在一些算法中,所识别的候选行人可由矩形包围;在一些算法中,所识别候选行人可由椭圆形包围。图 3A 示出图像的实例,在所述图像中识别并且由矩形 201 包围的候选行人。

[0037] 在 107,将校正图像变换成俯视图像。图 3B 示出从图 3A 所示的图像变换的俯视图像的实例。如可见的,图 3B 所示的俯视图像中仅含有候选行人的一部分,并且这部分将在下文被称为分段部分。如何将图像变换成俯视图像在本领域中是众所周知的,因此这里将不做详细描述。

[0038] 图 4 示出在道路表面 305 上行驶的车辆 301 和在车辆 301 前方的行人 307,所述车辆 301 具有安装在车辆上的摄像机 303。在图 4 所示的说明性实施方案中,摄像机 303 的俯仰角是  $\alpha$ ,摄像机 303 的偏角等于零,并且摄像机 303 的安装高度是  $h$ 。为了方便起见,摄像机 303 的偏角在这个实施方案中被设定为零。如果偏角不等于零,那么后续计算可能更为复杂。摄像机的俯仰角是在由  $x$  轴和  $z$  轴界定的平面上介于  $x$  轴与摄像机的主轴的投影之间的角度。摄像机的偏角是在由  $x$  轴和  $y$  轴界定的平面上介于  $x$  轴与摄像机的主轴的投影之间的角度。

[0039] 在 109,基于俯视图像和摄像机 303 的外在参数来计算候选行人的实际高度。图 5 示出各种尺寸之间的关系。在图 5 中,摄像机 303 的安装高度  $h$  和俯仰角  $\alpha$  是已知的。因

此,根据方程 (1) 计算  $d$ 。

$$[0040] \quad d = \frac{h}{\tan \alpha} \quad \text{方程 (1)}$$

[0041] 返回参考图 3B,可计算  $d_1$  与  $d_2$  之间的关系。换句话说,可计算比率  $r_1 = d_2/d_1$ 。 $d_1$  表示分段部分在道路表面 305 上的投影的实际尺寸,并且  $d_2$  表示摄像机 303 与候选行人之间的实际水平距离。那么, $d_1$  可根据方程 (2) 来计算。

$$[0042] \quad d_1 = \frac{d}{1+r_1} \quad \text{方程 (2)}$$

[0043] 计算  $d_1$  之后,分段部分的实际高度  $H_1$  可根据方程 (3) 来计算。

$$[0044] \quad H_1 = d_1 \times \tan \alpha \quad \text{方程 (3)}$$

[0045] 根据俯视图变换算法,可计算比率  $r_2 = H_1/H_2$ ,因此行人的实际高度  $H_2$  可根据方程 (4) 来计算。

$$[0046] \quad H_2 = \frac{H_1}{r_2} \quad \text{方程 (4)}$$

[0047] 在 111,计算摄像机与候选行人之间的实际水平距离。 $d_2$  表示摄像机与候选行人之间的实际水平距离。因为比率  $r_1 = d_2/d_1$  和  $d_1$  是已知的,所以可根据方程 (5) 计算  $d_2$ 。

$$[0048] \quad d_2 = d_1 \times r_2 \quad \text{方程 (5)}$$

[0049] 根据以上实施方案,基于  $d_2$  与  $d_1$  的比率  $r_1$  和摄像机的外在参数来计算候选行人的实际高度  $H_2$ 。换句话说,基于候选行人在俯视图中的位置和摄像机的外在参数来计算候选行人的实际高度  $H_2$ 。

[0050] 在 113,通过确定候选行人的实际高度是否处于预定高度范围内而确定候选人是否是真阳性。如果候选行人的实际高度在高度范围之外,那么候选人可被确定为假阳性,否则候选人可被确定为真阳性。在一个实施方案中,高度范围可为 1 米至 2.4 米。高度范围的下限和上限可根据特定情形来设定。例如,对亚洲地区来说,下限和上限可设定成较低的,并且对欧洲地区来说,下限和上限可设定成较高的。例如,下限可为 0.8 米、0.9 米、1.1 米或 1.2 米;上限可为 2 米、2.1 米、2.2 米、2.3 米、2.5 米。以上数字仅是处于说明性目的,并且不意图为限制。

[0051] 在 115,输出结果。当检测到行人时,可向如驾驶员的用户呈现通知。在一些实施方案中,所检测的行人可在图像中由矩形包围,并且也可在图像中提供摄像机与所检测的行人之间的实际距离,如图 6 所示。在一些实施方案中,当检测到行人时,可产生声音警报。

[0052] 图 7 示出用于检测行人的系统 400。系统 400 包括摄像机 401、处理设备 403、存储设备 405、声音警报发生器 407 和显示设备 409。系统 400 可安装在车辆上,以便检测在车辆附近的行人并且就此对驾驶员做出提醒。

[0053] 摄像机 401 将捕捉图像。处理设备 403 可被配置来进行方法 100 的 103 至 113。存储设备 405 中可存储操作系统和程序指令。

[0054] 当检测到行人时,处理设备 403 可发送指令来控制声音警报发生器 407 以产生声音警报,可控制显示设备 409 来通过在图像中以矩形包围行人而呈现所检测的行人,并且可控制显示设备 409 来呈现所检测的行人与摄像机 401 之间的实际距离。在一些实施方案

中,可计算所检测的行人与安装有系统 400 的车辆之间的实际距离,并且呈现在显示设备 409 上。

[0055] 在系统各方面的硬件实现方式与软件实现方式之间保持有少许区别;硬件或软件的使用大体上是表示成本对比效率权衡的设计选择。例如,如果实现方确定速度和精确度是最重要的,那么实现方可主要选择硬件和 / 或固件车辆;如果灵活性是最重要的,那么实现方可主要选择软件实现方式;或,再次替代地,实现方可选择硬件、软件和 / 或固件的一些组合。

[0056] 虽然本文已公开各种方面和实施方案,但是其它方面和实施方案将对本领域技术人员来说是明显的。本文公开的各种方面和实施方案是出于说明的目的,并且在所附权利要求书所指示的真实范围和精神内不意图为限制。

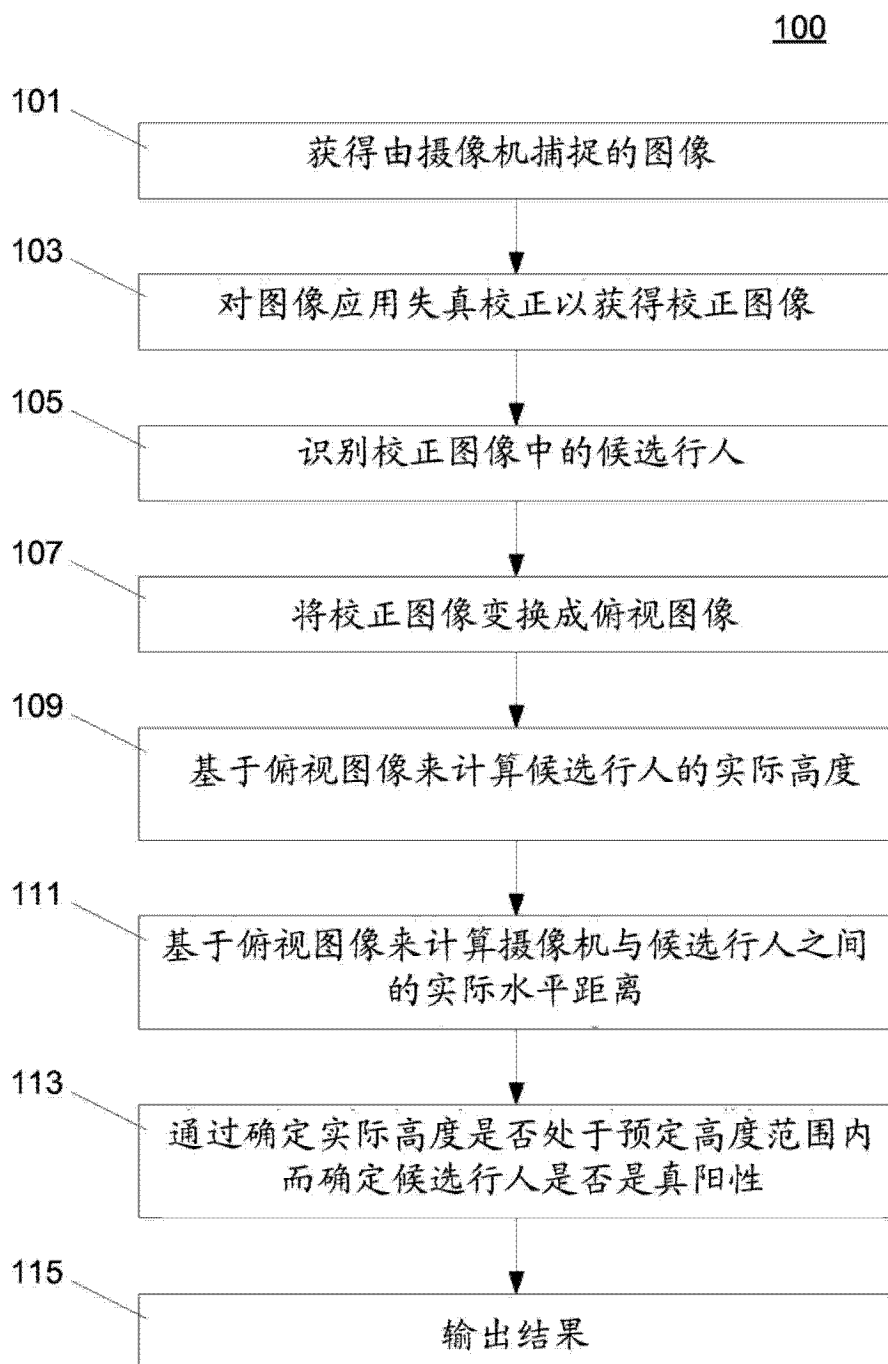


图 1





图 2A



图 2B

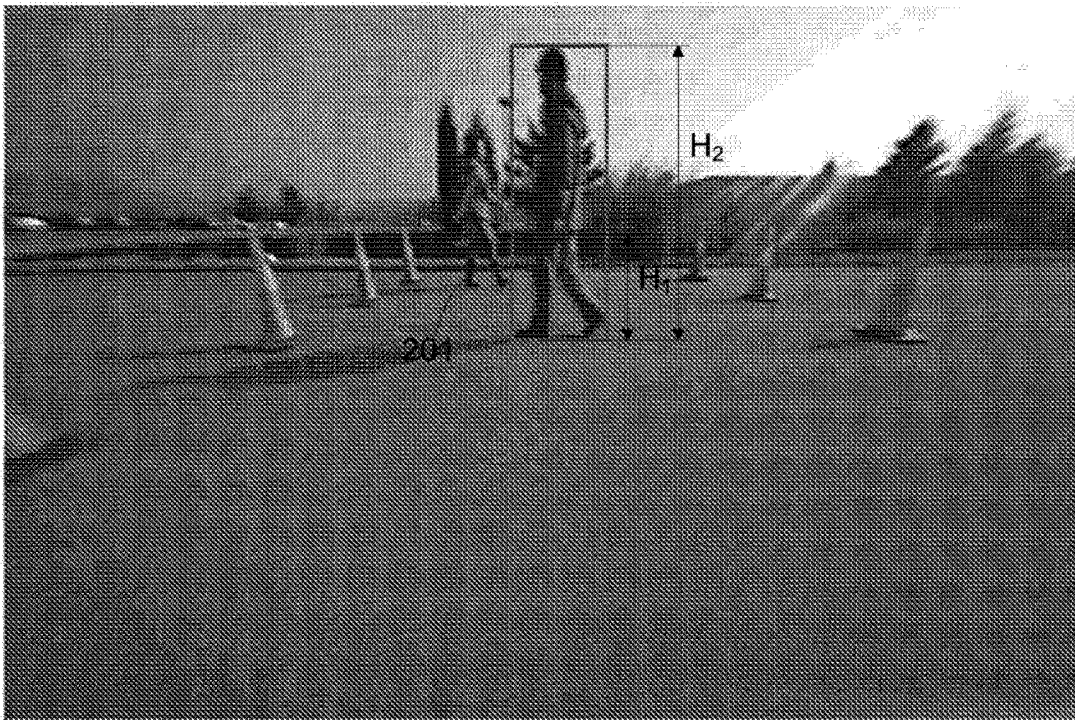


图 3A

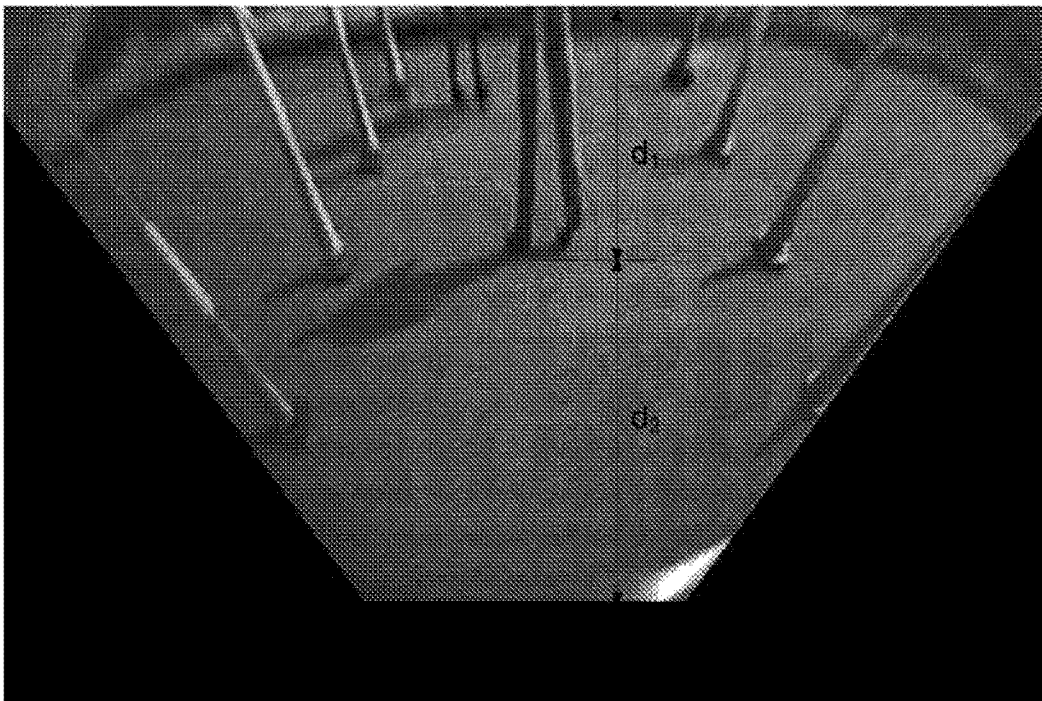


图 3B

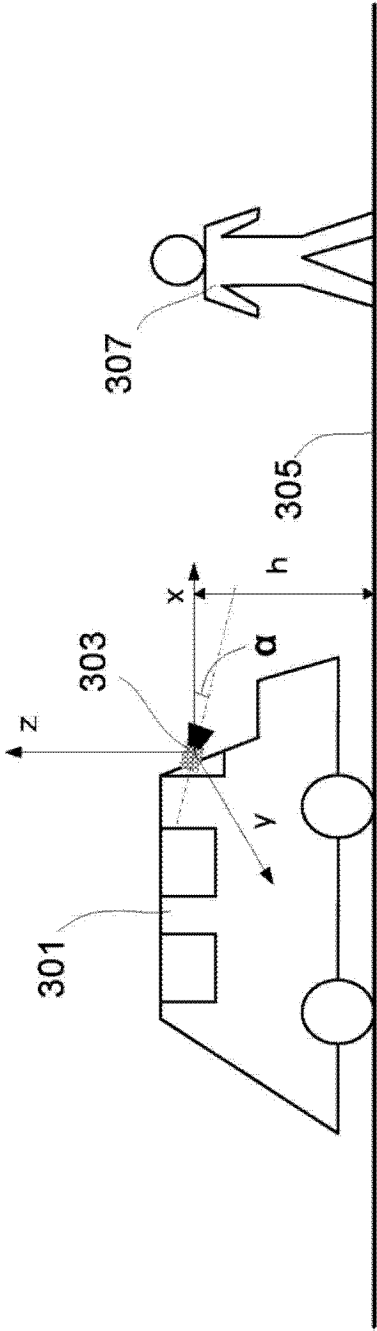


图 4

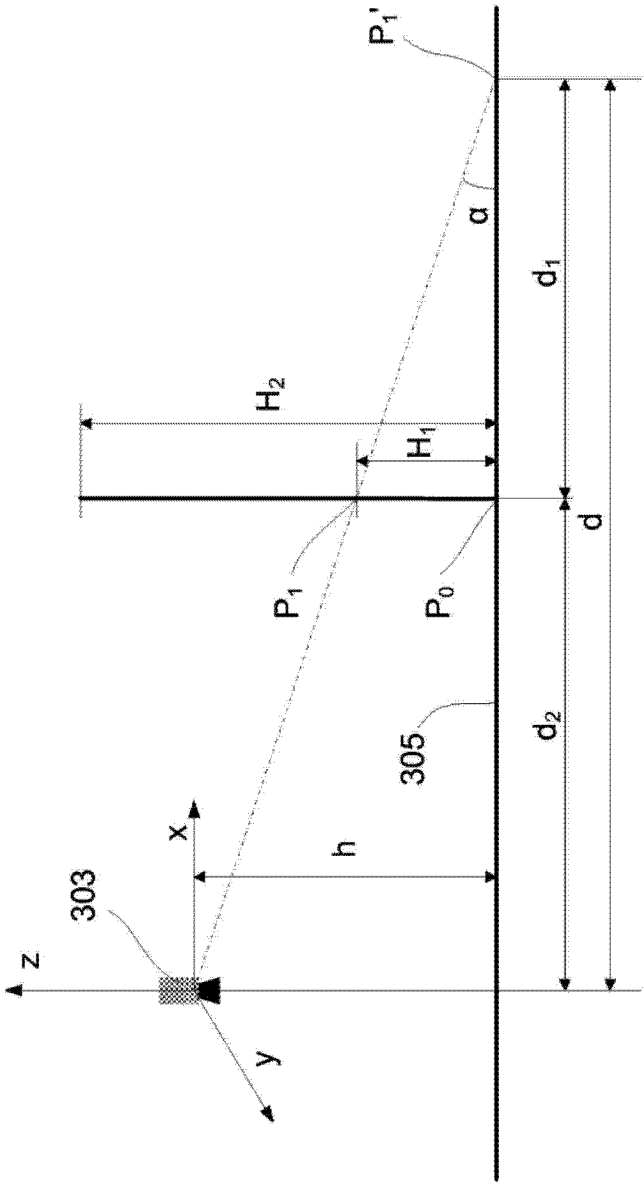


图 5



图 6

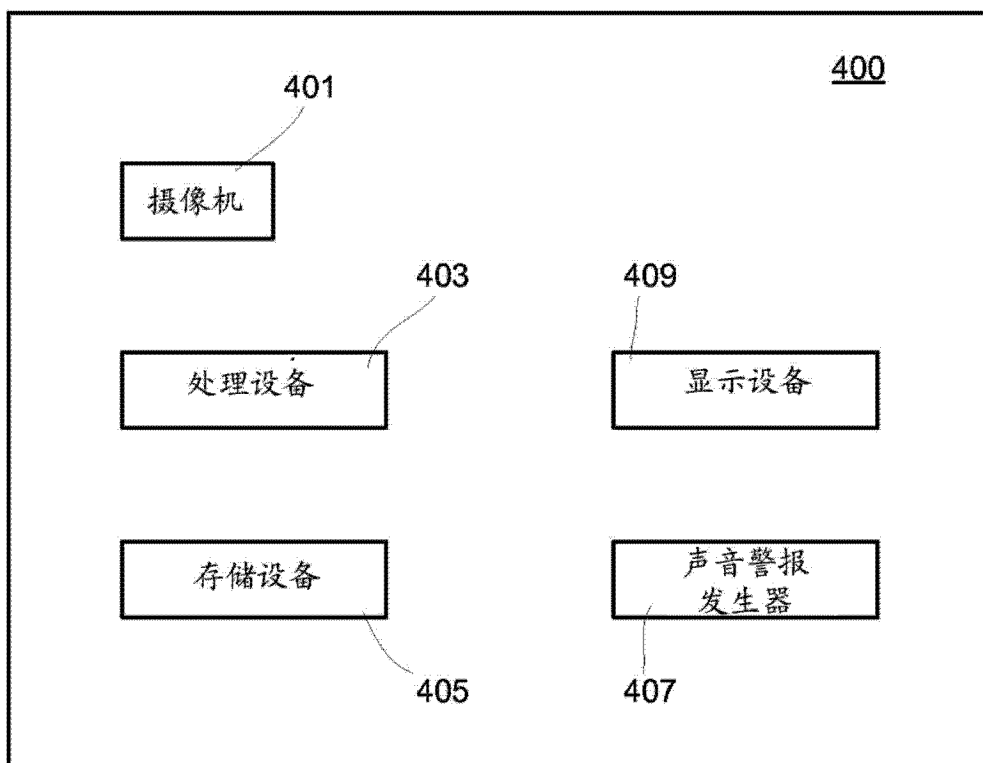


图 7