

# 基于视觉传感器的智能车摄像头标定技术研究(上)

Research on Calibration Method for a Smart Car Based on Vision

■ 王建 中国科学技术大学自动化系(安徽合肥 230027)

张晓炜 杨锦 咎鑫 刘小勇 西安交通大学(陕西西安 710049)

**摘要:** 在智能车比赛中,摄像头组肯定要遇到的问题是图像存在梯形失真,若选用广角镜头,还会存在桶形失真。解决这两种几何失真将对后面的处理提供方便。本文介绍了作者所在车队的摄像头标定技术。此方法简单实用,值得借鉴。

**关键词:** 智能车;飞思卡尔;梯形失真;桶形失真;几何标定;透视变换;广角镜头

DOI: 10.3969/j.issn.1005-5517.2010.05.014

## 引言

本文以飞思卡尔智能车大赛为背景,使用飞思卡尔(Freescale)生产的16位微控制器MC9S12XS128作为控制核心,制作一个能巡线快速行驶的摄像头小车。由于摄像头光轴与地面呈一定夹角,于是其成像存在梯形失真;为了扩大视野,广角镜头越来越为很多队伍所采用,于是又存在桶形失真。这两种失真,是每个采用广角镜头的摄像头队伍都要遇到的问题。很多队伍都回避这个问题,直接采用图像预处理后的像素点进行控制。但若将像素点转换为实际物理坐标,无疑更直观,对程序的编写或建模带来很大的方便,并且本文提出的这个方法,可有效解决这两种失真,实际操作并不复杂。

## 各队解决方案综述

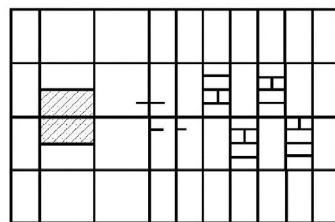
文献[1]提出的方法是:可以通

过对于每行提取的道路位置通过一个线性修正来消除梯形失真,可通过实验的方式确定线性补偿的系数。但是该实验方法比较繁杂,并且不能消除桶形失真。

文献[2]制作了一个图像标定板,如图1所示。

其原理是:图1(a)中阴影部分是车体放置的位置。在标定板上等间距地贴了许多黑线,给标定板拍照后,就可以知道实际中的位置与图像中的位置的相互关系。这个方法由于黑线有一定宽度,所以会存在较大误差。

文献[3]采用非均匀采集的方案。所谓非均匀采集



(a)



(b)

图1 (a)图像标定板

(b)摄像头拍到的图像

是与均匀采集对应的。在均匀采集中,AD模块所采集的行均匀分布于摄像头输出的图像中。而非均匀采集则是指,AD模块所采集的行按某种规则非均匀地分布在原始图像中,而这种规则是保证采集得到的图像在纵向上(小车中轴方向)与现实景物不畸变。然后再确定每一行的横向畸变系数。

如图2所示,非均匀采集时,远处采得密,近处采得稀。由于摄像头安装方式在实验时会经常变动,以确定最佳俯角和最佳高度,每当变动就需要重新标定。这个方案就不大方便了。文献[4]建立了一个光路几何模型图,如图3所示。

实验方案:量取摄像头架固定螺钉的高度 $H$ 与摄像头中心相对于竖直杆的偏转角度(俯角) $\theta$ 。由于光学中心的计算完全由这两个数据及近端距固定杆的距离 $S$ (即测量保险杠距固定杆的距离 $S_0$ 和近端距保险杠距离 $S'$ 相加得到,也可直接在实验板上测量

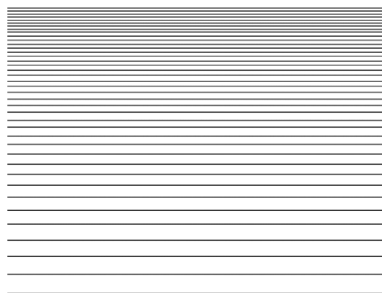


图2 非均匀采集的行数

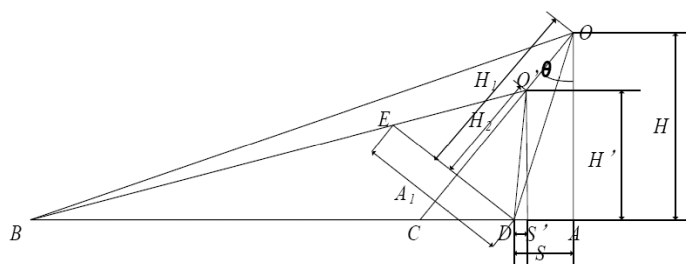


图3 光路几何模型图

由近端黑线到摄像头固定杆的距离 $S$ )确定,因此要做到越精确越好。由 $O$ 点做垂线长度为 $H$ 至点 $A$ ,做水平线 $AB$ ,截取 $AD$ 长为 $S$ , $DB$ 过 $O$ 点做与垂线成 $\theta$ 的射线交 $AB$ 于 $C$ ,过 $D$ 做 $DE$ 垂直于 $OC$ ,并使 $OC$ 为 $DE$ 的垂直平分线,连接 $BE$ 并延长,交 $OC$ 与 $O'$ ,则 $O'$ 为光学中心。从图上能算得 $O'$ 距底边距离为 $H'$ ,俯角不变。

将实验板垂直放置,做出边长为 $A_1$ 的正方形标定区域,即图3中的 $DE$ 平面,将摄像头水平对向实验板中心

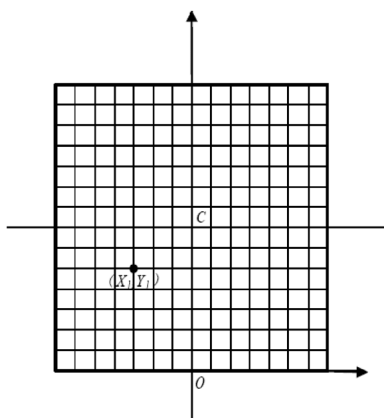


图4 标定实验板示意图

$C$ ,摄像头架固定螺钉距实验板距离为 $H_1$ 。读出标定实验板上特征点的相应像素点。可以得到图4中 $(X, Y)$ 与像素点 $(U, V)$ 的关系( $U$ 为行数, $V$ 为列数)。

由于实验平面与真实视野平面之间是纯几何关系,因此这部分转换函数关系可以用几何推导。其公式较

复杂,在这里不一一列出。

其公式最大的弊端在于有很多 $\sin()$ 、 $\cos()$ 等三角函数

运算,但单片机做这种运算会花费大量时间,所以本应尽量避免出现三角函数、开方等运算。而且,若采用广角镜头或摄像头架得较低时, $B$ 点将会距 $A$ 点很远而找不到 $B$ 点。所以该方法也不具通用性。实验本身也比较复杂。

文献[5]采用的实验方法是:事先在一块白板上画一系列小的正方形,正方形越小,精度越高。然后标定中心黑粗线,用来确定赛车的摆放

位置和图像的中心。如图5所示。之后可以直接读出各特征点相应的像素坐标,建立对应关系。

该实验方案很直观,但其操作未必简便。因为摄像头视野较广,所需矫正网络也较大,在其上画方格线很难保证绝对水平或垂直。

文献[6]根据几何数学建模,得出摄像头获取图像的成像坐标与景物实际的世界坐标的关系。

坐标变换关系如下:

$$\begin{cases} Y2 = \frac{\frac{c}{\tan\theta} \text{row} + a}{b - c * \text{row}} \\ X2 = \frac{\left( \frac{l}{l_{\max}} \text{line} - 0.5 \right) \frac{h}{\cos\theta}}{b - c * \text{row}} \end{cases}$$

其中  $a = \frac{f}{H} \tan\theta - 0.5 \frac{L}{H}$ ,

$b = \frac{f}{H} - 0.5 \frac{L}{H} \tan\theta$ ,  $c = \frac{L}{H} \frac{\tan\theta}{r_{\max}}$ ,

在摄像头安装固定后, $c/\tan\theta$ 、 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $h$ 和 $h/\cos\theta$ 均为常量。这个方法还是比较好的,但是需要知道 $f$ 、 $L$ 、 $H$ ,这三个参数厂家会提供,但不一定准确, $\theta$ 也较难准确测量,且不能解决桶形失真的问题。BWM(未完待续)

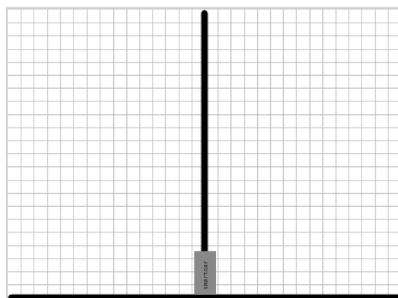


图5 摄像头矫正网络(黄色部分为小车摆放位置)

#### 参考文献:

- [1]卓晴,黄开胜,邵贝贝等.学做智能车[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007:17.
- [2]湛彬,童周力,张文超.国防科技大学“红旗I”队技术报告[R].2008:53-55.
- [3]杨树峰,王涌杨,李国洪.东北大学“猎豹”队技术报告[R].2009:23-26.
- [4]赵祥磊,吴颖嘉,雷典.吉林大学“爱德”队技术报告[R].2009:附录A 1-4.
- [5]刘运银,刘帅,洪长志.合肥学院“突击”队技术报告[R].2009:53-54.
- [6]陈易厅,苏文友,关振明.华南理工大学“急速”队技术报告[R].2009:22-23.
- [7]胡晨晖,陆佳南,陈立刚.上海交通大学“CyberSmart”队技术报告[R].2007:90-92.
- [8]冯培伟.系统辨识(第二版)[M].杭州:浙江大学出版社,2004:56-58.
- [9]汪国育,俞立科,张天序.一种新的大视场景象的几何失真校正方法[J].数据采集与处理,1996,11(2):112-115.

# 基于视觉传感器的智能车摄像头标定技术研究(上)

作者：[王建](#)，[张晓炜](#)，[杨锦](#)，[咎鑫](#)，[刘小勇](#)  
作者单位：[王建\(中国科学技术大学自动化系, 安徽合肥, 230027\)](#)，[张晓炜, 杨锦, 咎鑫, 刘小勇\(西安交通大学, 陕西西安, 710049\)](#)  
刊名：[电子产品世界](#)  
英文刊名：[ELECTRONIC ENGINEERING & PRODUCT WORLD](#)  
年，卷(期)：2010, 17(6)

## 参考文献(9条)

1. [卓晴; 黄开胜; 邵贝贝](#) [学做智能车](#) 2007
2. [湛彤; 董周力; 张文超](#) [国防科技大学“红旗I”队技术报告](#) 2008
3. [杨树峰; 王潇杨; 李国洪](#) [东北大学“猎豹”队技术报告](#) 2009
4. [赵祥磊; 吴颖素; 富典](#) [吉林大学“爱德”队技术报告](#) 2009
5. [刘运银; 刘帅; 洪长志](#) [合肥学院“突击”队技术报告](#) 2009
6. [陈易厅; 苏文友; 关振明](#) [华南理工大学“急速”队技术报告](#) 2009
7. [胡晨晖; 陆佳南; 陈立刚](#) [上海交通大学“CylperSmart”队技术报告](#) 2007
8. [冯培饬](#) [系统辨识](#) 2004
9. [汪国有; 俞立科; 张天序](#) [一种新的大视场景象的几何失真校正方法](#) 1996(02)

## 本文读者也读过(2条)

1. [王建](#), [张晓炜](#), [杨锦](#), [咎鑫](#), [刘小勇](#) [基于视觉传感器的智能车摄像头标定技术研究\(下\)](#) [期刊论文]-[电子产品世界](#) 2010, 17(7)
2. [贾秀江](#), [李颢](#) [摄像头黑线识别算法和赛车行驶控制策略](#) [期刊论文]-[电子产品世界](#) 2007(5)

本文链接：[http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_dzcpsj201006017.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dzcpsj201006017.aspx)