

文章编号:1001-9081(2006)11-2775-03

## RoboCup 小型组比赛中多目标运动图像识别算法

刘 祺,刘国栋

(江南大学 通信与控制工程学院,江苏 无锡 214122)

(liuqi1217@sina.com)

**摘 要:**由于隔行扫描摄像头采集的图像能产生运动模糊现象,因此采用隔行扫描摄像头的机器人足球比赛视觉子系统难以识别出场上的运动目标。在对航迹预测原理研究后,提出了多目标运动图像识别算法。该算法首先通过目标的当前位置预测目标下一周期的位置,在目标预测位置的区域内分别在奇数行和偶数行寻找目标像素,然后计算运动目标相邻两场之间水平方向和竖直方向的运动矢量,根据运动矢量采用插补方法进行去隔行处理,最后实现多目标同时识别。实验表明,采用这种方法能明显提高视觉系统对比赛中的运动目标的识别能力。

**关键词:**运动模糊;隔行扫描;航迹预测;区域生长

**中图分类号:** TP24;TP391.41 **文献标识码:** A

### A multi-target recognition algorithm for motion blur image in small-size RoboCup competition

LIU qi, LIU Guo-dong

(School of Communication and Control Engineering, Southern Yangtze University, Wuxi Jiangsu 214122, China)

**Abstract:** It is difficult for the visual subsystem of RoboCup robot soccer competition, which is realized by an interleaved camera, to identify the motion target on the field because of the motion fuzzy phenomenon. A new multi-target recognition algorithm for vision subsystem was presented based on the principle of track forecast. First, the target location of next frame was forecasted by current location and the target pixels on odd and even scan line were found in the region of forecasted target location. Then, the horizontal and vertical velocity vectors of the motion target were computed. Finally the motion interpolation was used to get high vertical resolution progressive frames from interlaced frames. Multi-target identity was realized at the same time. The result shows that visual system's identification ability of motion target can be improved by using this method.

**Key words:** motion blur; interlaced scan; track forecast; region growing

## 0 引言

RoboCup 小型组比赛系统按功能可以分为四个子系统:机器人子系统、视觉子系统、决策子系统和通讯子系统。视觉子系统是机器人的主要信息来源,它把由场地正上方的摄像头采集的图像进行处理,转化成信息传给决策子系统来控制机器人的动作,这些信息包括双方队员的位置、编号、移动速度、足球的位置等,而这些信息主要是根据各个机器人彩色标志的不同来加以识别。由于一些参赛队采用隔行扫描的摄像头,在图像上产生运动模糊效果,机器人的彩色标志所成的像为“梳齿状”,这给视觉系统的识别带来极大的困难,丢帧(某帧识别不出机器人或球)现象频繁发生。

隔行扫描方式是将一帧图像分成两场进行扫描,第一场扫描出一幅图像的第 1,3,5,7 等奇数行,第二场扫描第 2,4,6,8 等偶数行,然后将相邻奇偶两场图像合成一帧图像。例如,对于 PAL 式摄像头,每秒传送 25 帧图像,那么每秒就需要扫描 50 场。运动物体在相邻两场图像中所处的位置是不同的,当相邻奇数场和偶数场的扫描线相隔地排列而生成一帧图像时,运动物体的奇数行和偶数行发生错位就产生了运动模糊现象,运动速度越快的物体其模糊现象越明显<sup>[1]</sup>。对于这种运动模糊,一般的方法无法真正消除,只有采用运动

估计技术找出运动物体在水平方向和竖直方向的位移( $dx$ ,  $dy$ )即运动矢量,按运动矢量调整相邻两场运动图像的位置,才能达到消除运动模糊的目的<sup>[2]</sup>。

在 RoboCup 小型组足球比赛中,由于目标在场上快速运动,并且每时每刻场上目标的运动方向、运动速度各不相同,因此无法采用统一的运动估计方法。本文根据航迹预测原理,设置动态窗口跟踪目标的运动轨迹,分别在奇数和偶数扫描线上寻找目标像素点,找出运动目标相邻两场之间水平方向和竖直方向的运动矢量,对目标分别进行运动补偿,然后根据本文算法同时对目标进行识别。实验表明,该方法能达到很好的识别效果。

## 1 目标搜索

对于摄像头采集的图像,如果每个点都做判断,无法满足比赛实时性的要求,通常是采用网格搜索和区域生长的方法识别目标<sup>[3]</sup>,网格搜索法把整个图像分成大小相等的若干个窗口,每个窗口只判断一个像素,当找到与目标颜色相同的像素后,就把这个点作为种子,再向四周扩散,并且判断周围像素的颜色,直到把整个区域填满为止。而对于隔行扫描的摄像头,在采用网格搜索时,要考虑场的存在。如果选取  $4 \times 4$  的搜索区域<sup>[4]</sup>,则  $x, y$  方向都是每隔 4 个像素判断一个点,

收稿日期:2006-05-29;修订日期:2006-07-08

作者简介:刘祺(1977-),男(回族),河北仓县人,硕士研究生,主要研究方向:运动图像识别、机器人视觉;刘国栋(1950-),男,辽宁沈阳人,教授,主要研究方向:多智能体、机器人视觉。

如图 1(a)。

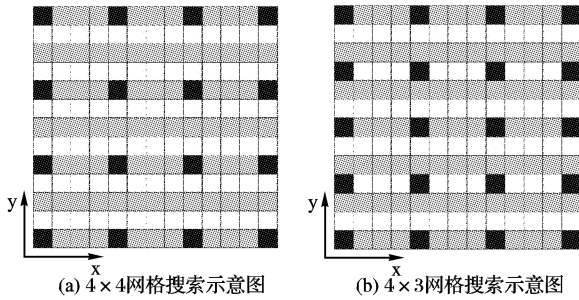


图 1 搜索方法比较

其中每个网格代表一个像素,白色和灰色分别代表不同场,黑色表示所扫描的像素。采用 4×4 网格搜索方法就丢掉了其中一场的信息。由图 1 可以看出,所有被搜索的像素都为奇数场内像素或偶数场内像素。因此采用网格搜索时,要把 y 方向设为奇数,保证在识别像素时在两场之间来回跳转,例如采用的 4×3 的搜索方法,如图 1(b)。

### 2 航迹预测

由于目标在不断运动,它的位置时刻在变化,根据航迹预测原理,在一个非常小的时间段内,物体的运动速度恒定,因此目标在下一帧的位置可以利用其当前的位置和速度的估计来预测<sup>[5]</sup>。设目标的当前位置为  $(x_k, y_k)$ ,那么目标下一帧的预测位置为:

$$\begin{cases} x_{k+1} = x_k + v_{x,k} \cdot \Delta T \\ y_{k+1} = y_k + v_{y,k} \cdot \Delta T \end{cases} \quad (1)$$

由于在实际的决策中,无法直接得到机器人的速度,(1)式改写为:

$$\begin{cases} x_{k+1} = x_k + \Delta x = 2x_k - x_{k-1} \\ y_{k+1} = y_k + \Delta y = 2y_k - y_{k-1} \end{cases} \quad (2)$$

式中  $v_{x,k}, v_{y,k}$  为预测的目标当前帧  $x, y$  方向速度分量。 $\Delta T$  为相邻帧之间的时间间隔,  $\Delta x, \Delta y$  分别为在  $\Delta T$  时间内  $x, y$  方向上的增量。 $x_{k-1}, y_{k-1}$  为上一帧目标位置。

设目标  $p$  在当前帧没有识别出来,则认为目标产生运动模糊图像,以上一帧预测的点  $(x_{k+1}, y_{k+1})$  为中心,机器人外接圆半径  $R$  为距离向外扩展的动态窗口为新的搜索区域。在实际比赛中,考虑到目标之间经常有碰撞产生,导致目标的运动轨迹发生变化,对于搜索区域的选取我们留有一定的余地,一般选取  $2R \sim 3R$  的距离。

### 3 识别算法

由于动态搜索窗口比目标大很多,在窗口中可能存在多个目标。假设在同一窗口中同时有对方机器人、球和我方机器人,且运动方向各不相同,则要同时识别这些运动目标是非常困难的。由于参赛双方各有 5 个机器人,球只有一个,因此把识别算法分为对球的识别和对机器人的识别,即单目标识别算法和多目标识别算法。

#### 3.1 单目标识别算法

单目标识别算法就是对球的识别,由于球只有一个且颜色单一,因此不需要计算运动矢量就可以求出目标位置,处理流程如图 2。

考虑噪声的影响,通过  $Threshold1$  判断找到的像素是否为真实的目标所成的像,如果在搜索窗口内找到的与球的颜色相同的像素少于  $Threshold1$ ,认为这些像素是噪声引起的,而非目标成像。

偶数行是摄像头当前帧里第二场所扫描的图像,因此目标的当前位置可以直接由偶数行确定,把偶数行像素的重心作为目标位置坐标。如果偶数行像素小于  $Threshold2$ ,可以认为奇数场目标在窗口内,而偶数场目标已经跑到窗口外部,此时把奇数行的像素重心坐标作为目标的位置坐标。

在计算重心过程中,应同时进行识别和过滤处理,即根据各像素点的坐标,分别判断该像素是否为所要识别的目标,如像素点与已计算的重心点的距离已经超出色标的大小,即可判断它已经不是目标,将其滤除。

如果目标在连续的几帧中都没有找到,则认为目标可能不在场上或丢失,此时停止预测目标位置,直到目标被重新搜索到。

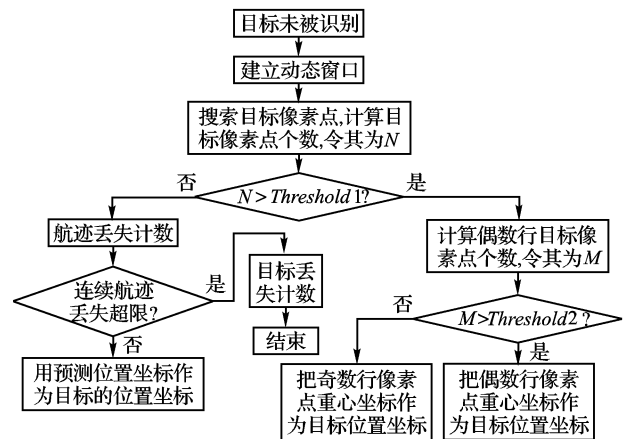


图 2 单目标识别算法流程

#### 3.2 多目标识别算法

在 RoboCup 小型组比赛中,机器人的色标由一个主色标和三个辅助色标组成,主色标用来区分双方机器人,辅助色标用来判断机器人的正方向和队员编号。为了降低识别复杂度,多目标识别算法也需要把双方队员分开处理,因此在寻找目标时,只识别机器人主色标,辅助色标在区域生长时进行识别,处理流程如图 3。

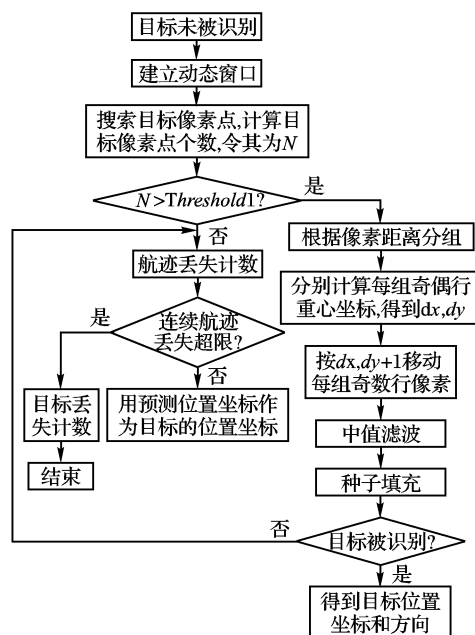


图 3 多目标识别算法流程

由于动态搜索窗口大于机器人的尺寸,对于识别出来的像素总和,可能是由多个目标组成,因此必须把像素分组,要求满足每组的任意像素到该组重心的距离小于机器人半径

$R_0 HJ$  对于每组像素按奇偶行重心坐标差值计算得到运动矢量  $dx, dy$ 。此时所得到运动矢量指的是奇偶两场扫描线匹配时的重合位置,因此要对运动矢量进行竖直方向的调整,将奇数场中的扫描线向上或向下移动一行,才能与偶数行交错生成逐行图像,本文按  $dx, dy + 1$  移动奇数行内包括辅助色标像素区域的所有像素。所选的区域为以奇数行重心坐标为中心,  $x$  方向以机器人外接圆半径  $R$  为距离向外扩展,  $y$  方向以  $R/2$  为距离向外扩展的区域作为移动区域。合并后对新的区域采用中值滤波,滤除由于像素移动产生的孤立噪声。

#### 4 实验结果分析

表 1 目标识别效果统计

对象	原始方法		本文方法	
	静止状态平均丢帧次数	运动状态平均丢帧次数	静止状态平均丢帧次数	运动状态平均丢帧次数
球	7	34	3	12
机器人 1	5	39	9	21
机器人 2	7	41	2	20
机器人 3	7	30	5	17
机器人 4	8	35	3	25
机器人 5	4	35	4	19
平均值	6	36	5	19

为了检验本文算法的有效性,进行了多次实验,实验采用 MINTRON 63V3HP 摄像头和 C30A 彩色图像采集卡,摄像头每秒扫描 50 场,传送 25 帧图像。CPU 为 2.8GHz,内存 512M,操作系统为 Windows XP,所有程序都用 Visual C++ 6.0 编写。根据目标在静止状态和运动状态分别做 20 次测

试,为了直观地展示实验效果,记录 500 帧中球和我方 5 个机器人的平均丢帧次数,数据如表 1 所示。

由表 1 可以看出,目标在静止状态下,视觉系统的识别能力较好。一旦目标在场地上运动起来以后,识别效果明显下降,说明了模糊运动图像对目标识别有很大的影响。采用本文方法后,不但大幅度地提高了运动目标识别能力 ( $36 - 19$ )/ $36 = 47\%$ ,而且对静止目标的识别能力也有一定提高。

#### 5 结语

该文把航迹预测和运动模糊图像中去隔行方法应用到 RoboCup 小型组足球比赛的视觉系统中,并根据隔行扫描视觉成像特点改进了网格搜索方法,提出了对比赛中运动目标的识别算法。该方法使得采用低端摄像头的机器人足球比赛系统也能很好满足实时性和精确性的要求,降低了整个系统的成本。

#### 参考文献:

- [1] 吴迪,王秀英.非线性编辑中去隔行技术的应用[J].中国有线电视,2005,(14):1411-1413.
- [2] 秦波,吴援明,杨健君等.消除运动模糊的隔行逐行转换算法[J].电视技术,2002,(9):74-78.
- [3] 何超,熊蓉,戴连奎.足球机器人视觉图像的快速识别[J].中国图象图形学报,2003,8(3):271-275.
- [4] 王卫,陈继荣,徐业.足球机器人彩色视觉图像的分割与识别[J].计算机工程与应用,2005,41(17):68-71.
- [5] 周军,王廷旗,张涛等.基于全局视觉的足球机器人实时避障策略设计[J].哈尔滨工业大学学报,2005,37(7):924-926.
- [6] 张蓉生,刘志鹏,李春晓.平面图像里重叠微小气泡的分离及测量[J].仪器仪表学报,2006,27(1):38-41.

(上接第 2774 页)

绘制算法与 Seamus McNally 对该算法误差度量的改进,实验平台是 P4 2.6GHz CPU,512M 内存,GeForce FX 5200,Windows XP Professional 中文版。

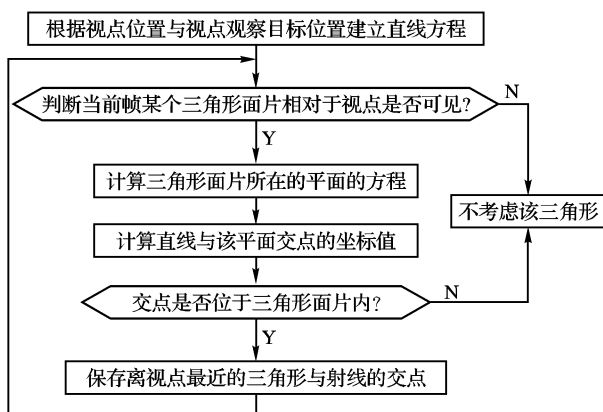


图 7 碰撞检测流程

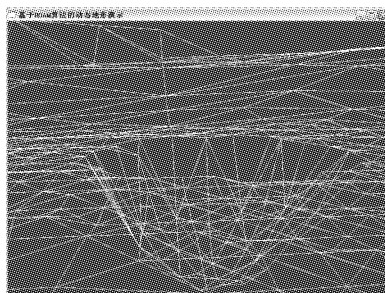


图 8 弹坑可视化结果

#### 4 结语

本文基于 Mark Duchaineau 开发的 ROAM 算法及 Seamus McNally 对该算法的改进,提出了动态地形可视化框架,并以炮弹实时生成为例讨论了虚拟环境中仿真实体与地形交互问题的设计思想与实现方法。因为动态地形的种类比较多,如车辙、脚印等,其实现方法各具特点,因此在具体实现虚拟环境中的仿真实体与地形交互的碰撞检测时,必须充分考虑仿真实体与地形交互的特点。例如实现车辙的实时碰撞检测,必须综合考虑车辆及车轮的重力、角速度等各种属性进行综合建模。

#### 参考文献:

- [1] DUCHAINEAU M, WOLINSKY M, SIGETI DE, et al. ROAMing Terrain: Real-time Optimally Adapting Meshes [A]. IEEE Visualization'97 Proceedings [C], 1997. 81-88.
- [2] TURNER B. Real-Time Dynamic Level of Detail Terrain Rendering with ROAM [EB/OL]. [http://www.gamasutra.com/features/20000403/turner\\_01.htm](http://www.gamasutra.com/features/20000403/turner_01.htm), 2006
- [3] STEFAN R, HEIDRICH W, SLUSALLEK P, et al. Real-Time Generation of Continuous Levels of Detail for Height Fields [EB/OL]. <http://www.vis.uni-stuttgart.de/~roettger/data/Papers/TERRAIN.PDF>, 2006
- [4] DE BOER M. Fast Terrain Rendering Using Geometrical Mipmapping [EB/OL]. [http://www.flipcode.com/articles/article\\_geomipmaps.pdf](http://www.flipcode.com/articles/article_geomipmaps.pdf), 2000
- [5] 赵沁平. DVENET 分布式虚拟环境 [M]. 北京:科学出版社,2002.
- [6] 张荣华,李凤霞.复杂战场环境中动态地形的表示及可视化技术研究[J].计算机工程与应用,2003,12(34).
- [7] <http://www.treadmarks.com> [EB/OL], 2006.