

# 基于全方位视觉的多目标检测跟踪<sup>①</sup>

## Detection and Tracking Multiple Moving Objects Based on Omnidirectional Vision

丁艳 杨东勇 陈晋音 (浙江工业大学 软件学院 浙江杭州 310023)

**摘要:** 提出了一种采用全方位视觉的多运动目标检测与跟踪方法。用减背景和连通域分割法检测运动目标; 利用 Kalman 滤波器预测目标的运动参数; 建立匹配矩阵, 处理运动目标间的互相遮挡、目标暂时消失、重叠目标分离等情况。实验表明所设计的方法能在复杂背景的全方位视场中很好地跟踪多个运动目标。

**关键词:** 全方位视觉 运动目标检测 目标跟踪 卡尔曼滤波 匹配矩阵

### 1 引言

运动目标检测与跟踪是视觉监控的主要组成部分。本文采用可获得水平方向上 360° 环绕场景图像的全向摄像机, 在整个场景中对所有目标进行监视跟踪<sup>[1-3]</sup>。目前国内外在全方位视觉下对多目标进行跟踪还存在着一定的难度。

本文提出了一种在全方位视觉下多目标检测跟踪的有效方法。该方法首先利用帧差法分离前景区域, 并实时更新背景, 利用基于递归的二值图像连通域像素标记算法分割运动目标, 通过 Kalman 滤波器预测运动目标在后续帧中的参数, 建立相邻帧间的匹配矩阵<sup>[4]</sup>, 分析匹配矩阵判断多目标状态, 从而有效地跟踪多个运动目标。

### 2 目标检测

运动区域提取的目的是检测出图像序列中运动目标的信息。本文采用减背景的方法, 该方法相对需要的计算量少得多, 用于信息量巨大的全方位视觉图像比较适合。

#### 2.1 运动区域检测

在把图像转化为灰度图基础上对图像进行高斯卷积平滑滤波预处理<sup>[5]</sup>, 使图像去噪和平滑。也就是对于给定输入灰度图像, 在输出图像中每一个像素是输

入图像中一个小区域中像素的加权平均, 其权值由卷积核定义, 本文卷积核为 3 × 3 的矩阵。

利用当前视频帧与背景模型的差异来检测出运动区域。

$$\text{Diff} = \begin{cases} 1 & |I_i(x, y) - B_i(x, y)| \geq T \\ 0 & |I_i(x, y) - B_i(x, y)| < T \end{cases} \quad (1)$$

式中  $I_i(x, y)$ ,  $B_i(x, y)$  分别为当前视频帧图像和背景图像在  $(x, y)$  的灰度值,  $T$  为差值阈值。Diff 为 1 表示该点为运动目标, Diff 为 0 表示该点为背景。

利用 Surendra 背景更新算法获取自适应的背景图像。该算法通过当前帧帧差图像找到物体的运动区域, 对运动区域内的背景保持不变, 非运动区域的背景用当前帧进行替换更新, 经过一段时间后就可得到背景图像。其算法如下:

- ① 将第 1 帧图像  $I_0$  作为背景  $B_0$ 。
- ② 选取阈值  $T$ , 迭代次数  $m = 1$ , 最大迭代次数 MAX - STEPS。

- ③ 求当前帧的帧差分图像:

$$D_i = \begin{cases} 1 & |I_i - I_{i-1}| \geq T \\ 0 & |I_i - I_{i-1}| < T \end{cases} \quad (2)$$

- ④ 由二值图像  $D_i$  更新背景图像  $B_i$ , 即:

$$B_i(x, y) = \begin{cases} B_{i-1}(x, y) & D_i(x, y) = 1 \\ \alpha I_i(x, y) + (1-\alpha) B_{i-1}(x, y) & D_i(x, y) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

① 基金项目: 浙江省科技厅计划基金资助项目(2004C31103)

式中  $B_i(x, y)$ ,  $D_i(x, y)$  为背景图像和差分二值图像在  $(x, y)$  的灰度值,  $I_i$  为输入的第  $i$  帧图像,  $\alpha$  为迭代速度系数。

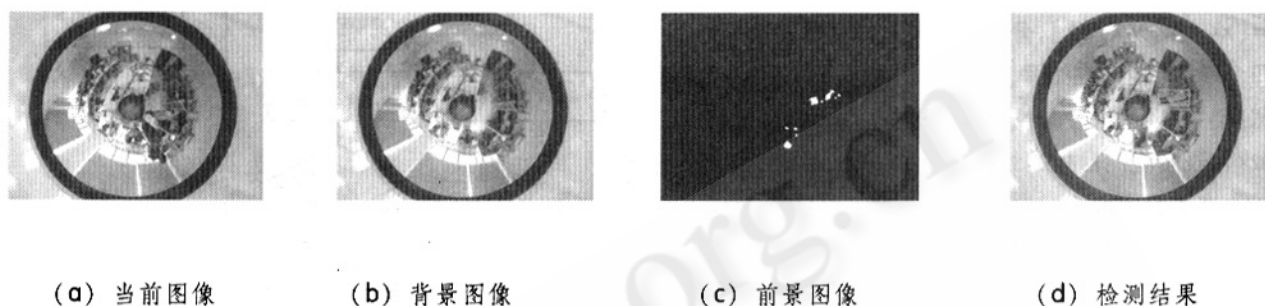


图 1 目标检测

⑤ 迭代次数  $m = m + 1$ , 返回③, 当迭代次数  $m = \text{MAX} - \text{STEPS}$  时结束迭代。此时  $B_i(x, y)$  可视为背景图像。

实验中假设第一帧图像检测时场景中有个别运动物体非静止状态存在, 故先取前 100 帧图像作为初始背景的检测即  $\text{MAX} - \text{STEPS} = 100$ ,  $\alpha = 0.03$ , 此时背景的更新速度较快。100 帧以后, 更改  $\alpha = 0.0003$ , 背景将仍能实时更新, 此时运动物体即使停留仍能很好的检测得到。

为了消除小而假的前景运动目标, 以便得到真正的前景目标。先用  $3 \times 3$  的腐蚀模板过滤, 去掉零散的噪音点线, 再用  $3 \times 3$  的膨胀模板过滤, 恢复原来正确的前景区域。

## 2.2 运动目标分割

采用基于递归的二值图像连通域像素标记算法分割运动目标。先对二值图像中所有像素点进行完整扫描, 标记所有目标像素点同时对发现的等价对记录到等价标记表中。等价对是由于扫描次序导致开始时认为是两个不同的连通区域, 随着扫描的深入发现两个连通区域又连在一起, 把这两个连通区域标记号记录为等价对。然后采取递归方法分析并整理等价对, 每次递归迭代都把属于同一个连通域的所有等价对从等价对表中找出来, 重新归入一类, 并把包含它们的等价对从等价对表中删除; 同时分析是否含有重复的等价对。通过该方法可得到二值图像中的连通域划分和连通域的数目, 同时还得到每一个连通域的中心点位置, 外接矩形数据(左上角坐标, 长, 宽), 面积

大小。

在分割运动目标时, 当前景灰度与背景灰度相似时, 运动目标会出现碎片。为了尽量减少目标碎片影

响后续跟踪, 对目标碎片进行合并处理。计算目标外接矩形间的最短距离, 若距离小于阈值则目标合并。为消除极小目标的干扰, 通过判断目标的面积是否小于面积阈值来丢弃过小的目标。

## 2.3 实验结果

目标检测结果如图 1 所示, 图 1(a) 是视频序列第 205 帧图像, 图 1(b) 是此时的背景图像, 图 1(c) 是检测得到的前景目标区域, 图 1(d) 是当前目标区域目标分割结果。检测出的目标用不同的标号进行标识, 目标检测结果正确。

## 3 目标跟踪

要使多目标跟踪正确稳定就需要考虑多种情况<sup>[6]</sup>的发生。算法要能够判断遮挡的发生, 并当目标之间遮挡结束时能继续对目标进行跟踪, 目标暂时消失又出现时也要能跟踪。本文采用 Kalman 滤波器预测目标在下一帧中的参数, 建立目标间的匹配关系, 确定当前帧中的目标标号, 从而得到运动轨迹, 实现多运动目标的跟踪。

### 3.1 基于 kalman 滤波器的运动目标参数预测

本文应用 Kalman 滤波器估计运动目标在下一帧中的参数。Kalman 滤波器的状态方程和观测方程分别如下:

$$X(k) = AX(k-1) + BU(k) + W(k) \quad (4)$$

$$Z(k) = HX(k) + V(k) \quad (5)$$

其中,  $X(k)$  和  $X(k-1)$  分别是  $k$  时刻和  $k-1$  时刻的状态变量,  $U(k)$  是  $k$  时刻对系统的控制量,  $A$  和  $B$  是

系统参数,  $A$  是状态传递矩阵,  $B$  是控制矩阵。  $Z(k)$  是  $k$  时刻的测量值,  $H$  是观测矩阵。  $W(k)$  和  $V(k)$  分别表示过程和测量的噪声, 被假设成高斯白噪声, 协方差阵分别是  $Q, R$ 。 在实验中选择系统的状态变量为  $X(k) = [xk, yk, wk, hk]$ , 分别表示  $k$  时刻目标外接矩形的四个参数(矩形左上角  $x$  坐标,  $y$  坐标, 矩形的长度和宽度), 观测状态向量为  $Z(k) = [xzk, yzk, wzk, hzk]$ , 表示观测目标的外接矩形参数。

在实验中取

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Q = \begin{bmatrix} 0.001/3 & 0.005 & 0 & 0 \\ 0.005 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.001/3 & 0.005 \\ 0 & 0 & 0.005 & 0.1 \end{bmatrix}$$

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad B = 0$$

利用 Kalman 滤波器从运动目标当前帧的测量信息得到下一帧的预测信息。

### 3.2 建立目标匹配矩阵

目标跟踪也就是相邻帧之间的各目标正确匹配, 本文用 Kalman 滤波器预测得到每一帧运动目标的预测参数来建立上一帧与当前帧的匹配关系。 计算当前帧中的每一个目标的外接矩形与上一帧中每一个目标的预测矩形的相交面积。

$$M = \begin{pmatrix} m_{11} & \dots & m_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{m1} & \dots & m_{mn} \end{pmatrix} \quad m_{ij} = Match(O_i^{k-1}, O_j^k)$$

(6)

其中  $m$  为  $k-1$  时刻的目标总数,  $n$  为  $k$  时刻的目标总数。 如果相交面积大于阈值(阈值设为 20), 则认为目标匹配, 在匹配矩阵  $M$  里设其值为 1, 否则设其值为 0。

### 3.3 目标跟踪

目标跟踪的流程图如图 2 所示。

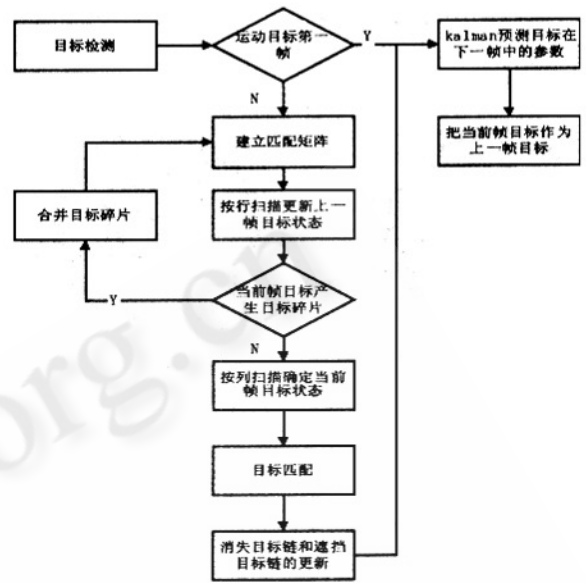


图 2 目标跟踪流程图

当前帧中检测得到的每一个运动目标, 设有五个参数: *state*, *lable*, *retangle*, *predicted*, *special*。 其中 *state* 表示目标匹配的状态, 分别为: *Old* (与上一帧目标匹配), *Merged* (多目标遮挡), *Split* (遮挡目标被分离), *New* (新目标), *Disappear* (目标消失); *lable* 表示目标标号, 同一目标应有相同的标号; *retangle* 存储目标的外接矩形参数; *predicted* 存储当前目标由卡罗曼滤波器预测后的外接矩形参数; *special* 在目标遮挡或者分离时存储各个目标标号。

在目标跟踪时设置了如下的链表: 存放上一帧所有目标的 *lastobjects*, 存放当前帧所有目标的 *nowobjects*, 存放消失目标的 *disappearedobjects*, 存放被遮挡目标的 *mergedobjects*。

#### 3.3.1 扫描匹配矩阵

本文参考了文献<sup>[7]</sup>的匹配矩阵算法, 提出先按行扫描矩阵来更新上一帧的目标运动状态, 再按列扫描矩阵来确定当前帧的目标匹配状态, 这样可以在目标暂时消失, 目标产生碎片时仍能实现跟踪。

按行扫描矩阵时, 若第  $k$  行元素都为 0, 则上一帧中第  $k$  个目标消失, *state* 更新为 *Disappear*, 并把该目标放入 *disappearedobjects* 中; 若第  $k$  行有多个元素为 1, 则上一帧中的第  $k$  个目标在当前帧中产生分离, 若

上一帧中该目标 *state* 为 *Merged*, 则 *state* 更新为 *Spilt*, 否则说明该目标在当前帧中产生了目标碎片, 需进行碎片合并, 合并目标碎片后重新建立匹配矩阵重新分析矩阵。

*Old*, *lable* 取消失目标的 *lable*, 并在 *disappearedobjects* 里删除该目标; 否则认为该目标是新出现的, *lable* 设为新的标号。

(2) 与上一帧状态为 *Old* 目标匹配: *state*, *lable* 值

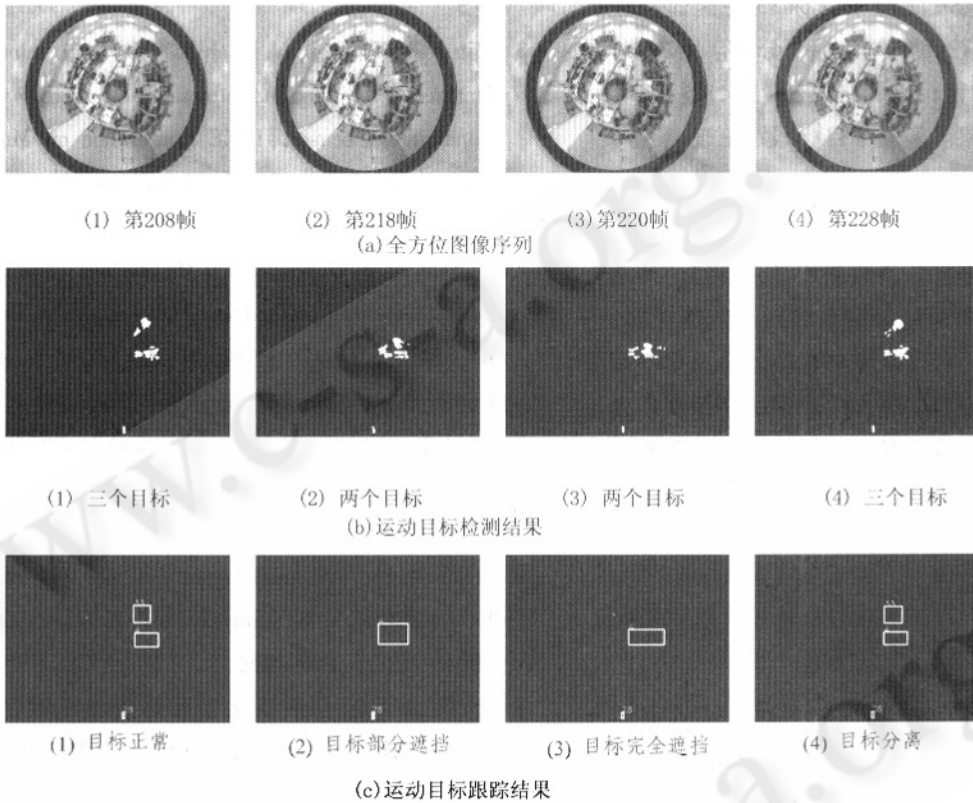


图 3 目标跟踪

按列扫描矩阵时, 若第 *k* 列元素都为 0, 则该目标是新出现的, *state* 设为 *New*; 若第 *k* 列只有第 *h* 行一个元素为 1, 则当前帧的第 *k* 个目标与上一帧的第 *h* 个目标匹配, *lable* 取匹配目标的 *lable*, *state* 和 *special* 无需更新; 若第 *k* 列多个元素为 1, 则上一帧的第 *x*, *y* 等目标在当前帧中发生遮挡, 此时取 *x*, *y* 等目标中最小 *lable* 作为当前遮挡目标的 *lable*, *state* 为 *Merged*, 在 *Special* 里存储 *x*, *y* 等的 *lable* 以便分离时匹配, 并把被遮挡目标 *x* 和 *y* 放入 *mergedobjects* 中。

### 3.3.2 目标匹配

目标匹配处理时的算法:

(1) 当前目标状态为 *New*: 先与 *disappearedobjects* 里的消失目标进行匹配。若匹配成功, *state* 改为

均不变。

(3) 与上一帧状态为 *Merged* 目标匹配: *state*, *lable*, *special* 均不变。

(4) 与上一帧状态为 *Spilt* 目标匹配: 当前目标是上一帧遮挡目标的分离。从上一帧目标 *special* 里找到被遮挡目标, 利用 *mergedobjects* 里存储的被遮挡目标信息匹配目标。

(5) 当前目标状态为 *Merged*: *special* 里存储每一个被遮挡目标的标号, *lable* 取最小, 并把每一个被遮挡目标添加进 *mergedobjects*。

在当前帧处理完之前, 递增消失目标链表里各目标的消失时间, 当大于一定时间阈值时删除该目标; 更新遮挡目标链表里的每一个被遮挡目标的预测值。

### 3.4 实验结果

跟踪结果如图 3 所示。图 3(a) 运动目标在全方位视觉下的图像序列, 分别是视频的第 208 帧, 第 218 帧, 第 220 帧和第 228 帧, 其中 (1) 是 3 个目标没有遮挡的情况, (2) 中目标 4 和目标 33 发生部分遮挡, 目标标号以较小的标号 4, (3) 中目标 33 完全遮挡住了目标 4, (4) 目标 33 往回走与目标 4 分离。图 3(b) 是图 3(a) 对应的运动目标检测结果; 图 3(c) 是图 3(a) 对应的目标跟踪结果。实验中目标跟踪正确。

## 4 结论

本文提出了在全方位视频中对多个目标的检测跟踪算法。在目标检测时能较好地获取到运动目标, 但在运动目标灰度值与背景灰度值相似时会产生空洞或碎片。在目标遮挡和暂时消失时能很较好地实现多目标跟踪。本文存在的缺点是由于全方位设备获取到的图像中不同位置的物体大小相差很大, 内径附近时目标明显, 在外径时目标很小, 所以当有多个目标外径附近活动时会出现跟踪错误。

### 参考文献

1 R. Miki, N. Yokoya and H. Takemura, K. A Real-time Surveillance and Monitoring System using Multiple Omnidirectional Video Cameras. Proc. of ACCV.

2000, 528 - 534.

- 2 T. Nishimura, H. Yabe and R. Oka. Indexing of Human motion at Meeting Room by Analyzing Time - varying Images of Omnidirectional Camera, Proc. Of the Fourth Asian Conference on Computer Vision, 2000, 1 - 5.
- 3 Mituyosi, T. Yagi, Y. Yachida, M. Real-time human feature acquisition and human tracking by omnidirectional image sensor. IEEE Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems 2003, 2003, 258 - 263.
- 4 L. Marcenaro, M. Ferrari, L. Marchesotti, eds. Multiple Object Tracking under Heavy Occlusions by Using Kalman Filters Based on Shape Matching. International Conference on Image Processing, 2002. 341 - 344.
- 5 胡迎春、张增芳、邓翔, 人脸图像特征点眼睛的定位与提取, 广东工学院学报, 2003, 14(1): 35 - 39.
- 6 Xu Li - Qun, Landabaso Jose - Luis, Lei Bangjun. Segmentation and tracking of multiple moving objects for intelligent video analysis. BT Technology Journal. 2004, 22(3): 140 - 150.
- 7 万琴、王耀南, 一种多运动目标检测跟踪方法研究与实现, 计算机应用研究, 2007, 1: 199 - 202.