

基于失真激励式机会模糊控制的视频跟踪机制

刘 智

(广西科技大学计算机科学与通信工程学院(软件学院) 柳州 545006)

(南京航空航天大学自动化学院 南京 210016)

摘 要 为了提高目标跟踪精度和跟踪视频质量,研究了一种具有失真激励功能和基于机会模糊控制的视频跟踪机制及其系统架构。首先,针对目标行为空域和模糊集群,通过建立群内模糊集且依据目标移动速度构建了机会模糊控制系统。然后,在分析跟踪目标的差异性和目标移动速度的随机性的基础上,以激励模糊集群用户的机会逻辑控制为目标,提出了基于失真激励的视频跟踪机制及其系统架构。最后,实验结果表明,提出的算法在系统执行效率、视频传输时延和跟踪视频质量等方面具有明显优势。

关键词 视频跟踪,模糊控制,机会式,失真激励

中图分类号 TP391 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2016.12.057

Video Tracking Scheme Based on Opportunity Fuzzy Control with Distortion Incentive

LIU Zhi

(College of Computer Science and Communication Engineering (Software), Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545006, China)

(College of Automation, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract In order to improve the target tracking accuracy and tracking video quality, a kind of video tracking system based on the fuzzy control and having the function of distortion incentive was studied. Firstly, according to the spatial domain and fuzzy cluster, the fuzzy control system is constructed based on the fuzzy set and the target moving speed. Then, based on the analysis of the difference between the target and the target moving speed, the video tracking system based on the distortion and the system architecture is proposed. Finally, the experimental results show that the proposed algorithm has obvious advantages in the aspects of system execution efficiency, video transmission delay and tracking video quality.

Keywords Video tracking, Fuzzy control, Opportunity, Distortion incentive

随机移动目标或目标群实时跟踪是集成了计算机^[1]、无线通信^[2]、视频编码和视觉感知等领域成果的综合性技术,并已得到广泛应用^[3]。但是,针对不同目标跟踪需求和监控环境,视频跟踪的准确性和用户体验^[4]成为了制约该项技术拓展的瓶颈。

为了解决稀疏描述符中关键点检测不稳定和匹配误差大等制约跟踪质量的问题,文献[5]研究了基于密度描述符的目标跟踪算法。为了提升场景中入侵目标跟踪的准确性并提高算法效率,文献[6]研究了一种适用于恶劣环境的实时多目标跟踪算法。为提高基于粒子群优化的粒子滤波算法的精度和实时性,针对其无法最佳匹配雷达机动目标跟踪需求的问题,文献[7]基于动态邻域自适应粒子群优化方案提出了一种粒子滤波算法。文献[8]研究的自适应无迹卡尔曼滤波算法可以解决目标跟踪中由于系统噪声统计特性未知导致的滤波发散或者滤波精度下降的问题。文献[9]针对全帧图像搜索精度低和确定目标资源消耗大的问题,提出了一种适用于目标

跟踪的卡尔曼滤波算法。

文献[10]基于特点隐形定义并使用它衡量攻击效果,从而研究了双 JPEG 压缩隐形失真的权衡机制。文献[11]研究了视频的控制错觉与奖励概率的关系。文献[12]分析了激励机制的设计挑战,鼓励用户参与所提供的网络。文献[13]为了共同解决频谱分配和用户控制模式选择的问题,提出了一个动态博弈框架。

针对目标移动随机性和视频跟踪质量差等问题,基于失真激励提出了一种机会模糊控制的视频跟踪机制。主要工作包括:1)提出了机会模糊控制系统及其模型;2)建立了基于失真激励的视频跟踪机制。

1 机会模糊控制系统

假设在目标行为空域 TB 中建立模糊集群 FS ,其群内模糊集如式(1)所示。同时,式(2)给出了空域 TB 与模糊集群 FS 的线性映射关系。

$$\begin{cases} FS=[F_1, F_2, \dots, F_N] \\ N=\frac{FS}{\alpha} \end{cases} \quad (1)$$

其中, F_i 表示第 i 个目标行为踪迹序列, N 表示目标规模, α 表示模糊权重。

$$\begin{cases} TB_{FS} \Rightarrow FS: [-\beta, \beta] \\ \beta = f\left(\frac{\sum_{i=1}^N F_i}{\alpha}\right) \end{cases} \quad (2)$$

其中, β 表示模糊集与空域的映射线性权值。函数 f 用于在模糊集群与空域之间建立映射关系。

当目标模糊集群 FS 的行为关系具有离散性时, 可通过最大合并算法对离散序列按模糊权重进行合并, 如式(3)所示。

$$\begin{cases} FS = \frac{F_1}{\alpha_1} f\left(\frac{\alpha_1}{N}\right) + \dots + \frac{F_N}{\alpha_N} f\left(\frac{\alpha_N}{N}\right) \\ F_i = \int_{\alpha} \frac{f\left(\frac{\sum_{j=1}^N \alpha_j}{N}\right)}{N} \end{cases} \quad (3)$$

当需要针对目标模糊集群 FS 中某一目标进行跟踪和分析时, 可进行矩阵转置和非线性转换从而便于控制, 如式(4)所示。其中, 将模糊集群分散为 4 个离散的子集群, 形成矩阵后进行转置运算, 然后根据函数 f 进行非线性转换, 从而得到更新后的目标行为模糊集群 \overline{FS} 。

$$\begin{cases} FS^T = \begin{bmatrix} FS_1 & FS_2 \\ FS_3 & FS_4 \end{bmatrix} \\ \overline{FS} = f(FS^T) \end{cases} \quad (4)$$

根据模糊权重和目标规模, 在映射关系函数的基础上进行行为优化和跟踪, 建立如式(5)所示的阵列。

$$\begin{cases} TB = FS \times \overline{FS} \rightarrow [-\beta, \beta] \\ \beta = \begin{cases} 0, & FS \oplus \overline{FS} = 0 \\ \frac{1}{\alpha} f(N), & FS \oplus \overline{FS} \neq 0 \end{cases} \end{cases} \quad (5)$$

基于上述分析, 建立目标行为跟踪的模糊控制系统, 如图 1 所示。该系统以目标行为作为控制对象, 将模糊集群 FS 划分为 M 个子集群。然后, 以不同目标之间的行为关系为映射建立机会控制逻辑和模糊依据, 如式(6)和式(7)所示。

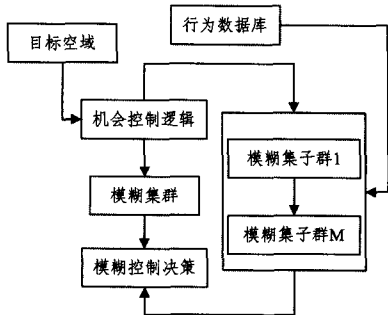


图1 机会模糊控制系统

$$\begin{cases} L(T, v) = h(TB, FS, v) \\ (h(TB_{min}, FS_0, v_0)) = \beta^a \end{cases} \quad (6)$$

其中, 函数 h 用于机会模糊逻辑的建立。 v 表示目标移动速度。

$$\begin{cases} (S_i \rightarrow S_j)(T, v_{i \rightarrow j}) = (L(T, v_i) \rightarrow L(T, v_j)) \\ (S_i \rightarrow S_j) = S_i |_{T, FS_i} \otimes S_j |_{T, FS_j} \end{cases} \quad (7)$$

其中, S 表示某一目标行为状态, $S_i \rightarrow S_j$ 表示从 i 时刻到达 j 时刻后目标移动过程转换矢量。

机会模糊控制过程主要依据目标移动速度进行, 该速度可采用如下 3 种方法获得。

方法 1 以最大合并比和最大行为差异为机会逻辑依据, 获得目标平均移动踪迹的目标速度, 如式(8)所示。

$$\begin{cases} v_i = \frac{1}{K} \sum_{m=1}^i S_m, S_{m+1} \\ v_0 = \max\{TB(FS_K)\} \end{cases} \quad (8)$$

其中, 初始化速度 v_0 通过空域最大优化比获得。

初始化移动速度 v_0 通过寻找最大值获得。基于最大行为差异, 由 v_0 获得某一目标在 i 时刻的移动速度。 K 表示模糊子群的规模。

方法 2 多个目标在移动过程中发生空域重叠时, 为了实现最大差异辨别和精确定位, 通过机会式积分运算获得目标移动速度, 如式(9)所示。

$$\begin{cases} v_i = \frac{\int_K F_K dK}{\int_{\beta} F_{\beta} d\beta} \\ v_0 = \min\{TB(FS_K)\} \end{cases} \quad (9)$$

其中, 初始化速度 v_0 通过空域最小优化比获得。

方法 3 以群体目标行为为分析对象时, 需要避免行为差异的最大化导致的分析误差, 因此采用式(10)所示的综合加权机会逻辑求解移动速度。

$$\begin{cases} v_i = \frac{\sum_{j=i}^N v_{i-1} \alpha_i}{\sum_{j=q}^i \sqrt{\beta} \alpha_i} \\ v_0 = \text{avg}\{TB(FS_K)\} \end{cases} \quad (10)$$

其中, 初始化速度 v_0 通过空域均值函数 avg 优化获得。

综上所述, 用户目标行为分析和目标群移动踪迹建模的机会模糊控制系统架构如图 2 所示。

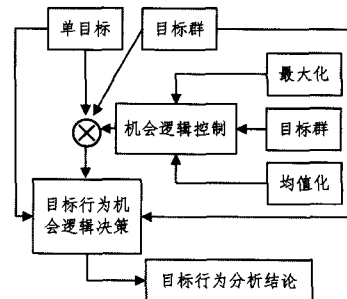


图2 机会模糊控制系统架构

2 基于失真激励的视频跟踪机制

在模糊目标集群中, 对某一目标或目标群进行视频定位与跟踪时, 由于跟踪目标的差异性和目标移动速度的随机性, 使得如何激励模糊集群用户积极加入机会逻辑控制成为关键问题。同时, 目标行为跟踪视频的失真成为制约用户体验质量的关键因素。

因此, 必须在消除失真影响的同时激励用户机会控制。然而, 视频失真与用户机会控制积极性之间存在如式(11)所示的关系。

$$\begin{cases} TB\{FS_1, FS_2, \dots, FS_K\} = \sum_{i=1}^K \beta_i \\ \frac{f_{VU}(V_d, U_\alpha)}{N} = \frac{\sqrt{\alpha^K}}{\beta} \\ f_{VU} = \iint_N f(V, U) dVdU \end{cases} \quad (11)$$

其中, V_d 表示失真因子, U_α 表示用户机会控制激励权重, f_{VU} 函数用于建立失真与用户激励权重的线性关系。

目标行为视频跟踪的用户激励机制需要考虑以下两方面问题。

(1) 失真感知实时用户激励。对于一个周期内的目标视频跟踪任务, 从初始化到用户反馈整个过程, 模糊集群用户需要实时监测无线信道和移动目标, 并预测信道质量且在一轮迭代反馈之前计算视频失真率和失真视频帧集合, 通过激励用户积极加入机会逻辑模糊控制, 以用户级为单位完成目标视频跟踪任务, 在融合失真的同时获得机会逻辑控制最大增益, 可由式(12)获得增益。

$$\begin{cases} G = \max(V_d) \text{ subject to } N(U_\alpha) > \frac{\sqrt{N}}{K} \\ V_d = \sum_{i=1}^K \min\{P_F, \sum_{j=i}^K \frac{N_F}{N_{Total}}\} \\ N(U_\alpha) = \begin{cases} 0, & U_\alpha = 0 \\ \sum_{i=1}^T \lambda, & U_\alpha > 0 \end{cases} \end{cases} \quad (12)$$

(2) 失真自修复前向用户激励。目标视频跟踪过程在一个模糊子集群转换到另一个模糊子集群的周期内完成。通过式(13)所示的前向负载融合与自纠错机制获得失真修复与隐藏的最大化。在此基础上, 通过修复负载和增益激励用户积极加入机会模糊逻辑控制, 该方案所获得的用户激励增益如式(14)所示。

$$\begin{cases} f(F_S \cup \{F_S\}) \oplus f(F_R) = 0 \\ V_d(f(F_R)) \geq \sum_{i=1}^N FS(F_i) \oplus \min\{0, |f(F_S) - f(F_R)|\} \end{cases} \quad (13)$$

其中, F_S 表示目标跟踪视频发送的视频帧序列, F_R 表示接收的视频帧序列。当模糊子集群的视频帧与失真权重之间满足如式(13)所示的不等关系时, 便可获得视频失真自修复增益。

$$\begin{cases} G = \max(V_d) \text{ subject to } \frac{|N(F_R) - N(F_S)|}{N(F_S)} > \frac{\alpha}{\beta} \\ f(F_S \cup \{F_S\}) > \max_{i=1}^K \left\{ \sum_{j=1}^Y \frac{FS_j(F_R)}{N} \right\} \end{cases} \quad (14)$$

其中, 视频帧失真修复概率密度需大于目标视频跟踪用户体验权重。

将机会模糊控制与视频失真激励相结合建立目标视频跟踪机制, 其架构如图3所示。

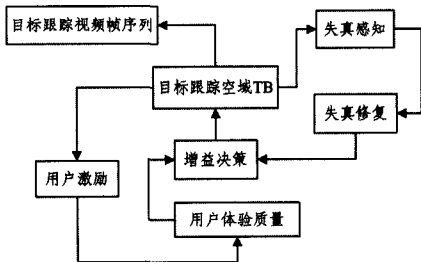


图3 基于失真激励的视频跟踪机制架构

3 算法性能验证与分析

为了验证与分析基于失真激励式机会模糊控制的视频跟踪机制(VT-ODI)的性能、系统效率和视频跟踪质量, 通过仿真实验与目标移动速度感知视频跟踪算法(TMA)进行对比。实验参数设置情况详见表1。

表1 实验参数设置

参数	值	参数	值
跟踪目标规模	[1,10]	跟踪目标递增步长	[1,5]
跟踪视频大小	[10MB,100MB]	点到点传输延迟	1ms
目标行为空间拓扑	[10m ² ,200m ²]	目标移动速度	[1m/s, 10m/s]

验证和分析结果如图4—图6所示。其中, 图4给出了跟踪目标规模对两个视频跟踪算法的系统执行效率的影响。从中发现, 随着跟踪对象的增多, 基于TMA算法的视频跟踪系统的执行效率明显下降。这是因为TMA算法智能感知目标移动速度, 而对目标集群的视频跟踪显得乏力, 导致失真率增大。然而, VT-ODI算法具有失真激励方案, 可以激励目标集群的多个目标用户积极加入机会模糊控制, 从而提高系统执行效率。

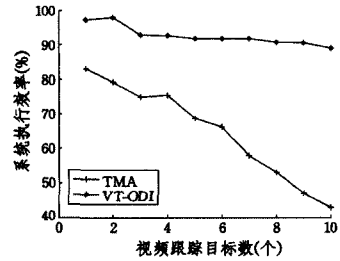


图4 系统执行效率

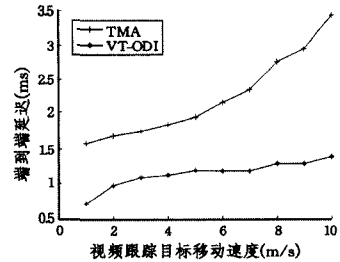


图5 实时性

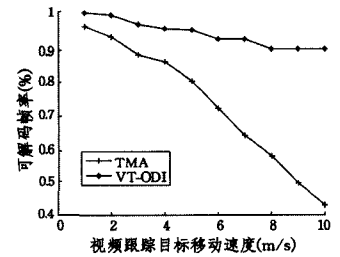
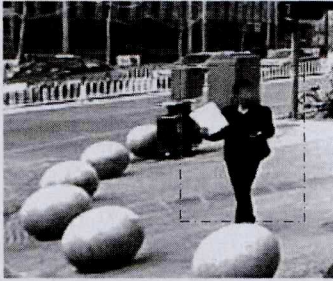


图6 可解码帧率

图5对比分析了视频跟踪实时性随目标移动速度的变化情况。虽然TMA算法智能感知目标移动速度, 但是它在长时间多目标跟踪的实时性方面表现较差。同时, 跟踪视频质量欠佳, 详见图6给出的基于两种算法视频质量的变化情况, 即接收端的可解码帧率。同时图7给出了目标行为跟踪部分的目标跟踪结果, 这充分表明所提算法具有更高的视频质量保障能力。



(a) TMA 算法



(b) VT-ODI 算法

图7 目标跟踪视频质量对比

结束语 针对目标跟踪定位准确性低和目标集群跟踪视频质量差等问题,提出了基于视频失真激励的机会模糊控制的视频跟踪系统。一方面,对跟踪目标群建立目标行为空域,并进行模糊集群分集,接着定义模糊子集群和目标移动速度感知的机会模糊控制系统。另一方面,基于跟踪目标的差异性和目标移动速度的随机性,通过失真激励模糊集群用户的机会逻辑控制,建立了基于失真激励的视频跟踪机制及其系统架构。最后,实验对比分析表明,所提算法在系统执行效率、视频传输时延和跟踪视频质量等方面均显著优于基于移动速度感知的视频跟踪算法。

参 考 文 献

- [1] Huang X L, Yang J G, Zhu W L. Target motion prediction and tracking algorithm and its software implementation[J]. Industrial Control Computer, 2005, 18(6): 42-43 (in Chinese)
黄晓林, 杨建刚, 朱雯兰. 目标运动趋势预测跟踪算法及其软件实现[J]. 工业控制计算机, 2005, 18(6): 42-43
- [2] Zhou W, Shi W R, Zhang H D, et al. Study on distributed target tracking in wireless sensor networks[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2013, 34(7): 1485-1491 (in Chinese)
周伟, 石为人, 张洪德, 等. 无线传感器网络的分布式目标跟踪研究[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(7): 1485-1491
- [3] Jing P L, Xu S Y, Li X, et al. Performance evaluation of multiple target tracking; a survey[J]. Systems Engineering and Electronics, 2014, 36(11): 2127-2132 (in Chinese)
井沛良, 徐世友, 李贤, 等. 多目标跟踪性能评估方法综述[J]. 系统工程与电子技术, 2014, 36(11): 2127-2132
- [4] Yan Q S, Li L S, Xu X F, et al. Overview of video tracking algorithm[J]. Computer Science, 2013, 40(S1): 204-209 (in Chinese)
闫庆森, 李临生, 徐晓峰, 等. 视频跟踪算法研究综述[J]. 计算机科学, 2013, 40(S1): 204-209
- [5] Zha Y F, Yang Y, Wang J J, et al. Visual tracking algorithm based on the target tracking using density descriptor [J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2014, 48(9): 13-18 (in Chinese)
查宇飞, 杨源, 王锦江, 等. 利用密度描述符对应的实现目标跟踪的视觉跟踪算法[J]. 西安交通大学学报, 2014, 48(9): 13-18
- [6] 邱晓欣, 张文强, 秦晋贤, 等. 恶劣环境下多目标实时跟踪算法研究[C]//中国计算机学会人工智能会议. 2013
- [7] Chen Z M, Bo Y M, Wu P L, et al. Novel particle filter algorithm based on adaptive particle swarm optimization and its application to radar target tracking [J]. Control and Decision, 2013, 28(2): 193-211 (in Chinese)
陈志敏, 薄煜明, 吴盘龙, 等. 基于自适应粒子群优化的新型粒子滤波在目标跟踪中的应用[J]. 控制与决策, 2013, 28(2): 193-211
- [8] Shi Y, Han C Z. Adaptive UKF Method with Applications to Target Tracking[J]. Acta Automatica Sinica, 2011, 37(6): 755-760 (in Chinese)
石勇, 韩崇昭. 自适应 UKF 算法在目标跟踪中的应用[J]. 自动化学报, 2011, 37(6): 755-760
- [9] Shi G R, Dai H D, Sun Y Y, et al. Kalman Predictor and Filter Based Vision Target Tracking[J]. Instrumentation Technology, 2014(1): 149-150 (in Chinese)
史国荣, 戴洪德, 孙玉玉, 等. 基于卡尔曼预测和滤波的视频目标跟踪[J]. 仪表技术, 2014(1): 149-150
- [10] Chu Xiao-yu, Stamm M C, Chen Y, et al. On Antiforensic Concealability with Rate-Distortion Tradeoff[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2015, 24(3): 1087-1100
- [11] Kool W, Getz S, Botvinick, M. Neural Representation of Reward Probability; Evidence from the Illusion of Control[J]. Journal of Cognitive Neuroscience, 2013, 25(6): 852-861
- [12] Iosifidis G, Lin Gao, Huang Jian-wei, et al. Incentive mechanisms for user-provided networks [J]. IEEE Communications Magazine, 2014, 52(9): 20-27
- [13] Kun Zhu, Hossain E. Joint Mode Selection and Spectrum Partitioning for Device-to-Device Communication: A Dynamic Stackelberg Game [J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2015, 14(3): 1406-1420
- [14] Wang X, Liu J M, Li M, et al. Target Tracking Video Information Acquisition and Transmission Based on SIFT Feature Matching Algorithm [J]. Journal of Chongqing University of Technology (Natural Science), 2014, 28(11): 90-93 (in Chinese)
汪鑫, 刘嘉敏, 李敏, 等. 基于 SIFT 特征匹配算法的目标跟踪及视频采集与传输研究[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2014, 28(11): 90-93