

W⁴理论在道路交叉口视频监测中的应用

李颖宏^{1,2}, 刘亚利², 尹怡欣¹, 庞一贵²

LI Ying-hong^{1,2}, LIU Ya-li², YIN Yi-xin¹, PANG Yi-gui²

1.北京科技大学 信息学院, 北京 100080

2.北方工业大学 机电工程学院 智能交通研究所, 北京 100144

1.School of Information and Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100080, China

2.Laboratory of Intelligent Transportation System, North China University of Technology, Beijing 100144, China

E-mail: lyh427@ncut.edu.cn

LI Ying-hong, LIU Ya-li, YIN Yi-xin, et al. Application of W⁴ theory in intersection video surveillance. Computer Engineering and Applications, 2010, 46(4): 201-203.

Abstract: For many uncertain factors of intersection video surveillance such as more vehicles, uncertain speed and the changing environment and so on. So it is difficult to detect moving objects efficiently from video sequences. W⁴ algorithm is used in intersection video surveillance system. W⁴ algorithm first uses a pixelwise median filter to distinguish the stationary pixels from the video and uses these stationary pixels to form the background parametric model. At the same time according to the conditions to choose the updating methods pixel-based or object-based. Experimental results show that the W⁴ algorithm possesses higher performance on intersection video surveillance under complex environments.

Key words: vehicle detection; W⁴ background model; intersection

摘要:在智能交通视频监控系统中,由于交通路口车辆多、车速不定且外界环境光线变化等诸多因素造成不能很好地检测到运动目标。将W⁴算法应用到道路交叉口的视频监测中,该算法首先利用中值法进行初始化选出静止像素集合,并利用静止像素构建背景参数模型,同时建立基于像素级和基于目标级的背景更新模式。通过仿真验证该算法能够在路口比较复杂的情况下很好地检测到车辆,与传统的方法相比检测的准确度有了较大的改进。

关键词:目标检测;W⁴背景建模;道路交叉口

DOI:10.3778/j.issn.1002-8331.2010.04.064 文章编号:1002-8331(2010)04-0201-03 文献标识码:A 中图分类号:U491

1 引言

在城市智能交通视频监控系统中,道路交叉口的通行能力是交通流量控制的瓶颈,因此道路交叉口的监控成为道路交通控制的关键任务之一。与高速路相比,道路交叉口有其特殊性:(1)存在多个运动目标且其运动方向和速度各不相同;(2)背景复杂且受光照及天气变化影响;(3)道路交叉口经常拥堵,运动目标常发生遮挡。如何准确地从道路交叉口提取到运动目标尤为重要。通常在道路交叉口采用背景差分法来提取运动目标,但因道路交叉口背景复杂,车辆的速度不定及车辆密集检测效果较差。虽然自适应混合高斯背景建模较好地解决了多模态背景问题,尤其适合室外光线和天气缓慢变化且运动速度快的目标的检测。但其模型收敛比较慢,不能适应光线的突变以及车速缓慢情况,特别是当光照条件突变时,传统的混合高斯建模方法在提取目标时,易把所有变化的背景像素点当成前景目标,从而造成前景目标混乱,根本无法提取运动目标。

近年来,一些研究人员对高斯模型法提出了改进方法,效果仍不很理想。该文所应用的W⁴(who, when, where, what)^[1]是

一个实时的运动目标监测算法,适应于室外复杂环境中运动目标的检测,其思想是首先通过N帧初始化利用中值法筛选出静态像素,分别找出静态像素中的最小值、最大值以及两连续帧对应静态像素的最大值差值来构成初始背景模型参数,再利用当前帧各像素值与背景模型参数作比较,满足条件的像素归为背景,所对应像素值标记为0;反之为前景,其所对应的像素值标记为1。在W⁴中采用了两种背景更新算法,分别为基于像素级和基于目标级的背景参数更新。该方法适用于多运动目标检测,能有效地解决遮挡和环境变化问题,可较好地应用于道路交叉口运动目标的检测。

2 背景模型的构建

W⁴系统在背景初始化阶段采用了中值法的思想,通过中值法提取静态像素点,并由其构建初始背景模型。背景初始化可分为两个阶段:

(1)取前N帧视频图像,提取每个像素点在时间序列上的中值,然后将当前帧像素与均值作差,差值小于设定阈值T且

基金项目:国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60874052)。

作者简介:李颖宏(1968-),女,博士生,教授,主要研究领域为图像处理、计算机网络与智能交通控制。

收稿日期:2009-09-24 修回日期:2009-11-12

满足 $|S^z(i,j)-\mu(i,j)|\leq 2\sigma(i,j)$ 条件的则将该像素点归为静态像素点。其中集合 S 为包含 N 帧连续图像的所有静态像素点的集合。 $S^k(i,j)$ 为集合 S 中第 k 帧像素 $x(i,j)$ 的灰度值, $\sigma(i,j)$ 和 $\mu(i,j)$ 分别为集合 S 中像素点 $x(i,j)$ 处的标准方差和中值。

(2)从静态像素集合 S 中,分别找出各静态像素点的最大值、最小值及连续两帧最大差值来构建背景模型参数:

$$B(i,j)=[m(i,j),n(i,j),d(i,j)]$$

$$\begin{bmatrix} m(i,j) \\ n(i,j) \\ d(i,j) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \max_z\{S^z(i,j)\} \\ \min_z\{S^z(i,j)\} \\ \max_z\{|S^z(i,j)-S^{z-1}(i,j)|\} \end{bmatrix}$$

$$|S^z(i,j)-\mu(i,j)|\leq 2\sigma(i,j)$$

其中, $S^z(i,j)$ 表示集合 S 中第 z 帧像素点 $x(i,j)$ 的灰度值, $z=1,2,\dots,N$; $n(i,j)$ 为最小灰度值; $m(i,j)$ 为最大灰度值; $d(i,j)$ 为在学习过程中相邻两帧最大灰度差值。

3 目标检测

根据背景即像素 $x(i,j)$ 处的最大值 $m(i,j)$ 、最小值 $n(i,j)$,以及连续两帧中差值的最大值绝对值的中值 d_u 和当前帧 I 的像素值来进行前景及背景的划分,从而提取出运动目标。则当前帧中像素集合 $FB(x)$ 归类如下:

$$FB(i,j) = \begin{cases} 0 & \text{背景, } I(i,j)-m(i,j) < \alpha d_u \text{ or } I(i,j)-n(i,j) < \alpha d_u \\ 1 & \text{前景, 其他} \end{cases}$$

经过反复实验发现阈值 α 的最佳值为2。

通过 W^4 背景模型生成的前景目标中存在一些孤立噪声点,首先基于区域的思想进行噪声区域的去除。通过连通区域分析去除小于50个像素的区域。然后采用数学形态学的基本运算,组成形态滤波器,来消除前景目标的孤立噪声点,减少不必要的干扰。

4 背景参数更新

由于户外光线不断变化以及道路交叉口会出现车辆等待通行信号灯的情况,等待期间背景模型则把等待的车辆归为背景的一部分,当车辆再次启动时需将其检测为运动目标。因此需要不断更新背景模型才能准确地检测出运动目标。 W^4 用两种不同的更新背景方法:一种为基于像素级的更新,以适应背景中光线的变化;另一种为基于目标级的更新,以适应背景场景中的物理结构变化,比如在等待红色信号灯长时间停留的车辆被归为背景等。

4.1 背景更新条件

首先建立以当前帧为参考的前连续 N 帧的动态数据库,根据动态数据库的特性来确定是采用基于像素级还是基于目标级的背景更新。动态数据库由以下3个部分构成。

(1)连续前 N 帧视频序列中同一位置的像素点被归为背景的次数,用集合 g_r 表示。

$$g_r(x(i,j),t) = \begin{cases} g_r(x(i,j),t-1)+1 & x(i,j) \in \text{背景像素} \\ g_r(x(i,j),t-1) & x(i,j) \notin \text{背景像素} \end{cases}$$

(2)连续前 N 帧视频序列中同一位置像素被归为动态像素的次数,用集合 m_r 表示。

$$m_r(x(i,j),t) = \begin{cases} m_r(x(i,j),t-1)+1 & \text{若 } M(x(i,j),t)=1 \\ m_r(x(i,j),t-1) & \text{若 } M(x(i,j),t)=0 \end{cases}$$

其中:

$$M(x(i,j),t) = \begin{cases} 1, & \text{若 } (|I(x(i,j),t)-I(x(i,j),t+1)| > 2\sigma) \text{ and } \\ & (|I(x(i,j),t-1)-I(x(i,j),t)| > 2\sigma) \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

(3)记录像素点从最后一次被归为前景像素点到完全消失的过程,反映像素历史变化趋势,用 h_r 表示。

$$h_r(x(i,j),t) = \begin{cases} 255, & x(i,j) \in \text{前景像素} \\ h_r(x(i,j),t-1) - \frac{255}{N}, & \text{其他} \end{cases}$$

4.2 更新背景参数

在运动目标检测过程中,外界环境发生变化时:(1)对前 N 帧中归为前景点的像素在当前帧可能被归为背景点的像素标记为 $[m^f(i,j),n^f(i,j),d^f(i,j)]$;(2)对前 N 帧中为背景点的像素在当前帧仍然被归为背景像素点标记为 $[m^b(i,j),n^b(i,j),d^b(i,j)]$ 。则背景模型参数 $[m(x),n(x),d(x)]$ 可按下面公式更新:

$$[m(x),n(x),d(x)] =$$

$$\begin{cases} [m^b(x),n^b(x),d^b(x)], g_r(x) > kN & \text{基于像素级更新} \\ [m^f(x),n^f(x),d^f(x)], g_r(x) < kN \text{ and } m_r(x) < rN & \text{基于目标级更新} \\ [m^c(x),n^c(x),d^c(x)], \text{其他} \end{cases}$$

这里 k,r 分别为0.8、0.1, $[m^c(x),n^c(x),d^c(x)]$ 为当前背景模型参数。当背景模型更新后,动态数据库中的3个构成数据置为零。

对于背景中光线突变情况,例如云遮太阳,此时场景中几乎80%以上的像素可能都被判定为前景物体,这种情况下, W^4 开始学习新的背景模型参数。

5 实验结果与分析

为了验证该算法的有效性和鲁棒性,以实际的交通视频监控图像为测试对象,在VC++6.0平台上,进行了大量的实验,被测试图像序列的图片大小为720×576。主要参数的初始值设定如下: k 和 r 分别为0.8、0.1,通过实验 α 的最佳取值为2。

帧差法对光线较好较清晰的视频能提取出前景目标,但会产生严重的空洞现象以及拖尾现象。当环境光线变差时几乎检测不到前景运动目标。图1、图2分别基于帧差法和背景差法的目标检测情况,图3、图4分别是采用传统的自适应混合高斯背景建模方法和基于 W^4 背景建模检测方法的效果图。实验中截取了第680、1200、1250帧视频图,其中图2、图3、图4中第一列为采集的图像中原始视频图像,第二列为提取的背景,第三列为提取的前景目标;图1中第一列为采集的图像中原始视频图像,第二列为提取的前景目标。

在图3中从第1200帧到第1250帧通过的车辆增多车速变慢,使得整幅图像的像素点的值都发生了突变,背景不能及时更新,将这些像素点都误断为前景,混合高斯模型收敛速度较慢,提取的前景信息噪声较多。通过实验验证,在这种情况下即使修改学习因子的值或增加高斯模型的个数,效果改善微乎其微。

图4为采用基于 W^4 背景建模方法来提取目标的效果图,第一列为原始帧,第二列为相应的背景模型,第三列为提取的前景目标图。从实验图中可以看到 W^4 背景建模方法在车辆较多车速较慢的情况下能够较好地提取到前景运动目标。



图1 帧差提取运动目标视频截图

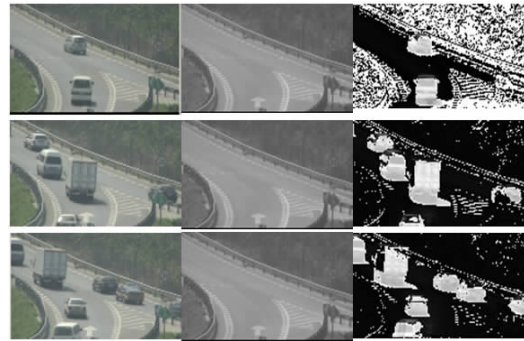


图2 背景差提取运动目标视频截图

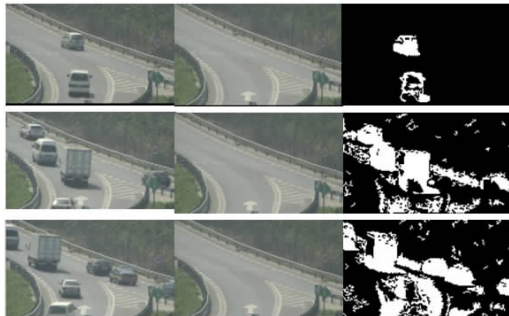


图3 基于传统混合高斯背景建模法提取的运动目标



图4 基于W4建立的背景模型及提取的运动目标

6 结束语

将W⁴背景建模方法运用到道路交叉口的运动目标检测。在道路交叉口车辆变多车速变慢以及周围环境发生变化的情况下与传统的混合高斯模型相比W⁴背景建模方法能够较完整、准确地检测到运动物体。

参考文献:

- [1] Haritaoglu I.W4:Real-time surveillance of people and their activities[J].IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2000,22(8).
- [2] Lee D-S.On line adaptive Gaussian mixture learning for video ap-

plications[C]//LNCS3247:Statistical Methods in Video Processing, 2004,3247:105-116.

- [3] Arandjelov,Cipolla R.Incremental learning of temporally-coherent Gaussian mixture models[C]//Proceedings of British Machine Vision Conference,Oxford,UK,2005:759-768.
- [4] 陈祖爵,陈潇君,何鸿.基于改进的混合高斯模型的运动目标检测[J].中国图象图形学报,2007,12(9):1586-1589.
- [5] 马义德,朱望飞.改进的基于高斯混合模型的运动目标检测方法[J].计算机应用,2007,27(10):2544-2548.
- [6] 陈振华,周锐锐.一种改进的高斯混合背景模型算法及仿真[J].计算机仿真,2007,24(11):190-191.

(上接103页)

缘节点的性质,提出了基于多点认证的信任模型,并基于该模型构造了孤立节点集团间的聚合算法,仿真实验表明构造的算法在达到满意的抗妥协概率的前提下,有效实现集团间的密钥连通。

参考文献:

- [1] Lee J J,Krishnamachari B,Kuo C C J.Impact of energy depletion and reliability on wireless sensor network connectivity[C]//Proc of the SPIE DSS 2004,SPIE 5440,2004:169-180.
- [2] 田乐,谢东亮,韩冰,等.无线传感器网络中瓶颈节点的研究[J].软件学报,2007,17(4):830-837.
- [3] Chan H,Gligor V D,Perrig A,et al.On the distribution and revocation cryptographic keys in sensor networks[J].IEEE Trans on Dependable and Secure Computing,2005,2(3):233-247.
- [4] Gu Wen-jun,Bai Xiao-le,Chellappan S,et al.Network decoupling for secure communications in wireless sensor networks[C]//14th

IEEE International Workshop on Quality of Service,IWQoS 2006, 2006:189-198.

- [5] Chan H,Perrig A,Song D.Random key predistribution schemes for sensor networks[C]//IEEE Symposium on Research in Security and Privacy.Oakland:IEEE Computer Society,2003:197-213.
- [6] Du W,Deng J,Han Y S,et al.A pairwise key pre-distribution scheme for wireless sensor networks[C]//Proceedings of the 10th ACM Conference on Computer and Communications Security.Washington DC:ACM Press,2003:42-51.
- [7] Liu Dong-gang,Ning Peng,Li Rong-fang.Establishing pairwise keys in distributed sensor networks[J].ACM Transactions on Information and System Security,2005,8(1):41-77.
- [8] Eschenauer L,Gligor V D.A key-management scheme for distributed sensor networks[C]//Proc of the 9th ACM Conf on Computer and Communications Security.Washington DC:ACM Press,2002:41-47.
- [9] Franklin M,Reiter M.Fair exchange with a semi-trusted third party[C]//Proc ACM Conference on Computer and Communications Security,Zurich,Switzerland, April 1997:1-5.