

基于多算法融合的运动目标定位研究

孙一南, 韩晓明

(太原理工大学 信息工程学院, 山西 太原 034402)

摘 要: 在固定摄像头的情况下, 背景消减法是用来提取视频中运动目标的最有效方法之一, 提出了一种多算法融合的背景消减法. 该算法通过充分融合发挥 RGB 彩色模型的颜色特征、码本法的抗扰动性和三帧帧差法与 Surendra 法的快速性, 提出了一种新的背景建模算法以及消减方式, 使得在尽可能降低计算量的同时成功提高了算法对闪烁背景的耐受性, 并解决了复杂背景条件下运动目标出现缺损与空洞的问题.

关键词: 背景建模; 背景消减; RGB 彩色模型; 码本法; 三帧帧差法; Surendra 法; 融合算法

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2017)08-0123-05

Research of Moving Object Localization Based on Multi Fusion Algorithm

SUN Yi-nan, HAN Xiao-ming

(College of Information Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: In the case of a fixed camera, background subtraction method is one of the most effective method to extract moving objects in video, so here proposes a multi fusion background subtraction algorithm. By exerting the color characteristics of RGB color model, anti disturbance of codebook method, and rapidity of three frame difference method and Surendra method fully, a new background modeling algorithm and its reduction method are proposed, which reduces the calculation quantity, improves the tolerance of twinkling background, and solves the problem of defect and cavity of moving object in complex background successfully.

Key words: background modeling; background subtraction; RGB color model; codebook; three frame difference; Surendra; fusion algorithm

1 引言

随着各类监控器材的价格下降以及相关技术的成熟, 视频监控系统扮演了底层信息收集处理的重要角色. 在这种固定摄像机的场景中, 常用的运动目标检测算法有帧差法和背景消减法. 帧差法检测速度快, 不需要先验条件, 但对缓慢运动物体检测效果不佳, 容易出现空洞缺损等现象. 背景消减法能够较好的检测出运动物体, 但需要预先进行背景建模, 背景建模的好坏对结果有着决定性影响, 常用的背景建模算法有 Surendra 法、码本法、GMM、ViBe 等. 现有背景建模算法多将几种方法混合使用得到背景

模型. 纪青华等^[1]以 Surendra 法和四帧差分法分别得到运动目标再加和处理的方式消除目标空洞, 算法简单有效但抗干扰性不强, 黄进等^[2]先以 R、G、B 三个颜色分量分别建立码本模型再针对每个码字建立 GMM 模型, 计算量和内存占用量都较大, 徐久强等^[3]使用帧差法来实现 ViBe 算法的快速鬼影消除, 对帧差法速度快的特点发挥不够. 为了充分发挥各算法的特点, 本文提出了一种多算法融合的运动目标定位算法, 即在 RGB 空间下通过改进帧差法对场景中的各类背景进行分类, 然后对不同背景采用针对性算法构建相应模型, 从而在获得尽可能高检测质量的同时, 最大限度地压缩算法计算量和所需

内存空间。

2 背景分类

通过实验分析可知,复杂场景模型可以看作是由三类背景组成的。

(1)标准背景(道路、墙等固定物体),这类背景一般对光线、风等外界因素不敏感,而目前摄像机的采样率普遍大于 15 f/s^[4],以至于外界因素无突变的情况下这类背景的帧间差别完全可以忽略不计。

(2)闪烁背景(旗帜、电线、树叶、破损的招贴画、玻璃、天空、水面等),这类背景或因材质,或因形状,或两者皆有之,导致了对光线、风的敏感。闪烁背景有着较强的波动性与依赖性,随着外界条件的改变帧间差值会忽高忽低,变化较大,而且波动频率完全依赖于外界,当无风或光线较稳定时其帧间差值近似于标准背景。闪烁背景产生的帧间差值比较碎小,但经过一定时间的积累叠加能够显出大致的闪烁背景轮廓。

(3)不定背景(驻足的行人、停放的车辆等),这类背景的出现位置可能有规律(固定的停车位),也可能无规律(乱停乱放),而且会在前景/背景(背景/前景)间相互转换,有时候不定背景中也会包含有闪烁背景(汽车银白色的进气格栅等,可以通过适当的滤波或形态学运算消去)。不定背景与闪烁背景的分辨需要在按时间序列排列的视频帧组中进行:闪烁背景会在整个视频帧组中不时闪烁,而绝大部分不定背景只会在此前景/背景(背景/前景)转换时被检测到。

易知,区分这三类背景并采用针对性方法进行背景建模有助于减少计算量,提高算法的实时性。

3 视频目标定位算法及相关模型

对视频中目标定位有帮助的算法非常多,通过横向比较各种算法自身的特性与它们间的互补性,最终选择在 RGB 彩色模型自适应灰度化的基础上,对帧差法、surendra 法和码本法进行相应改进后采用嵌入式融合方式来定位。这些模型和算法在应用时各有其强项点和不利点,相关介绍及改进如下。

3.1 RGB 彩色模型与自适应灰度化

RGB 模型即由调控红(Red,R)、绿(Green,G)、蓝(Blue,B)三原色所占比例来决定像素最终颜色的一种模型,绝大多数彩色图像显示设备都采用的这种模型。不少文献中会对 RGB 模型进行灰度化来

减少计算量^[5],所用公式一般为固定加权值的加权平均公式:

$$Y = 0.2989R + 0.5870G + 0.1140B \quad (1)$$

式中, Y 为像素点灰度值, R 、 G 、 B 分别为对应像素点的颜色分量,但式(1)中的灰度化权值反映的是人体视细胞对三原色的敏感程度,容易导致复杂背景下的前景背景混淆。为了充分发挥 RGB 彩色模型的颜色特征,凸显前景背景的差异性,保证采用背景消减法时的目标完整性,在此提出了自适应加权值的灰度化公式:

$$Y = \frac{R^2}{R+G+B} + \frac{G^2}{R+G+B} + \frac{B^2}{R+G+B} \quad (2)$$

式中, Y 为灰度化后像素点灰度值, R 、 G 、 B 为对应三原色分量。采用背景消减法时,两种灰度化方法的检测效果如图 1 所示。



图 1 灰度化方法效果比较

图 1 中,从左到右依次为背景、前景、固定加权值灰度化效果以及自适应加权值灰度化效果。

3.2 帧差法及改进

3.2.1 三帧帧差法

三帧帧差法^[6-7]是以三帧图像中的连续帧两两作差后再进行与运算来检测运动目标的一种算法,其特点为计算量小速度快,但对低速目标进行定位时容易导致定位结果出现空洞,可以通过增大三帧间的时间差来改善定位结果,其基本公式如下:

$$f_1(x, y) = \begin{cases} 255, & \text{if } |I_t(x, y) - I_{t-1}(x, y)| > T_1 \\ 0, & \text{if } |I_t(x, y) - I_{t-1}(x, y)| \leq T_1 \end{cases} \quad (3)$$

$$f_2(x, y) = \begin{cases} 255, & \text{if } |I_{t+1}(x, y) - I_t(x, y)| > T_2 \\ 0, & \text{if } |I_{t+1}(x, y) - I_t(x, y)| \leq T_2 \end{cases} \quad (4)$$

$$f(x, y) = f_1(x, y) \& \& f_2(x, y) \quad (5)$$

式中, T 为差分后图像二值化阈值, I 为图像帧, $f(x, y)$ 表示 (x, y) 处的像素值(0/255), $\&\&$ 为逻辑与运算符。三帧帧差法本质是由两个两帧帧差法

取交集的结果,式(3)、(4)即为两帧帧差法。

3.2.2 五帧帧差法

当不定背景处于前景/背景(背景/前景)转换阶段时,三帧帧差法会完全失效,也就是说,三帧帧差法不能检测到不定背景,为此提出了五帧帧差法:设相邻五帧为 $i-2, i-1, i, i+1, i+2$, B_{i-1}, B_{i+1} 分别为采用三帧帧差法对第 $i-1, i+1$ 帧进行运动物体检测的结果,则对第 i 帧采用五帧帧差法进行运动物体检测的公式为

$$f_1(x, y) = \begin{cases} 255, & \text{if } |I_i(x, y) - I_{i-1}(x, y)| > T_1 \\ 0, & \text{if } |I_i(x, y) - I_{i-1}(x, y)| \leq T_1 \end{cases} \quad (6)$$

$$f_2(x, y) = \begin{cases} 255, & \text{if } |I_{i+1}(x, y) - I_i(x, y)| > T_2 \\ 0, & \text{if } |I_{i+1}(x, y) - I_i(x, y)| \leq T_2 \end{cases} \quad (7)$$

$$B_i(x, y) = |f_1(x, y) - B_{i-1}(x, y)| \parallel |f_2(x, y) - B_{i+1}(x, y)| \quad (8)$$

式中, T 为差分后图像二值化阈值; I 为图像帧; $f(x, y)$ 表示 (x, y) 处的像素值(0/255); B_i 为五帧帧差法的定位结果; $\parallel$ 为逻辑或运算符。

3.3 Surendra 法

Surendra 法^[1,8]的核心思想是随机选取初始背景帧,以背景帧和当前帧的差分图像与阈值作比,如果某一像素点值大于阈值则将其视作前景点,反之则将其视作背景点并依照一定规律对背景帧进行更新。其算法流程如下:

$$D = \begin{cases} 0, & \text{if } |B(x, y) - I(x, y)| > T \\ 1, & \text{if } |B(x, y) - I(x, y)| \leq T \end{cases} \quad (9)$$

$$B(x, y) = \begin{cases} B(x, y), & D = 0 \\ (1 - \alpha)B(x, y) + \alpha I(x, y), & D = 1 \end{cases} \quad (10)$$

式中, B 为背景帧; I 为当前帧; T 为差分图像二值化阈值,由大津法或迭代法得到; D 为背景更新标志位; α 为背景更新系数, $0 < \alpha \leq 1$, 当 α 取值过大时容易引入误差,但取值太小又达不到更新背景的目的,一般取 $\alpha = 0.1$ 。易知,这种随机选取背景帧并且在背景更新过程中不做任何验证的方式极易引入误差,产生鬼影等现象。通过选取无运动物体的图像帧 I_s 作为初始背景帧 B ,并用三帧帧差法在背景更新时作为验证手段可以使 Surendra 法的效果极大提高,即

$$f_1(x, y) = \begin{cases} 255, & \text{if } |I_i(x, y) - I_{i-1}(x, y)| > T_1 \\ 0, & \text{if } |I_i(x, y) - I_{i-1}(x, y)| \leq T_1 \end{cases} \quad (11)$$

$$f_2(x, y) = \begin{cases} 255, & \text{if } |I_{i+1}(x, y) - I_i(x, y)| > T_2 \\ 0, & \text{if } |I_{i+1}(x, y) - I_i(x, y)| \leq T_2 \end{cases} \quad (12)$$

$$D = \begin{cases} 255, & \text{if } |B(x, y) - I_i(x, y)| > T \\ 0, & \text{if } |B(x, y) - I_i(x, y)| \leq T \end{cases} \quad (13)$$

$$D = f_1(x, y) \&\& f_2(x, y) \parallel D \quad (14)$$

$$B(x, y) = \begin{cases} B(x, y), & D = 255 \\ (1 - \alpha)B(x, y) + \alpha I_i(x, y), & D = 0 \end{cases} \quad (15)$$

3.4 形态学运算

帧差法和背景消减法的本质都是数帧图像相减取差值,但由于光照等因素的影响,差值中必将引入大量无序噪声点,直接处理图像往往难得到想要的结果,这时就需要对差值结果进行处理来去除噪声点,而形态学运算就是最常用的处理方式。设 f 和 g 分别为目标集合和相应结构元素,常用的形态学运算如下:

(1) 腐蚀: A 被 B 腐蚀的定义为

$$f \ominus g = \{z \mid (\hat{g})_z \cap f \subseteq f\}.$$

(2) 膨胀: A 被 B 膨胀的运算定义为

$$f \oplus g = \{z \mid (\hat{g})_z \cap f \neq \emptyset\}.$$

(3) 开运算: $f \circ g = f \ominus g \oplus g$ 。

(4) 闭运算: $f \bullet g = f \oplus g \ominus g$ 。

3.5 码本法及其改进

3.5.1 码本法介绍

码本法^[2,9-11]通过对每个像素点分配数个代表不同状态的码字来实现对扰动场景的耐受,不同的码字结构^[9,11]会对码本模型的效果有极大影响。典型的码字结构与码本模型的构建^[10]如下所示。

(1) 码本与码字结构

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_L\}, c_i (i = 1, 2, \dots, L) = \{v_i, aux_i\} \quad (16)$$

$$v_i = (\bar{R}_i, \bar{G}_i, \bar{B}_i), I = \sqrt{R^2 + G^2 + B^2}$$

$$aux_i = [\min(I_i), \max(I_i), f_i, \lambda_i, p_i, q_i]$$

式中, C 为码本; c_i 为码本中所含码字; f_i 表示码字出现的频率; λ_i 表示码字从消失到出现所间隔的最大时间; p_i, q_i 为码字第一次和最后一次出现的时间点。

(2) 码本构建过程与应用

码本模型的构建是一个将样本与已有码字逐个比较,来引入、更新码字,并剔除冗余码字来完成码本模型的过程,其评判标准为颜色距离 $colordis$ 和亮度大小 $lightness$:

$$\text{colordis}(x_t, v_i) =$$

$$\sqrt{(R^2 + G^2 + B^2) - \frac{(\overline{RR} + \overline{GG} + \overline{BB})^2}{\overline{R_i^2} + \overline{G_i^2} + \overline{B_i^2}}} \quad (17)$$

$$\text{lightness}(I, (\min(I_i), \max(I_i))) = \begin{cases} \text{ture}, & \alpha \max(I_i) \leq I \leq \min[\beta \max(I_i), \min(I_i)/\alpha] \\ \text{false}, & \text{other} \end{cases}$$

$$0.4 \leq \alpha \leq 0.7, 1.1 \leq \beta \leq 1.5 \quad (18)$$

码字的匹配条件如下所示, δ 为人为设定的采样阈值:

$$\begin{cases} \text{colordis}(x_t, v_m) \leq \delta \\ \text{lightness}(I, (\min(I_m), \max(I_m))) = \text{true} \end{cases} \quad (19)$$

若无可匹配的码字, 则依照式(16)创建一个新的码字, 否则对可匹配上的码字进行更新. 码本模型构建的最后一步是剔除冗余码字, 标准如下:

$$c_i = \begin{cases} \text{hold } c_i, & \text{if } \max\{\lambda_i, N - q_i + p_i - 1\} > N/2 \\ \text{clear } c_i, & \text{if } \max\{\lambda_i, N - q_i + p_i - 1\} \leq N/2 \end{cases} \quad (20)$$

式(19)中, N 为所用建模样本的帧数, 由该式易知, 码字冗余与否的判别标准主要是时间. 当码本模型被用于目标定位时, 会通过同样方式来实现对码本的更新.

3.5.2 码字结构改进

为了减小码本法运行所需内存, 提高码本法的运算速度, 同时给码本法与其他算法的融合提供便利, 对码字结构改进如下:

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_L\}, c_i (i = 1, 2, \dots, L) = \{x_i, y_i\}$$

$$x_i = \frac{R^2}{R+G+B} + \frac{G^2}{R+G+B} + \frac{B^2}{R+G+B}$$

$$y_i = [n_i, \lambda_i] \quad (21)$$

式中, x_i 为式(2)所示的自适应加权灰度值, n_i 表示码字出现的次数, λ_i 表示码字从消失到出现所间隔的最大帧数, 则码字的匹配变为

$$I(x, y) - x_i \leq T \quad (22)$$

式中, $I(x, y)$ 为当前帧对应点由式(2)计算得到的灰度值, T 为由大津法得到的自适应二值化阈值. 由于视频帧速对冗余码字的评判有很大影响, 为此设视频帧速为 M f/s, 用来建模的样本视频有 N 帧, 改进后的冗余码字判断公式为

$$\text{hold } c_i, \text{ if } \{[n_i \geq N/2] \text{ or } [\lambda_i \geq M \& n_i \geq 3]\} \quad (23)$$

4 算法融合与实验仿真

4.1 算法融合与背景建模

算法的融合是对各种算法的一个扬长避短的改革重组过程, 对背景进行分类也是为了更好地由此在 RGB 彩色模型自适应灰度化的基础上, 以三帧帧差法、surendra 法和码本法的嵌入式融合来实现背景模型的建立. 具体过程如下.

Step1. 采用式(2)对样本视频进行自适应灰度化, 接下来的计算都在此基础上进行;

Step2. 设样本视频帧数为 N 帧, 帧速为 M f/s, 对第 $i - 0.5M$ 帧、第 i 帧、第 $i + 0.5M$ 帧 ($0.5M \leq i \leq N - 0.5M$) 采用三帧帧差法配合开运算来判断第 i 帧是否有运动物体, 若没有, 则将其归入无运动物体帧组 I 中, 即:

$$I = I \cup i, \text{ if } i = 0 \quad (24)$$

Step3. 对无运动物体帧组 I 重复 Step2 的过程, 将仍没有运动物体的帧归入标准背景帧组 I_s 中, 剩下的含有运动物体的帧归入闪烁背景帧组 I_f 中, 将此过程中产生的 I_f 所含帧对应的帧差结果按时间顺序依次叠加, 得到的二值图像 I_{b1} 便是闪烁背景和不定背景区域;

Step4. 不定背景定位, 对标准背景帧组 I_s 应用五帧帧差法及开运算, 若能检测到运动物体, 则记录相应帧中的运动物体的出现时间及位置, 由此得出不定背景数量及存在时间, 将帧差结果依次叠加, 所得二值图像 I_{b2} 便是不定背景区域;

Step5. 闪烁背景定位, 将 Step3 所得的 I_{b1} 与 Step4 所得的 I_{b2} 做差并取绝对值, 所得 I_{b3} 即为闪烁背景, 即:

$$I_{b3}(x, y) = |I_{b2}(x, y) - I_{b1}(x, y)| \quad (25)$$

Step6. 对闪烁背景和不定背景区域采用改进码本法进行背景建模, 标准背景区域采用取 $\alpha = 1$ 的改进 Surendra 法进行背景建模. 当不定背景消失后则对其曾存区域进行重新判断分类, 以决定采取哪种建模方式.

背景建模流程图如图 2 所示.

4.2 仿真结果及分析

在 Intel Core i7-6500U CPU, 4.00GB RAM 设备环境下使用 Matlab R2014b 按照图 2 所示进行仿真实验, 在视频 1 下背景分类结果如图 3 所示.

在图 3 中主要的闪烁背景来自于天空、电线、树枝、破损的招贴画、铁丝网上的杂物以及停放车辆的玻璃和进气格栅.

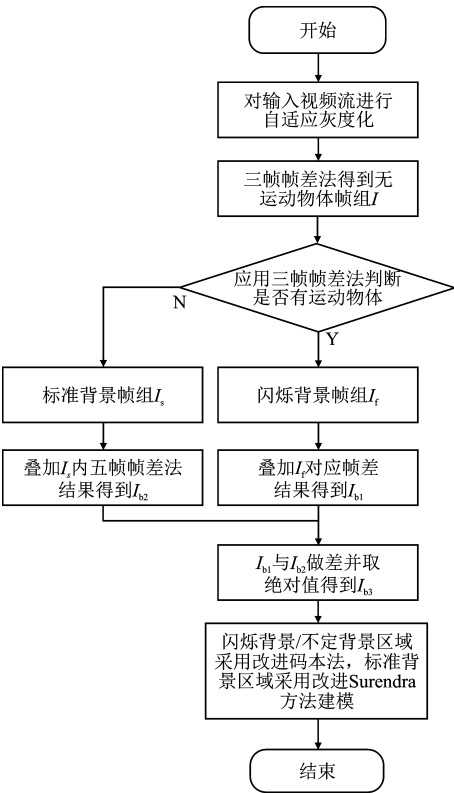


图 2 背景建模流程图

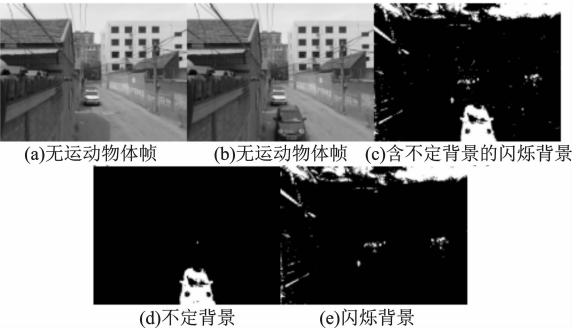


图 3 背景分类示意图

分别采用三帧帧差法、码本法和本文算法对同一场景下不同分辨率不同时间点不同拍摄角度的三组视频进行前景检测试验。

由检测结果易知,本文算法与码本法相比检测效果略有改善,相比三帧帧差法在保证前景完整性上则有极大优势.三种算法在训练以及检测时的帧速如表 1 所示,表中 TFS(Training Frames Per Second)为每秒训练帧数,DFS(Detecting Frames Per Second)为每秒检测帧数。

由表 1 数据可得,在不同分辨率的视频下三帧帧差法都表现出了良好的快速性,而经典码本法不论是在训练速度还是检测速度上都不如本文算法.当视频分辨率为 1 280×720 时,本文算法完全能够

满足实时检测的要求(30 f/s).

表 1 算法实时性比较

	视频分辨率	三帧帧差法	经典码本法	本文算法
		TFS/DFS	TFS/DFS	TFS/DFS
视频 1	4 208×3 120	无/8.25	1.05/1.95	2.55/3.60
视频 2	2 592×1 944	无/13.95	1.35/2.85	3.30/6.60
视频 3	1 280×720	无/76.20	13.2/27.6	28.05/44.7

5 结束语

本文提出了一种用于视频目标定位的多算法融合算法,对不同视频的仿真实验结果表明:

(1)将码本法、三帧帧差法、Surendra 法在 RGB 框架下进行嵌入式融合能够显著提高目标定位的准确性、鲁棒性和实时性,综合效果好于构成本文算法的任意一种算法;

(2)不论是用于提高前景检测完整性的自适应加权值灰度化方法,还是专门用于检测不定背景的五帧帧差法,亦或改进码本法和 Surendra 法,在仿真实验中都证明了它们各自的价值;

(3)通过统计得到的前景检测图像发现本文算法在定位颜色复杂、反射性或者透射性强的前景目标时仍存在缺损率较高的情况,而且当视频分辨率较高时算法实时性并不尽如人意,如何进一步提高前景检测的完整性,缩短算法处理时间还有待进一步研究。

参考文献:

[1] 纪青华,禹素萍. 基于 Surendra 背景减除法和四帧差分法的目标检测算法[J]. 计算机应用与软件, 2014, 31(12):242-244.

[2] 黄进,金炜东,秦娜. 基于三维高斯混合码本模型的运动目标检测算法[J]. 西南交通大学学报, 2012, 47(4):662-668.

[3] 徐久强,江萍萍,朱宏博,等. 面向运动目标检测的 ViBe 算法改进[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2015(9):1227-1231.

[4] 李冠军,丁喆. 视频多运动目标提取的新方法[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(1):141-143.

[5] 蓝章礼,帅丹,李益才. 基于帧间相关性的道路监控视频关键帧提取[J]. 微电子学与计算机, 2015, 32(5):51-54.

[6] 李建,蓝金辉,李杰. 一种新型快速运动目标检测算法[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2013, 44(3): 978-984.

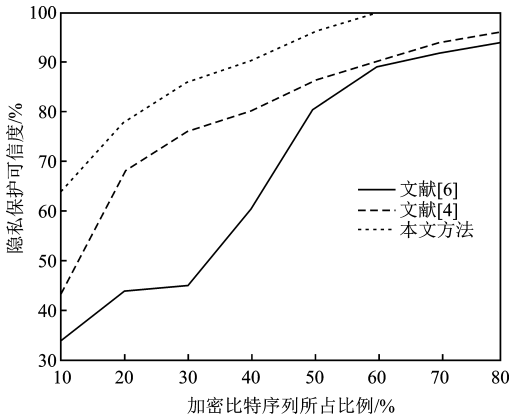


图 4 隐私保护可信度对比

5 结束语

本文研究了混合云环境下的数据加密和隐私保护问题,提出一种基于椭圆曲线加密的隐私保护模型.在椭圆曲线密码体制下构造混合云环境中隐私保护的算术编码模型,结合椭圆曲线方程的优化求解过程进行公钥加密的穷尽搜索,构造隐私保护数据加密的主密钥,结合身份认证方案建立门限密码体制,进行码元频次检测,构建私钥共享方案,根据双线性循环移位方法恢复用户私钥,实现隐私保护.研究得出,采用本文方法进行隐私保护的数据加密抗攻击能力较强,可信度较高,性能较优.

参考文献:

[1] 陈亮, 杨庚, 屠袁飞. 混合云环境下基于属性的密文策略加密方案[J]. 计算机应用, 2016, 36(7): 1822-1827.

[7] 甘明刚, 陈杰, 刘劲, 等. 一种基于三帧差分 and 边缘信息的运动目标检测方法[J]. 电子与信息学报, 2010, 32(4): 894-897.

[8] 徐方明, 卢官明. 基于改进 surendra 背景更新算法的运动目标检测算法[J]. 山西电子技术, 2009, 36(5): 39-40.

[9] Kim K, Chalidabhongse T H, Harwood D, et al. Background modeling and subtraction by codebook construction[C]// International Conference on Image Processing. IEEE, 2004: 3061-3064.

[10] 姜柯, 李艾华, 苏延召. 基于改进码本模型的视频运

[2] 徐小龙, 周静岚, 杨庚. 一种基于数据分割与分级的云存储数据隐私保护机制[J]. 计算机科学, 2013, 40(2): 98-102.

[3] 徐光宪, 徐山强, 郭晓娟, 等. DCT 变换与 DNA 运算相结合的图像压缩加密算法[J]. 激光技术, 2015, 39(6): 806-810.

[4] 付艳艳, 张敏, 冯登国, 等. 基于节点分割的社交网络属性隐私保护[J]. 软件学报, 2014, 25(4): 768-780.

[5] 宋健, 许国艳, 仝荣朋. 基于差分隐私的数据匿名化隐私保护方法[J]. 计算机应用, 2016, 36(10): 2753-2757.

[6] 张啸剑, 孟小峰. 面向数据发布和分析的差分隐私保护[J]. 计算机学报, 2014, 37(4): 927-949.

[7] HAZAY C, NISSIM K. Efficient set operations in the presence of malicious adversaries[J]. Journal of Cryptology, 2012, 25(3): 383-433.

[8] 侯惠芳, 季新生, 刘光强. 异构无线网络中基于标识的匿名认证协议[J]. 通信学报, 2011, 32(5): 153-161.

[9] 熊风光, 李希, 韩燮. 基于整体最小二乘的椭圆拟合方法[J]. 微电子学与计算机, 2017, 34(1): 102-105.

[10] 周彦伟, 杨波, 张文政. 可证安全的移动互联网可信匿名漫游协议[J]. 计算机学报, 2015, 38(4): 733-748.

[11] 肖迪, 邓秘密, 张玉书. 基于压缩感知的鲁棒可分离的密文域水印算法[J]. 电子与信息学报, 2015, 37(5): 1248-1254.

[12] 李永刚, 张治中, 李龙江. 一种 WLAN 与 eHRPD 系统间负载均衡算法[J]. 微电子学与计算机, 2017, 34(1): 44-47.

作者简介:

陈建辉 男, (1978-), 硕士, 副教授. 研究方向为网络及信息安全. E-mail: 17153414@qq. com.

(上接第 127 页)

动目标检测算法[J]. 电子科技大学学报, 2012(6): 932-936.

[11] 杨燕妮, 吴向前, 刘鹏, 等. 基于帧间差分与码本模型的运动车辆检测算法[J]. 新疆大学学报(自然科学版), 2016, 33(2): 203-208.

作者简介:

孙一南 男, (1992-), 硕士研究生. 研究方向为智慧交通下的目标识别与跟踪. E-mail: 18734902579@163. com.

韩晓明 男, (1974-), 硕士生导师. 研究方向为模式识别与故障诊断、智慧交通等.