

基于纹理特征的数字视频篡改检测^①

袁秀娟¹, 黄添强^{1,2}, 陈智文¹, 吴铁浩¹, 苏立超¹

¹(福建师范大学 数学与计算机科学学院, 福州 350007)

²(福建师范大学 网络安全与密码技术福建省高校重点实验室, 福州 350007)

摘要: 本文提出一种利用视频帧纹理特征来检测视频篡改的方法。对于一段背景静止或是运动缓慢连续变化的视频, 相邻帧间的纹理特征相关性大, 篡改后会一定程度上使其相关性变小, 本文通过计算相邻帧灰度共生矩阵的相关性找出异常帧。该方法对视频格式无限制, 适用于各种格式的视频。实验表明, 该方法对相近背景下的异源帧插入、帧替换检测效果比较理想。

关键词: 视频篡改; 图像纹理; 灰度共生矩阵; 帧间相关性

Digital Video Forgeries Detection Based on Textural Features

YUAN Xiu-Juan¹, HUANG Tian-Qiang^{1,2}, CHEN Zhi-Wen¹, WU Tie-Hao¹, SU Li-Chao¹

¹(School of Mathematics and Computer Science, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

²(Key Laboratory of Network Security and Cryptography, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: This paper proposes a digital video tampering method which uses textural features of video frames. For a video with still background or slow and continuous movement, the correlation of interframe textural features is large and it would become smaller to some extent if tampered. This paper finds out the outliers according to the correlation of the interframe GLCM. This method is unlimited for video format, applied to any kind of video format. Experimental results show that this method can effectively detect video frame tampering including frame insertion and frame substitution of diverse-sourced in the similar background.

Key words: video tampering; image texture feature; gray level concurrence matrix; correlation of interframe

1 引言

近年来高质量的数字成像设备和功能强大的图形视频编辑软件的出现, 使得对视频等多媒体数据的篡改越来越容易, 并且视觉上不会留下任何痕迹, 达到以假乱真的效果。不乏有人出于各种目的对数字视频进行恶意篡改, 如将篡改用于正式媒体、法庭证物等, 可能对社会产生严重影响。因此数字视频多媒体证据的可靠性研究成为信息安全领域倍受关注的研究热点。

视频篡改检测主要是针对视频内容的完整性和原始性鉴定问题。现有的视频篡改取证包括主动认证和被动认证两种。数字水印技术作为主动认证的一种手段, 需要在被保护的数字信息中预先嵌入脆弱水印,

通过检测水印的完整性来确保视频的真实性。缺点在于水印嵌入通常会对视频信息产生轻微的变化, 影响检测效果, 并且必需事先采取防范措施, 而现实中绝大多数的视频没有嵌入水印信息, 因此主动认证具有一定的局限性。被动认证正是在这种需求下应运而生, 它不需要借助外部嵌入信息来实现篡改检测, 直接通过判断视频内部特征的变化来检测篡改。

基于被动认证目前公开的主要成果: 在存储格式方面, 目前主要集中在 MPEG 格式上。根据 MPEG 格式压缩的视频在篡改前后的特征差异性, 国外 Wang^[1]和国内熊潇等^[2]都是利用篡改前后运动误差的周期性变化检测帧的插入或删除, 这一方法处理速度较快, 但仅限于篡改前后 GOP 结构不变, 且对于 GOP 的整

① 基金项目: 国家自然科学基金(61070062); 福建省自然科学基金(2008J04004); 福建省高校服务海西建设重点项目(2008HX200941-4-5);

福建省高等学校新世纪优秀人才支持计划(JA11038)

收稿时间: 2011-09-16; 收到修改稿时间: 2011-10-18

数倍篡改无法检测。后来，Wang^[3]又通过视频双重 MPEG 压缩过程中双重量化存在的特征来判断篡改，但这种方法无法检测第二次压缩质量低于第一次压缩的情况。由于视频序列相邻帧之间较强的内容相关性，国内秦^[4]利用滑动窗口检测运动矢量序列的局部变化，设定阈值寻找异常点来检测篡改，该方法对篡改帧数和压缩结构没有限制，但局限在于只能检测内容没有剧烈变化的单镜头视频。这类方法应用的前提必须是 MPEG 格式的检测。还有一类检测是基于模式噪声，因为成像传感器以及摄像机内部电路的非理想性，在成像过程中必然会产生设备噪声，这一噪声信息被添加到视频每帧图像数据中，并且不同的数码设备固有的模式噪声是不同的^[5]。国外 Hsu^[6]基于视频图像的噪音残差相关性分布模型，提出一种视频伪造区域查找算法。国内王俊文等^[7]基于统计相关性原理，通过计算模式噪声与待检测帧的噪声相关性确定篡改位置。此类检测主要是针对非同源的篡改，对视频内部的编辑篡改无法检测。

利用模式噪声进行篡改取证，要得到好的检测结果，需要充分考虑不同压缩标准以及码率对模式噪声的影响，因而精确的模式噪声难以获取，导致检测的准确率不高。另外基于视频内容的检测包括基于视频的运动矢量、灰度信息、纹理特征、光照信息等进行检测。通过实验表明，在一定条件下若背景静止或运动缓慢连续变化的视频，通过纹理特征进行检测效果比较理想。本文提出一种新的利用视频帧纹理特征来检测篡改的方法。首先提取视频帧的灰度共生矩阵，灰度共生矩阵能够有效表达视频帧的纹理特征^[9]，然后计算相邻帧之间相应共生矩阵的相关性，对相关性进行离群点检测得到异常点，从而判断出视频的篡改位置。实验结果表明对于相近背景下的异源帧替换、帧插入篡改操作本文都能够有效进行检测，并且对视频的格式无限制。

2 基于纹理特征的检测

2.1 图像纹理特征与提取

图像纹理是由分布在空间位置上的灰度反复出现而形成的，反映了像素灰度在图像中的局部变化规律。在图像空间中相隔一定距离的两像素之间存在一定的灰度关系，形成了图像的灰度空间相关特性。灰度共生矩阵是描述灰度空间相关特性的一种有效方法。灰度共生矩阵是像素距离和角度的矩阵函数，它通过计

算图像中一定距离和一定方向的两点灰度之间的相关性，来反映图像在方向、间隔、变化幅度及快慢上的综合信息。

假设 $f(x, y)$ 表示一幅图像的灰度信息，其大小为 $M \times N$ ，灰度级别为 N_g ，则满足一定空间关系的灰度共生矩阵 P 为

$$p(i, j) = \#\{(x_1, y_1), (x_2, y_2) \in M \times N \mid f(x_1, y_1) = i, f(x_2, y_2) = j\} \quad (1)$$

其中 $\#\{x\}$ 表示集合 x 中的元素个数， $f(x, y)$ 的值表示灰度图像中坐标 (x, y) 点的灰度值，上式即具有某种空间关系、灰度值分别为 i 和 j 的像素对的个数。显然 P 为 $N_g \times N_g$ 的矩阵，若 (x_1, y_1) 与 (x_2, y_2) 间距离为 d ，两者与坐标横轴的夹角为 θ ，则可以得到不同间距及角度的灰度共生矩阵 $P(i, j | d, \theta)$ 。角度 θ 为正向的 0° 、 45° 、 90° 、 135° ，如图 1 所示。图 2 所示为 $d=1$ ， $\theta=0^\circ$ 的情况， I 表示灰度图像信息，GLCM 为相应的灰度共生矩阵。

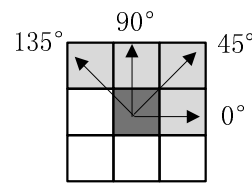


图 1 取值 (每一个格子表示一个像素点)

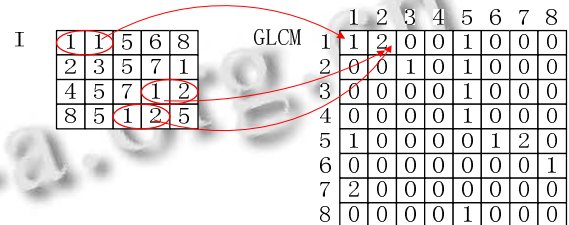


图 2 灰度共生矩阵示意图

实验中为减小复杂度对灰度共生矩阵通常进行如下的归一化：

$$p(i, j) = \frac{P(i, j)}{R}, R = \begin{cases} N_g(N_g - 1) & \theta = 0^\circ \text{ or } 90^\circ \\ (N_g - 1)^2 & \theta = 45^\circ \text{ or } 135^\circ \end{cases} \quad (2)$$

R 为灰度图像中总的像素对数， θ 取不同的角度像素对数是不同的， N_g 表示 P 为 $N_g \times N_g$ 的方阵。

2.2 篡改检测方法

2.2.1 检测思想

对于一段背景静止的视频或是运动缓慢连续变化

的视频，帧间距离大时帧间相关性变化不一，但相邻帧间的纹理相关性相对比较大，因为视频内容是连续的。将内容相近的异源视频帧替换或插入到原始视频中，因其角度光线不可能完全一致，纹理相关性还是会发生一定的变化，因此可以利用这种变化进行视频帧篡改取证。

2.2.2 检测流程

检测流程如图 3 所示：

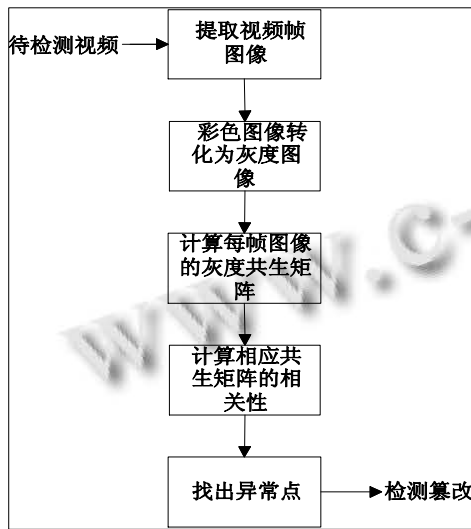


图 3 检测流程图

图 3 给出了篡改检测的流程，算法说明如下：

- 1) 提取视频帧图像序列，即将视频转换成时间轴上一系列内容连续的帧图像；
- 2) 为了提取帧的纹理特征计算图像的灰度共生矩阵，前提需将真彩色图像转化为灰度图像；
- 3) d 取 1, θ 分别取 0° 、 45° 、 90° 、 135° 计算每帧图像的灰度共生矩阵，这样每帧图像计算得到四个共生矩阵；
- 4) 然后根据不同的 θ 值计算相邻帧之间相应的共生矩阵的相关性；
- 5) 通过得到的四组数据，利用 K-means 算法检测每组数据的异常点，对比四组数据的异常点是否相同。相关性计算如下：

$$r_k = \frac{\sum_i \sum_j (G_k(i, j) - \bar{G}_k)(G_{k+1}(i, j) - \bar{G}_{k+1})}{\sqrt{(\sum_i \sum_j (G_k(i, j) - \bar{G}_k)^2)(\sum_i \sum_j (G_{k+1}(i, j) - \bar{G}_{k+1})^2)}} \quad (3)$$

$k=1, 2 \dots n-1$

G_k 表示第 k 帧图像的灰度共生矩阵

r_k 表示第 k 帧与第 $k+1$ 帧灰度共生矩阵的相关

θ 取 0° 、 45° 、 90° 、 135° ，对于每一个 θ 值都会有一个相关性序列，因此一个 n 帧的视频，经过计算会得到四个长度为 $n-1$ 的相关性序列。

3 实验结果与分析

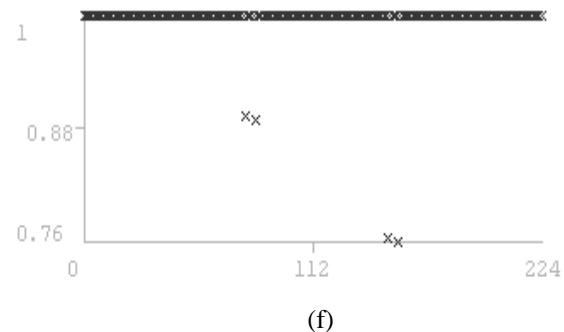
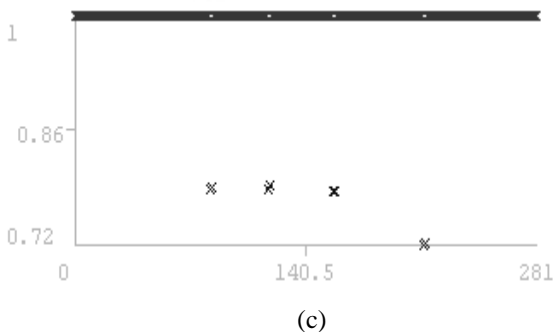
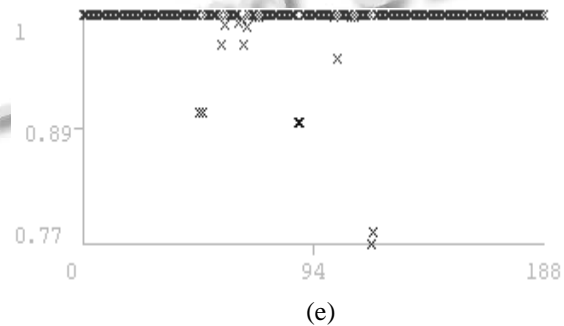
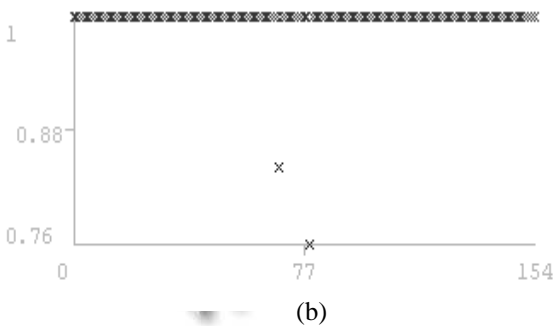
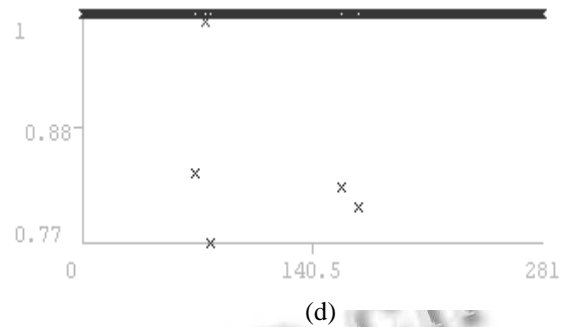
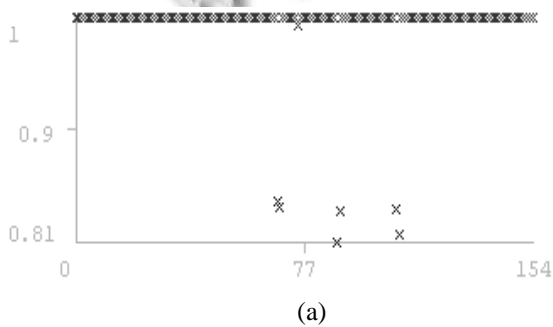
实验中 d 取 1, θ 分别取 0° 、 45° 、 90° 、 135° 。一幅灰度图像对应四个灰度共生矩阵，然后计算相邻帧相应灰度共生矩阵的相关性。选用型号分别为 canonA60、canonA95 的佳能相机，在相近背景和角度下拍摄的视频作为测试数据。拍摄视频分辨率为 320×240 ，帧速率为 15fps。因背景不同的篡改肉眼很容易辨别，检测无太大意义，所以本实验仅针对相近背景和角度下拍摄的视频。实验所用计算机配置为 Intel 2.2GHz CPU、1G 内存、158G 硬盘、操作系统为 Microsoft Windows XP，并采用 Matlab7.0 提取灰度共生矩阵，在 weka 中实现离群点的检测。实验中原始视频内容如下：



图 4 原始视频帧内容

表 1 帧替换异常点实验检测

	篡改方式	篡改帧	异常点	图示
数据 1	A60 中篡改 A95	70、90、110	69、70、89、90、109、110	(a)
	A60 中篡改 A95	71-80	70、80	(b)
	A95 中篡改 A60	85、120、160、215	84、85、119、120、159、160、214、215	(c)
数据 2	A60 中篡改 A95	50、90、120	49、50、89、90、119、120	(e)
	A95 中篡改 A60	81-85、151-155	80、85、150、155	(f)
数据 3	A60 中篡改 A95	78、125、150	77、78、124、125、149、150	(g)
	A95 中篡改 A60	121-130、151、175	120、130、150、151、174、175	(h)
数据 4	A60 中篡改 A95	96-100	95、100	(i)
	A95 中篡改 A60	90、100、121-125	89、90、99、100、120、125	(j)
数据 5	A60 中篡改 A95	85、101、140	84、85、100、101、139、140	(k)
	A95 中篡改 A60	111-115	110、115	(l)
数据 6	A60 中篡改 A95	81-85、142、165	80、85、141、142、164、165	(m)
	A95 中篡改 A60	75、100、144	74、75、99、100、143、144	(n)



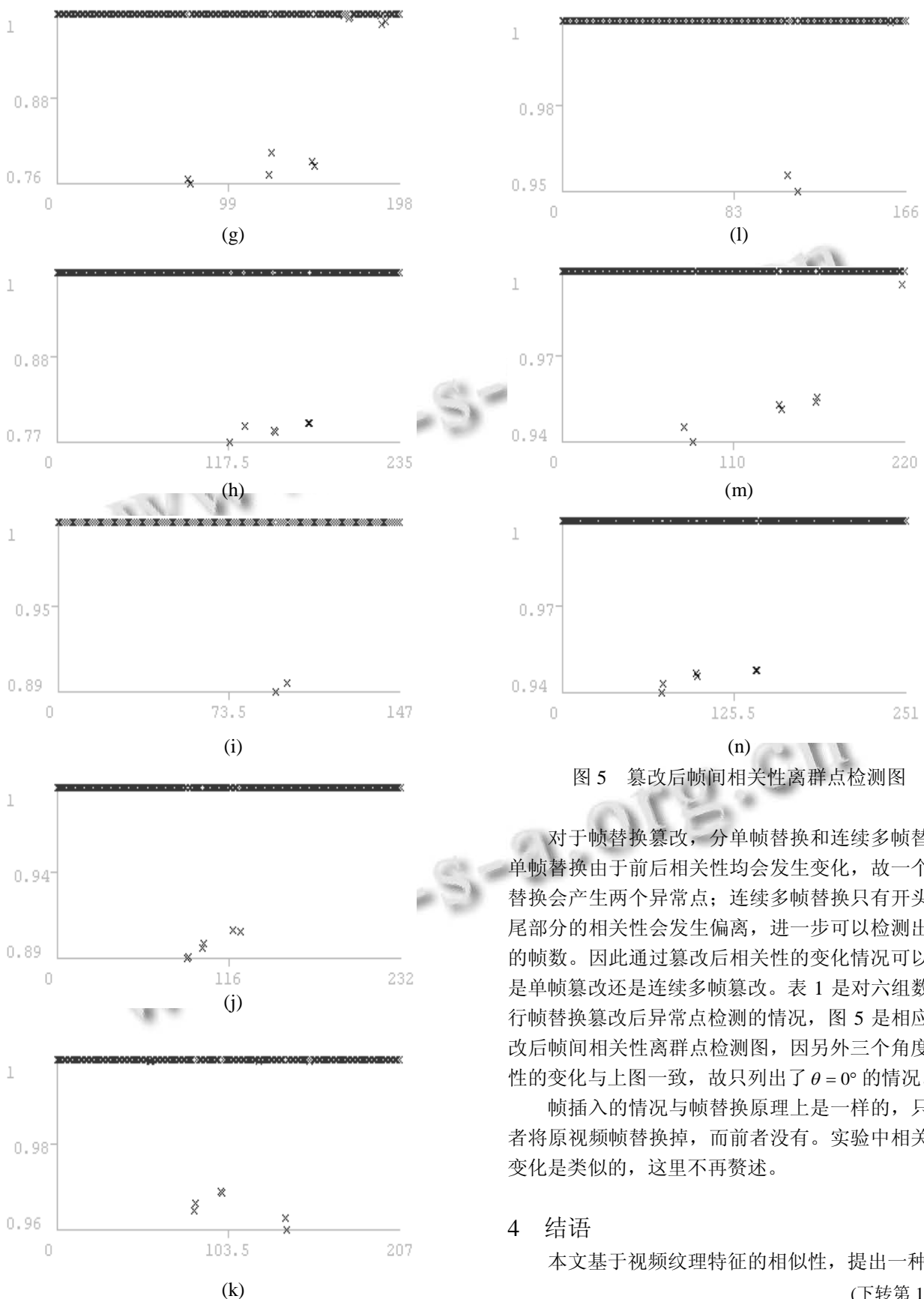


图 5 篡改后帧间相关性离群点检测图

对于帧替换篡改，分单帧替换和连续多帧替换，单帧替换由于前后相关性均会发生变化，故一个单帧替换会产生两个异常点；连续多帧替换只有开头和结尾部分的相关性会发生偏离，进一步可以检测出篡改的帧数。因此通过篡改后相关性的变化情况可以判断是单帧篡改还是连续多帧篡改。表 1 是对六组数据进行帧替换篡改后异常点检测的情况，图 5 是相应的篡改后帧间相关性离群点检测图，因另外三个角度相关性的变化与上图一致，故只列出了 $\theta = 0^\circ$ 的情况。

帧插入的情况与帧替换原理上是一样的，只是后者将原视频帧替换掉，而前者没有。实验中相关性的变化是类似的，这里不再赘述。

4 结语

本文基于视频纹理特征的相似性，提出一种通过
(下转第 152 页)

下一像素。如果当前像素不是道岔点,则直接移动;如果当前像素是道岔点,则程序需根据从服务器获取的道岔状态判别方向,然后再移动。

当机车接收到来自服务器的RFID定位器信息时,首先判别接收到的位置信息与当前信息的差别是否在容许范围之内,如果超出容许范围,则对图中机车的位置进行调整。

4 结语

本系统已在黑龙江某煤矿投入试点运行,在试运行期间,系统状况良好,运行稳定,明显提高井下机车的调度与使用效率,提高生产率,同时也有有效的减小机车运行事故的发生,提高机车安全性。

当然,系统也存在一定的不足,例如巷道地图可采用矢量图格式。与位图模式相比,矢量图格式缩放

不失真,易操作,易添加元素,更适用于数字地图。

参考文献

- 1 赵庆平,方观礼.煤矿井下通信系统的研究.科技信息,2009(13):351.
- 2 Shuqi Wang, Yin Shi. Design of Personnel Position System under the Mine. 2010 International Conference on Remote Sensing (ICRS 2010). Hangzhou, Zhejiang, China:253-255.
- 3 王若明.SIP协议的分析与实现.广东:暨南大学,2005:19-20.
- 4 赵岩磊,杨维,王曙光,等.煤矿井下无线局域网数据终端的设计.煤炭科学技术,2010,38(2):64-67.
- 5 郑国生.RFID应用在煤矿井下机车调度的研究.安徽:安徽理工大学,2008:4-10.
- 6 赵耀,陈慧女.图像细化的VC实现.科技信息,2008(16):376-377.

(上接第95页)

计算帧序列相邻帧间灰度共生矩阵相关性变化进行异常点检测的视频篡改检测方法。实验表明该方法能有效地检测相近背景下的异源帧插入以及帧替换篡改,并且可以检测出连续多帧篡改的帧数,但对于帧删除无法进行有效检测,对于帧内容的篡改检测还需进一步研究。

参考文献

- 1 Weihong Wang, Hany Farid. Exposing digital forgeries in video by detecting double MPEG Compression. Proc. of the Multimedia and Security Workshop. Geneva, Switzerland: ACM SIGMM, 2006:37-47.
- 2 熊潇,黄征,徐彻,施少培,杨旭.基于预测残差检测的数字视频篡改鉴定.学术研究,2008(12):128-130.
- 3 Weihong Wang, Hany Farid. Exposing Digital Forgeries in Video by Detecting Double Quantization. ACM Multimedia and Security Workshop, Princeton, NJ, 2009:39-48.

- 4 秦运龙,孙广玲,张新鹏.利用运动矢量进行视频篡改检测.计算机研究与发展,2009,46(增创):227-233.
- 5 Jan Lukas, Jessica Fridrich, Miroslav Goljan. Digital camera identification from sensor pattern noise. IEEE Trans. on Information Forensics and Security, 2006,1(2):205-214.
- 6 Chih-Chung Hsu, Tzu-Yi Hung, Chia-Wen Lin, Chiou-Ting Hsu. Video forgery detection using correlation of noise residue. Proc. of the 10th Workshop On Multimedia Signal Processing. Cairns, Australia: IEEE Computer Society, 2008:170-174.
- 7 王俊文,刘光杰,张湛,王执铨.戴跃伟.基于模式噪声的数字视频篡改取证.东南大学学报(自然科学版),2008,38(增刊II):13-17.
- 8 周琳娜,王东明.数字图像取证技术.北京:北京邮电大学出版社,2008:49-146.
- 9 刘丽,匡纲要.图像纹理特征提取方法综述.中国图象图形学报,2009,14(4):622-635.