

一种提取视频电磁泄漏信息同步特征的方法

荀京京¹, 王厚军¹, 向长波², 宋建中²

(1. 电子科技大学自动化学院 成都 610054; 2. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 长春 130033)

【摘要】检测/截获计算机电磁泄漏的视频信息, 其关键技术是图像信息的恢复还原。该文用类Harr小波提取不同程度倾斜的视频图像的纹理特征, 测量纹理的倾斜角度, 用于自动控制行同步参数的调整, 直到行同步的精度满足要求, 实现截获的计算机视频泄漏信息(图像)的稳定恢复再现。

关键词 Harr小波; 电磁泄漏信息; 图像同步特征提取; 纹理特征
中图分类号 TP274.23 **文献标识码** A

A Method for Extracting the Synchro Characters in the Video Information Leaked by a Computer System

XUN Jing-jing¹, WANG Hou-jun¹, XIANG Chang-bo², SONG Jian-zhong²

(1. School of Automation Engineering, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054;

2. Changcun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Science Changcun 130033)

Abstract Some common characters in the video information leaked by a computers system are the texture characteristics which are composed of moving black areas of a reconstructed image from the leaked video information. The texture characteristics are quite different with the varying of synchronal frequency. The moving speed of the texture increases when the synchronal error becomes larger. And the moving direction is decided by the sign of the error. According to these features, a similar Harr Wavelet method is used to extract the synchronal characters in the video information leaked by a computer system. Based on these synchronal characters, the angles tilted by the synchronal error are used to adjust the frequency of the synchronal pulses until the synchronal accuracy is enough for steady display.

Key words Harr wavelet; leaked information; synchronal character; texture feature

自20世纪70年代以来, 围绕通过截获——接收还原从电子信息设备产生的泄漏发射(包括空中辐射和传导泄漏发射)电磁波所携带的信息的研究成果相继问世, 引起了世界各国信息安全领域的关注。建立在电磁泄漏发射测量基础上的计算机视频电磁泄漏信息的接收还原与防护技术——TEMPEST的研究应用, 已成为窃密与反窃密斗争领域的一把双刃剑。当前, 对涉密电子信息设备所产生的电磁信息泄漏发射的截获与防护技术的研究与应用已在全球范围内相继展开, 主要用于电磁泄漏防护的技术标准、法规和相关检测与防护技术产品已进入实用化阶段, 为信息安全提供了必要的保障。

针对以计算机视频泄漏信息为主要泄漏发射源的接收还原技术, 是TEMPEST技术体系中的重要组成部分, 是检验以计算机为核心的电子信息设备低

电磁泄漏发射产品安全性的重要手段^[1-2]。而研究对特殊/专用接收设备(如TEMPEST接收机)的视频(输出)信号处理的技术方法, 缩短截获时间, 实现自动截获, 大幅提高恢复还原图像的质量/分辨率是主要研究方向, 对国家安全具有重要的现实意义。

截获/检测计算机电磁泄漏发射信息的关键技术是图像的恢复还原。计算机视频图像具有某些共性的特征, 无论计算机显示器的显示内容是文字还是图形, 其图像每一行的显示都有不含信息的消隐区和含图像内容的信号区。信号区的信号电平由图像内容决定, 而消隐期的信号电平始终是低电平^[3]。

试验数据表明行同步在不同的精度下, 消隐区在图像中产生出明显的不同纹理特征, 同步偏差的大小决定了漂移的速度, 而偏差的正负则决定了漂移的方向。根据视频图像的这个特征, 利用纹理特

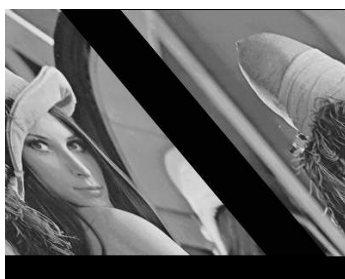
征提取算法测量图像的倾斜角度,控制行同步参数的调整,直到行同步的精度满足要求,从而实现截获的计算机视频泄漏信息(图像)的稳定恢复再现。

1 同步偏差产生的图像特征

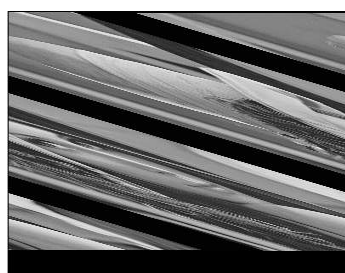
图1给出了四种同步偏差下的图像纹理特征。当行同步的频率偏差小于一个像素时,计算机图像出现水平漂移,消隐信号是一条直立的黑色线条,如图1a所示。场同步偏差与行同步类似,只是特征体现在垂直方向上。偏差的大小决定了漂移的速度,而偏差的正负则决定了漂移的方向。



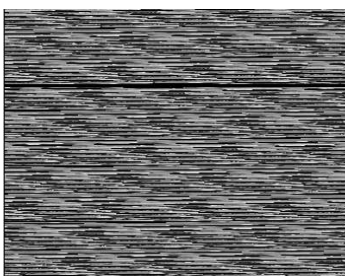
a. 偏差小于1个像素



b. 偏差等于1个像素



c. 偏差等于4个像素



d. 偏差大于20个像素

图1 四种同步偏差下的图像纹理特征图像

当偏差超过一个像素,漂移的图像出现倾斜变形,消隐信号变成斜线,如图1b所示。当偏差继续变大时,消隐信号变成更细的纹理特征。偏差的大小决定了纹理的宽度和倾斜角度,偏差的正负决定了纹理的倾斜方向。

2 图像特征的提取

由同步偏差产生的图像特征体现在图像消隐区形成的纹理宽度和斜度的不同。消隐区可以视为一个负脉冲信号。由于接收的计算机视频泄漏信息的消隐信号宽度是未知的,在不同的同步信号偏差下,消隐信号在图像中体现的宽度也有很大区别,要求滤波器的宽度是可变的。

小波变换的多尺度分辨特性适合于分析不同尺度上的奇异点^[4]。利用类Harr小波不同尺度上的滤波器构成一个小波滤波器组,对截获的视频信号进行多尺度滤波,可以提取出消隐信号的特征。纹理特征提取算法流程如图2所示^[5]。

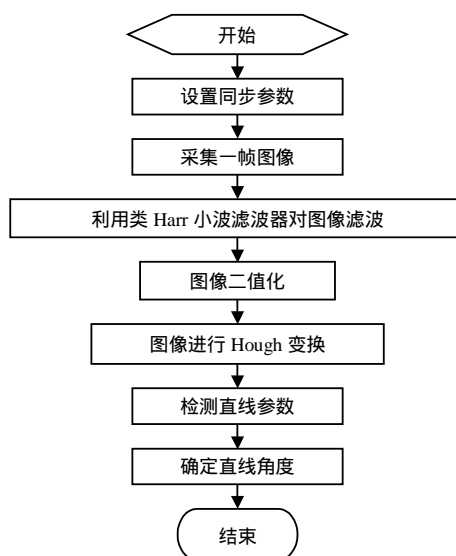


图2 纹理特征提取算法

小波在图像处理中的应用主要是把时间或空间域的图像信号变换到小波域的多尺度上,根据小波基的特点来分析和处理小波系数,达到滤波、特征提取等图像处理的目的;再将处理后的小波系数反变换,得到处理后的目标图像。对于图像分析等领域也可直接在小波域提取图像特征,不必还原图像。

小波变换的定义形式并不是唯一的,在边缘检测、信号滤波等应用中,小波变换定义为:

$$Wf(a,b) = f(t) * \psi_a(t) = \frac{1}{a} \int_R f(\tau) \psi\left(\frac{b-\tau}{a}\right) d\tau \quad (1)$$

式(1)描述了连续小波变换,参数 a 和 b 是连续的,分

别控制母小波函数 ψ 的伸缩和平移。小波函数 $\psi(t)$ 是小波空间的一组正交基, 可以证明尺度函数和小波函数构成了 $L^2(R)$ 空间的一组正交基。进一步推导出 $\psi(t)$ 的时域表达式为:

$$\psi(t) = \sum_n g_n \phi(2t - n) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t < 1/2 \\ -1 & 1/2 < t < 1 \end{cases} \quad (2)$$

$\psi(t)$ 的图形如图3所示。

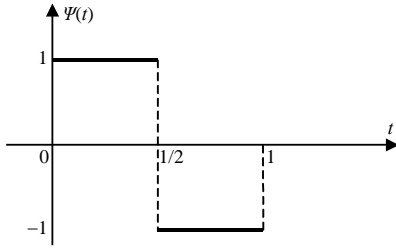


图3 Harr小波波形

在信号的奇异点检测中只要分析信号的小波系数, 提取奇异点, 不需要重建信号, 因此只需将信号投影到不同尺度的小波空间进行分析。本文对参数 a 、 b 进行离散化, 一种通常的离散方法是将尺度按幂级数进行离散化, 即取 $a_m = a_0^m$ (m 为整数, $a_0 \neq 1$, 一般 $a_0 = 2$)。对于位移的离散化, 当 $a = 2^0 = 1$ 时, $\psi_{a,b}(t) = \psi(t - b)$, 通常对 b 进行均匀离散取值, 以覆盖整个时间轴。为了不丢失信息, 本文设置采样间隔满足Nyquist采样定理, 即采样频率大于等于该尺度下频率通带的二倍。当 m 增加1时, 尺度 a 增加一倍, 对应频带减少一半, 采样频率可以降低一半, 即采样间隔可以增大一倍。因此, 如果尺度 $m=0$ 时 b 的间隔为 T_s , 则在尺度为 2^m 时的间隔为 $2^m T_s$ 。 $\psi_{a,b}(t)$ 可以表示为:

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{a} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) = \frac{1}{2^m} \psi\left(\frac{t-2^m n T_s}{2^m}\right) \longrightarrow \psi_{m,n}(t) \quad (3)$$

为了简化将 t 轴用 T_s 归一化, 可将式(3)表示为:

$$\psi_{m,n}(t) = 2^{-m} \psi(2^{-m} t - n) \quad (4)$$

为了叙述方便, 将小波 $\psi_{m,n}(t)$ 称作尺度为 m 的小波。对于Harr小波母函数为:

$$\psi(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t < 1/2 \\ -1 & 1/2 < t < 1 \end{cases} \quad (5)$$

尺度为 m 的Harr小波函数为:

$$\psi(t) = \begin{cases} 2^{-m} & 0 \leq t < 2^{m-1} \\ -2^{-m} & 2^{m-1} < t < 2^m \end{cases} \quad (6)$$

Harr小波族在空间域和频率域都有很好的局部性。Harr小波基函数在不同尺度下的时域波形如图4

所示。

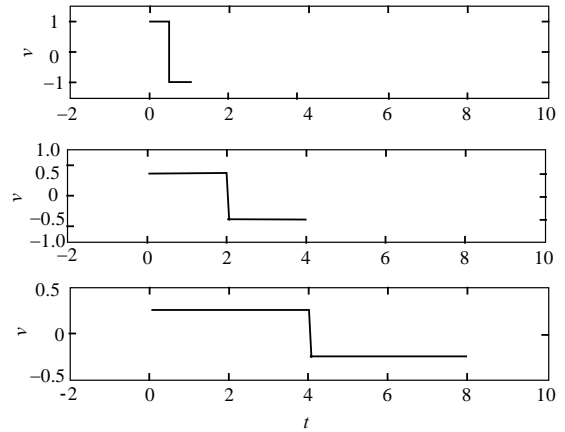


图4 不同尺度的Harr小波

在对数字信号进行小波分析时, 要将小波函数进行离散化。离散小波的时间轴已经用 T_s 归一化, 本文取离散间隔为1。对于尺度 $m=1$ 的Harr小波滤波器为 $1/2$ 、 $-1/2$; 由图4可知出尺度 $m=2$ 的Harr小波滤波器为 $1/4$ 、 $1/4$ 、 $-1/4$ 、 $-1/4$; 尺度 $m=3$ 的Harr小波滤波器为 $1/8$ 、 $1/8$ 、 $1/8$ 、 $1/8$ 、 $-1/8$ 、 $-1/8$ 、 $-1/8$ 、 $-1/8$ 。由此可见 m 尺度的Harr小波滤波器可以简单的由 2^m 个 2^{-m} 和 -2^{-m} 滤波器系数组成。

为了准确地检测到脉冲信号的位置, 本文对Harr小波进行变形, 得到了一种新的小波函数, 称为类Harr小波函数, 即:

$$l(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t < 1/4 \\ -1 & 1/4 < t < 3/4 \\ 1 & 1/4 < t < 1 \end{cases} \quad (7)$$

小波函数波形如图5所示。

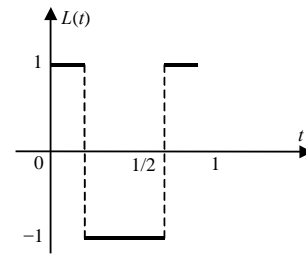


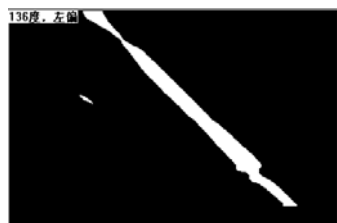
图5 类Harr小波波形

与Harr小波滤波器组相似, 不同尺度的类Harr小波滤波器可以由长度不同的滤波器系数表示。为了体现出类Harr小波函数的特点, 本文取离散间隔为 $1/2$ 。对于尺度为1的类Harr小波滤波器为 $1/2$ 、 $-1/2$ 、 $-1/2$ 、 $1/2$; 尺度为2的类Harr小波滤波器为 $1/4$ 、 $1/4$ 、 $-1/4$ 、 $-1/4$ 、 $-1/4$ 、 $1/4$ 、 $1/4$; 以此类推。

对图1b和图1c的图像利用类Harr小波对信号进行多尺度分析, 二值化处理后的结果呈现出不同的

斜率直线,如图6所示。

对图1b进行纹理特征提取^[6],结果如图6a所示。类Harr小波尺度为5,检测到消隐信号倾斜角度为左偏136°。对图1c进行纹理特征提取,结果如图6b所示。类Harr小波尺度为3,检测到消隐信号倾斜角度为左偏166°。



a. 偏差等于1个像素



b. 偏差等于4个像素

图6 不同宽度纹理特征提取

特征,在脉冲信号的中心位置产生一个极值点。在不同的尺度,类Harr小波对宽度不同的脉冲信号产生的响应不同,可以有效地提出不同宽度的脉冲信号,克服了Harr小波只检测阶跃变化,在低尺度上无法分辨出宽、窄脉冲的局限性。这些特征可以用来自动调整同步脉冲的频率^[7]。

参考文献

- [1] HIGHLAND H J. TEMPEST over leaking computers[J]. Computer & Security, 1988, 13(7): 457-458.
- [2] MARKUS G K. Optical time-domain eavesdropping risks of CRT displays[C]//Proceedings 2002 IEEE, Symposium on Security and Privacy. Berkeley, USA: IEEE, 2002.
- [3] 王欣刚. 计算机视频泄漏信息截获技术的实用化研究[D]. 长春: 中科院长春光机所, 2002.
- [4] 杨福生. 小波变换的工程分析与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [5] 余祥宣, 崔国华, 邹海明. 计算机算法基础[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1998.
- [6] 杨波, 汪同庆, 叶俊勇, 等. 一种直线提取的新方法[J]. 计算机工程, 2003, 29(1): 45-47.
- [7] 乔双, 宋建中. 外置式非标准视频同步信号发生器的设计[J]. 光电工程, 2005, 10: 31-34.

3 实验结果

编辑 黄 莘

类Harr小波函数能够有效地提取出信号的脉冲

• 科研成果 •

嵌入式虹膜识别系统

嵌入式虹膜识别系统是一种具有完全自主知识产权的嵌入式的虹膜识别系统,它通过虹膜图像采集、特征提取和特征比对实现用户身份识别。系统识别率高、误识率小、执行速度快、虹膜库容量大,可广泛用于安全保密、电子商务等需要进行个人身份识别的领域。

主要技术指标:(1) 识别准确率指标:错误拒绝率 $<10^{-2}$;错误接受率 $<10^{-2}$ 。(2) 识别时间指标:虹膜图像采集时间 <0.1 s;虹膜图像编码时间 <1.0 s;图像数据库检索时间 <0.5 s;虹膜识别判别时间 <0.1 s。(3) 虹膜采集器指标:CMOS成像器件分辨率=640×480;256灰度级图视频采样速度=15 帧/s。(4) 图像识别平台指标:PC200 MHz以上或主频200 MHz以上的DSP。(5) 图像数据库指标:>10 000份虹膜样本。(6) 该系统具有液晶显示功能,能提示用户当前使用状态。

应用前景:虹膜识别系统可以应用在许多领域,特别是需要高度安全的领域。如:(1) 军事基地、枪械库、核能设施、物料放置库房、电脑机房、政府办公室、保密资料室等重要区域的门禁管制。(2) 银行金库、保险箱等重要的金融领域。(3) 港口航空系统等身份认证领域。(4) 罪犯或嫌疑人的识别与管理。(5) 电子商务身份认证。(6) 生物护照、身份证。(7) 虹膜识别ATM。(8) 指纹民用门禁系统;(9) 指纹考勤系统。

• 子系 •