

文章编号: 1003-501X(2006)11-0105-04

# 计算机视频泄漏信息的行同步特征提取技术

乔 双<sup>1,2</sup>, 林明秀<sup>1</sup>, 宋建中<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033;

2. 东北师范大学 物理学院, 吉林 长春 130024)

**摘要:** 根据计算机视频泄漏信息在截获过程中显示出的不同特征, 分别给出了行同步频率的谱分析算法, 倾斜图像纹理特征的直线倾斜角度测量算法和漂移图像相位特征的积分投影微分定位的测量算法。利用这些算法在截获的图像中提取出频率、角度和相位差等特征, 根据这些特征量可以自动调整行同步信号的频率, 使偏差为零, 达到稳定显示的目的。

**关键词:** 泄漏信息; 谱分析; 纹理特征; 相位特征; 特征提取

中图分类号: TP391

文献标识码: A

## Line synchronization features extraction technology of computer video leakage information

QIAO Shuang<sup>1,2</sup>, LIN Ming-xiu<sup>1</sup>, SONG Jian-zhong<sup>1</sup>

(1. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, the Chinese Academy of Science, Changchun 130033, China;*

2. *Physics Department, Northeast Normal University, Changchun 130024, China*)

**Abstract:** Based on computer video leakage information displaying different features in the course of being captured, this paper introduces a spectral analysis algorithm of line synchronization frequency, a line tilt angle measurement algorithm of incline image grain feature and a measurement algorithm of integral projection and differential orientation of drift image phase feature. Frequency, angle, phase difference and other features of the captured images can be extracted by using these algorithms. The deviation can be zero by automatically adjusting frequency of the line synchronization signals according to these characteristic quantities. So the purpose of stable display comes true.

**Key words:** Leakage information; Spectral analysis; Grain feature; Phase feature; Feature extraction

## 引 言

截获计算机视频泄漏信息时<sup>[1]</sup>, 在没有先验知识的前提下是无法提取图像特征的, 只能通过数据分析提取行同步频率, 在伪行同步的控制下截获的图像具有一定的特征, 再利用算法提取出特征, 根据特征量判断行同步偏差的大小和方向, 调整同步参数。行同步的参数调整是一个逐渐逼近的过程, 在行同步偏差达到一定精度要求时, 图像的特征发生变化, 利用这一特点逐步提高行同步参数的调整精度。根据不同行同步精度下图像的特点, 我们首先采集一批数据, 计算出行同步频率的参考值; 在参考值的指导下进行图像采集, 对采集图像进行特征提取, 对倾斜图像利用纹理特征提取算法测量图像的倾斜角度, 利用角度控

收稿日期: 2006-01-04; 收到修改稿日期: 2006-05-20

基金项目: 国家高技术发展计划项目(2002AA632080)

作者简介: 乔 双(1963-), 男(汉族), 吉林大安人, 教授, 主要研究工作是高速图像处理、神经网络模式识别、计算机应用技术。

E-mail: qiaos810@nenu.edu.cn

制行同步参数的调整；当图像调整直立之后，切换到相位检测算法，利用两场之间的相位差控制行同步参数的调整，直到行同步精度满足要求，实现图像的锁相，截获的计算机视频泄漏信息能够实现稳定的显示。

## 1 视频信号的行同步频率特征提取

视频图像信号的频谱应是以行频及其谐波为主谱线，在主谱线两侧对称分布着由场频及其谐波组成的谱线族，这使我们想到可以将视频时间序列变换到频域，采用谱分析的方法提取行同步信息<sup>[2, 3, 4]</sup>。具体工作流程是：首先，把接收机输出的信号按照固定采样频率进行 A/D 变换；然后进行 FFT 运算，计算信号的功率谱并进行谱分析搜索到行频的位置；最后根据采样频率和序列长度确定频谱分辨率，计算出行同步频率从而确定同步信号发生器的分频参数。这种方法在文献[2]中已有详细叙述，故本文不再赘述。

当同步控制信号出现细微的偏差时，计算机图像不能被稳定显示，出现水平漂移。这里我们主要讨论行同步偏差，场同步偏差与行同步类似，只是特征体现在垂直方向上。当行同步偏差小于一个像素时，在序列图像连续显示中可以看到图像向一个方向水平移动。单帧显示的图像主要就是体现在不同帧消隐信号的位置不同，偏差的大小决定了漂移速度，而偏差的正负则决定了漂移方向。图 1 为在漂移图像序列中截取的两帧图像。

偏差大小超过一个像素，漂移的图像出现倾斜变形，消隐信号不再是直立的黑色线条，变成斜线。当偏差继续变大时，消隐信号变成细的纹理特征。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。图 2 给出了不同偏差下显示图像的纹理特征。

当同步偏差继续增大时，图像倾角更大，滚动速度加快，显示的图像看不到消隐信号的特征，只能看到一片噪声。

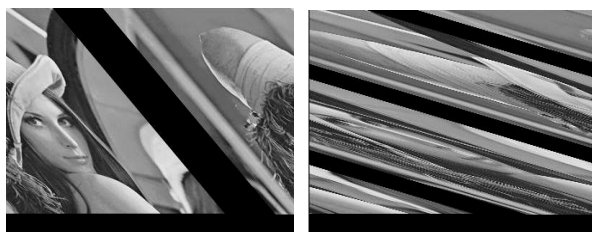


(a) The tenth frame

(b) The eleventh frame

图 1 快速漂移图像

Fig.1 Fast drift image



(a) Deviation of one pixel

(b) Deviation of four pixels

图 2 倾斜滚动的图像

Fig.2 Inclining and rolling image

## 2 倾斜图像的纹理特征提取

谱分析得到的行同步频率由于噪声干扰、采样频率的限制等因素使得提取的行频参数偏差较大。在此精度的伪同步控制下，通常可以观察到图像的消隐信号呈现出纹理特征，具体偏差不同时纹理呈现的直线粗细、角度有很大差别。为了进一步提高行同步精度，必须提取出纹理的特征来计算偏差大小和方向。纹理特征的提取有很多种方式，消隐的纹理特征是最明显的、宽度不同的黑色直线特征，我们通过图像增强算法使得直线特征突出出来，就可以采用 Hough 变换的方法检测到直线的偏角。根据偏角可以判断行同步偏差的大小。下面具体阐述纹理特征的检测算法。

视频图像信号在消隐区是低电平，在信号区是动态的图文信号，每一行的消隐信号可以看作是一个负脉冲信号。我们利用类 Harr 小波滤波器可以实现不同宽度的脉冲信号特征提取。消隐信号的特征提取可以看成是对不同宽度的脉冲信号的特征提取。不同尺度的类 Harr 小波滤波可以提取出不同宽度的消隐信号。对整幅图像进行类 Harr 小波滤波后，代表图文的视频信号被滤除，消隐信号被增强，采用适当的域值对滤波后的图像进行二值化处理后，视频信号的消隐信号呈现出一条直线，便于 Hough 变换进行检测。

由于接收的计算机视频泄漏信号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，这就要求滤波器的宽度是可变的。针对不同计算机的视频泄漏信号设计不同

的滤波器显然是不现实的，我们试图采用一个滤波器组来实现不同宽度消隐信号的滤波增强。小波变换的重要特性之一就是它能表征函数的局部奇异性，由于小波具有较好的时频定位功能，它的多尺度分辨特性十分适合用来分析不同尺度上的奇异点。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，对视频信号进行多尺度滤波，在其中合适的尺度上可以提取出消隐信号的特征。对图 2(a) 的图像进行纹理特征提取，结果如图 3(a) 所示：类 Harr 小波尺度为 5，检测到消隐信号倾斜角度为  $136^\circ$ ，图像向左偏。对图 2(b) 的图像进行纹理特征提取，结果如图 3(b) 所示：类 Harr 小波尺度为 3，检测到消隐信号倾斜角度为  $166^\circ$ ，图像向左偏。

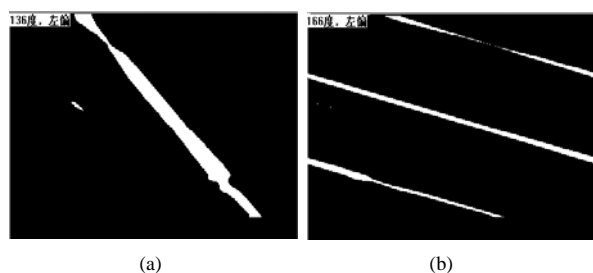


图 3 不同宽度纹理特征提取

Fig.3 Grain features of different width extraction

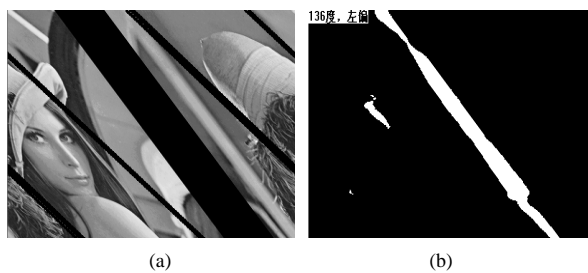


图 4 含有直线的图像纹理特征提取效果

Fig.4 Extraction effect of image grain features including lines

视频信号中不可避免地存在其它和消隐信号类似的黑色线条。采用多尺度小波分析，在某一个尺度上小波分析对特定宽度的脉冲最有效，只有当黑色线条和小波滤波器的尺度相匹配时，才能被提取出来。对于具有黑色线条的图像，如图 4(a) 所示，仍然利用尺度为 5 的类 Harr 小波滤波器进行纹理特征提取，结果如图 4(b) 所示：检测到消隐信号倾斜角度为  $136^\circ$ ，图像向左偏。可以看到，在适合消隐信号的尺度上，只有消隐信号能被提取出来而其它宽度的线条被抑制，类 Harr 小波滤波器能够有效地抑制视频信号中其它黑色线条对消隐信号提取的干扰，保证纹理检测算法检测到消隐信号的倾斜特征。

纹理特征的提取算法可以有效地提取出视频信号中的消隐信号在行同步偏差较大情况下呈现出来的直线特征。用直线的倾斜角度来表示直线特征，角度的大小和倾斜方向能够体现出行同步偏差的大小和方向。角度大于  $90^\circ$ ，图像向左倾斜时表示同步偏差小于零，需要加大同步信号发生器的参数。角度小于  $90^\circ$ ，图像向右倾斜时表示同步偏差大于零，需要减小同步信号发生器的参数。根据检测到的直线的角度逐渐调整同步参数可以提高行同步精度，使图像逐渐直立显示。

### 3 漂移图像的相位特征提取

图像能够直立显示表示行同步周期的偏差已经小于一个像素，为了实现图像的稳定显示还要进一步减小偏差。不考虑场同步的偏差，图像在水平方向上向一个方向漂移，漂移的方向和速度可以表征行同步偏差的大小和方向。图像漂移时，两场图像显示点的对应关系发生变化，同时向前或向后移动，即两场的相位发生了变化，如图 5 所示。我们只要检测到相位的变化就可以检测到图像漂移的特征。

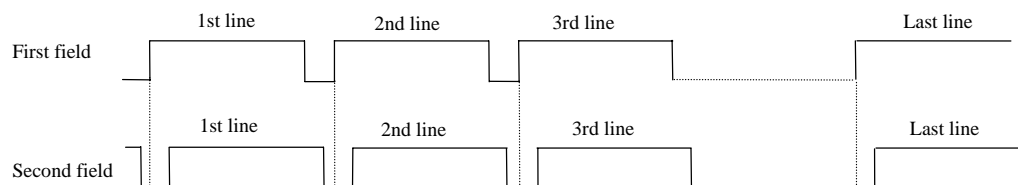


图 5 相位关系示意图

Fig.5 Phase relation

由图 5 可知，每行的相位差都是一样的，因此只要采集一行长度的信号，就可以计算出相位差。但是只利用一行信号判断相位相差误差较大，当两场的图像变化较大，漂移速度较快的情况下很难测量出相位的变化。而带有消隐信号的视频图像在漂移的时候，最明显的特征就是消隐信号的位置变化，从消隐区到

显示区存在的上升沿位置正是我们感兴趣的相位信息。我们将采集的图像进行垂直积分投影,可以在一维的积分数组中突出消隐的位置,再用水平数值微分算法可以检测到上升沿的位置,确定每场的相位。根据前后两场的相位可以得到两场的相差,利用相差的大小和正负就可以判断图像的漂移方向,从而确定行同步偏差的大小和方向。相位差大于零时,图像向右漂移,需要减小同步信号发生器的参数。相位差小于零,图像向左漂移,需要加大同步信号发生器的参数。通过相位差控制行同步精度调整,可以使行同步精度达到稳定显示的要求,使图像能够稳定显示。

## 4 实验结果与结论

我们对正常工作的计算机进行视频泄漏信息的截获实验。被测计算机配置是 CPU 为 P4 1.8G,优派 17 寸显示器, NVIDIA GeForce2 MX440 显卡,分辨率为 640×480,刷新率 60Hz。实验数据如表 1 所示。通过对实验数据的分析,可以给出行同步偏差大小与截获图像特征之间的关系。通过截获图像的特征可以判断出行同步的具体精度水平,克服了以往实验中根据操作人员经验判断行同步精度的缺点,提高了截获系统的自动化水平及达到稳定显示的速度。通过反复实验证明,一般的情况下在 3 分钟之内可实现泄漏信息的稳定截获,同时使行同步信号偏差为零。

通过表 1 的数据我们可以得出结论:

1) 当行同步偏差小于 5ns 时图像水平漂移,可以采用积分投影微分定位的算法调整行同步精度,实现长期稳定显示; 2) 当行同步偏差大于 5ns 小于 200ns 时图像呈现宽的纹理特征,可以采用大尺度小波滤波测量倾斜角度调整行同步精度; 3) 当行同步偏差大于 200ns 小于 2μs 时图像呈现细的纹理特征,可以采用小尺度小波滤波测量倾斜角度调整行同步精度; 4) 当行同步偏差继续增大时,图像没有特征,可以采用谱分析算法提取参考行频率。

表 1 行同步参数与精度关系

Table 1 Relationship between line synchronization parameters and precision

Number	Line frequency division	Subdivision	Frequency /kHz	Line synchronization period /μs	Deviation /ns	Feature
1	645	8939	31.066900	32.188599	1558.03	Fine grain inclining to right
2	638	0	31.451300	31.795188	164.618	Coarse grain inclining to right
3	635	0	31.599900	31.645669	15.099	Coarse grain inclining to right
4	634	7800	31.610800	31.634757	4.187	Drifting to right
5	634	6980	31.614900	31.630655	0.085	Drifting to right
	634	6969	31.614980	31.630575	0.005	Drifting to right
6	634	6968	31.614985	31.630570	0	Stable
	634	6967	31.614990	31.630565	0.005	Drifting to left
7	634	6500	31.617300	31.628254	2.316	Drifting to left
8	634	0	31.649700	31.595876	34.694	Coarse grain inclining to left
9	631	0	31.800200	31.446343	184.227	Coarse grain inclining to left
10	626	0	32.054200	31.197159	433.375	Coarse grain inclining to left

## 参考文献:

- [1] H. J. HIGHLAND. TEMPEST over leaking computers [J]. **Computer & Security**, 1988, **13**(7): 457-458.
- [2] 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: 中国科学院长春光机所, 2002.  
WANG Xin-gang. Application study on capture technology of computer video information leakage [D]. Changchun: Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, the Chinese Academy of Science, 2002.
- [3] Markus G. KUHN. Optical Time-Domain Eavesdropping Risks of CRT Displays[A]. **Proceedings 2002 IEEE Symposium on Security and Privacy** [C]. Berkeley, California, USA: IEEE, 2002. 3-18.
- [4] 张洪欣, 邱玉春. 计算机视频电磁信息泄漏效应研究[J]. 通信学报, 2004, **25**(4): 41-48.  
ZHANG Hong-xin, QIU Yu-chun. The study on video electromagnetic information leakage of computer [J]. **Journal of China Institute of Communications**, 2004, **25**(4): 41-48.