

视频水印技术在电力系统中的应用

尹成群, 李丽, 吕安强, 屈利

(华北电力大学电子与通信工程系, 河北 保定 071003)

摘要: 针对电力信息安全领域亟待解决的问题, 把数字视频水印技术引入到电力系统中, 是一个新的突破。以电力系统中的电量价格的传输问题为例, 提出了一种基于三维小波变换的视频水印算法。首先将电量信息进行混沌置乱, 并将其二值化, 然后利用场景分割技术把视频载体分割成不同的关键镜头, 并对这些关键镜头序列做三维小波变换, 最后把水印信息自适应地嵌入到三维小波系数上, 这样就完成了水印嵌入。利用视频水印技术, 可以保护电量信息作为一种机密信息, 能够安全地传输, 而不会被非法者窃取。通过实验仿真, 该算法有很强的保密性和鲁棒性。

关键词: 电力系统; 视频水印; 三维小波变换; 场景分割

Technology of digital video watermarking in electric power system

YIN Cheng-qun, LI Li, Lü An-qiang, QU Li

(Department of Electronic and Communication Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: According to the imperative problems in the field of electric power information security, it is a breakthrough to bring the digital watermark technology to electric power system. In this paper, an algorithm based on 3DWT is proposed and performed on the transmission of the electricity price. After chaotic scrambling, the electricity information turns to binary data and the video segmentation is adopted to divide the carrier into different shot frames. Then, the watermark information is added adaptively to the 3D wavelet coefficients of the video shot, and watermark embedding is finished. Applying the technology of video watermark, electricity price as a secret could transmit safely. It can not be filched by illegality. The experiment results show that this method is quite safe and robust.

Key words: power system; video watermarking; 3DWT; video segmentation

中图分类号: TM76

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)20-0040-03

0 引言

随着电力系统信息化的快速发展、多媒体技术的不断进步和计算机网络的日益普及, 电网的跨地区连接使地区和地区之间的交易日益频繁, 信息化和市场化使电力系统对信息系统的依赖程度大大增加。而信息安全问题逐渐成为电力系统中一个日渐突现的问题: 电力信息的安全传输、电力机构的产权保护、电力系统中信号的质量检测等。数字视频水印技术为解决这些问题提供了广阔的施展空间。

1 数字视频水印

数字水印技术是一种有效的数字产品版权保护和数据安全维护技术。它利用数字嵌入的方法隐藏在数字媒体产品中, 以起到版权保护、机密通信、数据文件的真伪鉴别和产品标志等作用。

视频水印是在不影响视频质量的前提下, 对数

字视频作品进行版权保护和内容完整性检验的水印技术。水印信息可理解为在视频载体的时间冗余和空间冗余中加入的识别信息。

2 视频水印的新技术

对视频载体而言, 水印的实现过程如下: 首先, 将视频载体和水印分别进行预处理, 然后根据一定的算法选择合适嵌入位置以及合理嵌入策略, 从而得到含水印的视频数据。在各个环节中可采用一些关键技术来提高视频水印的鲁棒性, 最后根据相应的视频水印检测策略就可提取出水印或判断水印的有无。下面介绍几种可以应用于视频水印的新技术。

2.1 基于 χ^2 直方图与梯度法相结合的镜头检测算法

由于视频的数据量较大, 因此应该把巨大的视频切分成相对小的视频序列^[1]。基于视频场景分割的视频水印方案, 不但能降低计算的复杂性, 提高运算速度, 而且节省存储空间。

χ^2 直方图匹配法在检测镜头切换时效果较好, 且计算量不大^[2]。设 I_n 和 I_{n+1} 为连续的两帧图像,

H_n 和 H_{n+1} 为这两帧图像的直方图。

$$d(I_n, I_{n+1}) = \frac{\sum_{k=0}^n (H_n(k) - H_{n+1}(k))^2}{H_{n+1}(k)} \quad (1)$$

淡入淡出是另一种重要的镜头连接方式。

考虑到实时性, 在每一个视频帧或视频镜头中都加入水印是不现实的, 也是没有必要的。在视频场景中随机选出一些关键镜头, 就可以为水印信息提供足够的隐藏空间, 从而将视频水印简化成基于关键镜头的水印技术。

2.2 视频序列的三维小波分解

三维小波变换是将图像序列信号作为三维信号进行, 对该信号提供了图像空间和时间轴空间的多分辨分析^[3]。对于视频水印而言, 视频序列的三维小波变换域为水印的多分辨空时嵌入提供了良好的数据嵌入空间^[4]。图1为三维小波变换示意图。

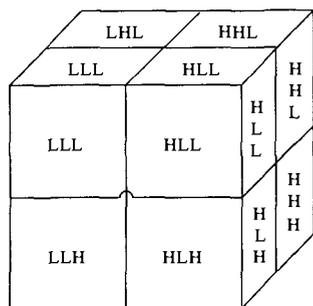


图1 三维小波变换示意图

Fig.1 Sketch map of 3D wavelet transform

3 视频水印在电力系统中的主要应用

电力信息系统的安全直接关系到电力企业的运行与管理, 也直接或间接地影响电力生产控制系统的安全。为了确保电力系统传递数据的安全性, 采用数字水印技术, 将某种信息在传输过程中隐藏在普通的多媒体数据中, 从而达到保密的作用。数字视频水印在电力系统信息安全领域的主要的应用领域有:

1) 信息安全身份认证。对于电力市场交易系统来说, 必须保证交易数据的安全。在电力市场技术支持系统中, 作为市场交易成员的身份确认、物流控制、财务结算、实时数据交换系统中, 均需要权威、安全的身份认证系统^[5]。因此, 有必要对这些认证信息加以保护, 以免被非法盗用或误用。

2) 质量监测对比检索^[6]。电力系统中的视频信号在传输过程中可能遭受压缩、干扰或其它侵犯, 应用数字视频水印技术对所传输的信号进行质量监

测。质量监测还可以用于电力系统中网络的拥塞控制、索引和检索。电力系统中的大量信号时刻与数据库中的信号进行比较, 将这些信号嵌入水印有助于自动和高效地对比、编制索引和进行检索。

3) 电力系统视频监控。视频监控系统是集图像采集、传输、压缩、控制、报警、软件解码、记录等技术于一体的众多技术应用, 它为保证设备的正常运行控制或故障发生时及时判断原因等提供了有效的手段。因此, 视频监控中心的建设十分必要。一个监视摄像机的录像带的完整性、一场电力事故的影像等在分析电力系统事故中是至关重要的。

4) 机密信息隐藏传输^[7]。在“厂网分开、竞价上网”的前提下, 电量交易价格是最重要的元素。如果价格为竞争对手所截获, 则电厂的经济利益将受到严重影响。为了保证电量交易价格在传输过程中的保密性, 使买方和卖方能够自由、安全地交易, 数字水印技术把电量交易价格隐藏起来, 竞争对手难以截获价格信息。

下面以网络中电量价格的安全传输为例, 具体描述视频水印的嵌入和检测过程。

视频水印的嵌入过程:

A. 以网络中公开传递的一个长度为400帧(144*176)名为foreman.qcif的视频序列为载体(见图3), 把混沌置乱的电量价格转化为二值序列作为水印信号 W , 完成水印的嵌入和检测。

B. 用 X^2 直方图与梯度法相结合的镜头检测算法将载体视频切分成不同的场景, 然后随机选出需要嵌入水印的视频序列。图2中谷点为镜头切换点。

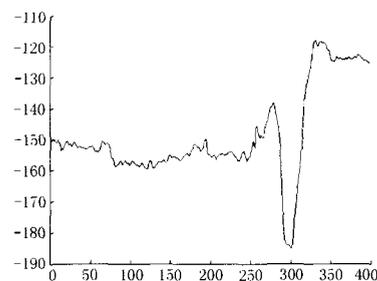


图2 凹状的谷点为镜头切换点

Fig.2 The concave nadir as scene switch point

C. 对该视频的每一帧 $R_k(i)$ 都进行三级的二维小波变换, 小波系数帧表示为 $X_k(i)$ 。

D. 从上面得到的小波系数帧中, 在低频选择与水印信息数据相同大小的区域, 在该区中的每个像素点沿时间轴做三级的一维小波变换, 从而得到三维小波系数帧 $R_k'(i)$ 。

E. 将水印信息(混沌置乱后的电量价格)自适应地改变三维小波系数, 嵌入了水印的小波系数

帧表示为 $R_k''(i)$

$$R_k''(i) = R_k'(i) + \lambda \cdot W(i) \quad (2)$$

其中:视频水印的嵌入幅度 $\lambda = a \cdot |R_k'(i)|$, 水印的嵌入容量随该点的系数值自适应地变换。

F. 通过三维小波逆变换, 就会得到嵌入了水印的视频序列(见图4)。



图3 原始的视频

Fig.3 The original video



图4 嵌入水印后的视频

Fig.4 The watermarked video

视频水印的检测过程:

A. 将待测视频和原始视频按照上述的镜头切分算法进行分割, 选出嵌入水印的视频序列。对两个视频序列分别进行三维小波变换, 其小波系数分别为 $R_k''(i)$ 和 $F_k''(i)$ 。

B. 恢复嵌入的水印序列 $W'(i)$, ε 为调整参数。

$$W'(i) = \begin{cases} 1, & \text{若 } R_k''(i) \geq F_k''(i) + \varepsilon \\ -1, & \text{若 } R_k''(i) \leq F_k''(i) - \varepsilon \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

C. 用提取出的 $W'(i)$ 和原始水印 $W(i)$, 进行归一化相关计算, 得到两者的相似值 sim 为:

$$sim(W, W') = \frac{\sum W(i) \cdot W'(i)}{\sum W(i) \cdot W(i)} \quad (4)$$

当 sim 值接近于1时, 则说明水印能够检测出来。

为了保证电量交易在传输过程中的保密性, 卖方把电量价格隐藏在一段公开的视频序列中。买方利用正确的密钥, 就可以把水印检测出来, 也就得

到了电量价格。反之, 非法者在不知道密钥的前提下, 不能窃取到电量价格。因而, 视频水印技术在电量交易的过程当中, 可以使买方和卖方能够自由、安全地交易, 达到了保密的效果。

实验中, 对嵌入了水印的视频信息分别采用噪声攻击、帧裁剪、帧切除、帧平均以及MPEG压缩等各种攻击进行测试。结果表明该算法经过基本的攻击操作后, 仍能满足要求, 具有较好的鲁棒性。

表1 检测实验数据

Tab.1 Data of detection experiment

攻击类型	PSNR	sim
高斯白噪声	29.86DB	0.9016
帧交换(交换56和57帧的顺序)	23.86DB	0.8213
帧切除(第325帧)	23.64DB	0.8749
帧平均	25.83DB	0.8521
MPEG压缩	24.96DB	0.6542

4 结束语

电力工业是国家的基础产业和公用事业, 一旦电力系统信息安全出现问题, 不仅危及电网的安全运行, 更会对国家的经济安全和人民的生活造成恶劣的影响。视频和图像作为电力生产、建设、经营、科研中不可缺少的辅助手段, 是电力信息的重要保护内容之一。数字水印技术作为一门新型信号处理技术在电力系统安全领域具有广阔的施展空间。但同时由于其尚未涉足电力信息领域, 所以在电力信息领域应用的各个方面还有待于进一步深入研究。

参考文献

- [1] 蔡波, 周洞汝. 基于镜头关键帧集的视频场景聚类研究[J]. 计算机工程与应用, 2003, 28. CAI Bo, ZHOU Dong-ru. A Study of Video Scenes Clustering Based on Shot Key Frame Sets[J]. Computer Engineering and Applications, 2003, 28.
- [2] 侯冠华, 史萍. 视频分割与场景聚类算法研究[J]. 中国传媒大学学报(自然科学版), 2006, 13. HOU Guan-hua, SHI Ping. The Research of Video Segmentation and Scene Clustering Algorithms [J]. Journal of Communication University of China Science and Technology(Natural Science), 2006, 13.
- [3] Schmid A, Steigner C. Avoiding Counting to Infinity in Distance Vector Routing[J]. Telecommunication Systems—Modeling, Analysis, Design and Management, 2002, 19(3): 497-514.
- [4] Tseng Y H, Shih H K, Hsu P H. Hyperspectral Image Compression Using Three Dimensional Wavelet Transformation[A]. In: The 21st Asian Conference on Remote Sensing[C]. 2000. 809-814.

(下转第 63 页 continued on page 63)

500 W 的逆变电源原理样机。实验结果表明:通过合理安排零矢量作用时间,可以有效改善 PWM 谐波特征,使谐波减小,并且提高了电压利用率。实现 SVPWM 算法简单方便,采用电压空间矢量 PWM 作为信号源,电流谐波少,脉动小,噪音低,不但控制电路简单,而且系统的可靠性也得到了很大提高。功率器件的开关频率为 20 kHz,输出电压为 AC115 V/400 Hz。其实验波形如图 5 所示。

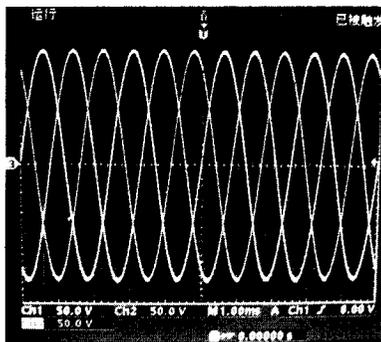


图 5 样机的实验波形

Fig.5 Wave of the sample inverter

由实验结果表明系统控制方案的正确性,输出电压的谐波得到有效抑制。由于采用的 M57959L 驱动电路具有自保护功能,使得 IGBT 逆变器的工作更加可靠。经过测试得到:电压稳定度小于 1%,频率稳定度为 0.05%,总谐波含量为 3%。若超负载达到 180%时,电源立即自动关闭,实施保护。

参考文献

- [1] 陈天锦,姚为正.基于 DSP 控制的逆变电源装置的研究[J].继电器,2004,33(4):39-44.

CHEN Tian-Jin, YAO Wei-zheng. Study of Inverter Supply Device with DSP Based Control[J].Relay, 2004,33(7):39-44.

- [2] 吴定会,李三东,纪志成.基于 dSPACE 空间电压矢量 PWM 设计与实现[J].电力电子技术,2005,39(1):22-24.
WU Ding-hui, LI San-dong, JI Zhi-cheng. Design and Realization of Space Voltage PWM based on dSPACE [J]. Power Electronics, 2005,39(1):22-24.
- [3] Pinto J O P, Bose B K, de Silva L E B, et al. A Neural Network-Based Space-Vector PWM Controller for Voltage Inverter Induction Motor Drive[J]. IEEE Trans on Industry Applications, 2000, 36(6):1628-1636.
- [4] 冯玉生.400Hz 静止式逆变电源车的研究[J].机电工程,2004,21(5):41-43.
FENG Yu-sheng. Research of 400 Hz Static-inverter Type Vehicular[J]. Mechanical & Electrical Engineering Magazine, 2004,21(5):41-43.
- [5] 王晶晶,徐国卿,王麾.基于 DSP 的两种 SVPWM 技术实现方案研究[J].电工技术杂志,2003,(1):39-42.
WANG Jing-jing. Study and Realization of Two Different SVPWM Technique with DSP[J]. Electrotechnical Journal, 2003,(1):39-42.

收稿日期:2007-03-06;

修回日期:2007-04-24

作者简介:

李巍(1982-),男,硕士研究生,研究方向为电能处理与监控;E-mail:liwei20012008@126.com

冀捐灶(1966-),男,硕士,副教授,研究方向为现代电力电子工程、电能处理与监控;

郭庆(1981-),男,博士研究生,研究方向为电能处理与监控。

(上接第 42 页 continued from page 42)

- [5] 冯剑红,谢汶.电力信息安全体系结构研究及安全策略[J].四川电力技术,2006,29:59-62.

FENG Jian-hong, XIE Wen. Research of Electric Power Information Security Architecture and Its Security Strategy [J]. Sichuan Electric Power Technology, 2006, 29: 59-62.

- [6] 刘岩,伍祥生.数字水印技术及其在电力系统中的应用[J].电力信息化,2005,(3).

LIU Yan, WU Xiang-sheng. The Technology of Digital Watermark and the Application on Power System [J]. Power Information,2005,(3).

- [7] 吴军基,盛琪.小波数字水印在电力系统信息安全中的

应用[J].电力自动化设备,2004,(24).

WU Jun-ji, SHENG Qi. Application of Wavelet-based Digital Watermark in Power System Information Security [J]. Electric Power Automation Equipment, 2004,(24).

收稿日期:2007-01-21;

修回日期:2007-06-11

作者简介:

尹成群(1953-),男,教授,主要研究方向为应用电子,信号与信息处理;

李丽(1982-),女,硕士研究生,主要研究方向为视频水印;E-mail:li20040504@126.com

吕安强(1979-),男,硕士研究生,助教,主要研究方向为图像与视频水印技术、信道编码。