

云模型在唱片版权保护中的应用

邢剑锋, 沈松, 王鹏飞, 朱飞

(海军蚌埠士官学校 信息技术系, 安徽 蚌埠 233012)

摘要: 提出了一种基于云模型的唱片水印。首先, 唱片中每首音乐都通过小波传输得到一个小波系数, 以其组合成的巨量的云晶作为零水印; 然后利用逆向云生成器计算出云晶的 3 个特征参数 E_x 、 E_n 和 H_e , 利用特征变化率, 就可以保护水印并评估原始水印与萃取水印相似度。实验结果表明, 该算法能同时有效地保护整张唱片中的所有曲目, 还能有效抵抗低滤波、重新采样、压缩以及剪辑等攻击。

关键词: 云模型; 版权保护; 数字水印

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)19-0054-03

An album watermark based on Cloud model

Xing Jianfeng, Shen Song, Wang Pengfei, Zhu Fei

(Department of Information Technology, Bengbu Naval Petty Officer Academy, Bengbu 233012, China)

Abstract: This paper proposes an album watermark algorithm based on Cloud model. Firstly, all the single audio in the aggregation are performed by wavelet transform respectively to get wavelet coefficients. The combination of these coefficients are mapped into a considerable number of Cloud drops which are served as 0-watermark. Secondly, It employs reverse-Cloud generator to calculate the three numerical characteristics E_x , E_n and H_e of Cloud drops, utilizes change rate of these characteristics to detect watermark and evaluate the similarity between original watermark and the extracted watermark. Experimental results show that the proposed algorithm can protect copyright of all audio in audio aggregation at the same time, and it is robust to attacks such as low-pass filtering, resampling, requantization, compression, cropping, etc.

Key words: Cloud-model; copyright protection; watermark

在一张唱片中, 所有音乐都享有同样的版权, 如果使用传统的水印技术^[1], 每个单曲都需要加上相同的完整水印, 没有考虑整张唱片的相互关联, 而唱片水印只需要整体加一次水印, 即单曲不包含完整的水印, 只有从整张唱片上才能萃取到完整水印。

本文所提出的算法利用唱片水印技术, 根据 DWT 和 0-水印方案, 得到唱片的一个完整的 0-水印云模型, 然后利用逆向云生成器计算云模型的 3 个特征值 E_x 、 E_n 和 H_e 。由于云模型的模糊性和随机性, 受到攻击后, 一部分云晶被改变, 这对云模型的整体特征几乎没有影响。因此, 可以利用特征改变比例来保护水印。

在参考文献[2-3]中利用主观经验设置参数并以此保护云晶, 本文利用单曲自身特征保护水印云晶, 将唱片和云模型紧密结合在一起, 在技术上取

《微型机与应用》2011 年第 30 卷第 19 期

得了较大的进步。理论和实验都证明了该算法的先进性^[4]。

1 相关知识

1.1 云模型

云模型^[5]是定量和定性间不确定转换的模型, 有 3 个特征值, 包括期望值 E_x 、熵 E_n 和超熵 H_e , 它们很好地表达了模糊性和随机性, 反映了数量特征。 E_x 是云的重心位置, 表示质量概念; E_n 是概念覆盖方法, 即特定的模糊法; H_e 是云晶的分布函数, 即 E_n 的熵。

云由若干云晶组成, 整体有形, 但细节是模糊的。任一个云晶都是定性的, 当 E_n/H_e 很小或者 H_e 远大于 E_n 时, 云的整体形状就是雾。

1.2 逆向云生成器

给定足够数量的云晶, 逆向云生成器即可计算其特征值 E_x 、 E_n 和 H_e , 方法如图 1 所示。

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 59

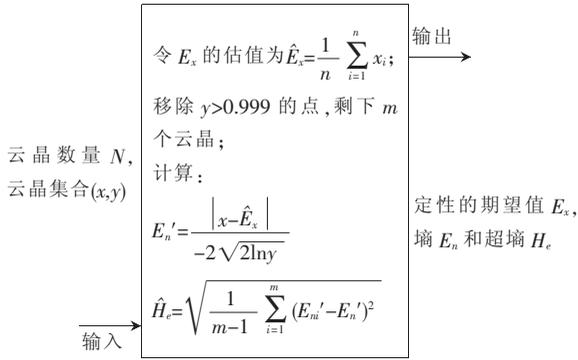


图1 逆向云生成器

逆向云生成器算法是一个静态方法,计算的估值带有误差,但随着云晶数量增大,误差会逐步减少。

2 水印组成

根据“db2”,唱片中的单曲分别分成5级DWT,得到 $CA5_l(i)$ 和 $CD5_l(i)$, 其中 $CA5_l(i)$ 是第 l 单曲的低频波系数, $CD5_l(i)$ 是高频波系数。

将唱片中部分单曲的5级波系统构成一个一维向量,如图2所示。

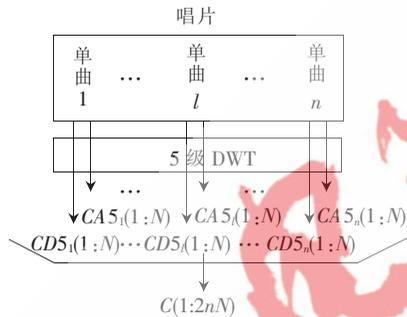


图2 单曲规格参数表 $C(j)(1 \leq j \leq 2nN)$

$C(j)$ 表现出不确定性,假设模糊数列初始值 x_0 , 利用逻辑映射:

$$x_{k+1} = \mu x_k (1 - x_k), x = \lfloor x \cdot L/2 \rfloor \quad (1)$$

其中 $\lfloor \cdot \rfloor$ 表示选择完备值,如果 $\mu=4$, 初始值 $x_0=0.3$, $L/2$ 为 $C(j)$ 系数,则序列化为 $Cl(j)$ 。

将 $Cl(j)$ 映射到云晶:

$$Cl(j) \rightarrow \begin{cases} Cl(1:nN) \rightarrow x \\ Cl(nN+1:2nN) \rightarrow y \end{cases} (l \leq j \leq 2nN) \quad (2)$$

可得 $n \times N$ 个云晶 (x, y) , 称其为音频的 0-水印。

云从声音域映射到区间 $[0, 1]$, 因此 x 和 y 的值也在区间 $[0, 1]$ 中。

利用逆向云生成器计算云晶的三个特征值 (E_x, E_n, H_c) , 在此设数量 n 很大, 因此云晶 $n \times N$ 数量巨大, 计算中的误差趋于无穷小。

3 水印检测

水印检测算法与水印形成算法类似, 步骤如下:

(1) 检测音频中所有录音分为5级DWT, 计算 $CA'_l(i)$ 和 $CD'_l(i)$, 部分检测音频波系数组成一维序列 $C'(j)$ ($1 \leq j \leq 2nN$)。

(2) 计算 $C'(j)$ 进而得到 $Cl'(j)$ ($1 \leq j \leq 2nN$), 映射到 $n \times N$ 个云晶, 利用逆向云生成器计算期望值 E_x' 和熵 E_n' 。

(3) 基于云模型的模糊性和随机性, 部分云晶的变化对整个云模型特征影响不大, 计算 (E_x, E_n, H_c) 的变化率, 并设定阈值, 水印即可检测。

(4) H_c 反映了发散的程度, 对云的变化很敏感, 因此在水印定量检测中不予考虑。变化率 E_x 和 E_n 计算公式如下:

$$\begin{aligned} CR_{E_x} &= |E_x - E_x'| / |E_x| \times 100\% \\ CR_{E_n} &= |E_n - E_n'| / |E_n| \times 100\% \end{aligned} \quad (3)$$

其中, E_x 和 E_n 是原始云水印的期望值和熵, E_x' 和 E_n' 是萃取云水印的期望值和熵, 则 CR_{E_x} 是 E_x 的变化率, CR_{E_n} 是 E_n 的变化率。

4 实验结果和分析

4.1 实验背景

实验使用了5种音乐(20s, 16bit 抽样, 44.1kHz, wave 格式), 包括布鲁斯、古典音乐、乡村音乐、爵士乐和流行音乐, 每种选取两首, 因此 $n=10$ (实际使用中, n 远大于10, 误差变得很小, 实际结果比实验要好)。实验中取 $N=1200$, 计算 $C(j)$ ($1 \leq j \leq 24000$), 可得云晶数目 $n \times N=12000$ 。

令期望值变化率阈值为30%, 熵变化率阈值为70%。为了检验预定阈值, 随机选择10张唱片(每个唱片包含10首单曲)构建云水印, 分别计算 CR_{E_x} 和 CR_{E_n} , 结果如图3所示。从图3可以看出, CR_{E_x} 和 CR_{E_n} 分别大于30%和70%, 证明阈值设置是合理的。

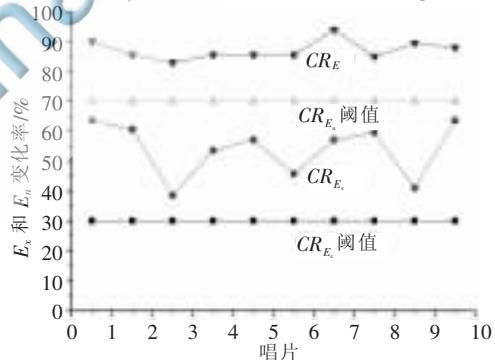


图3 10种不同类型的音乐唱片的相似参数

4.2 攻击方式

为测试算法的有效性, 依次对唱片中的单曲实施以下攻击:

- (1) 低通过滤: 6级 Butterworth 滤波, 截止频率为 22.05 kHz。
- (2) 重采样: 采样上下限分别为 22.05 kHz 和 44.1 kHz。
- (3) 重编码: 抽样信号从 16 bit 分别转换为 8 bit 或 32 bit, 再重新转换为 16 bit。
- (4) 加噪声: 加入信噪比 26 dB 的白噪声。
- (5) MP3 压缩: 通过 MPEG-1 Layer-3 方式编解码, 将单曲压缩为 MP3 格式, 压缩率为 128 kb/s。

《微型机与应用》2011年第30卷第19期

网络与通信 Network and Communication

(6)剪切:将数字录音剪切前 20%(或中部或后部)。

4.3 结果分析

表 1 给出了云模型的 E_x 和 E_n 值以及相应的变化率。通过对表 1 定量分析可以看出,受攻击后, E_x 的变化率远小于阈值 30%, E_n 的变化率小于 70%, 因此录音水印是牢固的。

表 1 每次实验中云模型参数

攻击类型	E_x	$CR_{E_x}/\%$	E_n	$CR_{E_n}/\%$
无攻击 a	0.228 0	0	0.607 6	0
低通滤波 b	0.227 6	0.21	0.617 0	1.55
重新采样 c	0.227 5	0.24	0.609 1	0.24
重新量化(8 bit)	0.228 0	0.000 2	0.606 2	0.24
重新量化(32 bit)	0.228 0	0	0.607 6	0
加噪声 e	0.228 0	0	0.607 6	0
MP3 压缩 f	0.211 6	7.22	0.490 1	1934
剪切(前 20%)g	0.253 6	11.22	0.599 5	1.34
剪切(中 20%)	0.228 0	0	0.607 6	0
剪切(后 20%)	0.228 0	0	0.607 6	0

图 4(a)~(g)给出了云水印受攻击后的特征,分别是无攻击、低通滤波、重采样、重量化 8 bit、加噪声、MP3 压缩和剪切。文中云晶的超熵 H_c 足够大,因此所有云都是雾状。

通过定性分析图 4(a)~(g)可以看出,受到攻击后萃取的水印仍能看到云特征,也就是说录音的水印被检测到了。实验表明,基于云模型的音频水印具有顽强的生命力。

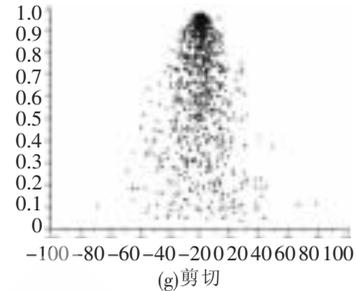
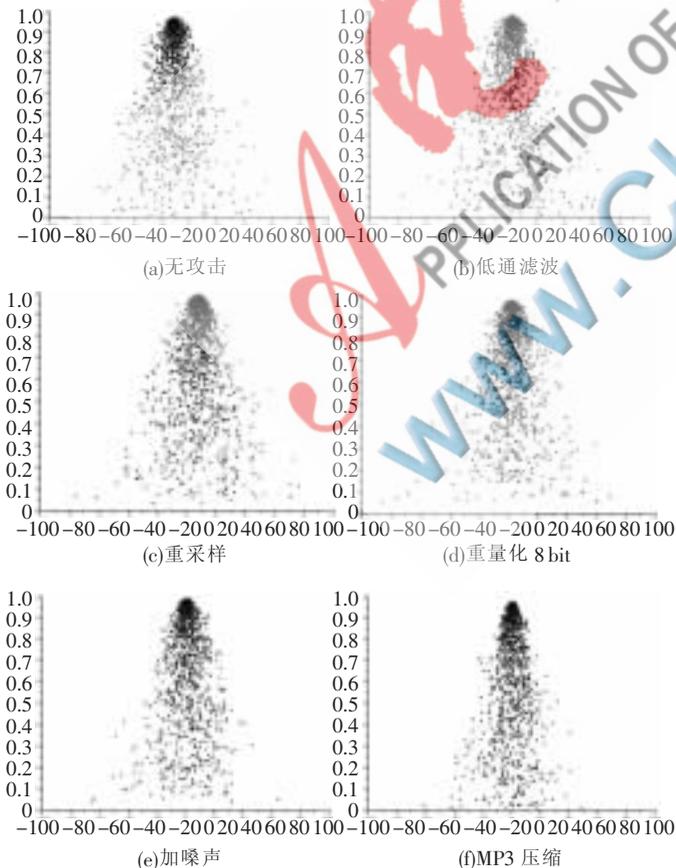


图 4 受攻击后萃取水印的云特征

本算法利用了唱片水印技术,将原始唱片的小波系数按照 DWT 和 0-水印方式映射到云晶,得到新的水印。利用逆向云生成器计算云模型的 3 个特征值,由于云的模糊性和随机性,受到攻击后部分云晶的改变对整体云模型影响甚微,因此,可利用特征值变化率保护水印。实验表明,该方法优于传统 0-水印算法,既同时保护了唱片中所有单曲,又将小波系数映射到云晶作为水印,使唱片与云模型深入结合,比传统 0-水印更有效。

参考文献

- [1] BASSIA P, PITAS I, NIKOLAIDIS N. Robust audio watermarking in the time domain [J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2001, 3(2):232-241.
- [2] Wang Rangding, Hu Wenji. Audio watermarking technology based on Cloud model[J]. Optoelectronic Engineering, 2007, 34(11):114-119.
- [3] Yan Yue, Zhang Zhihao, Wang Jianmin, et al. Clouds, watermarking natural language text [J]. The 11th World Congress of International Fuzzy Systems Association (IFSA2005), Beijing, China, 2005(3):15-29.
- [4] Xing Jianfeng, Wang Pengfei, Shen Song. Research and design of trusted cloud-platform based on virtual machine[J]. Microcomputer & its applications, 2010, 29(16):75-77.
- [5] Li Deyi, Meng Haijun, Shi Xuemei. Membership clouds and membership clouds generator [J]. Journal of Computer Research and Development, 1995, 42(8): 32-41.

(收稿日期:2011-06-01)

作者简介:

邢剑锋,男,1981年生,讲师,硕士,主要研究方向:P2P和云计算。

沈松,男,1973年生,副教授,主要研究方向:网络安全和云计算。

王鹏飞,男,1984年生,讲师,硕士,主要研究方向:网络安全、云计算和光纤通信。