

文章编号:1004-1478(2011)03-0022-04

# 基于 LSB 的时域音频水印 改进算法的软件实现

王璇<sup>1</sup>, 陈朝辉<sup>1,2</sup>

(1. 洛阳理工学院 电气工程与自动化系, 河南 洛阳 471023;  
2. 华中科技大学 电信系, 湖北 武汉 430373)

**摘要:**针对基于 LSB 的时域音频基本水印算法易于实现但鲁棒性较差的问题,对其进行改进.改进后的 LSB 算法在嵌入水印时提高了 LSB 位(嵌入位)的位置,并通过改变相邻位的值和噪声整形的手段保证了水印的透明性.利用 Matlab 仿真软件对不同的攻击进行仿真,从比特错误率报告可以看出,改进算法有很好的鲁棒性.

**关键词:**数字音频水印;LSB;鲁棒性

**中图分类号:**TP317.4      **文献标志码:**A

## Software implementation of LSB-based audio watermarking's improved schemes

WANG Xuan<sup>1</sup>, CHEN Zhao-hui<sup>1,2</sup>

(1. Dept. of Electr. Eng. and Auto., Luoyang Inst. of Sci. and Tech., Luoyang 471023, China;  
2. Dept. of Electr. and Infor. Eng., Huazhong Univ. of Sci. and Tech., Wuhan 430373, China)

**Abstract:** The audio watermarking scheme of LSB was improved aiming at its easy operation and its lower robustness. The improved LSB watermarking scheme heightens the LSB layers and ensures the limpidity through the change of the contiguous codes and noise shaping. From the wrong bit rate reports achieved by emulation software, the new LSB watermarking scheme has the better robustness.

**Key words:** digital audio watermarking; LSB; robustness

## 0 引言

数字水印技术是保护数字产品版权的重要手段,其基本思想是:利用人类的听觉和视觉特性,在保证从感觉和统计上都是不可察觉的情况下,向数字图像、音频、视频、文本等数字产品中嵌入秘密信息(也就是水印,可以是版权标志、用户序列号或者是产品的相关信息),并使得该信息一直“粘”在音

视频等媒体上,无法分开<sup>[1]</sup>.这样就可以一直跟踪音视频媒体的使用情况,保护数字产品的版权,证明产品的真实可靠性或者提供产品的附加信息.水印通常是不可见或不可察觉的,它与原始数据紧密结合并隐藏其中,成为与原始数据不可分离的一部分,并可以经受一些攻击操作.

目前对于数字水印的研究,以数字图像水印的研究最为深入,而对于音频水印的研究则相对较

收稿日期:2010-12-27

作者简介:王璇(1984—),女,湖北省荆州市人,洛阳理工学院助教,主要研究方向为电气通信及控制理论.

少.这一方面是因为音频单位时间内的采样点较少,可嵌入水印信息就少,另一方面是由于人类听觉系统要比视觉系统更加灵敏,也给音频水印的嵌入增加了难度.然而作为常见的多媒体数据形式,数字音频占有着除数字图像外最大的多媒体信息数据量,有着举足轻重的地位.当前对于音频数字水印的研究显然远远不够,这就更需要研究相关的课题,以实现数字音频作品版权的有效保护.

本文拟在LSB时域音频水印算法原理的基础上,阐述改进算法的原理及仿真实现,并对改进算法软件仿真结果进行比较分析,以检验改进算法的鲁棒性.

## 1 算法原理

在计算机中,任何形式的秘密信息都可以看作是一串二进制位流,音频文件的每一个采样数据也是用二进制数来表示的.这样可以将每个采样值的最不重要的二进制位(多数情况下为最低位,因为这样对采样值的影响最小)用代表秘密信息的二进制位代替,以达到在音频信号中嵌入秘密信息的目的<sup>[2]</sup>.对于信息量为16 b的音频信号,最高可负载10 b的信息量.在等概率的情况下,每个字节(信息量8 b)可以携带2.75 b的信息量.

用LSB方法实现水印的嵌入和提取比较简单.在原始音频中使用LSB嵌入算法将水印信息嵌入,得到含水音频.含水音频经过LSB提取算法,从音频中提取出水印信息<sup>[3]</sup>.

## 2 改进算法

基于LSB的基本水印算法嵌入程序和水印提取程序,能将水印(二值图像)嵌入到音频文件中,在直接或在攻击条件下提取出水印,算法易于实现,但是鲁棒性差.听觉测试显示,把LSB位最高可以提高到第4位(对于含16 b信息量的音频样本),人类听觉无法感知<sup>[4]</sup>.研究表明,把LSB位提得越高,鲁棒性也越好,但透明性会降低<sup>[5]</sup>.因此改进算法的重点就是提高嵌入的位置,嵌在第5位、第6位,甚至更高,但同时保证透明性不降低.

使用标准LSB方法把水印信息嵌入到每个样本的第4位.若水印比特与原始比特不同,会带来较大的误差,此误差人的听觉系统无法感知.但如果把LSB位再提高到第5位、第6位,甚至更高,最大

误差就将以2的级数增长,分别达到16和32,就会被人耳感知.因此,要提高嵌入的位置,又要保证嵌入水印后误差不被人耳感知,每个样本值的误差要小于16.

可以在嵌入水印信息后调整音频样本值.原来一个样本的音频信息的最低4位为1000,要嵌入的水印比特为0,嵌入后该样本值变成0000,与原来相差8.如果把该样本的最低4位调整为0111,这样既不影响水印值的嵌入和提取,又把误差大大减小.同理,如果原来一个样本的音频信息的最低4位为(0)1111,要嵌入的水印比特为0,则嵌入后该样本值变成(0)0111,与原来相差8,如果把该样本的最后4位调整为(1)0000,误差就只有1了.当嵌入在第4位,并且水印值为0时,样本值从7变化到16时标准算法与改进算法的误差比较,如表1所示.

表1 标准算法与改进算法的误差比较  
(嵌入信息为0)

| 原始样本值 | 二进制表示 | 标准算法  | 误差 | 改进算法    | 误差 |
|-------|-------|-------|----|---------|----|
| 7     | 0111  | 0111  | 0  | 0111    | 0  |
| 8     | 1000  | 0000  | -8 | 0111    | -1 |
| 9     | 1001  | 0001  | -8 | 0111    | -2 |
| 10    | 1010  | 0010  | -8 | 0111    | -3 |
| 11    | 1011  | 0011  | -8 | 0111    | -4 |
| 12    | 1100  | 0100  | -8 | (1)0000 | 4  |
| 13    | 1101  | 0101  | -8 | (1)0000 | 3  |
| 14    | 1110  | 0110  | -8 | (1)0000 | 2  |
| 15    | 1111  | 0111  | -8 | (1)0000 | 1  |
| 16    | 10000 | 10000 | 0  | 10000   | 0  |

嵌入水印值为1的情况也类似.可以看出,经过调整后,样本值的最大误差减小到原来的一半(从8减到4),也就是说,嵌入到第4位的量化误差等同于原来嵌入到第3位的量化误差.显然,如果照此方法把嵌入位置继续提高到第5位,最大误差是8,人耳无法感知,采用噪声整形的方法还可以进一步减小相邻值的误差.提高嵌入位置后,此算法的鲁棒性得到增强,而经过调整和噪声整形,人耳听不出嵌入水印后的音频的变化,保证了透明性,而且不影响提取算法,仍可以盲提取出水印.

## 3 算法流程图

如图1所示,改进算法建立在标准LSB算法的基础之上,是先取代完LSB位后,再做调整,因此实现起来比较方便.用Matlab实现LSB水印提取的流

程图如图 2 所示.

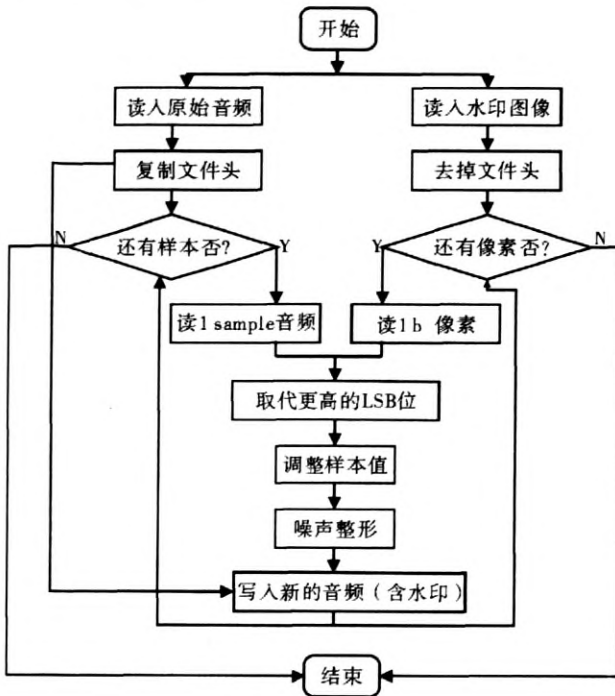


图 1 用改进 LSB 方法实现水印嵌入的流程图

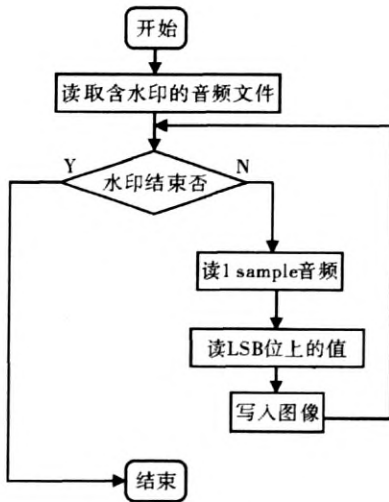


图 2 用 Matlab 实现 LSB 水印提取的流程图

### 4 鲁棒性仿真分析

利用 Matlab 仿真软件,通过编程,分别对原音频在受到变化采样率、加白噪声、重量化、低通滤波、加回声、MP3 压缩 6 种攻击时算法的鲁棒性进行仿真分析.

加噪声攻击分析如下:可以通过 Matlab 里的 awgn() 函数为音频 output. wav 加上高斯白噪声<sup>[6]</sup>. 当加入的白噪声是信号强度的 1/80 时,前后对比如

图 3 所示,提取水印如图 4,得到误码率为 4.61%.

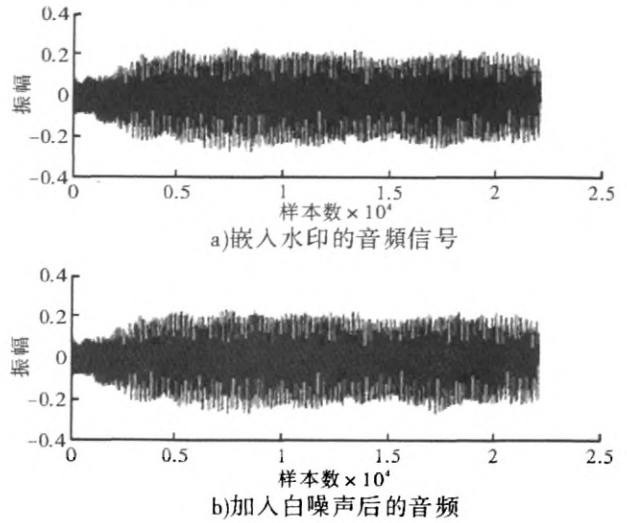


图 3 加入白噪声的信号



图 4 提取的水印

(使用未改进 LSB 算法嵌入在最低位)

当加入的白噪声分别增加到信号强度的 1/75, 1/70, 1/50 时,提取水印如图 5 的 a)b)c) 3 幅图,得到误码率分别为 26.49%, 47.73%, 49.88%. 可见所加白噪声稍有增大,就对提取图像造成很大的影响.



a) SNR = 75 dB    b) SNR = 70 dB    c) SNR = 50 dB

图 5 提高白噪声后提取的水印

(使用未改进 LSB 算法嵌入在最低位)

对 output\_improved. wav 进行加噪攻击. 当加入的白噪声是信号强度的 1/80 时,提取水印图像如图 6,得到误码率为 1.51%.

当加入的白噪声分别增加到信号强度的 1/75, 1/70, 1/50 时,提取水印如图 7 的 a)b)c) 3 幅图,得到误码率分别为 6.84%, 13.82%, 32.81%. 可见改

进算法的图像效果明显好于标准算法.



图6 提取的水印(使用改进算法嵌入在第6位)



a) SNR = 75 dB    b) SNR = 70 dB    c) SNR = 50 dB

图7 提高白噪声后提取的水印  
(使用改进算法嵌入在第6位)

对嵌入水印后的音频进行其他的5种攻击,在此不一一列出,把仿真实验结果归纳成表2.

表2 改进 LSB 算法与标准 LSB 算法  
对于攻击的误码率比较

| 各种攻击   |      | 标准 LSB 算法 | 改进 LSB 算法 |
|--------|------|-----------|-----------|
| 变化采样率  | 1/2  | 6.52%     | 6.57%     |
|        | 1/3  | 14.84%    | 14.94%    |
|        | 1/4  | 14.77%    | 14.87%    |
| 加白噪声   | 1/80 | 4.61%     | 1.51%     |
|        | 1/75 | 26.49%    | 6.84%     |
|        | 1/70 | 47.73%    | 13.82%    |
| 重量化    |      | 不能抗此项攻击   | 不能抗此项攻击   |
| 低通滤波   |      | 23.78%    | 7.2%      |
| 加回声    |      | 23.85%    | 7.62%     |
| MP3 压缩 |      | 25.71%    | 6.88%     |

从表2中可以明显看出,把嵌入位提高到第6位,相比直接嵌入在最低位,改进算法比标准算法有更好的鲁棒性.而改进算法中用数值调整、噪声整形的方法保证了声音波形.从听觉测试来看,听众不会听出加入水印后与原始音频的不同,保证了音质.

### 5 结语

本文在仿真实验的基础上,研究和分析了标准 LSB 算法和改进算法的安全性.首先在没有攻击的环境下能快速地提取出正确、完整的水印图像.而后重点研究了在变化采样率、加白噪声、重量化、低通滤波、加回声、MP3 压缩 6 种攻击下改进算法的鲁棒性.通过音频信号仿真图波形图可以证明 LSB 算法具有比较好的透明性,而从提取的水印图可以看出,标准 LSB 算法(LSB 位为最低位)的鲁棒性比较差,改进算法(LSB 位为第6位)的鲁棒性有较大的提高.

### 参考文献:

- [1] 李文治.鲁棒性数字音频水印算法研究[D].北京:北京化工大学,2010:23-24.
- [2] 尚东方,朱小柯,陈小潘.基于混沌和图像融合的自适应数字水印算法[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2008,23(6):112.
- [3] 吴国华,吴秦寒,周晓栋.增强鲁棒性的音频水印算法[J].计算机工程与设计,2009,30(9):2244.
- [4] 张明.数字音频水印技术的研究[D].秦皇岛:燕山大学,2010:10-12.
- [5] 卢欣,叶成荫,吴旭.一种基于能量特征的 LSB 方法设计[J].商场现代化,2007(4):37.
- [6] 王宏霞.基于内容的自适应音频水印研究综述[J].西南交通大学学报,2009,44(3):430.