

基于 DCT 算法的音频信息隐藏研究

姚 远,刘泉洲

(华中师范大学 信息技术系,湖北 武汉 430079)

摘 要:音频信息隐藏技术是一种有效的数字版权保护和信息安全技术。在介绍基于 DCT 的音频信息隐藏原理的基础上,借助 MATLAB 软件,利用设计的低通滤波器进而获取信息隐藏载体的音频低频部分,再将欲隐藏的信息替换掉载体音频的低频部分的奇数段中的 DCT 系数,进而实现音频信息的隐藏,最后还原了被隐藏的信息,证明了算法的可行性。

关键词:音频信号;信息隐藏;离散余弦变换;MATLAB

中图分类号:TP312

文献标识码:A

文章编号:1672-7800(2011)011-0069-03

0 引言

随着通信技术的发展和全球信息化进程的推进,信息技术向各个领域不断延伸,使得信息的安全和合法运用成为当前研究的热点和难点,数字版权保护的相关技术日益重要并提上日程。国内外研究机构借助图像实现信息的隐藏研究比较成熟。由于人的听觉要比视觉敏感得多,如何借助音频信息实现信息隐藏的研究是国内外近年来探讨的主题,音频信息隐藏技术根据将隐藏信息嵌入的位置可分为时域与变换域。到目前为止,公认比较成熟的时域音频信息隐藏技术有 4 种:最不重要位法、回声隐藏法、相位编码法、扩频法。与时域相比,变换域因其较好的鲁棒性而被广泛关注,应用较多的离散傅立叶变换法、离散余弦变换法、离散小波变换法和倒谱法等。

本文在介绍基于 DCT 算法的音频信息隐藏原理的基础上,将欲隐藏信息的音频部分载体的低频部分提取出来并分段处理,然后用隐藏的信息替换掉载体音频低频部分的奇数段中的 DCT 系数,进而实现音频信息的隐藏,最后通过信息的还原算法实现隐藏信息的还原。

1 基于 DCT 算法的音频信息隐藏原理

离散余弦变换(DCT)运算简单,有很好的能量压缩性能,音频信号经过 DCT 变换后只有实部,没有虚部,便于保密信息的嵌入和嵌入强度的控制。在 DCT 变换域上,信号的能量主要集中在几个变化系数上,仅用少数几个变换系数就可表示信号的总体,这一特点是用 DCT 变换进行数据压缩的基本依据。长度为 N 的音频信号 $f(x)$ 的一

维 DCT 变换和 IDCT 变换公式如下:

正变换:

$$F(0) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{x=0}^{N-1} f(x), u = 0 \quad (1)$$

$$F(u) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cos\left[\frac{\pi}{2N}(2x+1)u\right], u = 1, 2, \dots, N-1 \quad (2)$$

反变换:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{N}} F(0) + \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{u=1}^{N-1} F(u) \cos\left[\frac{\pi}{2N}(2x+1)u\right], x = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3)$$

$F(0)$ 为称为 DC 系数,其余 $N-1$ 个为 AC 系数,修改 DCT 系数实现信息的隐藏。

2 基于 DCT 算法的音频信息隐藏的 MATLAB 仿真

2.1 隐藏信息的预处理

设隐藏信息的文件名“hs.bmp”,是 256×256 的二值图像,若图像的行和列用 P 和 Q 表示,则隐藏信息共有 $P \times Q = 65536$ 个像素(如图 1 所示),再把该二值图像进行置乱压缩处理。图像置乱压缩方法有很多,如基于 Arnold 变换、幻方变换、魔方变换和基于面包师的图像置乱技术等,这里定义一个修改图片函数 `function b=modify-Image(hs)`,在二值图像信息不变的情况下产生相同大小的图片从而实现置乱。

为匹配一维音频信息载体,还需要将置乱压缩后的二

作者简介:姚远(1974—),男,河南息县人,博士,华中师范大学副教授、硕士生导师,研究方向为信号处理与测控技术;刘泉洲(1988—),女,湖北公安人,华中师范大学硕士研究生,研究方向为信息处理。

值图像的像素点的位置和数据进行改变,二维二值图像降维操作,两次置乱后的图像如图 2 所示。

$C = \text{reshape}(\text{HSZ}, 1, P * Q);$ % 两次置乱后的图片 HSZ 降维成一维序列存入矩阵 C 中。

华中师
范大学



图 1 置乱前的隐藏信息

图 2 置乱后的隐藏信息

2.2 载体音频信息的预处理

FDATool 工具是 MATLAB 信号处理工具箱里专用的滤波器设计分析工具,可以通过调整滤波器的类型和参数获得所需的滤波器的幅频相频特性设计。载体音频信息的低通滤波器的设计步骤如下:①在 MATLAB 的命令窗口中输入:“fdatool”,启动 Filter Design & Analyze Tool(FDATool);②Filter Design & Analyze Tool(FDATool)的主界面总共分两大部分,一部分是特性区,在界面的上半部分,用来显示滤波器的各种特性;另一部分是 Design Filter,在界面的下半部,用来设置滤波器的设计参数;③在主界面下半部的参数设计界面中根据需要进行合适的选项,本文设计一个低通滤波器,Response Type 选择 Lowpass,Design Method 选择 IIR 中的 Butterworth 这个传递函数,设定 filter order 项中的 specify order,specify order 是在条件的允许下使设计的滤波器尽可能的接近理想滤波器,一般 specify order 越高越好,相对来说消耗的资源多些,指定 specify order=5。设置完以后点击 Design Filter 即可得到所设计的载体音频信息 IIR 低通滤波器;④把滤波器导入到空间变量里面,滤波器参数名为 Hd1。使用滤波器时,调用空间变量 Hd1。载体音频信息通过低通滤波器进行滤波得到滤波后载体音频信息。

$A = \text{wavread}('E: j. wav');$ % 读取存在 E 盘的载体音频 j. wav 到数组 A。

$AL = \text{filter}(Hd1, A);$ % A 通过低通滤波器后的参数存到矩阵 AL。

2.3 隐藏信息嵌入载体音频的 DCT 算法实现

(1)载体音频信息分段。首先对滤波后载体音频信息 AL 分段处理,滤波后载体音频信息 AL 的长度与原始音频的长度一样,滤波前后不会改变载体音频信号的长度,下面一条语句得到滤波后载体音频信息 AL 的长度。

$L = \text{length}(AL);$

对滤波后载体音频 AL 进行分段的方法嵌入隐藏信息,隐藏信息嵌入到载体音频段中,对载体音频的影响要尽可能的小,为了保证嵌入后的透明性,选取音频段的数据个数 $N = 10$ 。隐藏信息有 $P * Q$ 个像素,其中 $P = Q = 256$,又因为在每个奇数段嵌入一个像素,故载体音频的长度 $L \geq (2 * P * Q - 1) * N$,才能保证隐藏信息能完全嵌入。在分段前,把滤波后载体音频 AL 分为:嵌入有关的

部分 AL_m 和嵌入无关的部分 AL_r ,嵌入有关的部分 AL_m 的长度为 $2 * N * P * Q$,超出长度 $2 * N * P * Q$ 的部分为嵌入无关的部分 AL_r 。主要程序如下所示:

$\text{length} = 2 * P * Q * N;$ % 取 length 的大小为 $2 * P * Q * N$ 。

$i = 1; \text{length};$

$j = [1];$

$AL_m = AL(i, j);$ % 取矩阵 AL 的 1 到 length 行构建矩阵 AL_m 。

$i = \text{length} + 1; L;$

$AL_r = AL(i, j);$ % 取矩阵 AL 的 length+1 到 L 行构建矩阵 AL_r 。

MATLAB 中的 cell 函数建立元胞的方式对 AL_m 分段,建立 $2 * P * Q$ 个元胞,即 $2 * P * Q$ 个音频数据段, AL_m 的每 10 个数据存入一个元细胞中,每个元细胞代表一个音频段。

$B = \text{cell}(2 * P * Q, 1);$ % 建立大小为 $2 * P * Q$ 行 1 列的元胞 B。

$B\{m, 1\} = AL_m(i, j);$ % AL_m 的每 10 行作为一个数据段存入元胞 B 中。

(2)DCT 变换。对每个音频段 DCT 变换。

$D\{i, 1\} = \text{dct}(B\{i, 1\});$ % 对每个音频数据段离散余弦变换。

(3)嵌入替换。每个音频数据段的数据个数为 $N = 10$,其离散余弦变换结果中就含有 N 个 DCT 变换系数,其中第 0 个 DCT 变换系数为直流分量,其它的 $N - 1$ 个 DCT 系数是由低频到高频的交流分量。选取 DCT 系数中的低频系数进行水印替换,提高了程序的效率,本文选取第二个 DCT 系数进行替换以嵌入隐藏信息。

$D\{i * 2 - 1, 1\}(2) = C(i);$ % 隐藏的信息 C 替换掉奇数段中的第二个 DCT 系数。

(4)IDCT 变换。嵌入完成后,进行 IDCT 变换。

$F\{i, 1\} = \text{idct}(D\{i, 1\});$ % 离散余弦反变换。

(5)回放保存载密音频。带有隐藏信息的元细胞重组,回放和保存嵌入隐藏信息后的音频信号,命名为 zaimij. wav,保存在 E 盘。sound(F, fs, bits); % 回放嵌入隐藏信息后的音频信号。

$\text{wavwrite}(F, 'E: zaimij. wav');$ % 保存嵌入隐藏信息后的音频信号到 E 盘。

嵌入隐藏信息前后波形如图 3 所示,从嵌入隐藏信息前后波形可以看出,嵌入隐藏信息后对音频的影响很小。

2.4 隐藏信息的提取

隐藏信息的提取实际上是隐藏信息嵌入的逆过程, DCT 变换和 IDCT 变换后 DCT 系数的个数和位置不变,为隐藏信息的提取提供了依据。

(1)分段提取。在嵌入时,直接替换 DCT 系数;提取时,不需要原始音频信号的参与。在 E 盘读入隐藏信息后的音频信号,按嵌入时相同的参数 $2 * P * Q$ 分段, DCT 变换后取奇数段第二个系数。

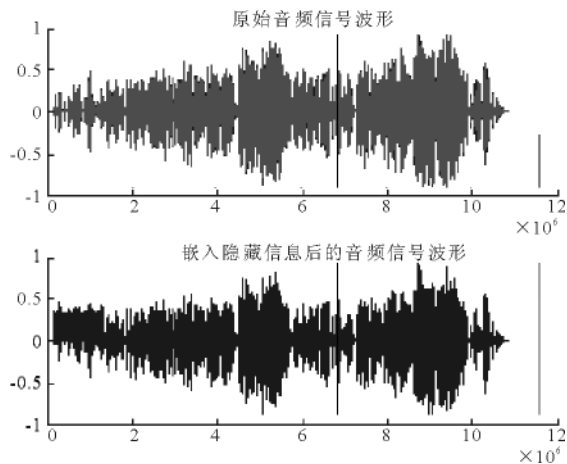


图 3 嵌入隐藏信息前后波形

(2)重组 $P \times Q$ 个信息。提取的 $P \times Q$ 个信息按嵌入时的顺序重组。

(3)升维。把一维数组升维成二维,最终得到的是二维图像。

(4)两次置乱反变换恢复出隐藏信息。
还原后的隐藏信息见图 4 示意。

华中师范大学

图 4 还原后的隐藏信息

基于结构的相关性度量是评价图像的客观标准其中一种,也是在图像度量方面使用较广泛的一种方法,可以反映图像的失真程度。其公式如下:

$$C_s = \frac{\sum_{i=0}^{P-1} \sum_{j=0}^{Q-1} x1(i,j)^2}{\sum_{i=0}^{P-1} \sum_{j=0}^{Q-1} x2(i,j)^2} \quad (4)$$

$x1(i,j)$ 和 $x2(i,j)$ 分别表示两个图像在 i,j 位置所对应的像素, $x1(i,j)$ 表示原图像, $x2(i,j)$ 表示提取恢复出来的图像。相关度量值越接近 1,其相关性越好。通过 MATLAB 编程得出两幅图像的相关性大小为 $C_s = 0.9954$,表现为较好的相关性。

3 结束语

本文通过一个离散余弦变换算法实现了隐藏信息在音频信息的隐藏,仿真实验结果均表明了该算法的有效性,具有很好的应用价值。针对音频信息隐藏的质量和有效性评估是下一步研究的目标。

参考文献:

- [1] 杭中文,张志浩. 视频水印技术研究[J]. 计算机工程与科学, 2004(9).
- [2] 汪节齐,卢结成,徐明中. 基于改变频域能量分布的数字水印攻击算法[J]. 计算机工程, 2007(11).
- [3] Bender W, Gruhl D, Morimoto N. Techniques for data hiding[J]. IBM System Journal, 1996(3/4).
- [4] 温泉,王树勋,年桂君. DCT 域音频水印:水印算法和不可感知性测度[J]. 电子学报, 2007(9).
- [5] COX I J. Secure spread spectrum watermarking for multimedia[J]. IEEE Trans on Image Processing, 1997(12).
- [6] COX I J, LINNARTZ J P M G. Some general methods for tampering with watermarks[J]. IEEE J Selected Areas in Communications, 1998(4).
- [7] 钮心忻,杨义先. 基于小波变换的数字水印隐藏与检测算法[J]. 计算机学报, 2000(1).
- [8] 李跃强,孙星明,周支元. 基于倒谱变换的数字音频健壮盲水印算法[J]. 计算机工程与应用. 2005(35).
- [9] 凡超,王忠,肖留威,等. 改进的 DCT 域音频水印算法[J]. 计算机工程与设计, 2011(4).
- [10] QI DONGXU, ZOU JIANCHENG, et al. A new class of transformation and its application in the image transformation covering [J]. Science in China (series E), 2000(3).
- [11] SHEN JIANBING, JIN XIAOGANG, et al. A color image encryption algorithm based on Magic cube transformation and modular arithmetic operation[A]. In proc PCM05[C]. Jeju Island; Springer-Verlag, 2005.
- [12] 丁伟,齐东旭. 数字图像变换及信息隐藏与伪装技术[J]. 计算机学报, 1998(9).
- [13] Masaki Miyamoto, Kiyoshi Tanaka, Tatsuo Sugimura. Truncated Baker transformation and its extension to image encryption [J]. Proc. SPIE, 1999, 3814.

(责任编辑:杜能钢)

Research of Audio information Hiding Based on DCT

Abstract: Audio information hiding is an effective digital copyright protection and information security technology. The principle of audio information hiding based on DCT algorithm was introduced, the low pass filter was designed with the MATLAB software in order to get low frequency part of audio information for formation hiding. The DCT coefficients of Odd Section of low frequency part of carrier audio were replaced by hidden information. Hiding information has realized and restored by the DCT algorithm with the MATLAB software from the audio information.

Key Words: Audio Signal; Information Hiding; Discrete Cosine Transform; MATLAB