

一种针对 JPEG2000 图像量化指标调制的信息隐写算法

李鹏, 蔡晓霞, 陈红

(电子工程学院, 安徽 合肥 230037)

摘要: 针对 JPEG2000 基本压缩编码系统, 提出了一种基于量化指标调制的信息隐写算法。该算法可以有效保持离散小波系数的直方图特性, 抵御图像隐写直方图攻击。实验证明了算法的可行性和有效性。

关键词: 信息隐写; JPEG2000; 量化指标调制

中图分类号: TP391

文献标识码: A

An information steganographic algorithm based on QIM for JPEG2000 image

LI Peng, CAI Xiao Xia, CHEN Hong

(Electronic Engineering Institute, Hefei 230037, China)

Abstract: An information steganographic algorithm is proposed based on QIM for JPEG2000 compression coding system. The algorithm can effectively maintain the discrete wavelet coefficients histogram features, and withstand stego-image histogram attack. Experiment proves the feasibility and effectiveness of the algorithm.

Key words: information steganography; JPEG2000; quantitative indicators of modulation

信息隐写是指将秘密信息隐藏在公开的载体中, 它主要应用于秘密通信。一旦秘密信息被嵌入到载体中, 它就随着载体在不安全的公开信道中传输, 就有可能被识别和检测。因而隐写的目的就是要保护这种隐藏行为, 使之不被察觉到。另一方面, 隐写分析就是隐写术的对立面, 基于隐写术的目的, 只要达到在公开载体中检测到秘密信息的存在就实现了隐写分析, 而不必检测出秘密信息本身。

图像因具有很大的冗余信息, 成为信息隐写采用的载体。在现实生活中, 图像在传输前都要被压缩, 因而秘密信息通常被嵌入到压缩图像中。JPEG 压缩图像是当前主要的压缩标准, 它采用离散余弦变换(DCT)。基于 JPEG 压缩图像的信息隐写术^[1]层出不穷, 相应的隐写分析方法也随之产生, 许多隐写分析算法主要针对隐写后图像 DCT 系数直方图的变化。

JPEG2000 图像压缩标准作为一种新的图像标准, 具有优于 JPEG 标准的许多优点, 其采用的是离散小波变换(DWT), 因而受到学者的广泛关注, 提出了基于 JPEG2000 的图像信息隐写算法^[2,3]。NODA 等人通过把位平面复杂度嵌入技术与 JPEG2000 压缩技术结合起

来, 提出了第一种可用于 JPEG2000 图像格式的隐写术——JPEG2000-BPCS 隐写术^[4], 但因为它是直接从 BPCS 隐写术移植而来, 导致了掩密图像复杂度统计特征上的失真, 致使基于复杂度直方图分析的隐写分析方法很容易分析出载体中存在的秘密信息。

本文主要提出一种基于量化指标调制(QIM)^[5]的信息隐写术, 它可以保持图像小波系数直方图, 抵御图像直方图分析方法。

1 JPEG2000 图像编码系统

JPEG2000 标准^[6]于 2001 年完成, 它采用最先进的基于小波技术的压缩方法定义了一种新的图像编码方案。它的体系结构适用于许多不同应用, 包括因特网图像传送、安全系统、数字摄影和医学成像。实际上, JPEG2000 标准由很多部分组成, 因为目前标准中第一部分(PART1)比较成熟, 因而本文中主要研究 JPEG2000 的 PART1。其中 PART1 是 JPEG2000 的核心系统, 已于 2000 年 12 月成为国际标准, 其目标是提供一个最小化的无知识产权问题的 JPEG2000 可用系统。其编码框图如图 1 所示。

图形图像与多媒体

Image Processing and Multimedia Technology

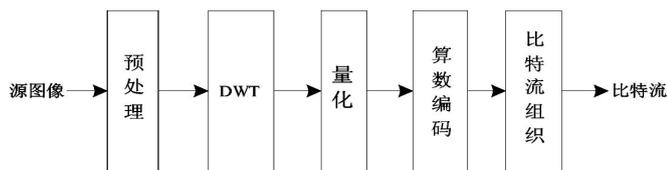


图1 JPEG2000 编码框图

JPEG2000 图像压缩编码时,先对源图像进行预处理,正向小波变换,再对小波系数实施量化,然后进行嵌入式算术编码 EBCOT (即将量化后的小波系数组织成位平面,从最高有效位平面开始,依次对每个位平面上的小波系数位进行算术编码),最后进行比特流组织,形成比特流。解码过程为编码的逆过程。

2 本文算法

对于 JPEG2000 彩色图像,其红、绿、蓝 3 层经过三级小波变换后,在三级低频子代中嵌入相同大小的秘密信息,得到的载密图像的 PSNR 值如表 1 所示。

表 1 图像的 PSNR 值

颜色分量	R	G	B
PSNR	39.937 3	39.628 4	39.646 8

从表中数据可以看出,秘密信息的嵌入对红色分量的质量影响明显低于其他 2 个颜色分量层,因而本文针对 JPEG2000 图像红色分量进行嵌入。

对 BOAT.jp2 图像进行三级小波变换后得到 10 个子代 (LL3、HL3、LH3、HH3、HL2、LH2、HH2、HL1、LH1、HH1)。BOAT 图为例,对其进行三级小波变换,左图为原图,右图为各子代图像。



图2 三级小波变换图

对各子代小波系数进行量化,考虑到秘密信息用二进制数据表示,选用两种量化器进行嵌入,一个量化器用来嵌入 0,另一个用来嵌入 1。假设在二进制数据中 0 和 1 的出现概率是相同的。定义这两种量化器为:

$$q^0 = \{0, \pm(2j+0.5)\} \quad j \in \{1, 2, \dots\}$$

$$q^1 = \{\pm(2j+1.5)\} \quad j \in \{0, 1, 2, \dots\}$$

N_i 代表小波系数值 w 在区间 $[i, i+1)$ 的个数, N_i^- 和 N_i^+ 分别代表小波系数值 w 在区间 $[i, i/2)$ 和区间 $[i/2, i+1)$ 的个数,那么 $N_i = N_i^- + N_i^+$,在嵌入信息时,在区间 $[i, i+$

1) 的小波系数的数目发生了变化,假设由 N_i 变成了 N_i' 。值落在区间 $[i, i+1)$ 的一半小波系数被用来嵌入 0,在嵌入后它们的量化系数没有改变。然而另一半用来嵌入 1 后,结果 $N_i'/2$ 的系数被量化到区间 $[(i-1)/2, i)$, $N_i^+/2$ 的系数被量化到区间 $[i+1, (i+1)/2)$,所以可以用以下式子来表示:

$$N_i' = \frac{1}{2} N_i + \frac{1}{2} (N_{i-1}^+ + N_{i+1}^-)$$

为了使嵌入后小波系数直方图不发生变化,必须是 $N_i = N_i'$,也就是 $N_{i-1}^+ + N_{i+1}^- = N_i$ 。然而,在信息嵌入后,通常 N_0 比 $N_{-1} + N_{+1}$ 都要大很多,这样使得 N_0 发生了很大的变化。因而,简单的小波域 QIM 隐写术不能被御直方图攻击。

下面讨论如何保持小波系数的直方图。在区间 $(-1+\varepsilon, 1-\varepsilon)$ (ε 是小于 1 的正数)小波系数不用来嵌入秘密信息。在区间 $(-\varepsilon, 0)$ 和 $(0, \varepsilon)$ 的小波系数的个数均用 N 表示,可见 ε 的值是由能使小波系数直方图在 0、-1、+1 点的数目改变最小的 N 值决定的。这样嵌入信息后,小波系数在 0、-1、+1 点的数目用以下式子可以表示:

$$N_0' = \frac{1}{2} \{(N_0^+ - N) + (N_0^- - N)\} + \frac{1}{2} (N_1^- + N_{-1}^+) + 2N$$

$$N_0 = \frac{1}{2} \{(N_0^+ - N) + N_2^-\} + \frac{1}{2} (N_1^- + N_1^+)$$

$$N_{-1}' = \frac{1}{2} \{(N_{-1}^+ - N) + (N_0^- - N)\} + \frac{1}{2} (N_{-1}^- + N_{-1}^+)$$

通常情况下,最佳的 N 值可以通过嵌入信息前后直方图 0、-1、+1 点数目之差平方和最小求得,即:使得 $(N_{-1}' - N_{-1}^+)^2 + (N_0' - N_0)^2 + (N_1' - N_1^+)^2$ 最小时的 N 值。

3 实验仿真及分析

本文选用 BOAT.ppm、PATH.ppm、FLOWER.ppm 图像,采用 JJ2000 软件^[7]实现 JPEG2000 图像的编码。首先,对 3 幅图像进行编码,形成载体图像 BOAT.jp2、PATH.jp2、FLOWER.jp2;其次,对载体图像进行熵解码,得到量化后的小波系数,采用本文提出的算法进行秘密信息的嵌入,然后进行熵编码形成载密图像 QIM-BOAT.jp2、QIM-PATH.jp2、QIM-FLOWER.jp2。最后,对载体图像和载密图像进行对比,求出峰值信噪比。得到的实验数据如表 2 所示。

表 2 本文算法的 PSNR 值

	BOAT.jp2	PATH.jp2	FLOWER.jp2
PSNR	41.401 5	41.175 4	40.701 5

从表中数据可以看出,通过本文提出的算法,嵌入数据后,图像的 PSNR 值均在 40 以上,可见图像的质量没有下降,即说明本文算法可以有效地保持图像的质量。

图 3 所示是对载体图像和载密图像的小波系数直方图的比较。

图形图像与多媒体

Image Processing and Multimedia Technology

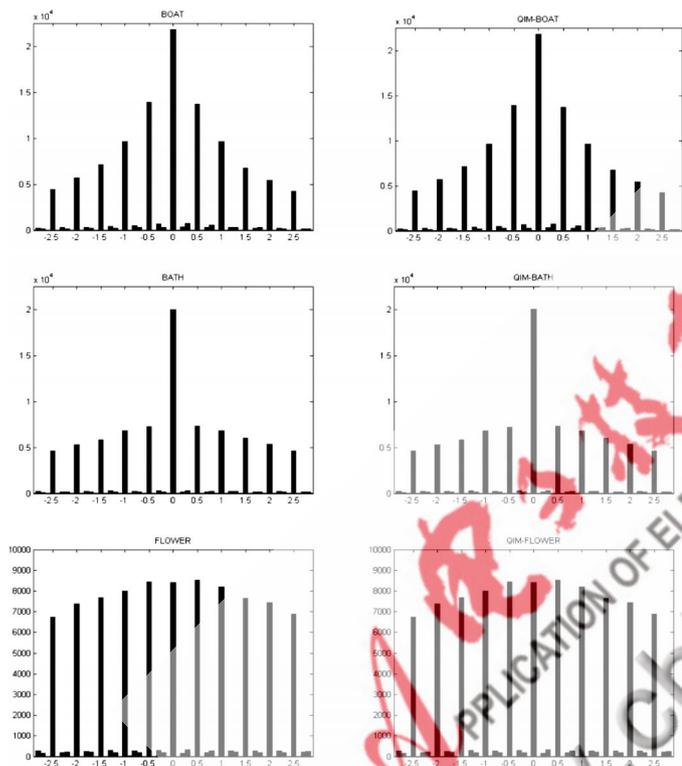


图3 隐藏信息前后图像量化小波系数直方图

从图3可以看出,在0、1、-1之间的量化系数出现的概率大致相同,在整体上,图像的小波系数直方图没有多大的变化。可见利用本文所提出的算法进行秘密信息嵌入,保持了图像量化小波系数直方图,从而可以抵御图像直方图攻击。

本文提出了一种针对JPEG2000图像的QIM信息隐写算法。该算法在JPEG2000图像编码系统中,通过分析嵌入秘密信息后小波系数直方图的变化特性,提出两种

量化器,合理选择嵌入位置,对秘密信息进行量化嵌入。通过实验,该算法有效保持了离散小波系数的直方图特性,可以抵御图像隐写直方图攻击。

参考文献

- [1] NODA H, NIMI M, KAWAGUCHI E. High performance JPEG steganography using quantization index modulation in DCT domain. *Pattern Recognition Letters*, 2006, 27:455-463.
- [2] LIU W. Data hiding in JPEG 2000 code streams [C]. *ICIP2004*, 2004:1557-1560.
- [3] SU P C, KUO C C J. Steganography in JPEG2000 compressed images [J]. *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, 2003, 49(4):824-832.
- [4] NODA H, SPAULDING J, SHIRAZI M N, et al. Application of bit-plane decomposition steganography to JPEG2000 encoded images [J]. *IEEE Signal Processing Letters*, 2002, 9(12):410-413.
- [5] CHEN B, WORNELL G W. Quantization index modulation: A class of provably good methods for digital watermarking and information embedding [J]. *IEEE Trans. On Information Theory*, 2001, 47(4):1423-1443.
- [6] RABBANI M, JOSHI R. An overview of JPEG 2000 still image compression standard. *Signal Processing: Image Communication*, 2002, 17:3-48.
- [7] JJ2000 Website. <http://jj2000.epft.ch/index.html>.

(收稿日期:2009-10-21)

作者简介:

李鹏,男,1982年生,硕士研究生,主要研究方向:通信与信息系统。

蔡晓霞,女,1965年生,教授,主要研究方向:通信与信息系统。

陈红,女,1965年生,副教授,主要研究方向:通信与信息系统。