A-20-5

2010 年電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会

画像のためのスクランブル可能な可逆情報埋込法に関する一検討

A Study on Scrambling by Reversible Data Hiding for Images

藤吉正明
Masaaki FUJIYOSHI

首都大学東京システムデザイン学部情報通信システムコース
Department of Information and Communications Systems, Tokyo Metropolitan Univesity

1 はじめに

本稿では，画像スクランブルを可能とする可逆情報埋込法を提案する．画像をわずかに歪ませることで，画像に別の情報を直接重畳する，情報埋込み技術が広範に検討されている．中でも，歪んだステゴ画像から重畳した情報を抽出できるだけでなく，原画像も復元可能な，可逆情報埋込法は，医用・軍用などを目的に研究が進んでいる [1]．このような応用において，可逆情報埋込技術で情報を重畳する対象は重要な画像であり，その保護も必要であると考えられる．しかし，スクランブル技術 [2] など他の技術を併用する必要がある．そこで，本稿では，他の技術を必要としない，スクランブルを可能とする可逆情報埋込法を検討する．

2 提案法

提案法は，早期に提案された可逆情報埋込法 [3] と同様に，相関を用いて情報を抽出する，簡易な可逆情報埋込法である（図 1）．以下では，Q ビット量子化された $X \times Y$ 画素の原画像 $f(x, y)$ を考える．ただし，$x = 0, 1, \ldots, X-1$，$y = 0, 1, \ldots, Y-1$，$f(x, y) \in \{0, 1, \ldots, 2^Q - 1\}$.

2.1 埋込み

図 1 (a) に示すとおり，提案法はまず，大きさ $M \times N$ の二値擬似雑音行列 $s(m, n)$ を用いて，$\lfloor X/M \rfloor \times \lfloor Y/N \rfloor$ ビットの二値情報 $w(k, l)$ を変調する．

$$r(x, y) = w\left(\lfloor x/M \rfloor, \lfloor y/N \rfloor\right) \sigma(x, y) \tag{1}$$

$$\sigma(x, y) = s\left(\mathrm{mod}(x, M), \mathrm{mod}(y, N)\right) \tag{2}$$

ここで，$m = 0, 1, \ldots, M-1$，$n = 0, 1, \ldots, N-1$，$k = 0, 1, \ldots, \lfloor X/M \rfloor - 1$，$l = 0, 1, \ldots, \lfloor Y/N \rfloor - 1$，$s(m, n) \in \{-1, 1\}$，$w(k, l) \in \{-1, 1\}$ であり，また，$r(x, y)$ は変調された行列である．

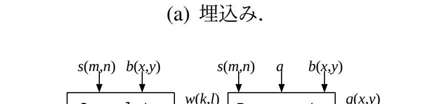
続いて，定数 a と大きさ $X \times Y$ の多値雑音行列 $b(m, n)$ とを用いて，$r(x, y)$ のダイナミックレンジの拡大と振幅の多値化とを行なった $q(x, y)$ を生成する．

$$q(x, y) = ab(x, y)r(x, y) \tag{3}$$

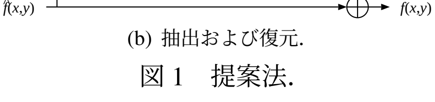
本稿では，$b(x, y) \in \{-B, -(B-1), \ldots, -1, 1, \ldots, B\}$，$aB = 2^Q$ であり，また，a と B は整数としている．

最後に $f(x, y)$ に $q(x, y)$ を加算して，ステゴ画像 $\hat{f}(x, y)$ を得る．ただし，画素のダイナミックレンジを越えないように，法 2^Q の剰余とする．

$$\hat{f}(x, y) = \mathrm{mod}\left(f(x, y) + q(x, y), 2^Q\right) \tag{4}$$

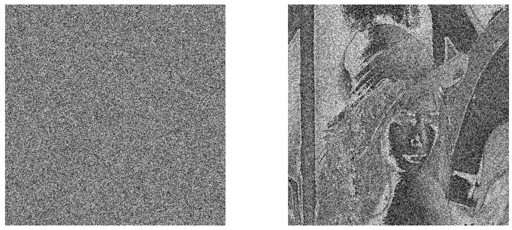


(a) 埋込み.



(b) 抽出および復元.

図 1　提案法.



(a) $a = 2$.　(b) $a = 128$.

図 2　ステゴ画像例（Lena）.

2.2 抽出および復元

情報抽出はステゴ信号 $\hat{f}(x, y)$ と二値擬似雑音行列 $s(m, n)$ との相関に基づく．

$$z(x, y) = \left(f(x, y) - 2^{(Q-1)}\right)\sigma(x, y)/b(x, y) \tag{5}$$

大きさ $M \times N$ のブロックごとに $z(x, y)$ を加算し，しきい値 0 の硬判定によって $w(l, k)$ を抽出する．抽出された情報 $w(l, k)$ から埋め込み同様 $q(x, y)$ を求めると，

$$f(x, y) = \mathrm{mod}\left(\hat{f}(x, y) - q(x, y), 2^Q\right) \tag{6}$$

によって原画像 $f(x, y)$ が復元される．

なお，式 (4) のとおり，ステゴ画像 $\hat{f}(x, y)$ が画素のダイナミックレンジを越えないように，法 2^Q の剰余としている．すなわち，式 (4) は $n(x, y) \in \{-2^Q, 0, 2^Q\}$ を用いて，

$$\hat{f}(x, y) = f(x, y) + q(x, y) + n(x, y) \tag{7}$$

と表すことができる．したがって，式 (5) には雑音成分 $n(x, y)\sigma(x, y)/b(x, y)$ が含まれ，抽出誤りの原因となる．

3 数値実験

512×512 画素，8 ビット量子化画像（$X = Y = 512$, $Q = 8$）Lena に提案法を適用した．ブロックサイズは $M = N = 64$，埋める情報は $8 \times 8 = 64$ 個の等確率に発生する $-1, 1$ である．図 2 にステゴ画像の例を示す．

2.1 で述べたとおり，本稿では定数 a と多値擬似雑音行列 $b(x, y)$ の最大振幅 B との積は $aB = 2^Q$ となっている．したがって，図 2 に示すとおり，a によって $b(x, y)$ が取りうる多値の種類が制御され，結果，スクランブルの度合いを制御することが可能となっている．

なお，2.2 で述べたとおり，雑音成分 $n(x, y)$ の影響が大きく，抽出誤りが生じる例を確認している．この抽出誤りの抑制と埋込可能情報量の増加は，今後の課題である．

参考文献

[1] C. De Vleeschouwer, J.-F. Delaigle, B. Macq, "Circular interpretation of bijective transformations in lossless watermarking for media asset management," IEEE Trans. Multimedia, vol.5, no.1, pp.97–105, Mar. 2003.

[2] 劉審川，藤吉正明，貴家仁志，"可逆情報埋込みと画像スクランブルの順序可換な協調手法，" 信学ソ大，Sep. 2010，印刷待ち．

[3] C.W. Honsinger, P.W. Jones, M. Rabbani, and J.C. Stoffel, "Lossless recovery of an original image containing embedded data," U.S. Patent, no.6278791, Aug. 2001.