

画像への多重署名埋込みの一手法

1Q-04

河合 励[†], 北山 吉人^{**}, 岡田 稔^{***}

[†]名古屋大学大学院工学研究科, ^{**}カシオ計算機, ^{***}中部大学工学部

1. はじめに

現在、画像への情報埋め込みに関するさまざまな研究が行われている。松井らはパターンディザ法を用いてグレースケール画像を2値画像に変換する際に署名を埋め込むことで、“勘合”と呼ばれる情報埋め込み手法を提案している[1]。松井らの手法は、1枚の原画像に対して1枚の署名パターンを埋め込むことを目的としているが、我々は松井らの手法を複数署名の場合に拡張した。単純に松井らの手法を用いて複数署名を埋め込んだ場合、公開画像同士を重ね合わせた場合にも署名パターンが浮かび上がるという問題がある。この問題を解決するために、各署名パターンの25%の領域の画素を反転させることでパターンの漏洩を防ぐ手法を提案する。この手法では、25%の領域を署名パターン間で独立に選ぶ必要があるため、署名パターンは4枚までに制限される。

2. 松井らの手法の複数署名への拡張

松井らの手法は1枚の署名パターンを2枚の2値画像中に埋め込むものであった。本節では松井らの手法を単純に複数署名に拡張する手法Aについて検討する。

手法Aは以下のように記述される。

原画像を $G = \{g(x, y)\}$, 署名パターンを $S_1 = \{s_1(x, y)\}, \dots, S_N$ とし、生成される鍵画像を $O_K = \{o_K(x, y)\}$, 公開画像を $O_{S_1} = \{o_{S_1}(x, y)\}, \dots, O_{S_N}$ とする。また $P_O(x, y)$ を $g(x, y)$ の濃度に相当するディザパターンのひとつ, $P'_O(x, y)$ を $g(x, y)$ の濃度に相当し, $P_O(x, y)$ とは異なるディザパターンとする。

$$o_K(x, y) = P_O(x, y)$$

$$o_{S_n}(x, y) = \begin{cases} P_O(x, y) & \text{if } s_n(x, y) = 0 \\ P'_O(x, y) & \text{if } s_n(x, y) = 1 \end{cases}$$

この拡張では、鍵画像は共通とし、複数の署名パターンそれぞれに対して公開画像を独立に生成する。この拡張において、ある画素に対応するディザパターンとして選択されるのは2種類のみである。このため、公開画像同士を重ね合わせることで、署名パターンが検出されると言う問題が出てくる。署名パターン上の色が異なる部分では異なるディザパターンとなるため、該当位置において鍵画像と重ねた場合と同様に濃度が上昇するからである。結果として署名パターンの排他的論理和をとった画像が検出される。手法Aによる実験結果を図1に示す。

3. 署名が漏洩しない複数署名埋め込み

手法Aでは鍵画像がなくても複数の公開画像を利用することで署名パターンを検出できるという問題があった。ここでは、そのような問題に対応する改良手法Bを提案する。

署名が漏洩しないようにするためには、排他的論理和によって生成される画像がランダムパターンのように情報が抽出できないものとなれば良い。このために、我々は署名パターンの25%の画素をランダムに選び、その画素値を反転させる手法を用いた。また反転させる領域は複数の署名パターンに対して排他的な位置となるように選択した。このため署名パターンは4枚までに制限される。

A Method of Embedding Muxplex Signatures in an Image
Tsutomu KAWAI[†], Yoshihito KITAYAMA^{**} and Minoru OKADA^{***}

[†]Graduate School of Engineering, Nagoya University
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi 464-8603, JAPAN
^{**}Casio Computer Co., Ltd.

6-2, Hon-machi 1-chome, Shibuya-ku, Tokyo 151-8543,
JAPAN

^{***}College of Engineering, Chubu University

1200, Matsumoto-cho, Kasugai, Aichi 487-8501, JAPAN

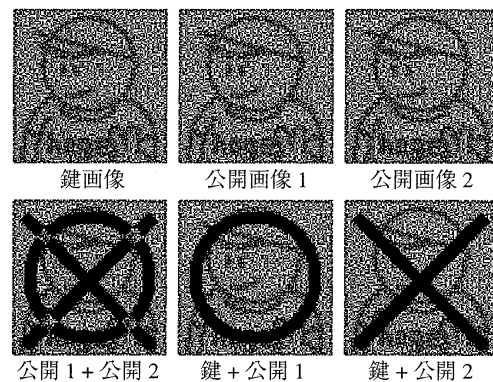


図1 手法Aの実験結果

表 1 公開画像 2 枚重ね

Signatures	Noised	Output	%	Black
■ ₂	■ ₂	■ ₂	50%	50%
■ ₁ □ ₁	■ ₁ □ ₁	■ ₁ □ ₁	50%	50%
■ ₁ □ ₁	■ ₂	■ ₂	25%	50%
■ ₁ □ ₁	■ ₁ □ ₁	■ ₁ □ ₁	50%	50%
■ ₁ □ ₁	□ ₂	■ ₁ □ ₁	25%	50%
□ ₂	■ ₁ □ ₁	■ ₁ □ ₁	50%	50%
□ ₂	□ ₂	■ ₁ □ ₁	50%	50%

表 2 公開画像 3 枚重ね

Signatures	Noised	Output	%	Black
■ ₃	■ ₃	■ ₃	25%	75%
■ ₂ □ ₁	■ ₂ □ ₁	■ ₂ □ ₁	75%	75%
■ ₂ □ ₁	■ ₃	■ ₃	25%	75%
■ ₂ □ ₁	■ ₂ □ ₁	■ ₂ □ ₁	25%	75%
■ ₂ □ ₁	■ ₁ □ ₂	■ ₁ □ ₂	50%	75%
■ ₁ □ ₂	■ ₂ □ ₁	■ ₂ □ ₁	50%	75%
■ ₁ □ ₂	■ ₁ □ ₂	■ ₁ □ ₂	25%	75%
■ ₁ □ ₂	□ ₃	■ ₁ □ ₂	25%	75%
□ ₃	■ ₁ □ ₂	■ ₁ □ ₂	75%	75%
□ ₃	□ ₃	■ ₁ □ ₂	25%	75%

表 3 公開画像 4 枚重ね

Signatures	Noised	Output	%	Black
■ ₄	■ ₃ □ ₁	■ ₃ □ ₁	100%	100%
■ ₃ □ ₁	■ ₄	■ ₄	25%	75%
■ ₃ □ ₁	■ ₂ □ ₂	■ ₂ □ ₂	75%	75%
■ ₂ □ ₂	■ ₃ □ ₁	■ ₃ □ ₁	50%	100%
■ ₂ □ ₂	■ ₁ □ ₃	■ ₁ □ ₃	50%	100%
■ ₁ □ ₃	■ ₂ □ ₂	■ ₂ □ ₂	75%	75%
■ ₁ □ ₃	□ ₄	■ ₁ □ ₃	25%	75%
□ ₄	■ ₁ □ ₃	■ ₁ □ ₃	100%	100%

手法 B は以下のように記述される。

署名パターンを $S_1 = \{s_1(x, y)\}, \dots, S_4$, ノイズ付加後の署名画像を $S'_1 = \{s'_1(x, y)\}, \dots, S'_4$ とする。また $\text{random}(4)$ は 1 から 4 までの整数を等確率でランダムにとるものとし、 $\overline{s_i(x, y)}$ は $s_i(x, y)$ の白黒を反転させたものとする。ノイズ付加後の署名パターンは以下のように定義される。

$$\{s'_1(x, y), s'_2(x, y), s'_3(x, y), s'_4(x, y)\} = \begin{cases} \{s_1(x, y), \overline{s_2(x, y)}, s_3(x, y), s_4(x, y)\} & \text{if } \text{random}(4) = 1 \\ \{s_1(x, y), s_2(x, y), \overline{s_3(x, y)}, s_4(x, y)\} & \text{if } \text{random}(4) = 2 \\ \{s_1(x, y), s_2(x, y), s_3(x, y), \overline{s_4(x, y)}\} & \text{if } \text{random}(4) = 3 \\ \{s_1(x, y), \overline{s_2(x, y)}, \overline{s_3(x, y)}, \overline{s_4(x, y)}\} & \text{if } \text{random}(4) = 4 \end{cases}$$

このように生成された S'_1, \dots, S'_4 を手法 A の場合

の署名パターンとして利用して、公開画像を生成する。

鍵画像と公開画像を重ね合わせることで、ノイズを加えた署名パターンが検出できる。2枚の公開画像を重ねた場合、ノイズ付加後の署名パターン同士の排他的論理和からなる画像が検出されるが、表1のようにパターン全体が50%のノイズがランダムに配置された状態となり、署名は検出できない。3枚を重ねた場合も表2のように全体が75%のランダムノイズとなる。しかし4枚の場合には、表3のように条件によって割合が異なるために、全署名パターンの排他的論理和をとった画像が検出される。手法Bによる実験結果を図2に示す。

手法Aと手法Bの結果を比較した場合、手法Bでは検出される署名パターンの鮮明さが低下していることがわかる。しかし公開画像を2枚重ねた場合の漏洩は防ぐことができる。手法Bでは4枚の公開画像を重ね合わせた場合には署名が漏洩する恐れがあるため、漏洩が問題となる場合には3枚までの署名パターンを利用することができる。

4. さいごに

本論文では、パターンディザ法を用いた多重署名埋め込み法のための一手法を提案した。本手法では、4枚までの署名パターンを1枚の原画像に埋め込むことができるが、署名の漏洩が問題となる場合には署名は3枚までに制限される。今後の課題としては、4枚以上の署名への対応や、グレースケール画像やカラー画像への対応があげられる。

参考文献

- [1] 岡, 中村, 松井, “濃度パターン法を用いたハードコピー画像への署名の埋込み”, 信学論 D-II, Vol. J79-D-II, No. 9, pp. 1624-1626, 1996.

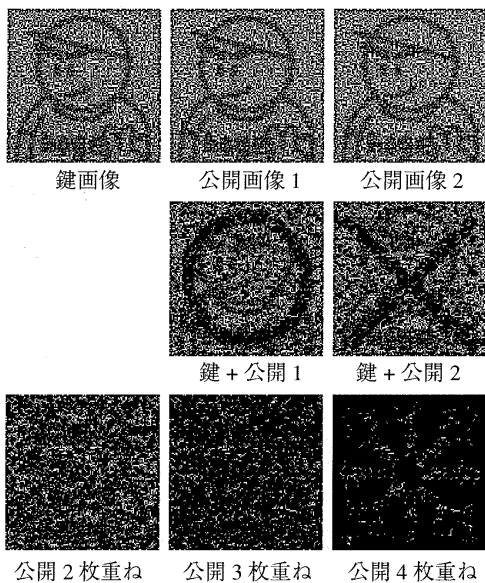


図 2 手法 B の実験結果