

二次元コードの複製検知を目的とした 印刷画像電子透かしの進化的生成

宮本 龍二^{1,a)} 前原 武¹ 谷山 大介¹ 小野 智司^{1,b)} 中山 茂¹

概要: 本研究では、二次元コードの不正な複製を検知するために、半脆弱な電子透かしを進化的に生成する方式を提案する。本方式を用いて作成された透かしを含む二次元コードは、店舗等に設置された複写機を用いて複製が行われると、二次元コードを復号する際に複製であることを判別できる。また、本方式は、ニッチング差分進化を用いることで、一度の探索で多様な解を発見でき、デザインの自由度を高めることができる。

キーワード: カラー 2 次元コード, 複製検知, 電子透かし, ウェーブレット変換, ニッチング差分進化

Evolutionary Watermark Generation for Copy Detection of Two-Dimensional Barcodes on Print Media

Abstract: This paper proposes a method for generating semi-fragile watermark for colored two-dimensional (2D) barcodes used for quick verification of items such as airplane boarding passes and coupons. Using Niching Differential Evolution, the proposed method finds various promising sets of 2D code color and watermarking parameters for enhancing design flexibility.

Keywords: colored two-dimensional code, copy detection, watermarking, wavelet transform, Niching Differential Evolution

1. はじめに

近年、インターネット及び携帯電話の急速な普及に伴い、二次元コードが広く一般に普及している (図 1)。その用途は Web サイトへの誘導から航空機の搭乗券や電子チケットまで多岐にわたる。しかし、二次元コードの急速な普及及び用途の多様化に対して、二次元コードの不正な複製を防止する技術の開発は遅れている。搭乗券や電子チケットなどの場合、二次元コードが複製され、不正に利用されることで損害が発生する恐れがある。複製によって文字が浮かび上がる用紙の利用もされているものの、一辺が 2cm 程度の二次元コード印刷領域での複製の判別に利用するのは難しい。

小野らは複写機の特徴を考慮した半脆弱な電子透かしを二次元コードに埋め込み、複写機を用いた複製により透かしが破壊されることで、原本と複製を検知できることを示した [1]。しかしながら、印刷に使用する機器により、複製判別可能な二次元コードのパラメータが異なることが判明した。

本研究では、進化計算の 1 つである差分進化を応用したニッチング差分進化 [2] を用いることで、印刷に使用する機器ごとに有効なパラメータを明確化する方式を提案する。本方式は、一度の探索で多様な解を発見でき、デザインの自由度を高めることができる。

2. 提案する方式

本研究で最適化するパラメータは、元画像として用いる二次元コードの RGB 成分、ダイナミックレンジの上限及び下限、陰モジュール及び陽モジュールへの透かし埋め込み強度、ガウシアンフィルタ強度の 8 個である。適応度

¹ 鹿児島大学理工学研究科情報生体システム工学専攻
Department of Information Science and Biomedical Engineering, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

a) k7570020@kadai.jp

b) no@ibe.kagoshima-u.ac.jp

$Fitness$ は以下の式にしたがって求める.

$$Fitness = \frac{1}{2} \sum_{k=XE,SH} (x_{original} - x_{copy}^k) \quad (1)$$

$x_{original}$ は原本の透かし一致度, x_{copy}^k は複製された画像の透かし一致度を表す.

透かしを埋め込む際は, 二次元コードに前処理を行う. 透かしを埋め込む領域にガウシアンフィルタを適応し, 階調値を平滑化する. 次に二次元コードに離散ウェーブレット変換 (Digital Wavelet Transformation: DWT) を適応し, 対角高周波強度値系列の係数値に透かし強度値を加算することで透かしを埋め込む. 最後に離散ウェーブレット逆変換 (Inverse DWT: IDWT) を行い色成分を統合することで, 透かし埋め込み二次元コード画像を生成する.

複製判定を行う際は, スキャナやカメラにより取得された十分に高い解像度の透かし入り画像 (抽出対象画像) に対して, DWT を $(\log_2 \frac{M}{m})$ 回実行して HH 成分 ($HH_{\log_2 \frac{M}{m}}$) を取り出す. m は原画像の一辺のサイズ, M は抽出対象画像の一辺のサイズである. 次に, より鮮明な透かし画像を抽出するため, $(\log_2 \frac{M}{m} + 1)$ 回目の DWT により HH 成分を取り出し, IDWT を行った画像を $HH_{\log_2 \frac{M}{m} + 1}$ とする. $HH_{\log_2 \frac{M}{m}}$ と $HH_{\log_2 \frac{M}{m} + 1}$ との和をとり, 抽出画像とする. 正解となる透かし画像と抽出画像との一致率に基づいて複製の有無を判定する.

3. 実例

複製検知が可能な 8 つのパラメータを最適化により求めるために, 実験を行った. まず提案する方式を用いて透かし画像を埋め込み, インクジェットプリンタ (Canon PIXUS MP610, 4 色インク) を使い, 光沢写真用紙に印刷した. 次に, 印刷した二次元コードを 2 台の複写機を用いて複製した. 本実験では, SHARP MX4500DS 及び FUJI XEROX C4300MP を用いた.

本実験で使用した透かし入りカラー二次元コード画像の例を図 2 に示す. また, 得られた解の例を図 3 及び図 4 に示す. 図 3 から, オリジナルに残っている電子透かしがコピー後に破壊されていることが分かる. また図 4 より, 多様な色の二次元コードを発見できたことが分かる.

4. むすび

二次元コードの複製検知を目的とした印刷物画像電子透かしの進化的生成方式を提案した. 本実験により, 印刷に使用する機器ごとの有効なパラメータを最適化できることを示した. 今後は複写機の種類を増やし, 複製をより検知できるパラメータを明確化する.

参考文献

[1] 小野 智司, 津々見 誠, 中山 茂: 電子透かしを用いたカラー二次元コードの複製検知, 電子情報通信学会 (2011)



図 1 カラー二次元コードの例

Fig. 1 Example of colored two-dimensional codes



a) 元画像 b) 透かし画像

図 2 実験に用いた二次元コード

Fig. 2 colored two-dimensional code



(a) 透かし入り画像 オリジナル (b) 透かし入り画像 コピー (MX4500DS) (c) 透かし入り画像 コピー (C4300MP)



(a) 抽出した透かし オリジナル (b) 抽出した透かし コピー (MX4500DS) (c) 抽出した透かし コピー (C4300MP)

図 3 実行例

Fig. 3 Example of experimentation



図 4 適応度の高い二次元コードの例

Fig. 4 Example of high fitness

[2] B.-Y. Qu, P. N. Suganthan, and J.-J. Liang. Differential evolution with neighborhood mutation for multimodal optimization. *Trans. Evolutionary Computation*, 16(5):601-614, (2012)