

URL 情報埋め込みのための DCT を用いた電子透かし手法

Digital Watermark Scheme Using DCT for Embedding of URL Information

伏屋 誠人† 野深 晃弘‡ 村上 仁己† 小池 淳†

Masato Fuseya Akihiro Nobuka Hitomi Murakami Atsushi Koike

1. はじめに

近年、電子透かし技術を用いてアナログ画像などの印刷物から、デジタル情報を検出する技術が提案されている。電子透かしを用いることで、対象となる写真や画像のデザイン性を損なうことなく情報を埋め込むことが可能である。これは、限られたスペースに写真が掲載されている雑誌や新聞などの印刷物に情報を埋め込みたいとき必要な技術である。また、近年における携帯電話の普及と検索サービスの発達を考慮すると、効率的な情報検索のための URL 情報の埋め込み方式の開発が重要である。

この場合、印刷物やディスプレイ上の画像から URL 情報を検出する際には、画像の幾何学的変形と色相の変化を考慮しなくてはならない。これらの影響に対し、“印刷取り込み耐性”を持たせるために DCT(Discrete Cosine Transform)を用いた電子透かし手法が提案されている[1-2]。本論文では、文献[1-2]の電子透かしの埋め込み手法をベースに、URL 情報の検出精度を向上させるための埋め込み手法を提案する。また、カメラ付き携帯電話で撮影した画像を用いて計算機実験を行い、提案手法の基本的な特性を明らかにする。

2. DCT 領域の透かし埋め込み

電子透かしの埋め込みには、画素値を直接操作する方法と周波数領域へ変換し、その係数を操作する方法がある。印刷取り込み後、画像は画素値が大きく変化する場合がある。本論文では DCT を用いた周波数領域への変換を行い、係数に透かし情報を埋め込む手法を採用する。透かし情報は、印刷取り込み後の画像からその埋め込まれた位置の DCT 係数から検出する。また、埋め込まれる透かし情報は CrCb 成分の DCT 係数に埋め込まれる。これは CrCb 成分は色差信号であり、Y 信号(輝度)に比べて人間の目に識別されにくいためである。

画像の 2 次元 DCT には 2 種類の方法がある。1 つは画像全体を 2 次元 DCT する方法であり、もう 1 つは画像を細かいブロックに分割し、ブロック単位に 2 次元 DCT する方法である。文献[1-2]では、前者の画像全体に DCT を行う方法を選択している。この手法では、画像に加えた透かしが全体に均一に分散する利点がある。DCT 領域への埋め込み操作として、低周波数帯へ埋め込む場合は、画像全体に与える影響が強く、高周波数帯に近いほど影響は弱い。また、高周波数帯は印刷取り込みの影響を受けやすく検出が困難となる場合があるため、高周波数帯を埋め込み対象から除外する。そこで、本提案手法では埋め込み対象領域は中間周波数帯とする。

文献[2]で提案された透かし埋め込み手順を述べる。DCT 領域上の DC 成分から u 軸に対して角度 θ の方向へ伸ばし

た直線を基準とし、埋め込み対象領域を定める。この直線を埋め込み基準線とし、基準線上に T_{min} と T_{max} を設定し、 T_{min} と T_{max} で表される矩形領域が透かしの埋め込みに利用される。

この矩形領域に対して、係数 a, b を用いてブロック分割したものを図 1 に示す。

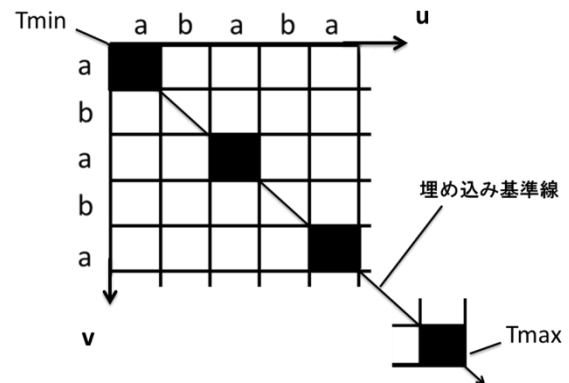


図 1 係数 a, b を用いた局所領域のブロック分割

係数 a を用いて一定範囲の DCT 係数を 1 つの要素として扱い、これが埋め込みに使用されるブロックとされる。また、係数 b を用いて定められた範囲は、埋め込みに使用される要素間の緩衝領域として規定される。

3. 提案手法

従来手法 [2] では、情報 1 ビットが DCT 係数 1 個に埋め込むのに対し、提案手法では DCT 係数 2 個を利用して埋め込む。この結果、検出精度が向上すると考えられる。以下に透かし情報の埋め込み手順を述べる。係数 a, b とパラメータ V_0, V_1, V_{Th} は正の数で $V_0 < V_{Th} < V_1$ とする。長さ N の埋め込みビット列 $x[n](n=0,1, \dots, N-1)$ を透かし情報とする。

- (1) 透かしのポインタとして $E_p=0$ とする。
- (2) RGB 表色系から YCrCb 表色系へ変換する。
- (3) CrCb 成分の DCT 係数を計算する。
- (4) 従来手法に基づき T_{min} と T_{max} を決定する。
- (5) 従来手法に基づき T_{min} と T_{max} で表される矩形領域を、係数 a, b を用いてブロック分割する。(図 2) のとき、係数 a で示されるブロックを埋め込みに利用する局所領域とする。
- (6) 図 2 に示すように互いに接近する局所領域を 17 個選択する。そのうち中央のブロックを閾値ブロック、周辺 16 個のブロックを情報ブロックとする。
- (7) Th に含まれる DCT 係数に、元の係数の符号を V_{Th} に掛けて代入する。
- (8) 内側の情報ブロック I_n と外側のブロック I'_n

† 成蹊大学, Seikei University

‡ 日商エレクトロニクス, NISSHO ELECTRONICS CORPORATION

- ($n=0,1,\dots,7$)のポインタとして $N_p=0$ とする。
- (9) $x[E_p \bmod N]=1$ ならば、 I_{np} と I'_{np} に含まれる DCT 係数に、元の係数符号を V_1 に掛けて代入する。
 $x[E_p \bmod N]=0$ ならば、 I_{np} と I'_{np} に含まれる DCT 係数に、元の係数符号を V_0 に掛けて代入する。
- (10) $E_p=E_p+1$ 、及び $N_p=N_p+1$ とする。
- (11) 手順(9)(10)を $N_p=8$ になるまで繰り返す。
- (12) 透かしが埋め込まれた 16 個の埋め込みブロックは使用済みとし、埋め込みが行われていない局所領域と区別する。
- (13) 残りの未使用な局所領域に対して、手順(6)~(12)を繰り返す。
- (14) DCT 係数を IDCT し、YCrCb 表色系から RGB 表色系へ変換し透かし入り画像を得る。

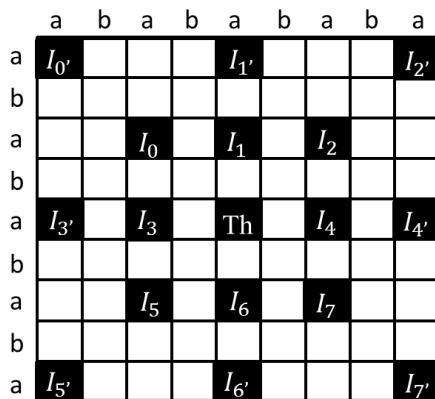


図 2 係数 a,b を用いた局所領域のブロック分割
 検出方法を述べる。透かし埋め込み時に用いた T_{min} と T_{max} 、係数 a,b を用意する。検出した透かし系列は配列 X に格納する。

- (1) 透かしのポインタとして $E_p=0$ とする。
- (2) RGB 表色系から YCrCb 表色系へ変換する。
- (3) 検出 CrCb 成分の DCT 係数を計算する。
- (4) 従来手法に基づき T_{min} と T_{max} で表される矩形領域を、係数 a,b を用いてブロック分割する。
- (5) 透かし埋め込み時に使用した閾値ブロック Th と、周辺 16 個の情報ブロック I_n と $I'_{n(n=0,1,\dots,7)}$ を選択する。
- (6) 情報ブロック I_n と I'_{n} のポインタとして $N_p=0$ とする。
- (7) Th, I_{np} と I'_{np} に含まれる DCT 係数値の絶対値の平均をそれぞれ $aveTh$, $aveI_{np}$, $aveI'_{np}$ とする。
- (8) $aveI_{np}+aveI'_{np} \geq aveTh$ のとき $X[E_p]$ に 1 を、
 $aveI_{np}+aveI'_{np} < aveTh$ のとき $X[E_p]$ に 0 を代入する。
- (9) $E_p=E_p+1$ 、及び $N_p=N_p+1$ とする。
- (10) 手順(8)(9)を $N_p=8$ になるまで繰り返す。
- (11) 透かしの検出に使用した 16 個の局所領域は検出済みとし、埋め込みが行われていない局所領域と区別する。
- (12) 透かしの埋め込み時と同じ順序のブロックを選択し、手順(5)~(11)を繰り返す。
- (13) 検出した透かし列 X を得て、完了する。

4. 実験結果

本論文では取り込み機材はカメラ付き携帯電話(htc desire HD)を使用し、取り込み条件は 24bit カラー2048×1028 とした。屋内の十分に明るい蛍光灯下で画像を取り込んだ。取り込み時に生じる幾何学変換はアフィン変換を用いた。

比較対象である従来手法の埋め込み対象領域を $T_{min}(32,32)$ と $T_{max}(80,80)$ 、提案手法の埋め込み対象領域を $T_{min}(32,32)$ と $T_{max}(119,119)$ 、係数 a,b を $a=b=3$ とし、144bit を埋め込んだ透かし入り画像を作成した。透かし入り画像の PSNR が同じ値を取るように V_0, V_1, V_{Th} を定め、各々の検出率を 3 回ずつ測定した。各々の平均検出率と実験に使用した画像例を図 3,4 に示す。

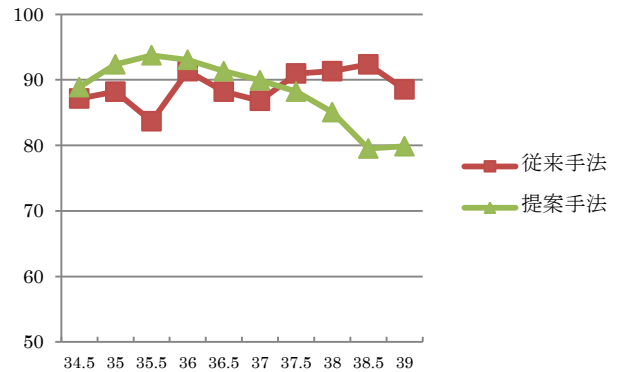


図 3 従来手法と提案手法の検出結果



(1) 原画像 (2) PSNR=34.5

図 4 実験に使用した画像例

従来手法と比較した場合に、提案手法は PSNR 値が低いときにその検出精度は提案手法が改善されていることがわかった。しかしながら、PSNR 値が高くなるにつれ提案手法の検出精度は下がる傾向が見られた。これは提案手法では、従来手法の矩形領域に比べ、高周波側へ広く矩形領域を確保しているため、印刷取り込みの影響を強く受けてしまったためであると考えられる。

5. まとめ

本論文では、DCT を用いた URL 情報の埋め込みのための電子透かし手法を提案した。カメラ付き携帯電話で撮影した画像を用いて計算機実験を行った。その結果、提案手法は従来手法と比較して、ほぼ同等の検出結果が得られた。しかしながら、URL 情報の読み込みを目的とした場合、さらなる検出精度の向上が不可欠である。今後は、埋め込み情報の更なる検出精度の向上を含め、提案手法全体について詳細に検討を加える予定である。

参考文献

- [1] 水本 匡, 松井 甲子雄, “DCT を用いた電子透かしの印刷取り込み耐性の検討”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. j85-A No.4 (2002).
- [2] 小甲 啓隆, 宮岡 伸一郎, “電子透かしの印刷取り込みにおけるビット検出閾値の自動決定手法”, 電子情報通信学会論文誌(2012).