

DCT 領域で RDS の埋込みを行う相関型電子透かし方式の性能評価

Performance Evaluation of Correlation-based Watermarking Scheme embedding the RDS in DCT Domain

古田光† 小森真美† 小田弘†

Hikaru FURUTA† Mami KOMORI† Hiromu KODA†

† 電気通信大学

†The University of Electro-Communications

1. はじめに

近年、電子透かし方式の研究が進んでおり、その研究の一つとしてランダムドットステレオグラム (RDS) を透かし情報として用いた電子透かし方式が研究されてきた [1]. 本稿では、離散コサイン変換 (DCT)[2] 領域で RDS の埋込みを行う相関型電子透かし方式を提案する. さらに、計算機シミュレーションを行い、ウォルシュアダマール変換 (WHT) を用いた方式と比較することで性能を評価する.

2. RDS 用の電子透かし

RDS は、B. Julesz (コレシュ) 氏により考案された、ランダムドットな並びを持つ平面画像のことである [3]. 両眼視間の対応点を探し出すことにより、2次元の画像から3次元の画像が浮かび上がる. これを電子透かしに用いたとき、透かし情報を正しく受け取るためには2次元画像を検出し、さらに3次元画像を浮かび上がらせる操作が必要となる. このため、透かし情報の秘匿性という点で優れている. 文献 [1] で提案された電子透かしでは 64^2 ビットという膨大な情報量を埋込んでおり、時間領域で埋込みを行っているため、透かし入り画像への攻撃に脆い [4].

本稿では、通常の電子透かしの要件である 400 ビット程度の情報量という制限下で、標準的な信号処理に強いとされる周波数領域での埋込み (図 1) を検討した [4][5].

3. RDS の埋込み・検出手順

文献 [6] の手法に透かし情報として RDS を埋込み、検出する処理を追加した. その手順を以下に示す.

◇埋込み手順

(E1) 原画像に2次元 DCT ($N^2 = 8^2$) を行う. 得られた変換出力行列にジグザグスキャンを行い、低域から高域の順に並べた1次元系列を得る.

(E2) 上記 (E1) で得られた系列から特定のシーケンス成分 (埋込み開始系列番号: s , 長さ: l) を抽出する.

(E3) RDS のドット (画素) を2進数で表す. 次にラスタスキャンを行って得られた1次元系列から2進数データを m 個ずつ取り出した後、10進数に直すことで M' 系列 (M 系列の最後に "0" を付加した系列) のデータを選択する.

(E4) 上記 (E3) で選択した M' 系列をゲイン k で (E2) の特定のシーケンス成分に埋込み、透かし入り系列を得る.

(E5) 逆 DCT により透かし入り画像を得る.

◇検出手順

(D1) 透かし入り画像に対して、前処理 (E1), (E2) を行う.

(D2) 透かし入り系列と M' 系列との相関関数を計算し、最大ピークの位置を検出する.

(D3) 検出された位置情報 (10進数) を m ビットの2進数データに直す. これを並べることで RDS を再構成する.

4. 計算機シミュレーション

- M 系列: 8 次 ($m = 8$) の M 系列
- 原画像: "GIRL", "MOON" (256^2 画素, 256 階調)
- 透かし情報: RDS 画像 (図 2)
(20^2 画素, 2 階調, 知覚パターン "コ")
- 埋め込み領域: 3. の (E2) の $s = 10, l = 13$.
- 攻撃: JPEG 圧縮 (1/2, 1/4, ..., 1/16).

図 3 に "GIRL" に対する SNR とビット誤り率 (BER) の関係を示し、図 4 に透かし入り画像の SNR が 39.956 [dB]

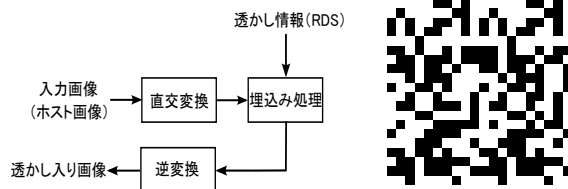


図 1 透かし情報 (RDS) の埋込み

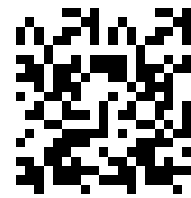
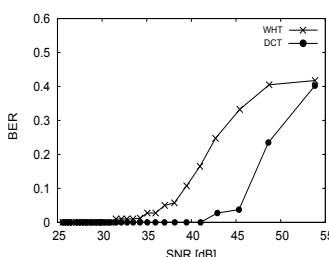
図 2 透かし情報 (20^2 の RDS, "コ")

図 3 SNR と BER の関係 (攻撃なし)

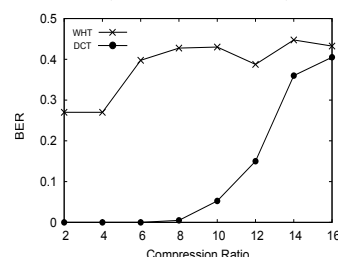


図 4 JPEG の圧縮比と BER の関係 (攻撃あり)

の場合における JPEG の圧縮比と BER の関係を示す. ただし、図 4 の横軸は、圧縮 ($1/\alpha$) の α を示す.

図 3, 図 4 から、DCT を用いた方式が、WHT を用いた方式に比べ BER 特性が優れていることがわかる. これは、DCTの方が WHT に比べて、低域におけるエネルギーの集中特性がよいためであると考えられる [6]. また、攻撃なしの場合において、DCT を用いた方式では SNR が 40 [dB] 程度でも BER が 0 となっている. さらに、JPEG 圧縮攻撃について、DCT を用いた方式では圧縮 (1/8) で BER がほぼ 0 になっている. これは、低域寄りの中域に透かし情報を埋込んでいるため、高域を主に除去する JPEG に対しては一定の耐性が得られたためであると考えられる.

なお、“MOON” に対する結果は “GIRL” と同様の特性を示した.

5. まとめ

本稿では、RDS 用の相関型電子透かし方式の性能評価を行った. その結果、DCT を用いた方式が、WHT を用いた方式よりも BER 特性が優れていることを確認した. また、DCT を用いた方式では、SNR が 40 [dB] 程度となる透かし強度でも BER が 0 となり、JPEG 圧縮 (1/8) の攻撃を受けても BER がほぼ 0 となることがわかった.

今後の課題は、DCT よりも符号化利得が良いとされる LOT を RDS 透かし方式に適用することなどが挙げられる.

参考文献

- [1] 永野: “M 系列に基づく RDS 型電子透かし方式に関する研究”, 平成 15 年度電気通信大学 情報通信工学科 卒業論文 (2004-01).
- [2] N. Ahmed, T. Natarajan and K. R. Rao: “Discrete cosine transform”, IEEE Trans. Comput., vol. C-23, no. 1, pp. 90-93 (Jan. 1974).
- [3] 下條: 視覚の冒険, 産業図書 (1995).
- [4] 安藤, 小田, 阪田: “局所平均除去フィルタを用いた相関型透かし方式の一検討”, 信学技報, WBS2004-703, pp.95-100 (2005-03).
- [5] 松井: 電子透かしの基礎, 森北出版 (1998).
- [6] 小田, 上主: “2 次元 LOT を利用した画像用相関型電子透かし方式について”, 電気通信大学紀要, 第 23 巻, 第 1 号, pp.1-10 (2011).