16 × 16 画素の DCT を利用したランダムドットステレオグラム用の相関型電子透かし方式に関する一検討

A Note on Correlation-based Watermarking Scheme for Random Dot Stereogram exploiting the 16 × 16 DCT

菅野翔太 †　古田光 †　小田弘 †
Shota KANNO†　Hikaru FURUTA†　Hiromu KODA†
† 電気通信大学
†The University of Electro-Communications

1. はじめに

本稿では，16 × 16 画素の DCT(離散コサイン変換)[1] の領域を利用して RDS(Random Dot Stereogram) の埋込みを行う相関型電子透かし方式を提案する．又，２次元直交変換のブロックサイズの違いによる基本特性の差を調査する．

2. RDS

RDS とはランダムドットな並びを持つ 2 枚 1 対の画像を用い，それらを融像することで立体画像を視認できるというステレオグラムの一種である [2]．RDS による電子透かし方式では，たとえ透かし情報が検出されたとしても左右の画像を融像することでしか 3 次元画像情報が得られないため，2 段階の透かし方式を実現することができる [3].

3. 離散コサイン変換 (DCT)

X を $N \times N$ の 入力画像行列，Y を $N \times N$ の の出力画像行列とすると，２次元 DCT は次式で定義される．

$$\text{正変換}: Y = AXA^T \quad (1)$$

$$\text{逆変換}: X = A^T YA \quad (2)$$

ここで，A は DCT 基底行列 [1](A^T はその転置) を表す．

4. 相関型電子透かしの埋込み・検出手順

埋込み (図 1) と検出は文献 [4] の手順で行う．ただし，直交変換のブロックサイズ $N \times N$ が変更されている．

◇埋込み手順

〈**E1**〉入力画像を $N \times N$ の小ブロックに分割し 2 次元直交変換を行う．得られた変換出力の係数行列をジグザグスキャンし，低域から高域の順に並べた 1 次元系列を得る．
〈**E2**〉各ブロックの 1 次元系列から特定のシーケンシ成分 (埋込み開始系列番号：s, 長さ：l) を抽出する．
〈**E3**〉透かし情報として埋込む RDS のドットを 2 進数で表し，ラスタースキャンを行う．得られた 2 進数のデータを m 個ずつ取り出し，10 進数に変換し 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**〉ゲイン k を用い，〈**E3**〉で選んだ M′ 系列を埋込む．
〈**E5**〉逆変換により透かし画像を作成する．

◇検出手順

〈**D1**〉透かし入り画像に対して，埋込み手順の前処理を行い，透かし入り系列を抽出する．
〈**D2**〉長さ L の透かし入り系列と透かし情報の埋込み時に用いた 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 進数データに変換し，これを並べて RDS 画像を再構成する．

5. 計算機実験の条件

- ホスト画像 :“ GIRL ”，“ MOON ”(256^2画素, 256 階調)
- 直交変換方式：2 次元 DCT($N \times N = 8 \times 8, 16 \times 16$)
- M 系列：$m = 8$ 次の M′ 系列（周期 256[= L])
- 透かし情報 (図 2)：RDS の二値画像 (20^2 画素，2 階調，知覚パターン“ F ”)[1]
- 透かし埋込み領域：**4.** の〈**E2**〉で，$(s, l) = (10, 13)$[サイズ 8×8, 416 ビット], $(77, 50)$[サイズ 16×16, 400 ビット]
- 画質の評価尺度：SNR= $10\log_{10}(255^2/\text{MSE})$，MSE はホスト画像と透かし入り画像の濃度値の平均 2 乗誤差

[1][4] では，“ コ ”を使用している．

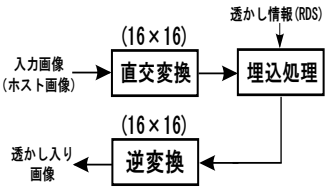

図 **1**　透かし情報 (RDS) の埋込み

図 **2**　透かし情報 (20^2 の RDS,“F”)

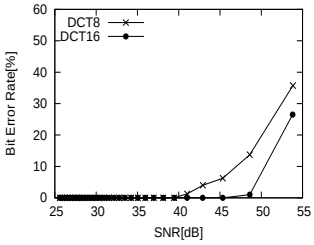

図 **3**　SNR と BER の関係（“ GIRL ”）

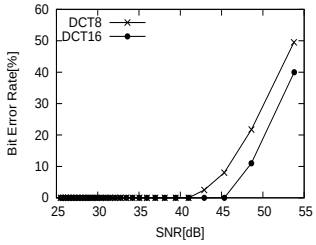

図 **4**　SNR と BER の関係（“ MOON ”）

6. 結果と考察

ホスト画像“GIRL”,“MOON”に対する SNR とビット誤り率 (BER) の関係を図 3，図 4 に示す．

図 3(“ GIRL ”) から，サイズ 8 × 8 の場合 (DCT8) は SNR=40[dB] 付近で BER が上昇し，16×16 の場合 (DCT16) は SNR=45[dB] 付近まで BER=0 であることが分かる．

一方，図 4(“ MOON ”) において，サイズ 8 × 8 の場合 (DCT8) は画質保持基準である SNR=40[dB] 付近を境に BER の上昇がみられ，サイズ 16 × 16 の場合 (DCT16) は SNR=45[dB] 付近まで BER=0 であることが分かる．

よって，サイズ 8 × 8 の DCT とサイズ 16 × 16 の DCT を比較すると，サイズ 16 × 16 の DCT の性能が良い．

7. まとめ

本稿では，16×16 画素の２次元直交変換領域で RDS の埋込みを行う相関型電子透かし方式を提案した．また，計算機実験でブロックサイズの違いによる基本特性の差を調べた．その結果，“GIRL”と“MOON”で共に，8×8, 16×16 の DCT において各々約 40[dB]，45[dB] の SNR 値まで BER=0 となり，ブロックサイズの拡大により性能が向上することが分かった．

今後の課題として，さらに大きなブロックサイズの直交変換を用いた電子透かし方式の検討が挙げられる．

参考文献

[1] N.Ahmed,T.Natarajan and K.R.Rao: “ Discrete cosine transform ”, *IEEE Trans. on Computers* ,Vol.C-23, No.1, pp.90-93(Jan. 1974).
[2] B.Julesz:Foundations of cyclopean perception, *MIT Press*(2006).
[3] 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).
[4] 小田, 古田:“ DCT 領域で RDS の埋込みを行う画像用相関型電子透かし方式に関する一検討 ”, 電気通信大学紀要, 第 30 巻, 第 1 号,pp.1-9(2018-02).

Copyright © 2018 IEICE