GenLOTを用いた相関型電子透かし方式の性能評価

Performance Evaluation of Correlation-based Watermarking Scheme using the GenLOT

中村星太 †　　小田弘 †

Shouta NAKAMURA†　Hiromu KODA†

† 電気通信大学

†The University of Electro-Communications

1. はじめに

画像用電子透かしの一方式に，LOT（重複直交変換）[1] などの直交変換を用いた相関型電子透かし方式がある．本稿では，GenLOT（一般化重複直交変換）[2] のエネルギー集中特性を利用した相関型電子透かし方式の性能評価を行う．更に，バイポーラモデル [3] を導入し，誤り率特性が改善されることを確かめる．

2. GenLOT

GenLOT は LOT の基底長について一般化した直交変換で，その正変換は $\mathbf{Y} = \mathbf{PXP}^T$ となる．ここで，$\mathbf{X}$ は $aN \times aN$ の入力行列である (N：サブブロックのサイズ，a：任意の正の整数)．また，$\mathbf{P}$ は $N \times aN$ の GenLOT 基底行列，$\mathbf{Y}$ は $N \times N$ の変換出力行列である．

3. 提案方式

提案方式 I · II の埋込み（図 1）· 検出の手順を示す．

◇ 方式 I（非バイポーラ方式）の埋込み手順

⟨En1⟩ 入力画像に２次元 GenLOT（$N = 8, a = 3$）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，低周波数順に並べた系列を得る．

⟨En2⟩ **⟨En1⟩** で得られた系列から特定のシーケンシ成分（埋込み開始シーケンシ番号：s，長さ：l）を抽出する．

⟨En3⟩ ゲイン k を用いて M’ 系列（透かし情報）を埋込む．

⟨En4⟩ **⟨En1⟩** で得られた系列の内で $s \sim s+l-1$ の成分を透かし入り系列で置き換え，逆ジグザグスキャンと GenILOT により透かし入り画像を作成する．

◇ 方式 I（非バイポーラ方式）の検出手順

⟨Dn1⟩ 透かし入り画像に **⟨En1, 2⟩** を行う．

⟨Dn2⟩ 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，ピークの立った位置を透かし情報とする．

◇ 方式 II（バイポーラ方式）の埋込み手順

⟨Eb1⟩ 上記 **⟨En1, 2⟩** に同じ．

⟨Eb2⟩ **⟨En2⟩** で各サブブロックから抽出した成分の内，サブブロックの番号（ラスタ走査順）が偶数（奇数）番目のものを連結した系列を得る．

⟨Eb3⟩ 偶数（奇数）番目を連結した系列に，$+k$（$-k$）のゲインを用いて M’ 系列を埋込む．

⟨Eb4⟩ 上記 **⟨En4⟩** に同じ．

◇ 方式 II（バイポーラ方式）の検出手順

⟨Db1⟩ 透かし入り画像に **⟨Eb1, 2⟩** を行い，偶数番目を連結した系列と奇数番目を連結した系列の差分を求める．

⟨Db2⟩ 上記 **⟨Dn2⟩** に同じ．ただし，方式 II では，相関関数の最大ピーク値が方式 I の２倍の $2k$ となる [3]．

4. 計算機シミュレーション

- ２次元 AR（自己回帰）画像 [4]（256^2 画素，256 階調）: “AR1”（相関値 $\rho = 0.95$，標準偏差 $\sigma_u = 42.621$），“AR2”（相関値 $\rho = 0.50$，標準偏差 $\sigma_u = 42.621$）．
- 方式の種類
  - **(1)** METHOD I-GLOT：方式 I．
  - **(2)** METHOD I-LOT：方式 I（GenLOT→LOT）．
  - **(3)** METHOD II-GLOT：方式 II．
  - **(4)** METHOD II-LOT：方式 II（GenLOT→LOT）．
- 埋込み領域：**3.** の **⟨En2⟩** の $s = 9, l = 11$．

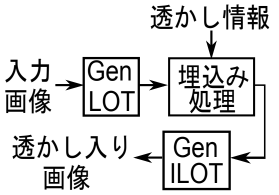

図 1　透かし情報の埋込み手順

表 1　符号化利得 G_{TC}[dB]

	“AR1”	“AR2”
(1) LOT	18.106	2.324
(2) GenLOT	18.331	2.323
(2) − (1)	0.225	-0.001

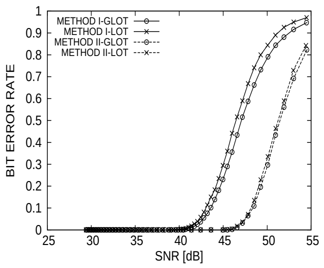

図 2　SNR と BER の関係（“AR1”：$\rho = 0.95, \sigma_u = 42.621$）

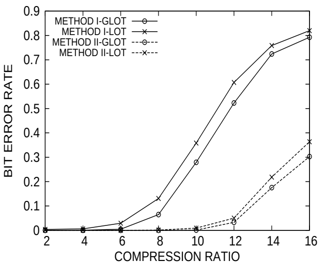

図 3　JPEG の圧縮率と BER の関係（“AR1”）

- 透かし情報：方式 I では 8 次の M’ 系列を 44 本（44[bytes]），方式 II では半分の 22 本（22[bytes]）．
- 攻撃：JPEG 圧縮（2,4,···,16 分の 1）．

AR 画像 “AR1”，“AR2” に対する２次元の LOT（$N = 8$）と GenLOT（$N = 8, a = 3$）の符号化利得 G_{TC}[5] を表 1 に示し，“AR1” に対する SNR とビット誤り率（BER）の関係，JPEG の圧縮率と BER の関係を図 2，図 3 に各々示す．

図 2，図 3 から，方式 II を用いることで方式 I より誤り率特性が大きく改善されていることが分かる．これは，バイポーラモデルにおける透かし情報検出時の相関関数の最大ピーク値が２倍になるためである．また，図 2，図 3 から，GenLOT を用いた方式の BER が LOT を用いた方式より相対的に小さくなっていることが分かる．これは表 1 で “AR1” における GenLOT の符号化利得 G_{TC} が LOT に比べ相対的に高くなっている（つまり，低域にエネルギーがより集中している）ことから，今回透かし情報を埋込んだ低域寄りの中域では GenLOT の方が相対的に平坦な変換係数を持つためであると考えられる．

5. まとめ

本稿では，相関値が高い画像において GenLOT に基づく提案方式が LOT に基づく方式よりも誤り率特性の点で相対的に優れていることを確認した．今後の課題としては埋込みシーケンシの選択方法の改善などがある．

参考文献

[1] H.S.Malvar *et al.* : “The LOT : Transform coding without blocking effects”, *IEEE Trans. on ASSP*, Vol.37, No.4, pp.553-559(1989).

[2] R. L. de Queiroz *et al.* : “GenLOT: generalized linear-phase lapped orthogonal transform”, *IEEE Trans. on Signal Process.* , Vol.44, No.3, pp.497-507(1996).

[3] 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).

[4] 小田，若林，久田：“２次元 AR 画像に対するディジタルゴースト透かし方式の性能評価”，SITA 2007，pp.577-580(2007).

[5] N.S.Jayant *et al.* : Digital coding of waveforms, *Prentice-Hall*(1984).

Copyright © 2015 IEICE