

位相限定相関のための画像の視覚的保護法

Phase scrambling for POC between visually protected images

伊藤 泉
Izumi Ito

貴家 仁志
Hitoshi Kiya

首都大学東京システムデザイン研究科
Tokyo Metropolitan University, Graduate School of System Design

1 まえがき

提案法は、画像の視覚的な情報を保護し、かつ、鍵を用いずに位相限定相関 (phase-only correlation: POC)[1] による画像マッチングを可能とする。画像の視覚的な情報保護を目的とする位相スクランブル [2]-[4] では、画像マッチング時に鍵を必要とした。シミュレーションにより提案法の妥当性を確認する。

2 POC

二枚のサイズ $N \times N$ 画像 $g_1(n_1, n_2)$ および $g_2(n_1, n_2)$ の POC, $r_\phi(n_1, n_2)$ は, $g_i(n_1, n_2)$ の $N \times N$ 点離散フーリエ変換 (DFT) である $G_i(k_1, k_2)$ の位相項 $\phi_{G_i}(k_1, k_2) = G_i(k_1, k_2) / |G_i(k_1, k_2)|$ の複素共役積の逆 DFT として与えられる。すなわち,

$$r_\phi(n_1, n_2) = \frac{1}{N^2} \sum_{k_1=0}^{N-1} \sum_{k_2=0}^{N-1} R_\phi(k_1, k_2) W_N^{n_1 k_1} W_N^{n_2 k_2}, \quad (1)$$

$$R_\phi(k_1, k_2) = \phi_{G_1}^*(k_1, k_2) \cdot \phi_{G_2}(k_1, k_2) \quad (2)$$

となる。ここで, W_N は $\exp(-j2\pi/N)$, $\phi_{G_1}^*(k_1, k_2)$ は $\phi_{G_1}(k_1, k_2)$ の複素共役を示す。 $G_i(k_1, k_2) = 0$ のとき, その位相項は $\phi_{G_i}(k_1, k_2) = 0$ とする [1]。

3 位相スクランブル

$G_i(k_1, k_2)$ の位相スクランブル, $\tilde{G}_i(k_1, k_2)$ は, $G_i(k_1, k_2)$ と同サイズの位相キー $\theta_i(k_1, k_2)$ から,

$$\tilde{G}_i(k_1, k_2) = G_i(k_1, k_2) \cdot e^{j\theta_i(k_1, k_2)} \quad (3)$$

と与えられる [2]-[4]。位相スクランブルは位相のみに影響を与え, DFT 係数の振幅には影響を与えない。位相スクランブル画像は, $\tilde{G}_i(k_1, k_2)$ の逆 DFT として与えられる。

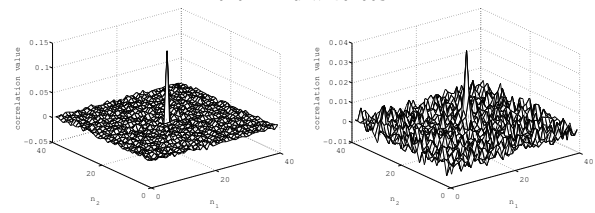
位相キー $\theta_i(k_1, k_2)$ は, 任意の M 元から成る位相キー集合 $U = \{x_1, x_2, \dots, x_M\}$ から選択される。 $\theta_i(k_1, k_2)$ ($N \times N$) 中の x_1 の個数を n とすると, 比率 p_{x_1} は,

$$p_{x_1} = n / (N \times N) \quad (4)$$

と与えられ, 視覚的な効果に影響を及ぼすことが知られている [4]。提案法は, p_{x_1} を制御することによって, 原画像の内容を視覚的に判別不可能にし, スクランブルの解除および鍵の使用無しに, POC による画像マッチングを可能にする。



(a) 原画像 (b) シフト画像 (c) スクランブル画像
図 1 使用画像



(a) ノイズなし (b) ノイズあり

図 2 POC によるシフト量推定 (スクランブル処理有り)

4 シミュレーション

シフト関係にある画像間のシフト量推定を行う。図 1(a) および (b) に原画像およびシフト画像を示す。(c) は, 原画像に $\theta_1(k_1, k_2) \in \{0, \pi\}$, $p_0 = 0.6$ の位相スクランブルを適用した画像である。(c) から, 視覚的に原画像の内容を確認できないことがわかる。図 2 に 図 1(b) と (c) の POC を示す。図 2(b) は図 1(b) にのみ平均 0, 標準偏差 25 のガウス分布に従うノイズを加算したときの POC である。共に, 画像間のシフト量を表す位置にピークが立ち, シフト量推定ができることを確認できた。

5 おわりに

位相スクランブルに用いる鍵生成の為のパラメータを制御することによって, 視覚的に原画像の内容保護を維持しながら, スクランブルの解除や鍵の使用を必要とせず, POC による画像マッチングが可能となることを確認できた。

参考文献

- [1] C. D. Kuglin and D. C. Hines, "The phase correlation image alignment method," in Proc. Int. Conf. Cybernetics and Society, pp.163-165, Sept. 1975
- [2] I. Ito and H. Kiya, "Image matching between scrambled images for secure data management," EURASIP European Signal Processing Conference, Aug. 2008
- [3] I. Ito and H. Kiya, "A new class of image registration for guaranteeing secure data management," in Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing, pp.269-272, Oct. 2008
- [4] I. Ito and H. Kiya, "Phase scrambling for blind image matching," IEEE Proc. IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech and Signal Processing, Apr. 2009 to be published.