

デジタルホログラフィーを用いた生体情報の秘匿化センシング

Secure sensing biometric information by use of digital holography

東工大¹, ^{○(PC)}竹田 賢史¹, 中野 和也¹, 鈴木 裕之¹, 山口 雅浩¹

Tokyo Inst. of Tech.¹, ^{○(PC)}Masafumi Takeda¹, Kazuya Nakano¹, Hiroyuki Suzuki¹, Masahiro Yamaguchi¹

E-mail: takeda.m.ad@m.titech.ac.jp



1 はじめに

生体認証では、登録した生体情報を容易に変更できないため、登録情報の漏えいに対する対策は重要である。近年ではセンサーから計算機までの通信路上での攻撃[1]も考えられており、生体情報を秘匿化された状態で取得することで、より安全性の高い生体認証が実現できると考えられる。

これに対し、光学的な暗号化・復号を実現する Double Random Phase Encoding (DRPE)[2]の手法によって物体像を暗号化された状態でセンシングすることが可能である。本研究では、指紋に照射した光波を DRPE によって暗号化し、この暗号化された指紋画像を Digital Holography(DH)[3]として取得する指紋センサーの開発と、取得した指紋画像をマッチングする手法について検討を行ったので報告する。

2 提案手法

本研究では、指紋画像をフレネル領域での DRPE[4]で暗号化し、秘匿化された指紋画像の DH を取得する。指紋画像の DH を撮影する前に、参照光側に設置した暗号鍵となるランダム位相変調板(拡散板)の位相パターン $K_E(x_1, y_1)$ の取得を行う。続いて、図 1 に示す光学系によって暗号化された指紋画像の DH を撮影する。撮影したい指紋画像の手前に挿入された拡散板によって指紋画像を位相変調し、位相変調が行われた指紋画像は CCD 面上までフレネル伝搬して $O_1(x_1, y_1)$ となる。この光と $K_E(x_1, y_1)$ とを CCD 面上で干渉させ、秘匿化 $DHI_O(x_1, y_1)$ が撮影される。指紋画像の復号はデジタル処理によって行う。具体的には、秘匿化 DH $I_O(x_1, y_1)$ に鍵 $K_E(x_1, y_1)$ の共役像を乗算し撮影時と同じ距離を逆伝搬することで指紋画像が復元される。鍵 $K_E(x_1, y_1)$ が正しくない場合や伝搬距離が適切でない場合には、指紋画像は復元されない。照合の際には、ユーザーが何かしらの手段を用いて保存されている鍵情報(参照光側の拡散版の位相パターン)をシステムに入力

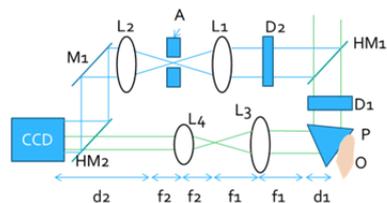


図 1. 光学系の図(L:レンズ, M:ミラー, HM:ハーフミラー, D:拡散板, P: 正三角形プリズム, O:指, A:アパーチャ, レンズの焦点距離 $f_{L1} = f_{L2} = f_{L3} = 200\text{mm}$ $f_{L4} = 100\text{mm}$, $d_1 = 56\text{mm}$, $d_2 = 200\text{mm}$)

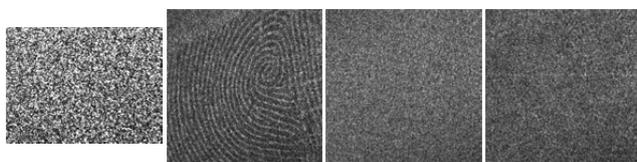


図 2. 生体情報の復元(a:秘匿化ホログラム, b:復元した生体情報, c:異なる鍵での再生像, d:異なる伝搬距離での再生像)

し、この情報とそれぞれの DH から指紋画像を復元する。照合方法は、相関演算に基づくパターンマッチングを用いる。

3 実験・考察

図 1 の光学系を用いて秘匿化された DH を撮影し、デジタル処理により指紋画像の復元を行った。撮影時に使用したレーザーの波長は 632.8nm, 出力 10mW, CCD の画素数 1024x768[pixel], 画素ピッチ 4.65[μm]である。指を正三角形プリズム P に密着させ指紋の DH を撮影する。プリズムで反射された指紋の像は L3 と L4 を用いて 1/2 の大きさに縮小され、CCD 面上に結像する。秘匿化ホログラムからは生体情報を視認することはできないが(図 2(a)), 正しい鍵を乗算し、適切な距離で伝播計算を行うことで、正しく指紋画像を復元することができる。ここではスペckルノイズ低減のため、拡散板 D1 を移動させて複数回撮影したホログラムによる再生像強度を加算平均している(b)。異なる鍵や異なる伝搬距離で再生を行った場合、正しく生体情報を復元することはできない(c,d)。本論文では 10 人分の指をそれぞれ 10 回ずつ撮影し、正しい鍵を用いて復元した再生像を用いて照合精度評価実験を行った。本実験では照合方法として位相限定相関(POC)または非線形相関[5]に基づくパターンマッチングを適用する。相関結果より Peak to Sidelobe Ratio (PSR)[6]を求め、この値を照合の指標とする。本人と他人を判定するしきい値を変化させながら本人拒否率と他人許容率を算出し、本人拒否率と他人許容率が等しくなる時の値(Equal Error Rate: EER)を求めた。正しい鍵を用いて指紋を復号し、本人照合は 250 回・他人照合は 450 回行った結果、EER は 13.8%となった。既存の指紋認証と比較すると良好な精度とは言えないが、撮影手法や照合方法を改善することにより精度の改善は可能と考えられる。

4 結論

本論文では、デジタルホログラフィーと光学的暗号化技術を用いて指紋画像を秘匿化した状態で取得し、再生した指紋画像を用いて照合が行えることを示した。計算機による生体情報の復元実験では、正しい鍵・正しい伝搬距離であれば、生体情報が復元でき、どちらかがかけた場合は生体情報が復元されないことを確認した。照合精度評価実験では、復元した生体情報を用いて、相関演算に基づくパターンマッチングにより、妥当な精度で照合を行えることを確認した。

参考文献

- [1] 竹久他, SCIS2010 予稿集, 3F3-1, 2010
- [2] P. Refregier, et. al., Opt. Lett., Vol. 20, 767-769., 1995
- [3] B. Javidi, et. al., Opt. Lett., Vol. 25, No. 1, pp. 28-30, 2000
- [4] G. Situ, et. al., Opt. Lett., Vol. 29, No. 14, pp.1584-1586, 2004
- [5] B Javidi, Appl. Opt., Vol. 28, No. 12, pp. 2358-2367, 1989
- [6] B. V. K. Vijaya Kumar, et. al., Appl. Opt., Vol. 43, No. 2, pp. 391-402, 2004