Journal of The Korea Society of Computer and Information
Vol. 24 No. 2, pp. 35-40, February 2019
www.ksci.re.kr
https://doi.org/10.9708/jksci.2019.24.02.035

A Study on Reconstruction Vulnerability of Daugman's Iriscode

Soung-Jo Youn*, B.V.S Anusha**, Gye-Young Kim***

Abstract

In this paper, we propose a technique to reconstruct the iris image from the iris code by analyzing the process of generating the iris code and calculating it inversely. Iris recognition is an authentication method for authenticating an individual's identity by using iris information of an eye having unique information of an individual. The iris recognition extracts the features of the iris from the iris image, creates the iris code, and determines whether to authenticate using the corresponding code. The iris recognition method using the iris code is a method proposed by Daugman for the first time and is widely used as a representative method of iris recognition technology currently used commercially. In this paper, we restore the iris image with only the iris code, and test whether the reconstructed image and the original image can be recognized, and analyze restoration vulnerability of Daugman's iris code.

▸Keyword: John Daugman, Iris recognition, Iris code, gabor filter, Image reconstruction

I. Introduction

생체인식은 개인의 신분을 확인할 수 있는 기술이다. 지문, 홍채, 지문 등 개인의 신체정보를 사용해 신분을 확인하여 기존의 암호 및 ID 카드를 기반으로 하는 인증 체계에 비해 많은 이점이 있다[1]. 생체정보는 복제나 도용이 불가하기 때문에 변경 및 분실의 위험이 없다는 장점이 있어서 보안 분야에 많이 사용된다. 하지만 생체인식에서 사용되는 개인의 신체정보는 변경이 불가하기 때문에 유출의 위험성이 크다. 때문에 현재 사용되는 생체인식 기술들은 보안을 위해 개인의 생체정보를 그대로 저장하여 사용하지 않고 정보를 템플릿 형태로 데이터화하여 사용한다. 현재는 이러한 템플릿으로부터 영상을 복원하는 방법이 연구되고 있다. Philip Bontrager[2]는 Verifinger 인식기를 사용하여 인식기에 저장되어있는 지문 템플릿의 정보를 일부씩 가지고 있는 하나의 "DeepMasterPrint"영상을 생성하는 연구를 하였다. "DeepMasterPrint"는 GAN(Generative Adversarial Networks)[3]을 사용하여 생성한다. GAN은 생성자, 구분자로 구성된다. 생성자는 지문 입력영상 학습 및 위조영상을 생성하고 구분자는 생성된 영상의 진위여부를 판별하고 그에 대한 정보를 생성자에 보내 생성자가 더 우수한 위조영상을 생성하도록 한다. 해당 기술은 Verifinger 인식기를 기준으로 실험하였고 FMR(False Match Rate)의 0.01%, 0.1%, 1%를 기준으로 각각 1.11%, 22.5%, 76.76%의 공격성공률을 보였다. Javier Galbally[4]는 유전알고리즘을 사용하여 홍채코드로부터 홍채영상을 복원하였다. 복원하고자 하는 홍채코드를 하나 선정하여 해당 홍채코드를 홍채영상으로 복원하는 방법으로, 초기 모집단을 생성하고 홍채코드와 매치하여 매치결과를 토대로 초기 모집단을 엘리트, 선택, 교차, 변이연산을 사용하여 최적의 값을 찾아 변형하고 다시 홍채코드와 매치한다. 이 과정을 매치가 될 때까지 반복하여 영상을 복원하는 방법이다. 아래 Fig. 1은 인식이 가능하도록 복원이 될 때까지 유전알고리즘을 반복한 예제영상이다.

• First Author: Soung-Jo Youn, Corresponding Author: Gye-Young Kim
*Soung-Jo Youn (sungjo90@naver.com), Dept. of Convergence Software, Soongsil University
**B.V.S Anusha (bvsanusha@ee.iitb.ac.in), Dept. of Electrical engineering, IIT Bombay
***Gye-Young Kim (gykim11@ssu.ac.kr), Dept. of Software, Soongsil University
• Received: 2019. 01. 03, Revised: 2019. 02. 03, Accepted: 2019. 02. 03.
• This work was supported by the National Research Foundation of Korean (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT: Ministry of Science and ICT) (No. NRF-2016K1A3A1A19945935).

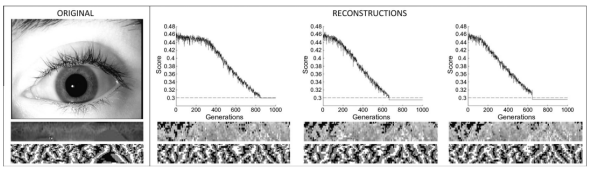


Fig. 1. Example of iris reconstruction using genetic algorithm

본 논문에서는 생체인식방법 중에서 홍채인식에 대하여 복원 가능성을 연구한다. 특히, 도그만(Daugman)의 홍채인식 방법에 대한 복원 가능성을 분석한다. 홍채는 현재 많이 사용되고 있는 지문인식기술에 비하여 더욱 많은 특징점을 내포하고 있어 위조나 중복 가능성이 매우 적다[5]. 홍채인식 방법을 처음 개발한 도그만은 인식을 위하여 홍채정보를 홍채코드형태로 저장하고 매칭하는 방법을 사용했다. 이 방법은 1993년 도그만이 처음 사용화에 성공하였고 원천 특허를 보유하고 있었지만, 현재는 그 특허 권리가 만료되어 대부분의 홍채인식 기술의 기반이 되고 있다[6]. 도그만의 홍채코드는 해밍 거리를 사용하여 유사도를 측정하는 가버 웨이블릿 변환(Gabor Wavelet Transform)을 기반으로 한 인증 방법으로서 홍채정보를 간결하고 효율적으로 표현한 데이터이다[7]. 홍채코드를 사용하면 부분적인 홍채정보 만으로도 인증이 가능하여 유출되더라도 정보를 지킬 수 있다.

본 논문에서는 홍채영상으로부터 홍채코드를 만드는 과정을 분석하고 역으로 계산하여 복원하는 방법을 통하여 홍체코드의 복원취약성을 분석한다. 이 목표를 위하여 우선 도그만의 홍채인식방법에 기반하여 자체적으로 인식기를 개발하였다. 개발한 인식기는 홍채영상에서 홍채 영역만을 분할하고 정규화하여 1D 가버(Gabor)필터를 수행한다. 필터된 영상을 양자화하여 최종적으로 홍채코드가 형성된다. 본 논문에서는 1D 가버필터의 매개변수를 알고 있다고 가정하고 필터를 역으로 계산하여 홍채코드로부터 홍채영상을 복원하고 복원된 영상과 원본영상을 매치하여 인증결과를 기준으로 홍채코드의 복원 취약성에 대하여 연구한다.

본 논문은 총 5절으로 구성되어 있고, 홍채코드로부터 홍채영상을 복원하는 방법을 제안한다. 2절에서는 연구를 위해 제작한 홍채인식기를 설명하고, 3절에서는 홍채영상을 복원하는 방법, 4절에서는 제작한 인식기의 성능평가 및 복원 가능성을 실험한다. 5절에서는 결론을 도출하고 향후연구 방향을 제시한다.

II. Iris recognition

본 논문에서는 홍체코드의 복원 취약성을 분석하기 위해 먼저 도그만의 홍채인식방법[8]을 기반으로 홍채인식기를 제작하였다. 홍채인식기는 홍채영역 분할, 정규화, 특징추출, 인증단계로 이루어진다. 홍채영상에서 홍채의 특징을 추출하기 위해 Fig. 2와 같이 홍채영역을 분할해야한다.

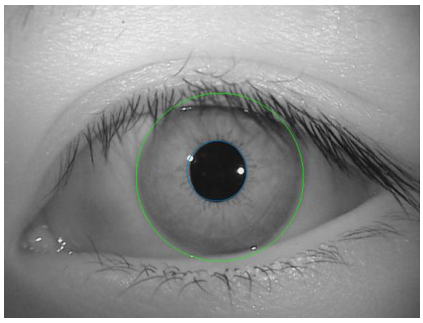


Fig. 2. Iris localization and segmentation

분할 방법으로는 허프 변환(Hough transform)을 이용한 방법[9]과 도그만이 제안한 Integro-differential 연산자를 사용한 방법[8]을 사용한다. 도그만의 방법은 허프 변환 방법에 비해서 정확성이 높은 장점이 있다[10]. 때문에 도그만의 방법만으로 홍채영역 분할이 가능하지만 계산량이 많다는 단점이 있어 허프 변환을 이용한 방법과 같이 사용하였다. 홍채영역만을 분할하기 위해서는 홍채의 안쪽경계(동공의 경계)와 바깥쪽 경계를 찾아야 한다. 이때, 홍채의 안쪽경계인 동공경계의 경우, 동공은 대부분 낮은 화소값을 갖는 특성 때문에 동공과 홍채 사이의 대비값이 확실하여 허프 변환을 이용한 방법을 통해 쉽게 구할 수 있다. 하지만 바깥쪽 경계의 경우 홍채와 공막과의 대비 값이 명확하지 않기 때문에 허프 변환방법으로는 어려움이 있다. 때문에 바깥쪽 경계의 경우에는 식1과 같은 Integro-differential 연산자를 사용한다. 이 연산자는 홍채는 항상 동공보다는 밝고 공막보다는 어두운 홍채의 특징을 이용하여 홍채영상 내 대비차이를 이용하여 홍채의 안쪽경계와 바깥쪽 경계를 찾는 연산자이다.

$$\max_{(r,x_o,y_o)}\left| G_\sigma(r) * \frac{\delta}{\delta r}\oint_{r,x_o,y_o}\frac{I(x,y)}{2\pi r}ds \right| \cdots\cdots (1)$$

여기서 (x_0, y_0)는 홍채의 중심을 나타내며, r은 반지름을 나타낸다. 각 값을 변경해가며 원의 모양의 경계들을 만들고 원의 둘레에 위치해 있는 화소값($I(x,y)$)들의 합을 구한 후에 반지름 r에 따라 변화하는 값의 차이를 구하여 가장 큰 차이를 가지는 곳을 홍채의 경계로 한다. 이렇게 분할된 홍채는 개인마다 크기가 다르고 같은 사람의 경우에도 홍채영상을 얻는 과정에서 카메라와 사용자의 거리에 따라 홍채영상의 크기가 다르고, 주변 조도에 따라 동공의 크기가 달라질 수 있다. 올바른 인증을 위해서는 분할된 홍채를 일정한 규격으로 정규화 시켜야 하며 정규화는 극좌표계 변환을 통해 이루어진다. 좌표계 변환은 식2와 같다.

$$I(x(r,\theta), y(r,\theta)) \rightarrow I(r,\theta) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

r은 홍채의 안쪽과 바깥쪽의 경계의 거리이고, θ는 홍채의

각도를 나타낸다. 좌표계 변환을 통해 Fig. 3과 같이 원형모양의 홍채를 사각형모양으로 펼친다.

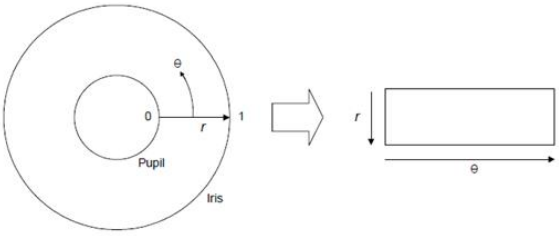


Fig. 3. Example of Iris normalization

영상이 정규화된 후에 1D 가버필터를 사용하여 홍채의 특징을 추출한다. 1D 가버필터는 가우시안(Gaussian) 함수에 의해 변형된 코사인 및 사인 함수로서 퓨리에(Fourier)변환 방법을 기반으로 하는 필터로, 식3과 식4는 각각 실수부 값과 허수부 값을 산출한다.

$$G(x;\sigma,p)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma}exp\left(\frac{-x^2}{2\sigma^2}\right)\cos(2\pi px) \quad \cdots\cdots (3)$$

$$G(x;\sigma,p)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma}exp\left(\frac{-x^2}{2\sigma^2}\right)\sin(2\pi px) \quad \cdots\cdots (4)$$

σ는 필터 Kernel의 너비를 정하는 값이며, p는 주기를 정하는 값이다. 식3은 가우시안 함수에 의해 변형된 코사인 함수 형태이며 해당 필터를 통해 홍채특징의 실수부 값을 갖는 영상을 획득한다. 식4는 가우시안 함수에 의해 변형된 사인 함수 형태이며 허수부 값을 갖는 영상을 획득한다. 획득된 실수부 값의 영상과 허수부 값의 영상을 가로방향으로 교차하여 붙인 후에 양자화하여 최종적으로 홍채코드를 생성한다. Fig. 4는 정규화 영상 및 홍채코드 예이다.

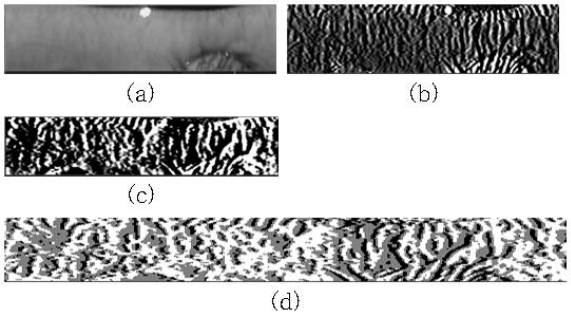


Fig. 4. (a)normalized iris image, (b)real part feature, (c) imaginary part feature, (d) iris code

입력되는 홍채영상마다 이러한 형태의 코드가 생성되고 코드 비교를 통해 사용자의 인증여부를 결정한다. 홍채코드들의 비교를 위해 해밍거리(Hamming Distance)를 사용한다[11]. 해밍거리 식은 식5와 같다

$$HD=\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}X_j(XOR)\,Y_j \quad \cdots\cdots (5)$$

X_j와 Y_j는 서로 비교하는 코드값이다. XOR연산을 통해 값이 같으면 1 다르면 0의 값이 산출된다. 해밍거리의 값은 두 코드의 유사한 정도를 수치화한 값이며 일정 임계치(threshold)를 기준으로 인증여부를 결정한다.

III. Iris code reconstruction method

홍채코드는 1D 가버필터를 사용해 홍채의 특징을 추출하여 생성하였다. 이러한 특징 추출 과정을 수학적으로 표현하면 하나의 행렬로 표현할 수 있다. 이 행렬의 역행렬을 계산하여 원본 홍채영상을 추정하는 방법을 복원이 가능하다. 이 때, 1D 가버필터의 필터값은 알고 있다고 가정한다.

홍채코드는 양자화가 되어있는 상태로 0 또는 1의 값으로 이루어져 있다. 이를 수학적으로 계산하여 복원하기 위해 양자화 전의 값인 양수와 음수형태로 나타낸다. 1의 값은 임의의 양수값으로, 0의 경우 임의의 음수값으로 변경하여 계산한다. 본 논문에서는 코드값 1은 그대로 1로 두고, 0은 -1로 변경한다. 1D 가버필터의 필터값과 홍채코드의 값은 알고 있기 때문에 홍채의 원본영상을 추정하는 계산을 할 수 있다. 식 6과 7은 이 과정을 수식으로 표현한 것이다.

$$A\Theta X=B \quad \cdots\cdots (6)$$

$$X'=A^{-1}\Theta B \quad \cdots\cdots (7)$$

위의 식에서 A는 필터값, X는 원본영상, B는 홍채코드이다. 여기서 A와 B는 알고 있는 값이기 때문에 식7과 같이 역행렬을 이용한 계산을 하면 원본영상을 추정할 수 있다. 식 6과 식 7을 계산하기 위해서는, 우선 홍채코드를 만드는 과정을 행렬로 표현해야 한다. 필터식을 연립방정식으로 풀어서 표현하고, 이것을 행렬로 표현한다. 1차원 가버필터의 필터 과정을 수학적으로 표현하면 연립방정식으로 표현이 가능하다. 1차원 필터이기 때문에 영상복원은 영상의 가장 윗줄부터 순서대로 내려오면서 진행한다. 식8은 영상에서 한 줄을 기준하여 필터 과정을 연립방정식으로 표현한 예이다.

$$\begin{aligned}
&x_y\times a_1+x_1\times a_2+x_2\times a_3\cdots x_{x-1}\times a_x=b_1\\
&x_1\times a_1+x_2\times a_2+x_3\times a_3\cdots x_x\times a_x=b_2\\
&x_2\times a_1+x_3\times a_2+x_4\times a_3\cdots x_{x+1}\times a_x=b_3\\
&\qquad\vdots\\
&x_{y-x+2}\times a_1+x_{y-x+3}\times a_{y-x+4}\cdots x_1\times a_x=b_z
\end{aligned}$$

…………………………………………………………………………… (8)

식에서 $a_1 \sim a_x$는 가버필터의 값, $x_1 \sim x_y$는 복원 추정값, $b_1 \sim b_z$는 홍채코드 값이다. 식8을 행렬식으로 표현하면 식9와 같다.

$$\begin{bmatrix} a_2\, a_3 \cdots a_x & 0 & 0 & 0 & \cdots & a_1 \\ a_1\, a_2\, a_3 \cdots a_x & 0 & 0 & & \cdots & 0 \\ 0\ a_1\, a_2\, a_3 \cdots a_x & 0 & & & \cdots & 0 \\ & & \vdots & & & \\ a_x\ 0\ 0 \cdots a_1\, a_2 \cdots a_{x-2}\, a_{x-1} & & & & & \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ \cdots \\ x_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ \cdots \\ b_z \end{bmatrix} \quad (9)$$

위의 식9에서 필터값과 홍채코드 값은 알고 있기 때문에 양변에 필터값의 역행렬을 곱해주면 복원 추정값을 구할 수 있다. 그 과정은 식10과 같다

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ \cdots \\ x_y \end{bmatrix}' = \begin{bmatrix} a_2\, a_3 \cdots a_x & 0 & 0 & 0 & \cdots & a_1 \\ a_1\, a_2\, a_3 \cdots a_x & 0 & 0 & & \cdots & 0 \\ 0\ a_1\, a_2\, a_3 \cdots a_x & 0 & & & \cdots & 0 \\ & & \vdots & & & \\ a_x\ 0\ 0 \cdots a_1\, a_2 \cdots a_{x-2}\, a_{x-1} & & & & & \end{bmatrix}^{-1} * \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ \cdots \\ b_z \end{bmatrix} \quad (10)$$

이와 같은 방법으로 복원 추정값을 구할 수 있다. 하지만 1D 가버필터의 경우 필터식이 실수부 필터와 허수부 필터로 구성되어 있다. 홍채코드는 이러한 두개의 필터를 사용한 결과물이기 때문에 복원의 경우 두개의 필터를 각각 계산하면 추정된 원본영상의 결과물이 2개로 산출되어 하나의 영상으로의 복원이 불가능하다. 때문에 실수부와 허수부의 필터과정을 동시에 만족하는 하나의 복원영상을 얻기 위해서는 복원과정에서 두 개의 필터식을 동시에 만족하는 값을 추정하도록 식의 형태를 변환해야 한다. 이러한 형태는 Fig. 5와 같다.

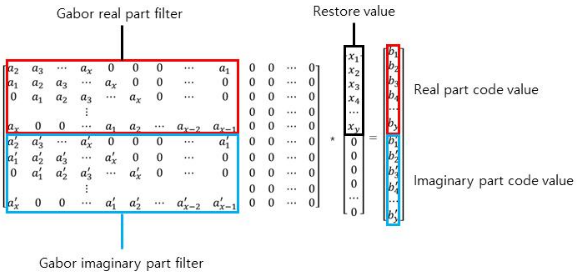


Fig. 5. Example of image reconstruction process

Fig. 5를 역 계산식으로 표현하여 복원값을 얻도록 표현하면, Fig. 6과 같다.

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ \cdots \\ x_y \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \cdots \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_2 & a_3 & \cdots & a_x & 0 & 0 & 0 & \cdots & a_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ a_1 & a_2 & a_3 & \cdots & a_x & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_1 & a_2 & a_3 & \cdots & a_x & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ & & & \vdots & & & & & & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ a_x & 0 & 0 & \cdots & a_1 & a_2 & \cdots & a_{x-2} & a_{x-1} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ a'_2 & a'_3 & \cdots & a'_x & 0 & 0 & 0 & \cdots & a'_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ a'_1 & a'_2 & a'_3 & \cdots & a'_x & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a'_1 & a'_2 & a'_3 & \cdots & a'_x & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ & & & \vdots & & & & & & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ a'_x & 0 & 0 & \cdots & a'_1 & a'_2 & \cdots & a'_{x-2} & a'_{x-1} & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}^{-1} * \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ \cdots \\ b_y \\ b'_1 \\ b'_2 \\ b'_3 \\ b'_4 \\ \cdots \\ b'_y \end{bmatrix}$$

Fig. 6. Example of Calculate Restore Values

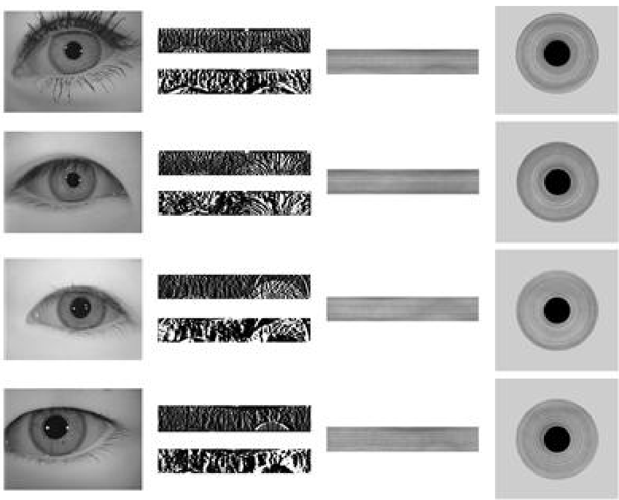
위의 복원 과정은 1D 필터의 계산과정을 수학적으로 표현하여 계산하는 방법이다. 홍채코드를 세로방향으로 한 줄씩 분리하여 계산하고 마지막에 분리한 순서대로 붙여서 하나의 영상으로 만들어진다. 이러한 전체적인 복원 과정을 의사코드로 표현하면 Fig. 7과 같다. 의사코드에서 사용되는 필터값 행렬 A와 코드값 행렬 B는 Fig. 5의 계산과정의 필터값 행렬과 코드결과값 행렬을 나타낸다.

```
Input : Filter value matrix A, Iris code value matrix  B_i
Output : Restored image X

Algorithm :
for(i=0 to H) {  // Repeated by height H of the iris code
X_i = A^-1 * B_i // Estimate the value of the reconstructed image
vconcat(X, X_i, X) // Combine reconstructed images in the vertical direction
}
```

Fig. 7. Restore Process Pseudocode

복원된 영상결과는 Fig. 8의 (c)처럼 정규화된 홍채영상의 형태인 직사각형 모양의 영상이다. 하지만 인식기는 원형의 홍채영상을 요구하기 때문에 직교좌표계 변환을 하여 정규화 전의 형태로 변환하여야 한다. 이 때, 직교좌표계로 변환할 경우 고리모양의 형태로 나오기 때문에 가운데의 빈 공간을 동공의 화소값과 유사하도록 0의 화소값으로 채운다. Fig. 8은 원본영상, 실수부 및 허수부 코드, 복원영상, 직교좌표계 변환된 홍채영상이다.



(a) (b) (c) (d)

Fig. 8. (a)Original image, (b)Real part and imaginary part code, (c)Restored iris image, (d)Coordinate system converted iris image

IV. Experiment

본 논문에서 제안한 복원 방법의 신뢰성을 위해 제작한 인식기의 성능평가를 하고 복원 실험을 진행한다. 복원 실험의 성능 평가는 제작한 인식기를 사용하여 FAR(False acceptance rate) 1%, 0.1%, 0.01%를 기준으로 복원된 영상과 원본영상의 인식률로 한다. 실험은 Intel Core i7-6700 3.40GHz CPU, 8.0GB 메모리가 장착된 PC에서 Visual Studio 2015를 사용하여 구현하였다. 라이브러리는 Opencv 3.20을 사용하였다. 데이터베이스는 CASIA Database에서 120명의 사람의 홍채영상을 사용하였다. 한 명당 4개의 홍채를 사용하여 총 480개의 홍채영상을 사용하여 실험한다. 인식기 성능 평가 방법은 데이터베이스의 홍채영상을 사용해 동일인 비교 및 타인 비교를 실험하여 FAR 1%, 0.1%, 0.01%의 기준으로 해밍거리 임계값을 산출하고 인식 성능을 평가한다. 아래 Fig. 9은 타인의 홍채를 비교하여 산출된 해밍거리의 통계 그래프이다.

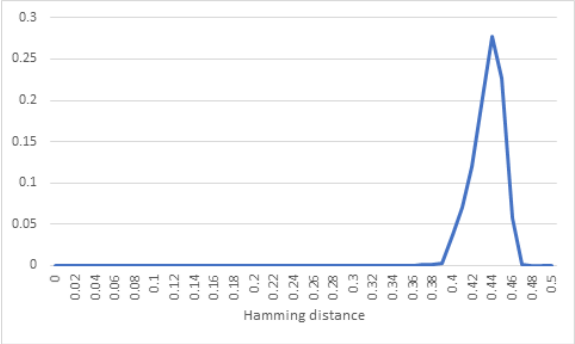


Fig. 9. Hamming distance graph comparing the iris of another person

비교 횟수는 480개의 홍채영상을 사용하여 총 114,240(119*4*120*4/2)번의 비교를 하였다. 아래의 Table 1은 FAR 1%, 0.1%, 0.01%기준의 해밍거리 임계값이다.

Table 1. Hamming distance threshold based on FAR

FAR	1%	0.1%	0.01%
Hamming distance	0.4018	0.3842	0.3751

아래의 Fig. 10은 동일인의 홍채를 비교하여 산출된 해밍거리의 통계 그래프이다.

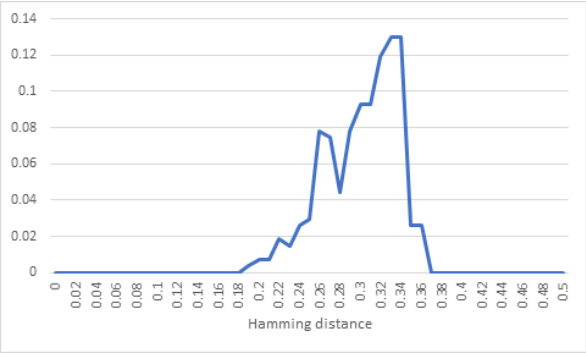


Fig. 10. Hamming distance graph comparing the iris of the same person

총 720(4*3/2 *120)번 비교하여 나온 결과이다. 동일인의 홍채 비교에서 나온 해밍거리의 최대값은 0.3638의 값이다. 이 값은 FAR 0.01%기준 임계값인 0.3751의 값보다 낮은 결과를 보여 동일인의 인식의 경우 인식 성공률 100%의 결과를 보였다.

이 홍채인식기를 사용하여 복원 취약성을 평가하였다. 480개의 영상을 홍채코드로 생성하였고 생성된 홍채코드를 4절에서 제안한 방법으로 복원하였다. 그런 후에 제작한 인식기를 사용하여 원본영상과 복원영상을 1:1비교하여 인식하였다. 아래 Fig. 11은 원본영상과 복원영상을 비교하여 산출된 해밍거리 그래프이다.

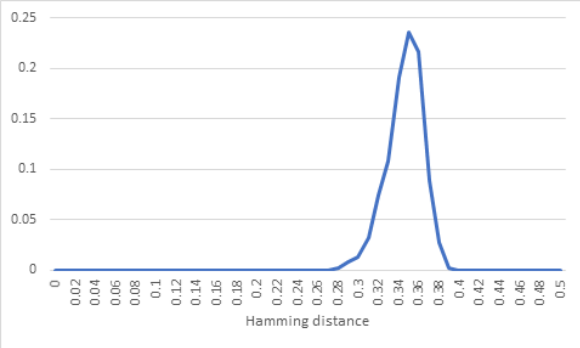


Fig. 11. Hamming distance graph comparing original image and restored image

복원의 성능여부는 FAR기준으로 하였고 아래 Table 2는 결과를 나타낸다.

Table 2. Restoration success rate based on FAR

FAR	1%	0.1%	0.01%
Restoration success rate	100%	98.93%	94.06%

V. Conclusions

도그만의 홍채코드는 홍채정보를 보호하면서 인증이 가능한

방법으로 현재 상업적으로 사용되는 대부분의 인식기에서 사용하는 방법이다. 현재는 이러한 홍채코드 정보만으로 영상을 복원하는 기술이 연구되고 있다. 본 논문에서는 이러한 홍채코드로부터 행렬을 이용한 역계산적 방법으로 영상을 복원하는 방법을 제안하였다. 도그만의 홍채코드의 생성과정과 인식방법을 분석하고, 이를 역방향으로 계산하여 홍채코드만을 가지고 홍채영상을 복원하였다. 복원된 영상은 육안으로는 일반적인 홍채영상과는 다르지만 이 영상을 원본영상과 인식기에서 매치해본 결과 높은 인식률을 보였다. 인식방법은 2절에서 설명한 자체 제작한 인식기를 사용하였고, 복원영상과 원본영상을 인식하여 FAR을 기준으로 복원성능을 평가하였다. 평가 결과 FAR 1%, 0.1%, 0.01%를 기준으로 각각 100%, 98.93%, 94.06%의 높은 인식률을 나타내어 높은 복원 성공률을 입증하였다. 이는 도그만의 홍채코드의 복원 취약점을 보였고, 도그만의 홍채코드를 사용하는 홍채인식기술은 추가적인 보안수단이 필요함을 보였다.

향후 연구 과제는 본 논문에서는 1D 가버필터로 실험을 하였는데 더욱 다양한 필터의 경우에서도 연구 할 것이다.

REFERENCES

[1] J. Wayman, A. Jain, D. Maltoni, D. Maio, “Biometric Systems”, Technology, Design and Performance Evaluation, 2005.

[2] Philip Bontrager, Aditi Roy, Julian Togelius, Nasir Memon, Arun Ross, “DeepMasterPrints: Generating MasterPrints for Dictionary Attacks via Latent Variable Evolution”, Computer Vision and Pattern Recognition, May 2017.

[3] J. Goodfellow, J. Pouget-Abadie, M. Mirza, B. Xu, D. arde-Farley, S. Ozair, A. C. Courville, Y. Bengio, “Generative adversarial nets”, In Proceedings of NIPS, pp. 2672-2680, 2014.

[4] J. Galbally, A. Ross, M. Gomez-Barrero, "Iris image reconstruction from binary templates: An efficient probabilistic approach based on genetic algorithms", Comput. Vis. Image Understanding, vol. 117, no. 10, pp. 1512-1525, Oct. 2013.

[5] Man-Ki Kim, Samuel Lee, Gye-Young Kim, Fake Iris Image Detection based on Watermark", Journal of The Korea Society of Computer and Information, vol. 23, No.4, pp. 33-39, Apr. 2018.

[6] Jaeyeong Jang, Hoeyul Gim, “Trend of iris recognition technology”, The Institute of electronics engineers of korea, pp. 17-23, Nov. 1999.

[7] Chang-Soo Choi, Jeong-Man Seo, Byoung-Min Jun, "Rotation-Invariant Iris Recognition Method Based on Zernike Moments", Journal of The Korea Society of Computer and Information, vol. 17, No. 2, Feb. 2012.

[8] J. Daugman, “High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 15, no. 11, pp. 1148-1161, Nov. 1993.

[9] Prateek Verma, Maheedhar Dubey, Somak Basu, Praveen Verma, “Hough Transform Method for Iris Recognition-A Biometric Approach”, International Journal Of Engineering and Innovative Technology, Volume 1, Issue 6, pp. 43-48, Jun. 2012.

[10] WoongBae Yoon, TaeYun Kim, JiEun Oh, KwangGi Kim, "A Novel Circle Detection Algorithm for Iris Segmentatio", Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 16, No. 12, pp. 1385-1392, Dec. 2013.

[11] J. Daugman, "How Iris Recognition Works", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 14, No. 1, pp. 21-30, Jan. 2004.

Authors

Soung-Jo Youn received the B.S. degrees in Computer software from Soonchunhyang University, Korea, in 2016He is currently a Student in the Computer Vision Laboratory, Soongsil University. He is interested in Computer vision, Image Processing and Pattern Recognition.

B.V.S Anusha received the B.E degree in Electronics Engineering from Mumbai University , India, in 2016. She is currently a student at Vision and Image Processing Lab, IIT Bombay. She is interested in Computer Vision, Deeplearning and Biometric Security.

Gye-Young Kim received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer from Soongsil University, Korea, in 1990, 1992 and 1996, respectively. From March 1996 to February 1997, he served as a Post-Doctoral Fellow at Electronics and Telecommunication Research Institute (ETRI), Daejon, Korea. Dr. Kim joined the faculty of the Department of Software at Soongsil University, Seoul, Korea, in 2001. He is currently a Professor in the Department of Software, Soongsil University. He is research interests are in the field of computer vision, multimedia database, augmented reality and biometric