

# 컴퓨터 형성 홀로그램 및 재생 영상에 따른 지문 인식 특성 분석

정만호<sup>†</sup>

청주대학교 레이저광정보공학과  
Ⓣ 360-764 충북 청주시 상당구 내덕동 36번지

(2009년 2월 25일 받음, 2009년 4월 9일 수정본 받음, 2009년 4월 9일 게재 확정)

지문 인식은 입력된 지문 영상과 컴퓨터 단말기 혹은 호스트 컴퓨터에 보관중인 지문 영상을 상호 비교하여 일치 또는 불일치를 판단함으로써 이루어진다. 지문 인식 과정에 암호화 및 복호화 과정은 필수적이며 이 과정에서 컴퓨터 형성 홀로그램(CGH)을 사용하며 CGH로부터 재생된 지문 영상을 상호 비교하게 된다. 본 논문에서는 광학적 패턴 인식 시스템을 사용하여 지문 영상들의 CGH로부터 재생된 지문 영상들을 비교하는 방법과 이와는 달리 지문 영상들의 CGH를 직접 비교하는 방법을 상호 비교하여 두 가지 방법의 근본적인 지문 인식 능력의 차이점을 분석하였으며, 후자의 경우가 전자의 경우 보다 약 150배 정도 인식률이 높았다. 특히 CGH를 이용한 지문 인식의 경우 CGH의 형성 방식에 따른 특성 변화를 분석하였다.

주제어: Computer generated hologram, Finger-print recognition

## I. 서 론

인터넷의 급속한 보급과 홈 네트워킹 기술이 급속히 발전함에 따라 완벽한 지문 인식을 통한 상거래 및 보안의 기술이 필요하게 되었다.<sup>[1]</sup> 생체 인증의 한 가지로 지문 인식이란 인터넷 혹은 홈 네트워킹에 있어 단말기에 입력된 사용자의 입력 정보와 로컬 컴퓨터 혹은 호스트 컴퓨터에 등록되어 보관중인 사용자의 정보를 상호 비교하여 일치 혹은 불일치를 결정하는 것을 말한다. 최근에 정확한 지문의 인식과 완벽한 보안을 위한 방법들이 많이 연구되어 왔으며,<sup>[2]</sup> 이 중 광학적 방법에 의한 암호화 기술로써 JTC(Joint Transform Correlator) 방식은 대표적이라 할 수 있다.<sup>[3,4]</sup> 이와 더불어 지문 인식에 있어 필수적인 것은 지문 영상이 조금씩 각도와 위치가 올바르게 입력되었을 경우 이들 영상의 중심점을 찾아 정확한 인식을 할 수 있도록 하는 기술이다.<sup>[5]</sup>

지문 인식에 있어 필요한 단계는 지문 영상 획득, 지문 분류, 지문 인증 등으로 이루어지며 지문 인식 시스템은 이들 중 일부 혹은 전부를 다루게 된다. 지문 인식 방법은 크게 두 가지로 분류할 수 있는데, 첫째는 입력된 지문 영상의 특징점을 추출하여 특징점들의 형태, 위치 그리고 그들의 개수를 비교 파악하여 분석하는 것이고, 둘째는 광학적 패턴 인식 시스템을 사용하여 비교하고자 하는 지문 영상들의 광학적 상관 오차 값 및 신호대 잡음비(SNR) 등 지문 영상의 일치 혹은 불일치를 정량적으로 분석할 수 있는 값들을 사용하는 것이다. 이러한 광학적 패턴 인식 시스템은 JTC 방식을 이용한 이중 랜덤 암호화 및 복호화 과정을 포함하여 보안 기능을 추가하게 되는데 광학 시스템이 비교적 간단하며 실시간으로 샘플들을 비교할 수 있다는 장점이 있으나, 입력되는 지문 영상의 회전 혹은 위치 이동에 민감한 영향을 받는

다는 단점이 있다. 이중 랜덤 암호화 방법을 사용한 지문 인식의 향상 혹은 입력된 지문 영상의 회전 및 위치 이동에 따른 인식의 문제점을 해결하기 위한 지문의 중심점을 찾는 알고리즘에 관한 연구는 이미 다른 논문을 통하여 발표한 바 있다.<sup>[4,6]</sup>

본 논문에서 사용할 광학적 지문 인식 시스템에는 CGH를 제작하는 과정이 필요하게 되는데 CGH는 크게 셀 방식과 점 방식으로 구분 된다. 셀 방식으로는 Lohmann 방식과 Lee 방식이 잘 알려져 있으며<sup>[7,8]</sup> CGH를 이진화 하는 과정에서 CGH에 기록된 위상과 진폭 정보를 셀이라는 기본 구조로 인코딩하여 단순화 시킨 것이다. 반면 점 방식의 CGH는 물체의 각 점에 대응하는 DFT 변환 값을 홀로그램으로 기록한 후 각 점에 포함되어 있는 진폭과 위상 값을 수학적 방법으로 이진화 시키거나 반복적인 과정을 추가하여 원래의 물체에 접근하는 상을 재생할 수 있도록 한 것이다.<sup>[9]</sup>

본 논문에서는 점방식의 CGH를 지문 인식에 사용하였으며 특별히 홀로그래픽 회절격자의 대표적인 방식인 싸인파(sinusoidal) 파형을 이용한 싸인파 CGH를 사용하였다. 본 논문에서는 광학적 패턴 인식 시스템을 사용하여 얻어진 지문 영상과 원래의 지문 영상을 비교하는 방법 외에 이와는 달리 지문 영상들의 CGH를 직접 비교하는 방법을 추가하여 소개하였으며 이들 두 가지 방법을 상호 비교하여 근본적인 지문 인식 능력의 차이점을 분석하였다. 특히 CGH를 직접 비교하는 지문 인식의 경우 진폭 및 위상형 그리고 이진 위상형 등 CGH의 코딩 방식에 따른 지문 인식의 특성 변화를 분석하였다.

## II. 지문 인식 시스템의 광학적 구현

지문 인식 광학 시스템의 기본 원리는 입력 면에 위치한 액정 공간 광변조기(SLM)에 물체 정보인 지문 영상을 올린

<sup>†</sup>E-mail: manho@cju.ac.kr

후 푸리에 변환 렌즈에 의해 푸리에 변환된 물체의 정보를 푸리에 면에서 얻도록 하는데 있다. 이 과정은 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 지문 인식 시스템을 구현 할 경우 물체 정보인 입력 지문 영상의 CGH를 계산하여 획득하는 것과 같다고 할 수 있다. 이제 푸리에 변환된 물체의 정보는 또 다른 푸리에 변환 렌즈에 의하여 역 푸리에 변환되어 입력된 지문 영상과 동일한 지문 영상을 상면에 형성하게 된다. 이 과정은 역시 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 지문 인식 시스템을 구현 할 경우 입력 지문 영상의 CGH를 역 푸리에 변환하여 원래의 입력 정보를 얻는 것과 같다고 할 수 있다.

앞서 기술한 과정을 광학적으로 구현 할 수 있는 기본적인 지문 인식 시스템을 그림 1에 표시하였다. 그림 1에 나타낸 바와 같이 렌즈를 사용하여 입력 영상을 푸리에 변환하고 이를 다시 역 푸리에 변환하여 원래의 영상을 재생하는 단계를 포함하는 이유는 근본적으로 지문 인식을 처리하는 과정에서 쉽게 지문 영상을 복제하여 도용하지 못하게 일차적인 보안 장치를 하는 것이라고 할 수 있다. 그림 1에 나타낸 기본적인 시스템을 변형하여 입력 면에 직접 비교하고자 하는 두 개의 지문 영상을 공간 광변조기에 띄우게 되면 푸리에 변환 렌즈에 의하여 푸리에 변환된 두 개의 물체 정보들이 푸리에 면에서 간섭을 일으키게 된다. 이 때 얻어진 값을 JPS(joint power spectrum)이라 하며 이제 또 다른 푸리에 변환 렌즈에 의하여 역 푸리에 변환된 정보가 출력 면에 나타나게 되는데 이때 얻어진 침투 상관 값을 분석하여 입력 면에서 입력된 두 개의 지문 영상의 일치 혹은 불일치 여부를 판가름하게 되는 것이다. 이러한 장치를 JTC(joint transform correlator)라고 한다.<sup>[3,4]</sup>

본 논문에서는 앞서 설명한 지문 인식 시스템을 구현하기 위하여 필요한 CGH를 얻기 위하여 코사인 CGH를 제작하였다. 그림 1의 CGH 평면에 형성되는 코사인 CGH의 투과 복소 진폭은 식 (1)과 같이 표현할 수 있다. 단, 여기서 코사인 CGH는 2차원 평면 상에서 형성되지만 이때 형성되는 회절 격자 패턴은  $\xi$  성분만 갖도록, 즉 격자선이  $\eta$ 축과 평행하게 이루어진다고 가정한다.<sup>[3]</sup>

$$T(\xi, \eta) = \frac{1}{2} [1 + A(\xi, \eta) \cos(2\pi x_0 \xi + \phi(\xi, \eta))] \quad (1)$$

여기서,  $A(\xi, \eta)$ 는 CGH의 진폭이며,  $\phi(\xi, \eta)$ 는 CGH의 위상을 나타낸다.

식 (1)에서 CGH를 구성하는 성분을 분석해 보면 식 (2)와 같다.

$$T(\xi, \eta) = \frac{1}{2} + \frac{A(\xi, \eta) \exp(i\phi(\xi, \eta))}{4} \exp(i2\pi x_0 \xi) + \frac{A(\xi, \eta) \exp(-i\phi(\xi, \eta))}{4} \exp(-i2\pi x_0 \xi) \quad (2)$$

여기서 CGH 함수  $U(\xi, \eta)$ 는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$U(\xi, \eta) = A(\xi, \eta) \exp(i\phi(\xi, \eta)) \quad (3)$$

이제 상면에 나타나는 재생상  $u_R(x, y)$ 는 식(4)와 같이 표현된다.

$$u_R(x, y) = \frac{\delta(x, y)}{2} + \frac{1}{4} u(x + x_0, y) + u^*(-x + x_0, y) \quad (4)$$

식 (4)에서 둘째 항은 물체의 실상을 나타내며, 셋째 항은 물체의 실상의 공액파인 허상을 나타낸다. 여기서  $x_0$ 는 비축에 재생되는 재생상의 위치를 나타낸다.

### III. 지문 영상과 코사인 CGH를 통한 지문 인식 분석 결과

그림 1에 표시한 지문 인식 광학시스템을 컴퓨터 시뮬레이션으로 구현하기 위해서는 코사인 CGH를 제작하여야 하는데 이를 위하여 입력된 지문 영상에 해당하는 물체의 복소 진폭 함수  $u(x, y)$ 를 푸리에 변환하여야 한다. 이때 푸리에 변환하여 얻어진  $U(\xi, \eta)$ 역시 복소함수로서 진폭  $A(\xi, \eta)$ 와 위상  $\phi(\xi, \eta)$ 를 갖는다. 본 연구에서는 진폭과 위상을 갖는 푸리에 변환 CGH를 구하고, 이를 바탕으로 이진 위상형 CGH를 인코딩하였는데, 이진 위상형 CGH는 위상 값에 따라 0과 1로 인코딩하였다.

본 논문에서는 지문 영상의 CGH를 상호 비교하는 방법과 이들 CGH로부터 재생된 지문 영상을 입력 지문 영상과 상호 비교하는 방법 간의 지문 인식 능력의 차이점을 비교 분석하는 것이 주요 목적이라고 할 수 있다. 따라서 코사인 CGH를 변조 방식에 따라 진폭과 위상 정보를 갖도록 변조된 진폭 및 위상형 코사인 CGH와 이를 바탕으로 이진 위상 변조형으로 인코딩한 이진 위상형 CGH를 각각 구현한 것이며, 이들 변조 방식에 따른 지문 인식 특성을 또한 자세하게 비교하여 제시하였다. 본 논문에서는 CGH 제작에 사용된 지문 영상 물체를 256×256 이진 영상으로 처리하여 사용하였다.

본 연구에 사용된 여러 가지 형태의 256×256 이진 지문 영상들을 그림 2와 그림 3에 각각 나타내었다. 지문 영상을 두 개의 그룹으로 나누었는데 A 그룹은 A-1을 기본 지문 영상으로 하여 지문을 부분적으로 조금씩 손상시킨 것으로 이를 각각 A-2, A-3, A-4로 표기하여 그림 2에 나타내었으며, B

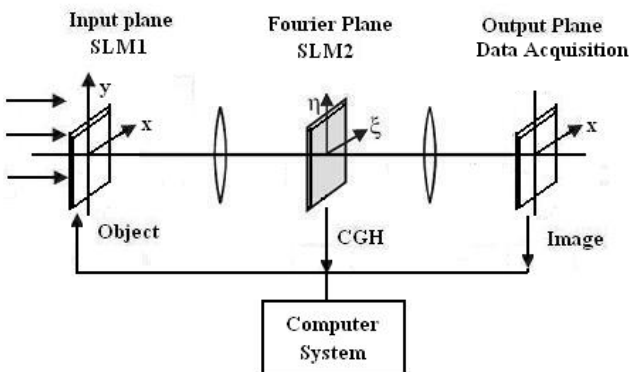


그림 1. 광학적으로 구현한 지문 인식 시스템.

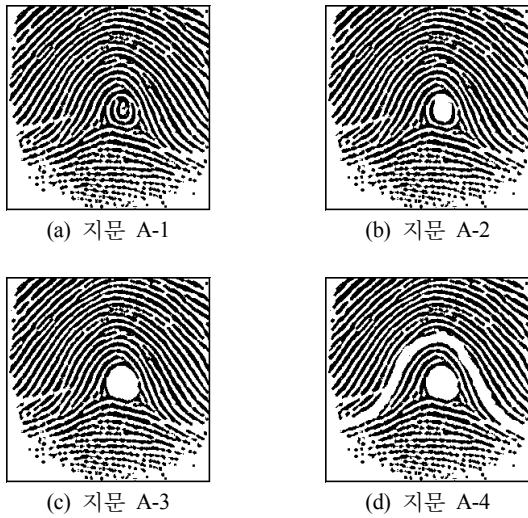


그림 2. 256×256 이진 지문 영상(그룹 A: 지문 A-1을 약간씩 손상시킨 지문).

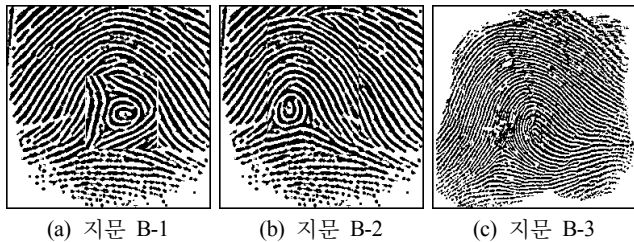


그림 3. 256×256 이진 지문 영상(그룹 B: 지문 A-1과 다른 지문).

그림은 기본 지문 영상인 A-1을 변형시켜 지문의 모습이 다른 지문이 되도록 한 B-1, B-2 그리고 전혀 다른 지문인 B-3로 표기하여 그림 3에 나타내었다. 결국 A 그룹은 같은 지문인데 지문이 조금씩 손상되었을 경우 어느 정도의 지문 인식 결과를 얻는가를 구하기 위함이며, B 그룹은 다른 지문에 대한 지문 인식 결과를 얻어내기 위함이다. 그림 4에 기본 지문 영상인 지문 A-1의 진폭 및 위상형 코사인 CGH 및 이진 위상형 코사인 CGH를 나타내었으며, 그림 5에 기본 지문 영상인 지문 A-1의 이진 위상형 코사인 CGH로부터 컴퓨터를 통해 재생된 지문 영상과 실험을 통해 재생된 지문 영상을 각각 나타내었다. 또한 그림 6에 B 그룹의 지문 B-3의 진폭 및 위상형 코사인 CGH 및 이진 위상형 CGH를 나타내었으며, 그림 7에 B 그룹의 지문 B-3의 이진 위상형 코사인 CGH로부터 컴퓨터를 통해 재생된 지문 영상과 실험을 통해 재생된 지문 영상을 각각 나타내었다. 단, 본 논문에서 제시한 그림 4에서 그림 7까지에 실제 표시된 영상은 진폭 및 위상형의 진폭 부분만 표시되었다고 할 수 있다.

지문 인식 능력을 정량적으로 비교하기 위한 척도로 다음과 같이 정의된 MSE(Mean Squared Error)와 SNR(Signal to Noise Ratio)을<sup>[10]</sup> 사용하였다.

$$MSE = \frac{1}{NM} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} [u_r(x,y) - u_s(x,y)]^2 \quad (5)$$

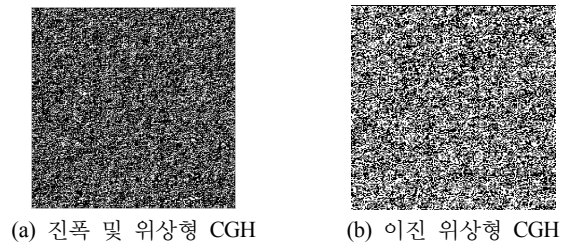


그림 4. 기본 지문 영상인 지문 A-1의 코사인 CGH.

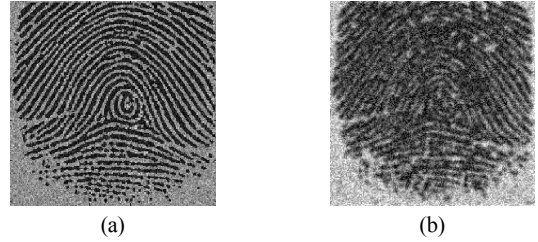


그림 5. 기본 지문 영상인 지문 A-1의 코사인 CGH로부터 재생된 지문 영상.

- (a) 이진 위상형 CGH로부터 컴퓨터로 재생된 지문 영상
- (b) 이진 위상형 CGH로부터 실험을 통해 재생된 지문 영상

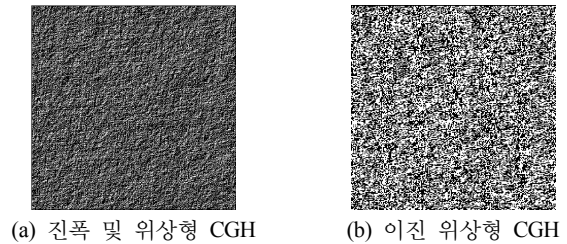


그림 6. B 그룹의 지문 B-3의 코사인 CGH.

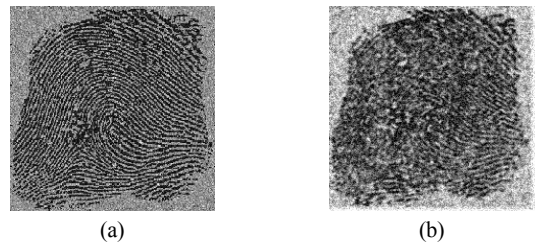


그림 7. B 그룹의 지문 B-3의 코사인 CGH로부터 재생된 지문 영상.

- (a) 이진 위상형 CGH로부터 컴퓨터로 재생된 지문 영상
- (b) 이진 위상형 CGH로부터 실험을 통해 재생된 지문 영상

$$SNR = \frac{\sum_{x,y} [u_r(x,y)]^2}{\sum_{x,y} [u_r(x,y) - u_s(x,y)]^2} \quad (6)$$

여기서,  $N \times M$ 은 영상의 픽셀 수를 말하며,  $u_r(x,y)$ 는 기준이 되는 기본 지문 영상의 CGH로부터 재생된 재생 영상을 그리고  $u_s(x,y)$ 는 기본 지문 영상과 비교할 샘플 지문 영상의 CGH로부터 재생된 재생 영상을 각각 나타낸다. 여기서 말하는 기본 지문 영상은 그림 2에 표시한 A-1 지문을

뜻하며, 샘플 지문 영상들은 A-2로부터 B-3까지의 지문들을 뜻한다. 본 논문에서는 0차와 허상은 차단하였으며 지문 영상을 획득 후 영상처리 하였다.

CGH로부터 재생된 지문 영상을 상호 비교하여 지문 인식 능력을 평가하는 방법과 재생된 영상 대신에 CGH를 직접 상호 비교하여 지문 인식 능력을 평가하는 방법을 소개하여 이들 두 가지 방법의 근본적인 지문 인식 능력의 차이점을 분석하는 것이 본 논문의 주요 목적이므로 CGH를 직접 비교하여 지문 인식 능력을 평가하기 위하여 식 (5)와 식 (6)을 변형하여 식 (7)과 식 (8)처럼 MSE1 및 SNR1를 표시할 수 있다.<sup>[10]</sup>

$$MSE1 = \frac{1}{NM} \sum_{\xi=0}^{N-1} \sum_{\eta=0}^{M-1} [|U_r(\xi, \eta) - U_s(\xi, \eta)|^2] \quad (7)$$

$$SNR1 = \frac{\sum_{\xi, \eta} [U_r(\xi, \eta)]^2}{\sum_{\xi, \eta} [U_r(\xi, \eta) - U_s(\xi, \eta)]^2} \quad (8)$$

여기서,  $U_r(\xi, \eta)$ 는 기준이 되는 기본 지문 영상의 CGH를 그리고  $U_s(\xi, \eta)$ 는 기본 지문 영상과 비교할 샘플 지문 영상들의 CGH를 각각 나타낸다. 표 1 및 표 2에 측정된 MSE 및 SNR, 그리고 MSE1 및 SNR1의 값을 나타내었다. 표 1은 진폭 및 위상형 코사인 CGH를 사용한 경우이며, 표 2는 이진 위상형 코사인 CGH를 사용한 경우이다. 진폭 및 위상형 코사인 변조를 한 CGH를 사용한 결과를 나타낸 표 1을 살펴

표 1. 진폭 및 위상형 코사인 CGH를 사용한 경우 측정된 MSE 및 SNR, 그리고 MSE1 및 SNR1의 값

sample	MSE	SNR	MSE1	SNR1
지문 A-1	268.5691	1.0292	2.5010	205.0497
지문 A-2	268.5695	1.0292	4.2500	120.8363
지문 A-3	268.5700	1.0292	8.7637	58.5881
지문 A-4	268.5723	1.0292	31.8889	16.1015
지문 B-1	269.3064	1.0264	78.3878	6.5516
지문 B-2	269.8995	1.0241	153.5508	3.3439
지문 B-3	271.4489	1.0183	404.6944	1.2688

표 2. 이진 위상형 코사인 CGH를 사용한 경우 측정된 MSE 및 SNR, 그리고 MSE1 및 SNR1의 값

sample	MSE	SNR	MSE1	SNR1
지문 A-1	795.9248	1.0513	10.1020	396.2542
지문 A-2	895.7519	1.0484	20.8570	172.9845
지문 A-3	880.2772	1.0489	30.2303	118.8891
지문 A-4	893.6497	1.0491	56.4012	63.7607
지문 B-1	871.0814	1.0450	91.4591	39.5161
지문 B-2	920.6912	1.0409	129.0623	28.1130
지문 B-3	953.5740	1.0368	207.6729	17.3914

보면 지문 영상의 CGH를 직접 비교한 값인 MSE1 및 SNR1의 수치가 CGH로부터 재생된 지문 영상들을 비교한 값인 MSE 및 SNR의 수치보다 지문 인식 능력을 평가하는데 효과적인 것을 알 수 있다. 왜냐하면 기본 지문 영상인 A-1의 CGH, 그리고 이와는 완전히 다른 지문 영상인 B-3의 CGH로부터 얻은 MSE1 수치가 각각 2.5010과 404.6944로 매우 큰 차이를 보이고 또한 SNR1의 수치 역시 205.0497과 1.2688로 매우 큰 차이를 보이고 있는 반면 MSE와 SNR의 수치는 각각 268.5691과 271.4489 그리고 1.0292와 1.0183으로 수치상 큰 차이를 보이고 있지 않기 때문이다. 다시 말하면 MSE 및 SNR 수치로 볼 때 CGH로부터 재생된 지문 영상을 통해 지문 인식을 하려는 방식으로는 원래의 지문 영상과 서로 다른 지문 영상을 명확하게 구분하지 못한다는 의미이다. 이와는 반대로 지문 영상의 CGH를 직접 비교하는 방식으로부터 얻은 MSE1 및 SNR1 수치를 통해 알 수 있는 것은 원래의 지문 영상과 서로 다른 지문 영상을 명확하게 구분 할 수 있다는 것이다. 또한 표 1에 나타난 MSE1 및 SNR1 수치를 통해 알 수 있는 다른 사실은 지문을 조금씩 손상시킨 A 그룹의 경우 기본 지문 영상인 A-1을 손상시킨 정도가 A-2와 A-3 지문과 같을 때는 같은 사람의 지문으로 인식한다는 것이고 손상의 정도가 커지면 지문 인식 능력을 신뢰하기 어렵다고 할 수 있다. 또한 B 그룹에서 완전히 다른 사람의 지문인 B-3의 경우는 물론 기본 지문 영상인 A-1을 변형시켜 다른 지문을 만든 B-1과 B-2의 지문의 경우도 인식 불일치의 결과를 명확하게 보이고 있다고 말할 수 있다.

이진 위상형 코사인 변조를 한 CGH를 사용한 지문 인식 결과를 나타낸 표 2를 살펴보면 앞서 분석한 진폭 및 위상형 코사인 CGH를 사용한 경우의 수치 값을 나타낸 표 1의 경우와 마찬가지로 지문 영상의 CGH를 직접 비교한 값인 MSE1 및 SNR1의 수치가 CGH로부터 재생된 지문 영상들을 비교한 값인 MSE 및 SNR의 수치보다 지문 인식 능력을 평가하는데 효과적인 것을 알 수 있다. 왜냐하면 기본 지문 영상인 A-1의 CGH, 그리고 이와는 완전히 다른 지문 영상인 B-3의 CGH로부터 얻은 MSE1 수치가 각각 10.1020과 207.6729로 매우 큰 차이를 보이고 또한 SNR1의 수치 역시 396.2542와 17.3914로 매우 큰 차이를 보이고 있는 반면 MSE와 SNR의 수치는 각각 795.9248과 953.5740 그리고 1.0513과 1.0368로 수치상 큰 차이를 보이고 있지 않기 때문이다. 또한 표 2에 나타난 MSE1 및 SNR1 수치를 통해 알 수 있는 다른 사실은 지문을 조금씩 손상시킨 A 그룹의 경우 기본 지문 영상인 A-1을 손상시킨 정도가 A-2와 A-3 지문과 같을 때는 같은 사람의 지문으로 인식한다는 것이고 손상의 정도가 커지면 지문 인식 능력을 신뢰하기 어렵다고 할 수 있다. 또한 B 그룹에서 완전히 다른 사람의 지문인 B-3의 경우는 물론 기본 지문 영상인 A-1을 변형시켜 다른 지문을 만든 B-1과 B-2의 지문의 경우도 인식 불일치의 결과를 명확하게 보이고 있다고 말할 수 있다. 또한 표 1과 표 2의 MSE1 및 SNR1의 수치를 비교해 볼 때 이진 위상형 코사인 CGH를 사용한 경우 보다 진폭 및 위상형 코사인 CGH를 사용한 경우가 같은 지문과 서로 다른 지문의 일치 혹은 불일

치를 판정하는 정확도가 높다고 할 수 있다. 또한 지문을 다소 손상시킨 경우에도 같은 지문으로 인식하는 정도가 높다고 말할 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 광학적 패턴 인식 시스템을 사용하여 지문 영상들의 CGH로부터 재생된 지문 영상들을 비교하는 방법과 이와는 달리 지문 영상들의 CGH를 직접 비교하는 방법을 상호 비교하여 두 가지 방법의 근본적인 지문 인식 능력의 차이점을 분석하였다. 특히 이때 사용된 CGH의 변조 방식을 두 가지 즉, 진폭 및 위상형 CGH 및 이진 위상형 CGH로 구분하여 변조 방식에 따른 지문 인식 능력 특성 변화를 분석하였다. 측정된 MSE 및 SNR 수치를 비교한 결과 지문 영상의 CGH를 직접 비교한 값인 MSE1 및 SNR1의 수치가 CGH로부터 재생된 지문 영상들을 비교한 값인 MSE 및 SNR의 수치보다 지문 인식 능력을 평가하는데 효과적이어서 지문의 일치 및 불일치를 판정하는데 명확하게 사용할 수 있음을 알 수 있다. 또한 CGH의 변조 방식에 따른 분석 결과를 통해 알 수 있는 것은 진폭 및 위상형 CGH를 사용하는 경우와 이진 위상형 CGH를 사용한 경우 모두 지문 영상의 CGH를 직접 비교하는 방식으로 지문의 일치 혹은 불일치를 정확하게 판정할 수 있다고 말할 수 있으며, 다만 진폭 및 위상형 CGH를 사용한 경우가 이진 위상형 CGH를 사용한 경우보다 지문의 일치 혹은 불일치를 판정하는데 정확도가 높다고 할 수 있다. 향후 연구 과제로는 입력된 지문 영상의 크기의 변화 혹은 수직 수평으로의 이동 등 실제적인 문제를 해결하여 지문 인식의 정확도를 향상시키는 일이라 할 수 있다.

#### 참고문헌

- [1] H. C. Lee and R. E. Gaensslen, *Advances in Finger-print Technology* (Elsevier, New York, 1991).
- [2] A. Jain, L. Hong, and R. Bolle, "On-line fingerprint verification," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intell.*, vol. 19, no. 4, pp. 302-314, 1997.
- [3] J. W. Goodman, *Introduction to Fourier Optics* (McGraw-Hill, New York, 2nd Edition, 1996), Chap. 4, pp. 79-87.
- [4] 김상백, 주성현, 정만호, "광학적 상관관계를 기반으로 하는 지문인식 방법에 관한 연구," *한국광학회지*, 제 13권 6호, pp. 493-500, 2002.
- [5] A. M. Bazen and S. H. Gerez, "Directional field computation for fingerprints based on the principal component analysis of local gradients," in *Proceedings of ISC2000, 11th Annual Workshop on Circuits, Systems and Signal Processing*, Veldhoven, The Netherlands, November 2000.
- [6] 주성현, 정만호, "Binary CGH를 사용한 JTC 광암호화 시스템 연구," *한국광학회지*, 제 14권 5호, pp. 491-497, 2003.
- [7] A. W. Lohmann and D. P. Paris, "Binary fraunhofer holograms generated by computer," *Appl. Opt.*, vol. 6, no. 10, pp. 1739-1748, 1967.
- [8] W. H. Lee, "Sampled fourier transform holograms generated by computer," *Appl. Opt.*, vol. 9, no. 3, pp. 639-643, 1970.
- [9] F. Wyroski and O. Bryngdahl, "Iterative fourier transform algorithm applied to computer holography," *J. Opt. Soc. Am.*, vol. 5, no. 7, pp. 1058-1065, 1988.
- [10] B. V. K. Vijava Kumar and L. Hassebrook, "Performance measure for correlation filters," *Appl. Opt.*, vol. 29, no. 20, pp. 2997-3006, 1990.

### Analysis of Characteristics of Finger-Print Recognition According to Computer Generated Hologram and Its Reconstructed Image

Man Ho Jeong<sup>†</sup>

*Department of laser and Optical Information Engineering, Cheongju University, Cheongju 360-764, Korea*

<sup>†</sup>*E-mail: manho@cju.ac.kr*

(Received February 25, 2009; Revised manuscript April 9, 2009; Accepted April 9, 2009)

Finger-print recognition is achieved by comparing an input finger-print image with the stored images in the computer, and finally by determining agreement or disagreement. Encryption and decryption are necessary in the finger-print recognition process. In these process CGH (Computer Generated Hologram) is used, and finger-print images reconstructed from the CGHs are compared. In this paper, two methods of recognition are used, one is to compare the finger-print images of each other reconstructed from their CGHs and the other is to compare the CGHs to each other directly, to analyze the differences of finger-print recognition capability between these two methods. Experimental results show that the capability of finger-print recognition for comparing the CGHs of the two is about 150 times higher than in case of comparing the reconstructed finger-print images. Especially the changes of characteristics according to modulation types of CGH are analyzed.