

위폐 판별을 위한 홀로그램 광학 검사 시스템 개발

서혜영*, 권혁중**, 이구열***, 박태형**
 * 충북대학교 바이오정보기술학과 및 CBITRC **충북대학교 제어계측공학과 ***(주)엠비전

Development of an optical hologram inspection system for counterfeit money discrimination

Hye-Yeong Seo*, Hyuk-Joong Kwon**, Gu-Youl Lee***, Tae-Hyoung Park**
 * Dept. of Bio and Information Technology, CBITRC, Chungbuk National University
 ** Dept. of Control and Instrumentation Eng. Chungbuk National University
 *** M-vision Co., Ltd.

Abstract - 위폐 판별을 위한 홀로그램 광학 검사 시스템을 제안한다. 이 시스템은 홀로그램의 표준패턴을 생성을 CGH(Computer Generated Hologram)방법에 근거한 주파수 변환을 적용하고, 조명각도에 따라 홀로그램 이미지를 정확하게 획득하여 특성에 적합한 홀로그램 표준패턴을 생성하게 된다. 생성한 표준패턴과 실제 영상과의 패턴매칭을 위해 패턴매칭 알고리즘을 적용하여 위폐를 판별하는 검사시스템이다.

1. 서 론

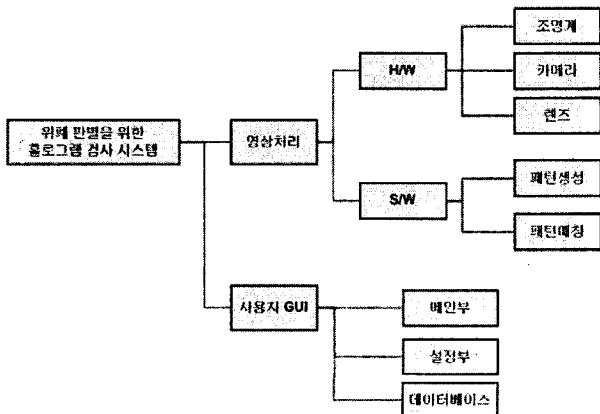
최근 현금자동지급기, 자판기 및 상품권 사용의 확대로 인해 빠르게도 정확한 지폐 및 상품권의 진위 검사의 필요성이 급격히 대두 되고 있다. 이에 위폐판별을 위한 홀로그램 광학 검사 시스템을 개발하고자 한다. 기존의 홀로그램연구는 대부분 광학계를 이용한 광학적 홀로그램을 이용하였다[1]. 직접 광학계를 이용해서 좀 더 빠른 홀로그램을 생성할 수 있으나, 홀로그램을 생성하기 위한 부수적인 광학장비가 필요하며 많은 비용이 든다는 단점이 있다. 이에 본 논문은 디지털 기기로의 응용이 가능한 컴퓨터 형성 홀로그램인 CGH방법에 근거한 주파수변환을 이용하여 홀로그램 패턴생성을 하고[3], 매칭 알고리즘을 적용한 효과적인 검사시스템을 제안한다.

2장에서는 위폐 판별을 위한 홀로그램 광학 검사 시스템의 구조를 제시한다. 3장에서는 위폐 판별을 위한 홀로그램 광학검사 시스템의 영상처리알고리즘을, 4장에서는 사용자인터페이스 부분을 설명한다.

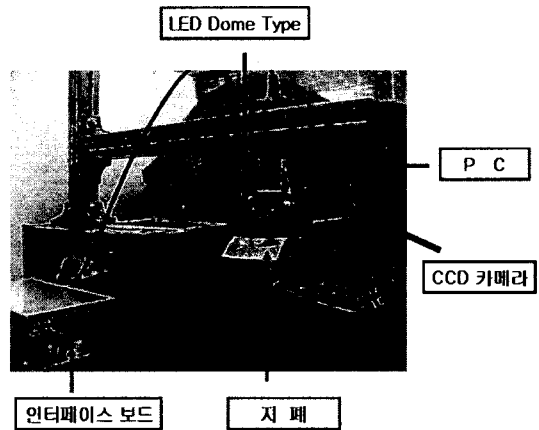
2. 시스템 구성

위폐 판별을 위한 홀로그램 광학 검사시스템은 크게 영상처리와 사용자 GUI(Graphic User Interface)로 구분된다. 표준패턴을 생성하기 위한 하드웨어(카메라, 조명계)와 CGH를 적용한 표준패턴 생성, 패턴매칭 알고리즘부분과 위폐 판별을 위한 검사 시스템으로 구성된다. 사용자는 홀로그램을 이용한 위폐판별시스템을 이용하여 지폐의 위조·변조를 검사할 수 있게 된다.

시스템 구성을 보면, 표준패턴을 생성할 수 있는 카메라, 조명계 등의 하드웨어와 영상처리부의 표준패턴생성, 패턴매칭알고리즘과 사용자인터페이스 부분으로 나뉜다. 검사시작 전에는 하드웨어(카메라, 조명계)의 설정값(포트, 보오레이트, 조명계의 채널 등)을 검사시스템에 맞게 적용하도록 시스템을 구성한다. 사용자 인터페이스 부분은 메인부, 설정부, 데이터베이스로 나뉜다.



<그림 1> 위폐 판별을 위한 홀로그램 광학검사 시스템 구성도



<그림 2> 위폐 판별을 위한 홀로그램 광학 검사시스템

제안한 위폐 판별을 위한 홀로그램 검사시스템은 홀로그램의 표준패턴을 생성하기 위해서 위의 <그림2>와 같이 CCD카메라는 AVT Marlin F-080C를 사용하였고, 조명계는 LED Dome Type 조명계를 사용하였다. 실험 장치로 사용된 물타입형으로 조명계는 홀로그램특성상 보는 각도에 빛이 반사됨에 따라 패턴이 다르게 나타나는 홀로그램특성을 고려하여 제작하였다. 그리고 입력영상을 획득하기 위한 인터페이스 보드는 IEEE 1394를 사용하였으며, MS-Windows XP상에서 구현하였고, 홀로그램 영상은 대한민국 지폐를 사용하였다.

3. 영상처리 알고리즘

3.1 표준패턴생성 방법

위폐 판별을 위한 홀로그램 광학 검사시스템에서 지폐의 위조·변조를 검사할 때 표준패턴생성 알고리즘인 CGH(Computer Generated hologram)를 기반의 주파수변환을 이용하여 검사, 판별한다[2][3][4]. 특징은 입력영상과 비교할 표준영상을 획득하기 위해서 태극, 패, 지도 3개의 표준영상을 DFT(Discrete Fourier Transform)한다. MxN 표준영상의 Discrete Fourier Transform(DFT)은 다음식과 같다.

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} e^{-j2\pi(ux/M+vy/N)} \quad (1)$$

여기서, $f(x, y)$ ($x=0, 1, 2, \dots, M-1, y=0, 1, 2, \dots, N-1$)는 공간 영역의 영상을 의미하며, $f(u, v)$ ($u=0, 1, 2, \dots, M-1, v=0, 1, 2, \dots, N-1$)는 주파수 영역의 영상을 의미한다.

이 때 획득한 3개의 표준영상의 조명의 각도를 알고 있기 때문에 초기각도와 입력각도를 알 수 있다. 각각의 위상을 구한 후 이것을 곱하여 표준영상합성을 하고 이것을 주파수영역의 영상을 공간영역의 영상으로 변환하는 IDFT(Inverse Discrete Fourier Transform)하면 표준패턴이 생성되게 된다. 위에서 설명한 주파수 영역으로 변환된 메모리에 저장된 조명의 각도와 곱해지며, 다음식과 같다.

여기서, $\phi(u_0, v_0)$ ($0 < \phi < 2\pi$)와 $\theta(u, v)$ ($0 < \theta < 2\pi$)는 각각 초기각도와 입력각도를 의미한다.

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} e^{-j2\pi(ux/M+vy/N)} \times e^{(j2\pi)\phi(u_0, v_0)\theta(u, v)} \quad (2)$$

3.2 표준패턴매칭 방법

위폐 판별을 위한 홀로그램 표준패턴을 생성하고, 생성한 표준패턴영상과 입력영상과의 매칭정도를 평가하기 위해서 상관분석법과, PSNR을 비교한다. 여기서 $M \times N$ 입력패턴영상과 생성된 표준 패턴영상의 밝기 차이에 따른 전처리과정으로 정규화를 시켜주어야 한다.

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

여기서, $r(-1 \leq r \leq 1)$ 은 상관계수를 의미하며, x_i, y_i 와 \bar{x}, \bar{y} 는 각각 입력 영상 패턴 영상과 생성된 표준 패턴영상을 의미한다.

정규화된 두 영상은 다음 식과 같이 상관분석을 이용하여 유사도를 판별한다. 상관분석에 의해 유사도를 판별할 두 패턴영상은 객관적인 평가를 위해 다음식과 같이 PSNR을 이용하였다.

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (X_{ij} - X_{ij}^G)^2 \quad (4)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{MAX^2}{MSE} \quad (5)$$

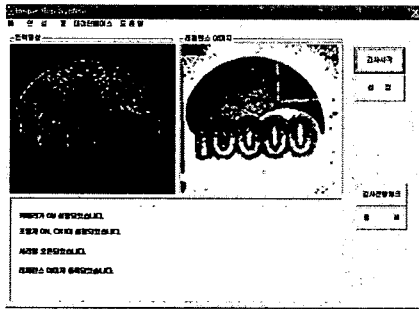
여기서, X_{ij} 는 입력 패턴영상이며, X_{ij}^G 는 생성된 표준 패턴영상을 의미하고 MSE (Mean Squared error)는 두 영상 차이의 평균이며, MAX 는 영상의 픽셀 값을 의미한다.

4. 사용자 인터페이스

위폐 판별을 위한 홀로그램 광학 검사시스템은 CGH를 이용하여 표준패턴을 생성, 매칭도에 의해 표준패턴영상을 획득하였다. 이것을 가지고 입력영상에 대해 검사시스템을 적용한다.

4.1 시스템의 메인부 구조

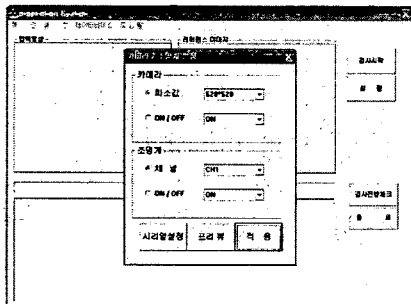
위폐 판별을 위한 홀로그램 광학 검사시스템의 메인부는 아래의<그림3>와 같이 검사시스템을 실행되는 메인 뷰화면과 검사데이터를 출력해주는 창으로 구성된다. 검사시스템의 동작과 간단한 예러확인, 그리고 현재 진행되고 있는 검사의 진행사항을 알 수 있다.



<그림 3> 위폐 판별을 위한 홀로그램 검사시스템의 메인부

4.2 시스템의 설정부 구조

위폐 판별을 위한 홀로그램 광학 검사시스템의 설정부는 검사시스템을 시작하기 전에 수행되어야 할 하드웨어의 카메라와 조명계의 설정과 하드웨어와의 시리얼 통신설정 등으로 구성되어 있다.



<그림 4> 위폐 판별을 위한 홀로그램 검사시스템의 설정부

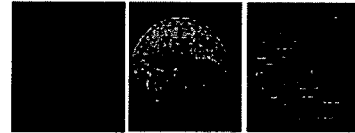
4.3 시스템의 데이터베이스

위폐 판별을 위한 홀로그램 광학 검사시스템의 데이터베이스부는 검사시스템을 시작하고 나서 수행되는 부분으로 모든 검사데이터의 총수량, 양/불량율도 확인할 수 있고, 예러가 발생했을 경우에도 사용자가 이를 확인할 수 있도록 한다.

5. 실험 결과

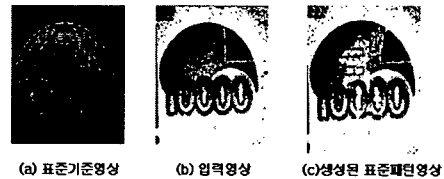
5.1 실험 결과

위폐 판별을 위한 홀로그램의 광학 검사를 위해 하드웨어(카메라, 조명계)의 설정을 한 후 생성한 표준패턴을 기준영상으로 하여 이진화한 입력영상과의 패턴매칭정도를 알아보기 위해 검사를 수행하였다. 태극, 패, 지도의 3개의 표준 기준영상은 아래의 <그림5>와 같다.



<그림 5> 홀로그램 표준 기준영상

표준패턴생성 검사알고리즘인 CGH(Computer Generated hologram)방법에 의해 주파수변환을 적용하여 생성된 표준패턴생성되는 과정에서 생성된 결과는 아래의 <그림6>과 같다.



<그림 6> 홀로그램 표준 패턴생성 결과

5.2 패턴매칭을

위폐 판별을 위한 홀로그램 표준패턴을 생성하고, 생성한 표준패턴영상과 입력영상과의 매칭정도를 평가하기 위해서 상관분석법과, PSNR을 비교한다. 매칭율을 보면 상관계수가 0.6이상일 때 일치한다고 볼 수 있는데 아래의 <표1>를 보면 3개의 영상이 일치함을 알 수 있다.

<표 1> 상관분석에 의한 상관계수와 PSNR결과

	45°	135°	270°
상관계수	0.71	0.67	0.86
PSNR(dB)	40.46	39.79	30.99

5. 결론

본 논문은 위폐 판별을 위한 홀로그램 검사 시스템을 제안하였다. 지폐의 홀로그램을 이용하여 위조·변조를 검사 판단하는 시스템으로써 이진화된 입력영상과 CGH(Computer Generated hologram)방법에 근거한 패턴생성을 통해 얻은 표준패턴과의 매칭정도를 알아보았다.

이 시스템은 기존의 광학적 홀로그램연구를 이용한 검사시스템과 달리 검사시간이 비교적 짧아졌으며 검사환경에 제약을 비교적 적게 받는 시스템을 구성하였다. 현재는 이진화한 영상에 대해서 검사를 수행하였는데 앞으로 보완해야 할 점은 기존과는 다르게 영상을 실시간으로 받아와 실제 검사하는 것과 같은 상황에서 테스트를 해야 할 것이다. 여러 가지의 환경에서(지폐의 구겨짐, 빛바림)등의 검사를 수행해보고 이를 비교해서 좀 더 정확한 검사데이터를 구성해야 할 것이다. 앞으로 실제 상용화 과정에서와 같은 환경을 만들어 사용자가 보다 편리하게 이용할 수 있도록 검사시스템을 보완한다면 좀 더 좋은 검사시스템이 될 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Hyuk-Joong Kwon, Tae-Hyung Park., "An automatic inspection system for hologram with multiple patterns," SICE 2007, Proceedings of the SICE Annual Conference, pp. 2663-2666, 2007.
- [2] K. Raj, R.J.Pieper and T-C. Poon "Image reconstruction capabilities of binary phase-only filter," Twenty-Second Southeastern System Theory, pp.328-332, 1990.
- [3] D. Abookasis, J. Roson, "Computer aided design using CGH of a the ree-dimensional objects," Proc. of the ICECS 2004, pp.48-55, 1998.
- [4] M. A. Golub, V. S. Pavelyev, "Phase coding in iterative synthesis of computer-generated holograms," Optics & Laser Technology, vol.27, no. 4, pp.223-228, 1995.