

## 이진 위상 홀로그램의 간섭을 이용한 광 암호화 및 복원 시스템

Optical Image Encryption and Decryption System  
Using Interferometric Binary Phase Holograms

김중윤 신창복 서동환 박세준 김정우\* 김수중  
 경북대학교 전자공학과, \*동양대학교 전자공학부  
 yuni@palgong.knu.ac.kr

컴퓨터와 통신의 발달로 개인의 정보와 신용이 중요시됨에 따라 여권, 신용카드 등과 같은 각종 신분증을 많이 이용함에 따라 프린터, 스캐너, 또는 복사기 등을 이용한 이들의 복제가 늘고 있다. 이를 억제하기 위해 디지털 및 광학적 위조 방지 시스템에 대한 연구가 활발하다. 현재 엠보싱(embossed) 홀로그램이 부착된 각종 신용카드와 여권이 사용되고 있으나 이는 광세기 검출기를 이용하면 마스터 홀로그램 합성 및 대량복제가 가능하다. 따라서 암호키 패턴을 사용하여 영상을 복소 영상 또는 순수 위상 영상으로 암호화하여 세기 검출기로는 복제가 불가능한 방법이 주로 연구된다.<sup>(1,2)</sup>

본 논문에서는 이진 위상 홀로그램과 간섭원리를 이용하여 기존의 광 암호화 방법보다 암호영상 마스크를 제작하기는 쉽고 암호 해독은 어려운 영상 암호화와 복원 방법을 제안하였다. 영상 암호화를 위해서는 먼저 SA(simulated annealing) 알고리즘을 이용하여 원영상의 이진 위상 홀로그램을 구한다. 그리고, 원영상을 복원하기 위한 시스템에서 암호키 역할을 하는 기준영상을 얻는다. 이때 기준영상은 암호화할 원영상의 정보를 아는 사람도 원영상을 복원할 수 없도록 무작위 잡음 발생기로부터 얻는다. 0 또는  $\pi$ 의 위상값으로 구성된 홀로그램과 기준영상으로부터 원영상의 암호영상을 얻기 위해 기준영상과 암호영상의 위상차가 위상 홀로그램의 동일한 위상값에 대응되게 표1에서와 같은 암호규칙을 제안하였다. 즉 위상 홀로그램의 한 지점에서의 위상값이 0일 때, 기준영상의 동일한 지점에서의 위상값이 0이면 암호영상의 위상값은  $\pi$ 가 되고,  $\pi$ 이면 암호영상의 위상값은 0이 되게 하였다. 예를 들면 그림 1(a)에서와 같은 이진 영상의 이진 위상 홀로그램은 그림 1(b)와 같고, 1(b)의 영상과 그림 1(c)의 랜덤 이진 위상 영상으로부터 구한 암호영상은 그림 1(d)와 같. 이렇게 암호화한 영상은 이진 위상값으로 이루어져 있어 마스크를 쉽게 제작할 수 있으나 CCD 카메라나 복사기와 같은 세기 검출기로는 측정이 불가능하다. 또한 원영상의 정보를 알고 있어도 기준영상의 다양성과 SA 알고리즘을 이용한 홀로그램의 무규칙성에 의해 암호영상 생성이 기존의 암호화 방법보다 어렵다.

암호영상으로부터 원영상을 복원할 제안한 영상복원 시스템은 그림 2에서와 같이 마흐-젠더 간섭계, 푸리에 렌즈, CCD 카메라, 그리고 SLM(spatial light modulator) 등으로 구성하였다. 간섭계는 암호영상과 기준영상의 간섭 홀로그램 영상을 구하기 위한 것이고, SLM과 렌즈는 각각 간섭영상을 위상 패턴으로 변조하고 푸리에 변환하기 위해 사용된다. 암호영상으로부터 원영상을 재생할 때에는 암호키 역할을 하는 기준영상과 암호영상을 제안한 영상복원시스템의 두 경로 중 위상차가 같은 위치에 각각 놓는다. 이들의 간섭영상은 CCD 카메라에 의해 검출되어 SLM과 렌즈에 의해 위상 변조와 푸리에 변환을 거쳐 푸리에 렌즈의 후초점면에 원영상으로 재생된다. 그림 1(c)와 1(d)의 영상을 이용하여 컴퓨터 모의실험과 광실험으로 복원한 영상은 각각 그림 3과 그림 4와 같다. 재생된 원영상은 직접 육안으로 확인 가능하고, 광상관시스템을 이용하여 카드 진위 여부 및 개인인증이 가능하다. 컴퓨터 시뮬레이션과 광실험을

통해 제안한 영상 암호화 및 보안 방법이 개인 정보보호 및 인증 시스템에 유용함을 확인하였다.

- [1] P. Refregier and B. Javidi, "Optical image encryption based on input plane and Fourier plane random encoding", Optics Letters 20, 767-769(1995)
- [2] J.-Y. Kim, S.-J. Park, C.-S. Kim, J.-G. Bae, and S.-J. Kim, "Optical image encryption using interferometry-based phase masks", Electronics Letters 36, 874-875(2000)

표 1 제안한 영상 암호화 규칙

Hologram image	Reference image	Encrypted image
0	0	$\pi$
	$\pi$	0
$\pi$	0	0
	$\pi$	$\pi$

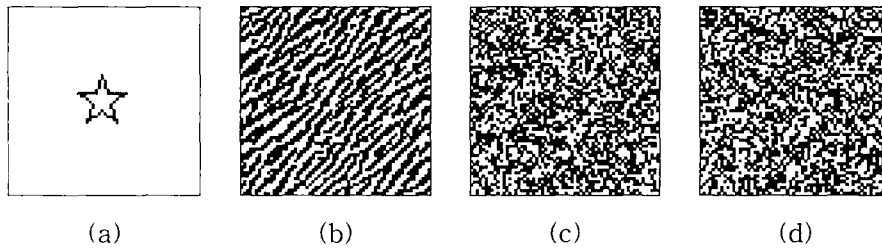


그림 1. 이진영상 암호화  
(a) 원영상 (b) 홀로그램 (c) 무작위 영상 (d) 암호영상

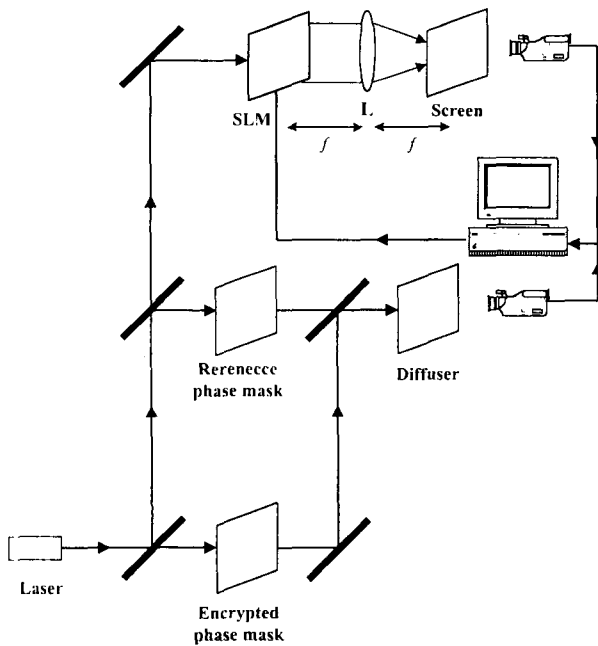


그림 2. 광영상 복호화 시스템

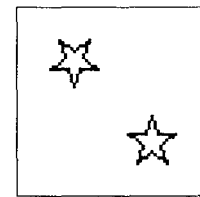


그림 3. 모의실험으로 복원한 영상



그림 4. 광실험으로 복원한 영상