집적 영상 기술 기반의 강인한 영상 암호화

Robust image encryption based on integral imaging technique

박영일, 김석태*, 김은수
광운대학교 전자공학과, *부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부
*setakim@pknu.ac.kr

초고속 광대역 통신망과 인터넷의 발전과 더불어 암호화된 정보의 강인성 및 용이한 구현을 실현하기 위한 랜덤 픽셀-스크램블링 (random pixel-scrambling) 기법[1,2]을 적용한 새로운 광 정보보호 시스템을 구현하는 연구들이 진행되고 있다. 이러한 방법들은 암호화를 위한 광학적 구현이 복잡하고 외부교란에 민감하고 복원 시에 영상 주변에 많은 잡이 생기는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이러한 복잡한 광학적 구현을 용이하게 해줄 수 있는 집적 영상 기술 및 랜덤 픽셀-스크램블링 기법을 이용한 새로운 영상 암호화 방법을 제안한다.

본 논문에서 제안하는 새로운 영상 암호화 시스템의 암호화 과정은 그림 1(a)에 나타낸다. 암호화 과정에서 먼저 입력 영상 $f(x,y)$를 8×8 블록으로 분할 후 랜덤비트 시퀀스(random bit sequence)를 생성하여 8×8 블록 단위로 랜덤 픽셀-스크램블링(PS1)을 진행한 영상 $f'(x,y)$를 얻는다. 그림 2(a)는 3×3 크기의 블록을 랜덤 픽셀-스크램블링한 결과의 예를 보여준 것이다. 다음, $f'(x,y)$ 영상을 거리 z에 위치시켜 컴퓨터 픽업과정으로 요소 영상을 $E(x,y)$ 획득한다. 마지막으로 요소 영상 $E(x,y)$의 안전성 향상을 위하여 다시 랜덤 픽셀-스크램블링 (PS2)을 수행하여 최종 암호화된 영상 $E'(x,y)$를 얻는다.

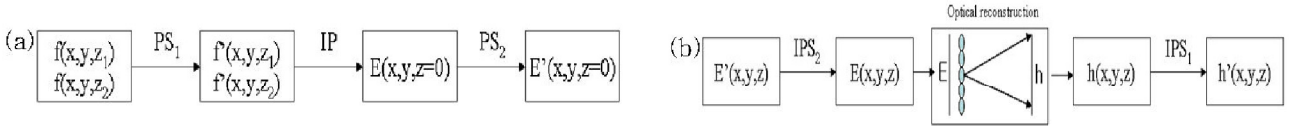

그림 1. (a) 영상 암호화 과정 (b) 영상 복호화 과정

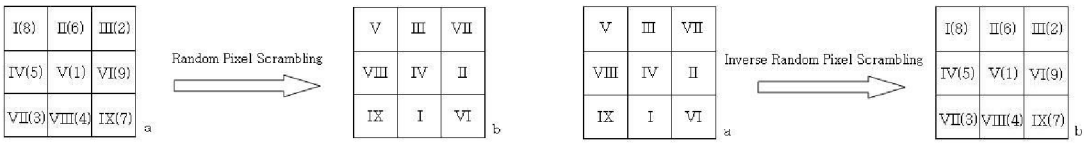

그림 2. (a) 정 방향 및 (b) 역 방향 랜덤 픽셀-스크램블링

제안된 방법의 복호화 과정은 그림 1(b)에 보이듯이 먼저 암호화된 영상 $E'(x,y)$를 역 방향 랜덤 픽셀-스크램블링(IPS2)을 수행하여 복호화 된 요소 영상 $E(x,y)$를 얻는다. 그림 2(b)는 3×3 크기의 블록에 대한 역 방향 랜덤 픽셀-스크램블링 과정의 예를 보여준 것이다. 다음, $E(x,y)$를 컴퓨터적 디스플레이 시스템을 이용하여 z 거리에서 영상 $h(x,y)$을 복원한다. 마지막으로 영상 $h(x,y)$ 내해서 역 방향 랜덤 픽셀 -스크램블링 과정을 다시 한 번 수행하여 최종 복호화 된 영상 $h'(x,y)$를 얻게 된다.

제안하는 암호화 방법의 유용함을 보이기 위해서 컴퓨터 모의실험을 수행하였다. 실험에 사용하는 영상은 그림 3(a)에 보인 것과 같이 256×256 픽셀을 가지는 2진 영상이고 PS1과 PS2 과정에서는 각각 8×8과 256×256의 블록 크기로 픽셀-스크램블을 수행하였다. 요소 영상의 픽업 과정에서는 핀홀 배열을 16×16개로 가정하였고, 실험 영상과 핀홀 배열 간의 간격은 12 mm로 하였으며 요소 영상과 핀홀의 배열 간격은 3 mm로 가정하여 컴퓨터 픽업을 수행하였다. 그림 3(a)의 실험 영상에 대해서 암호화된 영상을 그림 3(b)에서 볼 수 있듯이 제안방법의 암호화 영상을 원 영상과 비교하면 잡음 패턴과 같이 나타내면서 픽셀간의 연관성과 상관성이 없음을 알 수 있다.

한편 제안방법의 강인성을 검증하기 위하여 그림 3(b)의 암호화된 영상에 크로핑을 진행하여 복원하는 실험을 추가적으로 수행하였다. 그림 4(a)와 (b)는 제안방법과 홀로그램을 이용한 방법으로 암호화한 영상의 75%를 크로핑 공격을 한 영상들을 나타내고, 그림 4(c)와 (d)는 각각의 방법으로 복원한 영상을 나타낸 것이다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 암호화 된 영상의 75%가 손실 되었을 경우에도 원 영상을 복원 할 수 있을 뿐만 아니라 복원 영상에서 원 영상의 모습이 선명하게 잘 나타난다는 것을 알 수 있다.

결론적으로 본 논문에서 제안한 방법은 기존의 홀로그램 방법에 비해 복원 영상에 노이즈가 적을 뿐만 아니라 크로핑과 같은 데이터 손실에 대해서도 강인함을 알 수 있다.

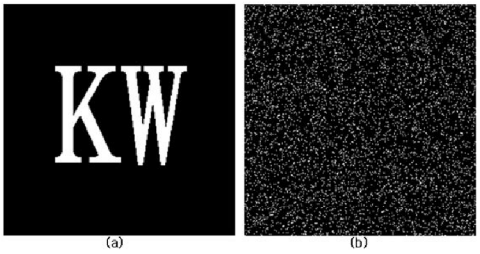

그림 3. (a) 원 영상 (b) 암호화 된 영상

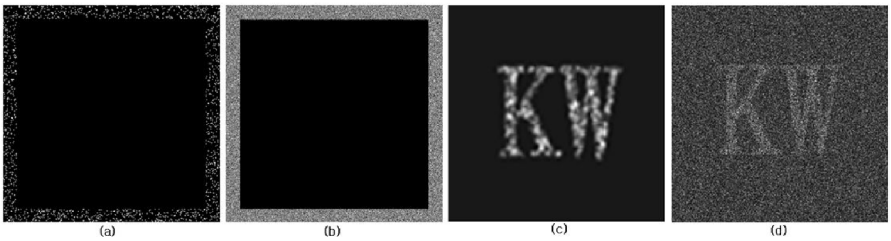

그림 4. 75% 크로핑에 대한 기존 홀로그램 방법과의 강인성 비교 (a) 제안하는 방법의 암호화 영상 (b) 홀로그램을 이용한 암호화 영상 (c) 제안방법의 복원 영상 (17.1 dB) (d) 홀로그램 방법의 복원 영상 (9.4 dB)

Acknowledgements

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학IT연구센터 지원사업으로 연구결과가 수행되었음 (IITA-2008-C1090-0801-0018).

1. J. Zhao, H. Lu, X. Song, J. Li, and Y. Ma, Opt. Commun. 249, 493-499 (2005).
2. Y. Y. Wang, Y. R. Wang . Y. Wang, H. J. Li and W. J. Sun, Opt. and Lasers in Engineering 45, 761 765 (2007).