

Print-Cam 공격에 강인한 워터마킹 기법

*김은지 *김진겸 *박병서 **이규영 **김성수 *서영호
*광운대학교 **이노파트너즈

*k4ktm1@kw.ac.kr *jkim@kw.ac.kr *bspark@kw.ac.kr **nagaraz07@gmail.com
**ceo@innopartners.com *yhseo@kw.ac.kr

Robust Watermarking Technique for Print-Capture Attack

*Eun-Ji Kim *Jin-Kyum Kim *Byung-Seo Park **Kyu-Young Lee **Sung-Soo Kim
*Young-Ho Seo
*Kwangwoon university **INO Partners

요약

본 논문에서는 Print-Cam 공격에 강인한 비가시성 워터마크 기법에 대해 제안한다. Print-Cam은 영상을 인쇄하고 다시 스캐닝 혹은 촬영하는 과정으로 워터마크에 큰 손실이 발생한다. 워터마크 삽입 및 추출은 영상을 2차원 이산웨이블릿 변환(2-Dimensional Discrete Wavelet Transform, 2D-DWT)하여 주파수 영역에서 진행하였다. 추출한 워터마크는 디지털 홀로그램이므로 이를 복원함으로써 Print-Cam 공격에 강인함을 보였다.

1. 서론

디지털 이미지에 삽입된 비가시성 워터마크는 디지털 콘텐츠의 저작권을 보호하기 위해 자주 사용된다[1]. 하지만 대부분의 최신 워터마크 기술은 디지털 영역에 한정되어 있다[1]. Print-Cam에 대한 공격은 D-A, A-D 변환이라고 할 수 있다. 또한, 출력 과정에서의 왜곡과 스캔 및 촬영에서의 왜곡이 복합적으로 포함되어 있다. 지금까지 워터마크를 DCT(Discrete Cosine Transform) 영역에 삽입하는 연구[1], Fourier spectrum을 이용하여 고주파 영역에 삽입하는 연구[2], Print-Cam 공격을 modeling 하여 DWT 및 DCT를 이용하여 워터마크를 삽입 및 추출하는 연구[3] 등이 진행되었다.

본 논문에서는 워터마크로 텍스트를 QR code로 변환하여 사용하였다. 워터마크로 QR code를 사용하여 워터마크 추출을 추출한 QR code의 인식 여부로 판단하였다. 영상에 2D-DWT를 사용하여 주파수 영역에서 워터마크를 삽입 및 추출하였다. 이로써 Print-Capture 공격에 강인한 워터마크 기법을 제안한다.

2. 워터마크 삽입 및 추출

본 논문에서는 QR code를 워터마크로 사용하고, 2D-DWT를 사용하여 주파수 영역에서 워터마크를 삽입 및 추출한다. 실험 영상으로는 Lena를 사용하였다. 실험 방법은 그림 1과 같다.

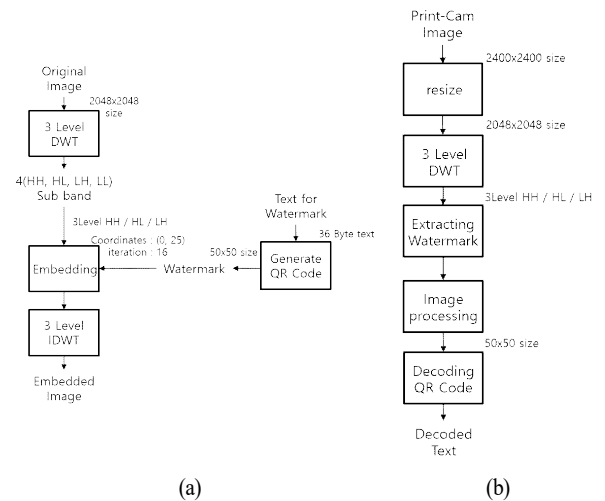


그림 1 워터마크 (a)삽입 순서도, (b)추출 순서도

먼저, 워터마크 삽입 과정은 다음과 같다. 영상을 2D-DWT 적용 전 color 영상을 흑백 영상으로 변환하였다. 색 변환은 IDWT(Inverse Discrete Wavelet Transform) 적용 뒤에도 진행하였다. 워터마크 삽입 부대역은 2D-DWT를 3Level로 진행하여 HL3에 삽입하였다. 삽입 방법은 50×50(Pixel)크기의 워터마크를 HL3 부대역의 (0, 25)를 시작점으로 하여 총 16개의 워터마크를 반복적으로 배치해 삽입하였다. 다음으로, 워터마크 추출 환경과 과정은 아래와 같다. 출력 DPI는 300DPI이고, 픽셀 크기는 2,048×2,048(Pixel)로 출력하였다.

Print-Cam은 $2,400 \times 2,400$ (Pixel) 해상도로 스마트폰 카메라 애플리케이션을 이용하여 촬영하였다. 촬영한 이미지는 원본 영상과 같은 크기인 $2,048 \times 2,048$ (Pixel)로 resize 하였다. 워터마크 추출은 워터마크 삽입 후 2D-DWT와 색 변환을 거친 뒤 Print-Cam 하여 추출하였다. QR code는 Print-Cam 후 2D-DWT를 진행하여 얻은 3Level의 부대역(HH, HL, LH)에서 연산을 수행해 추출하였다. 연산 과정은 다음과 같다. 3Level의 HL 영역에서 HH와 LH 부대역의 QR code를 빼기 연산을 수행하고, QR code의 배치를 하나의 QR code로 만들어 차이 값을 scaling 하였다.

3. 실험 결과

그림 2는 (a)워터마크를 삽입할 원본 이미지와 (b)2D-DWT 후 워터마크를 삽입한 이미지, (c)워터마크가 삽입된 이미지, (d)Print-Cam 이미지, (e)Print-Cam 후 2D-DWT 이미지, (f)최종 추출된 워터마크를 나타내었다.

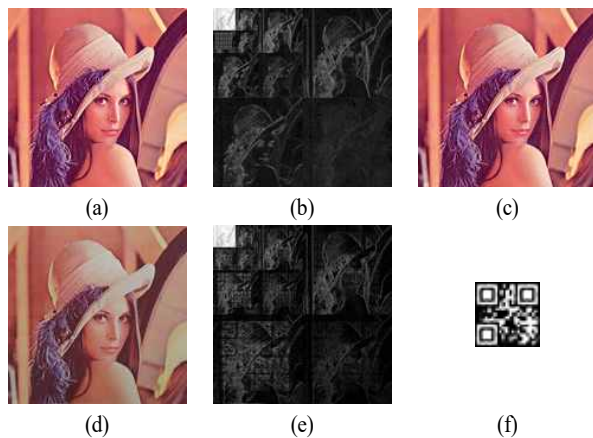


그림 2 (a)워터마크를 삽입할 원본 이미지, (b)2D-DWT 후 워터마크를 삽입한 이미지, (c)워터마크가 삽입된 이미지, (d)Print-Cam 이미지, (e)Print-Cam 후 2D-DWT 이미지, (f)최종 추출된 워터마크를 나타내었다.

실험 결과, 추출한 QR code가 성공적으로 인식되는 것을 보였다. 원본 대비 워터마크가 삽입된 이미지의 PSNR은 30dB, SSIM은 0.99로, 육안으로 확인 가능한 정도였다.

4. 결론

본 논문에서는 2D-DWT을 이용한 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하고 추출하는 방법을 제안하였다. 실험을 통해 Print-Capture 공격에서도 워터마크가 성공적으로 추출되는 것을 보였다. 앞으로 Print-Cam에서도 비가시성을 갖는 워터마킹 방법에 대해 연구를 진행할 예정이다.

이 논문은 2020 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2018R1D1A1B0704322013).

References

- [1] Wang, Shuozhong & Huang, Sujuan & Zhang, Xinpeng & Wu, and Wei, "Hologram-based watermarking capable of surviving print-scan process", *Applied optics*, America, pp. 1170-1178, 2010.
- [2] Kim, Chol-Su & Jong, Kwang-Hyok & Im, Song-Jin, "Document watermarking based on digital holographic principle", Jun.2013.
- [3] S. Hamid Amiri, Mansour Jamzad, "Robust watermarking against print and scan attack through efficient modeling algorithm", *Elsevier*, Vol.29, No.10, pp. 1181-1196, Nov. 2014

Acknowledgement