

DWT를 이용한 VR영상 워터마킹 방법

강이슬 *문원준 서영호 김동욱

광운대학교

*wonjun94@kw.ac.kr

VR Image Watermarking Method Using DWT

Kang, I-Seul *Moon, Won-Jun Seo, Young-Ho Kim, Dong-Wook

Kwangwoon University

요약

본 논문에서는 급부상하고 있는 가상현실 기술에서의 저작권 보호를 위해 VR영상을 타겟으로 하는 워터마킹 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 VR영상의 합성에 널리 사용되는 SIFT 알고리즘을 통해 조건에 만족하는 점을 찾고, 그 점을 중심으로 한 주변 영역에 이산 웨이블릿 변환을 수행하여 워터마크를 삽입하는 방법이다. 또한 추출할 때에는 기존에 삽입한 워터마크와의 NCC 값을 비교하여 일정 임계값 이상의 데이터들을 추출하고, 통계적 방법으로 최종 워터마크를 확정하게 된다. 이에 대해 가우시안 필터, 가우시안 노이즈, Sharpening, 회전변환, JPEG 압축 등의 공격을 가하고, 공격 후 추출되는 워터마크의 NCC, BER 값을 비교하여 워터마크의 강인성(robustness)을 확인한다.

1. 서론

세계적으로 가상현실(Virtual Reality) 기술이 각광을 받고 있다. 실제로 존재하지 않는 현실을 인간이 간접적으로 체험하고 몰입할 수 있다는 점과 다양한 산업에서 적용될 수 있다는 점이 큰 이점으로 작용하여 주요 기업들과 각국 정부에서 VR산업에 관련된 연구를 진행하고 있다[1].

VR 역시 영상을 사용하기 때문에 불법 복제나 불법 배포 등에 대한 문제가 발생하게 되는데, 이러한 영상물의 저작권 보호를 위해 워터마킹 기법이 많이 연구되어 실제로 사용하고 있다[2].

워터마크가 가져야 하는 중요한 특성은 비가시성(invisibility)과 강인성(robustness)으로 볼 수 있으며, 이를 만족시키기 위해 공격에 취약한 공간 영역이 아닌 주파수 영역으로 변환하여 워터마크를 삽입하는 방법이 연구되고 있다[3-4].

워터마크는 삽입할 영역과 삽입할 방법을 정하는 것이 가장 중요한데, VR영상은 각 카메라를 통해 촬영한 영상을 스티칭하고 투영하는 과정에서 왜곡과 보정이 많이 발생하기 때문에 워터마킹 할 장소를 선정하기 어렵다.

본 논문에서는 이를 고려하여, VR영상의 스티칭

(stitching)에 많이 사용되는 SIFT 알고리즘[5]과 대표적인 주파수 영역 변환 중 하나인 이산 웨이블릿 변환(DWT, Discrete Wavelet Transform)을 이용하여 VR영상에 워터마크를 삽입하고, 다양한 공격이 워터마크에 미치는 영향을 보인다. 본 논문에서는 스티칭되지 않은 원영상에 워터마킹을 수행하고, 워터마크 추출은 투영된 영상에서 수행하는 것으로 한다. 또한 아직 많이 연구되지 않은 분야이기 때문에 향후 연구 방향에 대해 제안한다.

2. VR영상의 워터마킹 방법

2.1 워터마크 영역 선택

본 논문에서 제안하는 워터마킹 영역을 선택하는 방법은 SIFT(Scale Invariant Feature Transform) 알고리즘을 통한 방법이다. SIFT 특징점은 영상의 크기와 회전에 불변하는 특성을 갖기 때문에 다양한 공격들에 강인할 것이라 판단된다. 위의 알고리즘으로 특징점을 찾고, 그 중에 스티칭에 사용되지 않으며 옥타브가 0~2인 특징점을 워터마크 삽입할 위치로 정한다.

2.2 워터마크 삽입

워터마크를 삽입하는 알고리즘은 그림 1에 명시하였다. 우선 SIFT를 통해 삽입할 특징점을 정하고, SIFT의 계산 과정에서 나타나는 방향에 따라 영상을 회전하여 방향을 특정 방향으로 맞춘다. 이렇게 정렬된 특징점의 주변 영역(16X16)에 대해 그림 2와 같이 2-level DWT를 수행하고, 가시성에 큰 영향을 주는 LL2영역을 제외한 level 2 영역(LH2, HL2, HH2)에 QIM(Quantization index modulation) 방법을 통해 워터마크를 삽입한다.

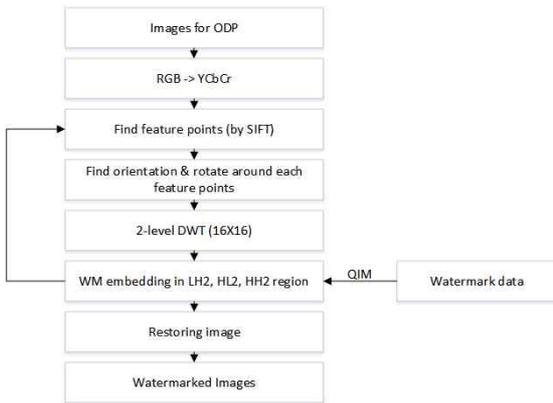


그림 1. 워터마크 삽입 흐름도

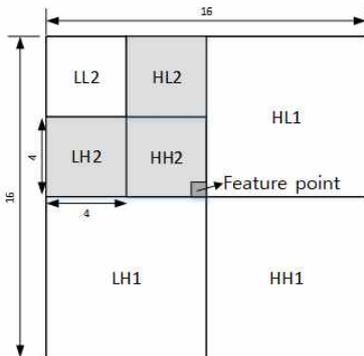


그림 2. 2-level DWT 구조

2.3 워터마크 추출

워터마크를 추출하는 알고리즘은 그림 3과 같다. 추출하는데 사용되는 영상은 워터마크를 삽입한 후 스티칭 및 투영을 통해 얻어진 파노라마 영상으로 한다. 영상에 SIFT를 통해 특징점을 찾고, 그 특징점의 방향을 정해진 방향이 되도록 영상을 회전한다. 그리고 그 특징점 주변화소들을 2-level DWT하여 level 2 영역에 대해 QIM 방법으로 워터마크를 추출하고, 삽입할 때의 워터마크와 비교하여 통계적 방법을 통해 추출하게 된다.

3. 실험 및 결과

3.1 실험환경 및 조건

본 실험에서 사용된 영상은 Gopro 사의 Hero 4 Black 카메라를 통하여 촬영한 4K×3K 해상도의 영상이며, 6개가 한 세트가 되어 각 영상에 워터마크를 삽입하였다. 영상의 합성(스티칭) 및 투영은 Kolor사의 Autopano Giga 4.2를 사용하였고, 그때의 영상의 크기는 12K×6K 해상도이다. 이전의 논문 [6]에서 가장 높은 추출률을 보인 $NCC_{th} = 0.57$ 로 설정하고 공격을 가하였다.

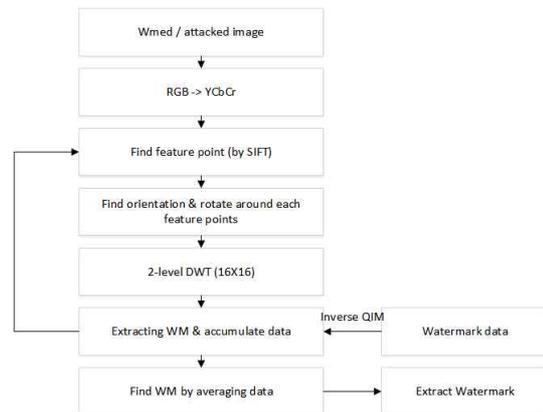


그림 3. 워터마크 추출 흐름도

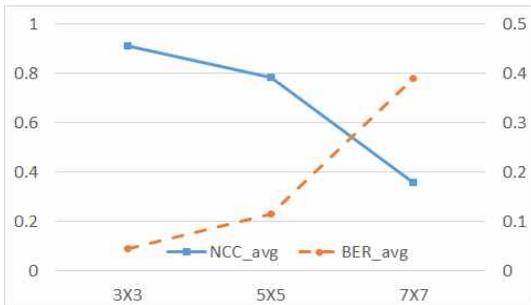
3.2 공격에 따른 영상 추출률 비교

위의 환경으로 얻은 합성된 영상에 악의적/비악의적 공격을 가하고 워터마크의 추출률을 NCC (Normalized cross-correlation) 값과 BER (Bit Error Rate) 값을 통해 비교한 그래프를 그림 4에 나타내었다. 가우시안 필터를 제외한 전체적인 공격에 대해 NCC가 0.9이상, BER이 0.04 이하의 값이 나온 것을 확인할 수 있는데, SIFT의 과정에서 스케일과 회전 등을 고려하여 특징점을 선택하기 때문에 공격에도 강인성을 띄는 것을 확인할 수 있다. 반면에 가우시안 필터는 영상을 평활화하기 때문에 SIFT알고리즘에서 극값을 약화시키는 효과를 가져와 워터마킹을 삽입했던 점을 찾기 어려워 NCC와 BER이 현저히 떨어지는 것을 확인하였다.

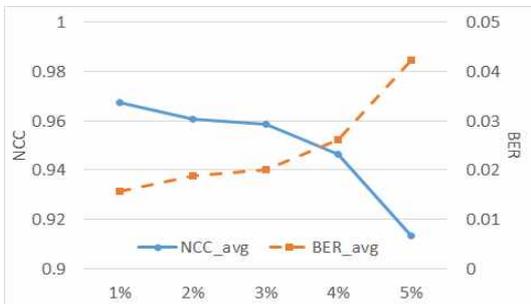
4. 결론

본 논문에서는 VR영상에 SIFT, DWT, QIM 방법을 이용하여 워터마크를 삽입하고 공격에 대한 강인성을 실험을 통해 확인하였다. 이 때 평활화에 대해 강인성이 떨어지는 것을 확인하였는데, SIFT

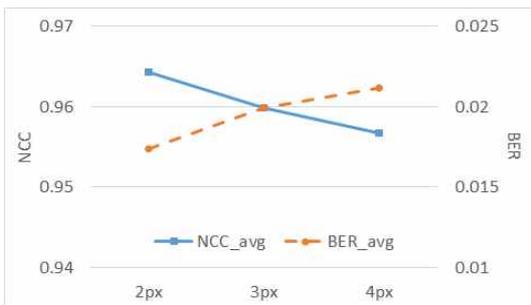
의 알고리즘에서 구해지는 극값에 영향을 받는 것이라 사료된다. 따라서 기존 알고리즘에 평활화에 강인한 방법을 추가하여 공격에 더욱 강인한 워터마킹 알고리즘을 연구하고자 한다.



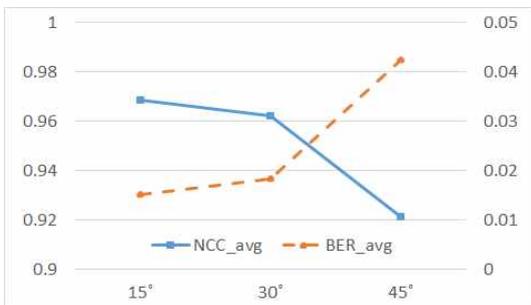
(a)



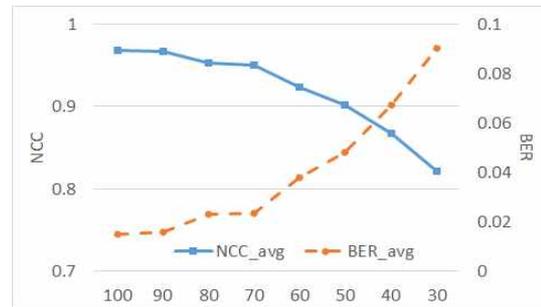
(b)



(c)



(d)



(e)

그림 4. 공격들에 대한 워터마크 추출 결과 (a) 가우시안 필터, (b) 가우시안 노이즈, (c) sharpening, (d) rotation, (e) JPEG 압축

5. 감사의 글

이 논문은 2016 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2016R1D1A1B03930691)

6. 참고문헌

[1] Hyundai Reserach Institute; “Domestic and Foreign AR and VR Industry Status and Implications”, HRI, Vol.687, No.17, 2017.

[2] J. Cox, M. Miller, J. Bloom and T. Kalker, “digital watermarking and steganography”, 2nd Ed, Elsevier, 2008.

[3] C. C. Lai, C. C. Tsai, “Digital Image Watermarking Using Discrete Wavelet Transform and Singular Value Decomposition”, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol 59, No. 11, pp. 3060-3063, Nov 2010.

[4] Y. S. Lee, Y. H. Seo, D. W. Kim, “A Robustness Blind Watermarking for Digital Image based on DWT”, 2015 Summer Conference of Korean Institute of Broadcasting and Media Engineers, Jeju, Korea, 2015.

[5] D. G. Lowe, “Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints,” International Journal of Computer Vision, Vol. 60, No. 2, pp. 91-110, Jan, 2004.

[6] I. S. Kang, Y. H. Seo, D. W. Kim, “Blind Digital Watermarking methods for Omni-directional Panorama Images using Feature Points”, Jeounal of Korean nstitute of Broadcasting and Media Engineers, Vol.22, No. 6, Nov 2017.