

DIBR 3D 영상을 위한 깊이영상 기반 블라인드 워터마킹 방법

*이용석, **서영호, **김동욱
광운대학교stucom12@kw.ac.kr, yhseo@kw.ac.kr, dwkim@kw.ac.kr

Depth Image Based Blind Watermarking Method for DIBR 3D Image

*Yong-Seok Lee, **Young-Ho Seo, **Dong-Wook Kim
Kwangwoon University

요 약

본 논문에서는 DIBR 3 차원 영상을 위한 블라인드 워터마크 방법을 제안한다. DIBR 을 이용한 3 차원 영상은 낮은 Bitrate 와 시점조정 가능성으로 인해 주목받고 있지만, DIBR 과정 중 워터마크 손상이 발생해 워터마크에 어려움이 있다. 이를 극복하기 위해 DIBR 의 특성을 이용한 깊이영상 기반으로 워터마크 삽입 영역을 탐색하는 방법을 사용하며, 이를 통해 시점이동에 민감하지 않은 영역에 워터마크를 삽입하는 것이 효과적임을 실험적으로 증명하였다. 또한 시점이동 후 사라질 가능성이 큰 불필요한 워터마크 삽입을 최소화하여 워터마크 삽입 후 영상의 화질저하를 줄였다. 이에 본 논문에서는 깊이영상을 이용해 변화가 적은 영역을 탐색하기 위한 연구를 진행하였다. 이는 후에 가상 시점 영상에 추가적인 공격이 가해지더라도 더 강인성을 가질 수 있는 기초가 되었다. 또한 블라인드 워터마크 방법을 적용하기 위해 기존 워터마크 데이터와 유사도를 측정하는 방식으로 워터마크 삽입 위치를 파악하였다.

1. 서론

최근 VR(Virtual Reality)의 발달로 3 차원 스테레오 영상에 대한 관심이 다시 증가하고 있다. 3 차원 스테레오 영상을 생성하는 방법은 직접 좌우시점에 해당하는 RGB 카메라로 촬영하는 방법과, 중간시점의 RGB 카메라와 Depth 카메라로 촬영하고 후에 DIBR(Depth-Image Based Rendering) 기법으로 좌우 가상시점을 생성하는 방법이 있다. VR 영상 같이 영상 전송률이 중요할 때는 bitrate 를 고려하여 RGB 3 채널과 Depth 1 채널로 전송하고 DIBR 로 가상시점을 생성하는 방법이 유리하다. 이런 3 차원 영상에 대한 저작권 주장을 위해 워터마크 방법이 필요하며, 이는 2 차원 영상과 다르게 DIBR 이라는 가상시점 생성 방법이 추가적으로 영상에 작용하여 워터마크 삽입과 추출에 어려움이 있다.

3 차원 DIBR 영상 워터마크는 전송자가 중간시점에 해당하는 RGB 영상과 Depth 영상을 전송하고, 수신자가 이를 이용해 좌우 가상시점을 생성하면, 생성된 가상시점 RGB 영상에서 저작권을 주장하고, 전송되는 중간시점 RGB 영상에서도 저작권을 주장하는 시나리오를 가지고 있다.

가상시점 영상에서 블라인드 방법으로 워터마크를 추출하는 과정은, 시점이동에 의한 영상 자체의 공격과 더불어 워터마크 삽입 위치의 변화로 인해 싱크를 맞추기에 어려움이 있다. 이를 극복하기 위해 본 논문에서는 삽입한 레퍼런스 워터마크와 유사도를 측정하여 워터마크 위치를 찾아내며, 시점이동에 의한 영상 이동을 고려하여 깊이영상 기반으로 워터마크를 삽입하는 방법을 제안한다.

2. 가상시점 영상 생성

가상시점 영상 생성 방법은 DIBR 을 이용하며, 이는 2 차원 영상좌표에 Z 축에 해당하는 깊이정보를 더해서 영상을 워핑하는 방법이다. 이는 영상을 실제좌표로 변환할 수 있어서, 카메라와 물체의 거리에 따라 다른 이동거리로 영상을 이동시켜 실제 시점이 이동했을 때와 같은 효과를 만들어 낸다. 이는 3 차원 영상에서 단순히 영상을 쉬프트시켜 좌우시점을 만들때와 다르게 실제 시점과 같은 효과를 생성함으로써 사람의 인지작용에 불편함을 덜어준다. 그림 1 은 중간시점의 RGB 영상과 Depth 영상, 그리고 생성된 왼쪽 가상시점 영상의 예시이다.

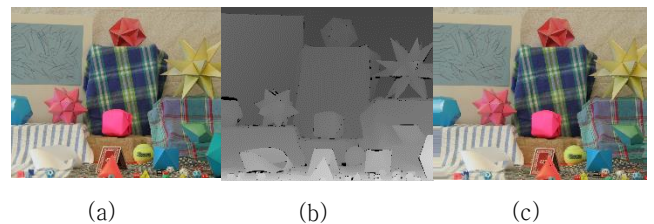


그림 1. 시점이동 예: (a) 중간시점 RGB 영상, (b) 중간시점 Depth 영상, (c) 왼쪽 가상시점 영상

3. 워터마크 삽입 및 추출

본 논문에서 제안하는 워터마크 방법은 블라인드 방법으로 워터마크 삽입 과정에서 RGB 영상과 Depth 영상을 사용해 RGB 영상에 워터마크를 삽입하고, 워터마크 추출 과정에서는 중간시점 RGB 영상 혹은 가상시점 RGB 영상만을 이용해 Depth 영상 없이 워터마크를 추출하는 방식이다.

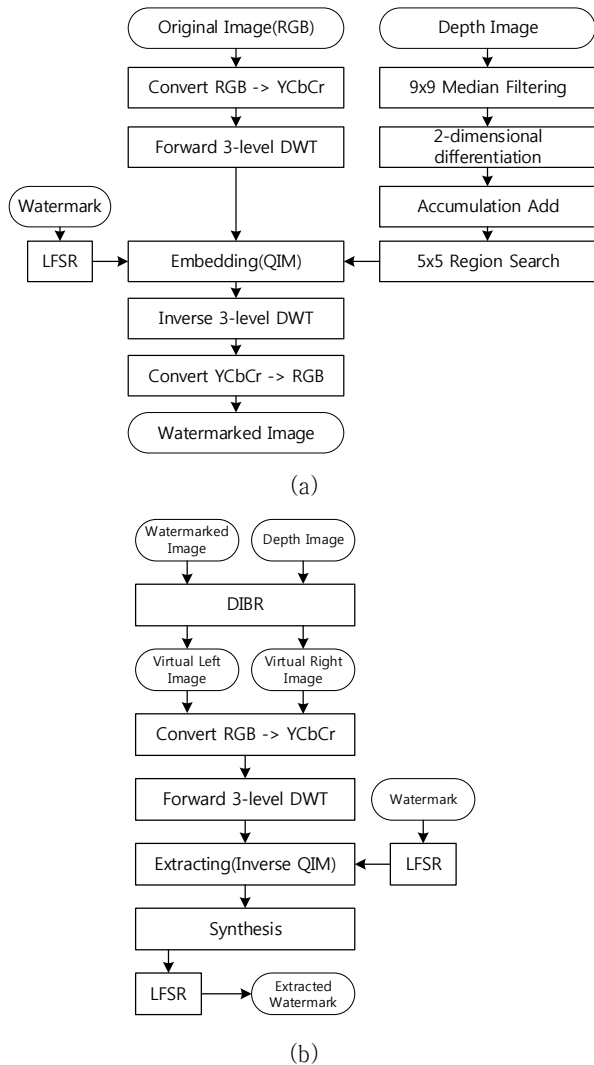


그림 2. 제안하는 워터마크 알고리즘: (a) 워터마크 삽입 방법, (b) 워터마크 추출 방법

그림 2 는 제안하는 워터마크 알고리즘 삽입 및 추출 방법을 나타내고 있다. RGB 영상은 컬러 채널간 연관성이 적은 명암 성분에 워터마크를 삽입하기 위해 YcbCr 형식으로 변환 후 Y 성분에 워터마크를 삽입한다. 이때 워터마크를 삽입하는 위치를 선정하는 과정에서 Depth 영상이 사용된다. Depth 영상은 DIBR 과정에서 깊이정보를 담당하는 영상으로, 실제 Depth 정보에 따라 RGB 영상 속의 물체들의 이동 정도가 결정된다. 시점이동 후 워터마크 추출의 어려움 중 하나가 각 물체마다 이동되는 정도가 다르다는 것도 있다. 따라서 물체의 이동되는 정도를 예측할 수 있는 Depth 정보를 활용해

워터마크의 손실을 최소화 할 수 있다.

Depth 영상에서 깊이값 변화가 적은 영역은 시점이동 과정에서 영역적으로 같이 이동할 가능성이 크다. 따라서 깊이값 변화가 적은 영역을 선별하고 그 부분에 워터마크를 삽입하였다. 깊이값 변화가 적은 영역을 선별하기 위해 Depth 영상을 가로방향과 세로방향으로 미분하는 2 차원 미분영상을 사용하였다. 이는 Depth 영상의 깊이값이 극점일 때 0 을 나타낸다. 이는 어느 한 부분에대한 극점 여부를 판별하는데는 좋지만 영역이 변화가 적은지 판단하는데는 적합하지 않다. 따라서 미분영상을 워터마크가 삽입될 16x32 윈도우 크기로 누적덧셈하여 최상단 픽셀에 영역에 대한 깊이정보를 대표한다고 볼 수 있다. 누적 덧셈하는 과정에서 본 논문에서 필요로 하는 정보는 깊이값 변화 정도이기 때문에 미분영상의 절대값을 누적하였다. 이렇게 만들어진 영상에서 일정 기준치 이하의 값이 주변 5x5 영역만큼 있다면 이 영역을 Depth 변화가 적은 영역으로 판단한다. 일정 기준치는 정해진 워터마크 개수가 삽입될 때까지 증가하며 탐색한다.

워터마크 삽입을 위해 영상의 Y 성분을 주파수 변환하게 되는데 이는 DWT(Discrete Wavelet Transform)를 이용한다. DWT 의 LH 부대역에 워터마크를 삽입하는 방식은 [1]의 방식과 유사하지만, 본 논문에서는 DWT 1,2,3 레벨의 각 LH 부대역에 워터마크를 삽입한다. 이는 생성된 가상시점 영상에서 여러 공격에 강인성을 가지기 위함이다. 실제 [1]은 가상시점 이동만 고려하였고, 가상시점 영상이 공격받는 경우를 고려하지 않았기에 DWT 레벨 1 의 LH 부대역에만 워터마크를 삽입하였다.

Depth 영상에서 워터마크 삽입 위치를 선정하고, 이를 DWT 각 레벨 해상도에 맞게 다운샘플링하여 DWT 각 레벨 LH 부대역에서 워터마크 삽입 위치에 맞는 계수들이 16x32 윈도우 크기단위로 삽입된다. 워터마크 삽입 방법은 QIM(Quantization Index Modulation)방법을 기반으로 하며, 이는 2 차원 영상 워터마크에 자주 사용되는 방법이다. 본 논문에서는 mid-rise 방식을 사용했으며, 이 중 양자화 스텝을 결정하는 방법은 부대역의 에너지 표준편차 값을 보고 판단한다. 이는 특정 상수로 모든 영상에 워터마크를 삽입하는 방법보다 워터마크 삽입 후 영상 화질손실을 줄이면서, 워터마크 강인성을 높이는 방식으로 [2]에서 연구된 바 있다.

이렇게 선택된 워터마크 영역은 DWT 레벨 3 부대역 크기의 12~13%에 해당하는 워터마크, 레벨 2 부대역 크기의 6~7%에 해당하는 워터마크, 레벨 1 부대역 크기의 4~5%에 해당하는 워터마크 개수가 삽입되며, LFSR(Linear Feedback Shift Register)를 이용해 암호화된 워터마크가 사용된다.

워터마크 추출 과정은 삽입과 마찬가지로 DWT 1,2,3 레벨 LH 부대역 계수를 역양자화하는 과정을 거치며, 워터마크가 삽입된 위치를 삽입과정에서는 Depth 영상을 이용했지만, 추출과정에서는 Depth 영상을 사용할 수 없다. 따라서 삽입된 워터마크를 LFSR 로 삽입할때와 같은 암호화 키로 암호화하며, 이를 역양자화한 부대역 계수와 유사도를 측정하며 워터마크 위치를 판단한다. 유사도 판단 방법은 NCC(Normalized Cross Correlation)을 이용하며, 8x8 윈도우 크기에서 가장 큰 유사도가 일정 기준치 이상이면 워터마크로 판단한다. 이렇게 판단된 워터마크는 통계적 합성과정을 거쳐 최종 워터마크로 판단된다.

4. 실험 및 결과

실험에 사용한 영상은 Middlebury Stereo Datasets[3]와 Microsoft Research 3D Video Datasets[4]에서 얻었으며, 컬러영상과 깊이영상을 종류별 1 개씩 사용하였다. 실험에 사용된 워터마크는 64bit 로 이를 각 부대역 별 정해진 워터마크 크기만큼 삽입하였다. 기존 3D 워터마크 논문인 [5]은 DT-CWT 변환 영상을 블록 단위로 나눠 양쪽 부대역 계수의 차이에 64bit 의 워터마크를 삽입하였고 이를 비교 그래프에서 Kim's method 라 표기하였다. [6]는 시점이동 후 변화하는 워터마크를 예측 삽입하는 방식으로 DCT 의 중간밴드 영역에 5926bit 를 삽입하였다. 이 [6]의 방법을 같은 워터마크 용량에서 비교하기 위해 [5]에서 73bit 로 조정하여 실험한 결과가 있어, [6]의 기존 실험결과를 Lin's method, 73bit 로 재조정된 실험 결과를 비교 그래프에서 Lin's method*이라 표기하였다. 워터마크 에러율은 BER(Bit Error Rate)를 통해 표기하였다.

표 1. 워터마크 삽입 후 평균 비가시성 비교

	PSNR[dB]	SSIM
Proposed method	48.53	0.9996
Kim's method	42.15	0.9890
Lin's method	42.55	0.9930
Lin's method*	42.43	0.9900

표 2. 중간시점과 5% baseline distance 조정 가상시점의 워터마크 평균 BER

	Center view	Left view	Right view
Proposed method	0	0.0000	0.0000
Kim's method	0.009	0.0230	0.0340
Lin's method	0	0.0680	0.0620
Lin's method*	0.006	0.1110	0.0940

워터마크 삽입 강도를 비가시성으로 비교하기 위해 기존 논문과 PSNR 과 SSIM 두 가지 수치로 비교하였다. 일반적으로 40dB 이상이면 사람이 차이를 인지하지 못하는 정도라고 표현하지만, 제안하는 방법이 기존 연구보다 영상의 화질저하를 더 줄였다고 볼 수 있다.

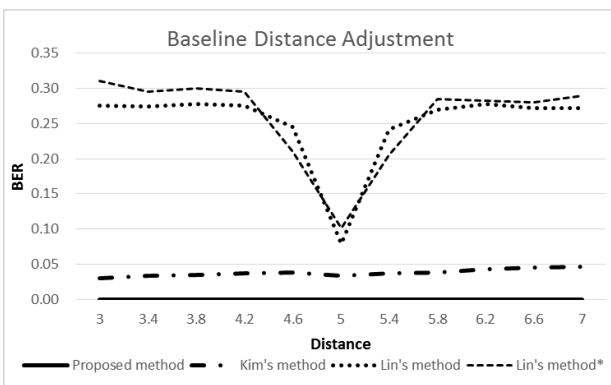


그림 3. DIBR 시점이동 조정 후 워터마크 추출 평균 에러율 비교

DIBR 로 가상시점을 생성하는 경우 baseline distance 를 조정하여 시점이동 거리를 조정한다. 이는 3 차원 스테레오 영상을 생성하기 위해 보통 3~7%로 조정하며, 가장 많이 사용되는 5%조정 거리를 기준으로 표 2 에서 기존 논문과 에러율을 비교하였다. 이는 본 논문에서 제안하는 방법이 깊이영상 기반으로 삽입하여 DIBR 공격에 충분히 강인성을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이는 그림 3 에서 3~7%로 왼쪽 가상시점 영상을 조정한 결과를 보면 정확히 확인 할 수 있다.

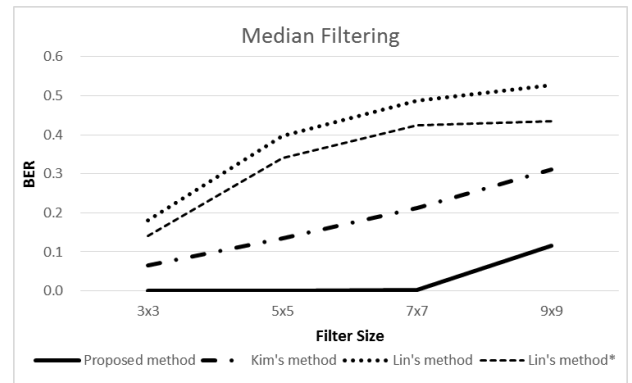


그림 4. 5% 시점이동된 왼쪽 영상의 Median Filtering 공격 후 워터마크 추출 평균 에러율 비교

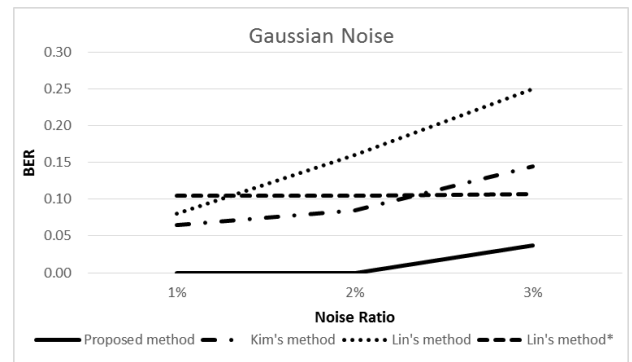


그림 5. 시점이동된 왼쪽 영상의 Gaussian Noise 첨가 후 워터마크 추출 평균 에러율 비교

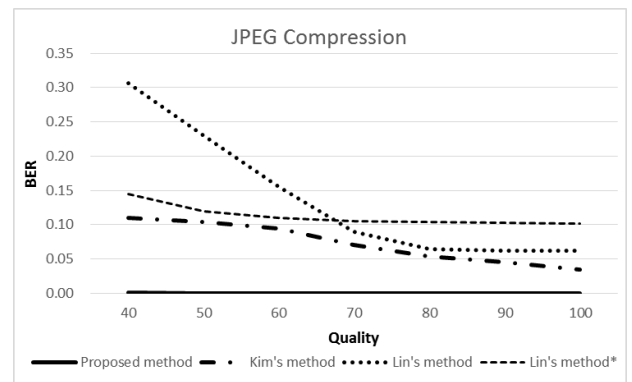


그림 6. 시점이동된 왼쪽 영상의 JPEG 손실 압축 후 워터마크 추출 평균 에러율 비교

DIBR 을 통해 5% 이동된 왼쪽 가상시점 영상이 생성되면 그 가상시점 영상에 Median Filtering, Gaussian Noise, JPEG Compression 등의 공격을 추가적으로 가하여 워터마크를 추출하였다. 이는 2 차원 영상에서 1 차적인 공격만 가하여 워터마크를 추출하는 것과 다른점으로 3 차원 영상의 경우 DIBR 이라는 가상시점 생성 자체가 하나의 공격으로 취급되기 때문에 2 차적인 공격이 가해진 결과를 비교한다. 그림 4,5,6 에서 볼 수 있듯이 본 논문에서 제안한 방법이 더 높은 강인성을 가지는 것을 알 수 있다. 이는 DIBR 공격에서 더 낮은 에러율을 보였기 때문에 이후의 공격에도 더 높은 강인성을 가질 수 있었던 것으로 생각된다. 또한 2 차적인 공격을 고려하여 DWT 1,2,3 레벨 LH 부대역에 워터마크를 삽입하는 방법도 강인성을 높이는 방법이 되었다.

5. 결론

본 논문에서는 DIBR 3D 영상을 위한 깊이영상 기반 블라인드 워터마킹 방법을 제시하였다. DIBR 영상의 특성을 파악하여 깊이영상에서 변화가 적은 영역을 탐색하여 워터마크 삽입 영역을 선정하는 방식을 새로이 적용하였고, 이를 기존 논문의 방식들과 비교하며 제안하는 방법의 우수성을 검증하였다. 하지만 아직 2D 영상을 위한 워터마크 방법처럼 대용량의 워터마크를 삽입하기에는 더 많은 연구가 필요하다. 따라서 깊이영상 기반 워터마크 삽입 방법을 활용하여 워터마크 알고리즘을 발전시킨다면 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이라 생각된다.

감사의 글

이 연구는 2014 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2013R1A1A2057798)

참고문헌

- [1] Y-S Lee, Y-H Seo, and D-W Kim, "Robust and Blind Watermarking for DIBR attacked 3D Digital Image.", The conference of Broadcast Engineering, pp.176-179, Nov. 2015
- [2] Y-S Lee, Y-H Seo, and D-W Kim, "A Robust Blind Watermarking for Digital Image Using DWT According to its Resolution.", Journal of Broadcast Engineering, Vol.20, No.6, pp.888-900, Nov. 2015
- [3] <http://vision.middlebury.edu/stereo/>
- [4] <http://research.microsoft.com/en-us/downloads/5e4675af-03f4-4b16-b3bc-a85c5bafb21d/>
- [5] H-D Kim, and J-W Lee, "Robust DT-CWT Watermarking for DIBR 3D Images." IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 58, No. 4, pp.533-543, Oct. 2012.
- [6] Y-H Lin, and J-L Wu, "A Digital Blind Watermarking for Depth-Image-Based Rendering 3D Images." IEEE Transactions on Broadcast, Vol. 57, No. 2, pp.602-611, Jun. 2011.