

시점복원을 이용한 다시점 영상의 디지털 워터마킹

*김보라 **서영호 ***김동욱

광운대학교

*brkim@kw.ac.kr

Digital Watermarking for Multi-view Image using View-point Recovering

*Kim, Bo-Ra **Seo, Young-Ho ***Kim, Dong-Wook

Kwangwoon University

요약

본 논문에서는 단일시점의 텍스처 영상과 깊이영상을 수신 측에 전송하여 수신 측에서 원하는 시점을 생성하여 시청하는 2D 또는 3D 시스템을 가정하고, 이에 대한 영상 콘텐츠의 소유권을 주장할 수 있는 디지털 워터마킹 방법을 제안한다. 따라서 이 방법에서는 기존의 영상에 대한 공격 뿐 아니라 시점이동도 공격으로 간주한다. 시점이동 공격에 대해 본 논문에서는 송신된 시점으로 시점을 재변환하여 워터마크 데이터를 추출하는 방법을 사용하며, 여기에는 미리 학습된 자료(NCC(normalized cross-correlation) 값)를 사용한다. 워터마크 데이터를 삽입하는 방법은 기존에 가장 흔히 사용되는 방법, 즉 원 영상의 특정영역을 DCT하여 특정 부대역에 데이터를 삽입하는 방법을 사용한다. 실험을 통하여 시점이동된 영상에서의 워터마크 데이터 추출의 어려움을 보이며, 원시점으로 이동한 경우와 그렇지 않은 경우 추출한 워터마크 데이터의 차이도 보인다.

1. 서론

스테레오 3D(stereo 3D, S3D)영상을 얻기 위한 일반적인 두 가지 방법은, 첫째 오른쪽 시점과 왼쪽시점의 영상을 각각 다른 카메라로부터 얻어 하나의 영상으로 겹쳐 보여주는 방법과 한 시점의 깊이 영상과 텍스처 영상으로 DIBR(Depth image based rendering)방법을 통해 하나 또는 두 개의 다른 시점 영상을 렌더링하는 방법이 있다. S3D로 만족되는 경우는 두 시점의 텍스처 영상을 보내므로 현재의 네트워크 용량으로 수용할 수 있으나, 다시점(multi-view)나 자유시점(free-view) 3D 시스템의 경우 시점수가 증가할수록 데이터양이 거의 비례적으로 증가하여 현재의 네트워크가 수용할 수 없다[1].

수요자의 욕구가 점차 다시점으로 확대되면서 이에 대한 소유권 보호방법도 주목을 받고 있다. [2]의 경우 서로 직교(orthogonal)하는 참조패턴(reference pattern)을 이용하여 워터마크를 삽입하였고, [3]의 경우 DT-CWT를 이용하여 워터마크를 삽입한다. 그러나 시점이동을 고려한 워터마킹 연구방법에는 몇 가지 어려움이 있는데, 하나는 깊이영상을 기반으로 이동되는 시점이동의 양에 따라 왜곡이 발생하는 위치나 양을 정확히 알 수 없다는 것이고, 또 하나는 이러한 시점이동을 바탕으로 워터마킹을 제안하기 때문에 다른 기본적인 공격에도 시점이동을 고려하지 않았을 때보다 더욱 약하다는 것이다.

본 논문은 기존의 가장 일반적인 워터마킹 방법을 시점이동을 포함하는 시스템에 적용하여 다양한 공격이 워터마킹에 어떤 영향을 미치는지 연구한다. 여기에는 시점이동이 워터마크 삽입위치를 찾아내는데 얼마나 어려움을 주는지와 시점이동이 그 외의 공격에 어떤 영향을 주는지를 포함한다. 또한 본 논문에서는 시점추적 방법을 제안하고, 이

를 바탕으로 워터마크를 추출할 때 시점이동에 의한 워터마크 추출의 어려움을 어느 정도 해소할 수 있다는 것을 보인다.

2. 제안하는 알고리즘

2.1 시점 추적 알고리즘

먼저, 추출하는 과정에 사용하게 되는 시점추적 방법에 대해 설명한다. 어떤 임의의 영상이 주어졌을 때 이에 대한 시점을 추적하는 방법을 그림 1에 명시하였다. 원본 영상을 이용하여 시점이동 변화량을 기본단위로 하여 최대 이동량(ΔN)까지 좌우로 시점 이동된 영상을 만든다. 그리고 주어진 영상과 각 시점이동 영상간의 NCC(Normalized cross correlation) 값을 구하여 가장 NCC가 높은 구간을 찾는다. 여기서 NCC 값이 최대인 시점($k\Delta$)에서 좌우로 시점변화량을 최소량(논문의 경우 0.1cm)으로 하여 $k\pm\Delta$ 까지 시점변화된 영상의 NCC값을 계산하여 가장 큰 시점을 찾는다.

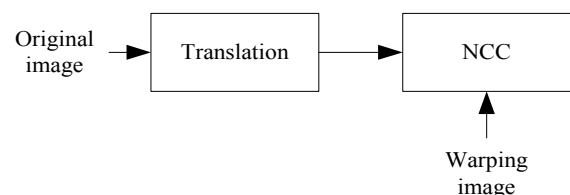


그림 1. 시점추적 알고리즘

그림 2에서는 주어진 시점이동 영상에 다양한 공격을 가하고 그

림 1의 방법으로 계산한 NCC값을 보이고 있다. Δ 는 0.55cm이고 시점 이동은 11 Δ 이었으며, 공격은 가우시안 블러링(B: $\sigma=1$), 인샷프닝(S: $\sigma=3$), 노이즈 첨가(N: 10%), JPEG압축(J: quality=0)을 단일 또는 중복 시행하였다. 주어진 다양한 공격에도 주어진 영상은 11 Δ 의 영상에서 NCC값이 가장 높은 것을 알 수 있다.

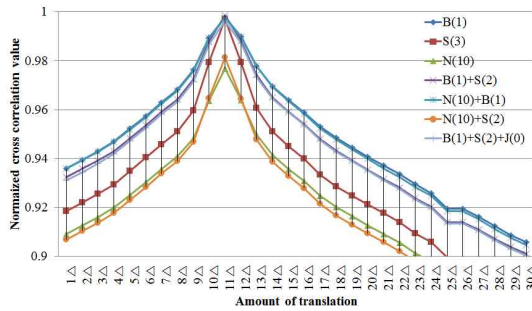


그림 2. 시점 및 다양한 공격에 대한 NCC 값

2.2 워터마크 삽입 방법

워터마크 삽입 알고리즘은 [4]의 알고리즘을 이용하였다. 첫 번째로 휘도영상에 4-level Mallat-tree DWT(discrete wavelet transform)를 수행하여 LL영역의 최소비트평면(least significant bit-plane, LSBP)에서 세 번째 비트평면과 2진 워터마크를 교체한 뒤 IDWT(inverse DWT)를 하여 워터마크된 영상을 얻는다.

2.3 워터마크 추출 방법

임의로 시점이 변화하고 다른 공격이 가해진 영상에서 워터마크를 추출하는 방법은 크게 두 가지로 구성된다.

- (1) 시점추적: 그림 1에서 설명한 NCC를 이용한 방법으로 이동된 시점을 구하고 이를 시점이동하여 원시점의 영상을 얻는다.
- (2) 워터마크 추출: 원시점으로 이동된 영상에서 4-level DWT를 수행하고, 세 번째 LSBP를 추출하여 워터마크를 추출한다.

3. 실험결과 및 분석

실험에 사용된 영상은 표 1과 같다. 이 영상들 중 1,024×768이 아닌 영상은 1,024×768로 축소하여 사용하였다. 4-level Mallat-tree DWT를 수행한 결과는 64×46이었으며, 따라서 워터마크 데이터로 64×46 해상도를 가지는 2진 영상으로 하였다. 그림 3에 사용된 영상의 예와 워터마크 데이터를 나타내었다.

표 1. 실험에 사용한 영상들

이름	해상도	시점수	제공
Art	1,390×1,110	2	Middlebury
Books	1,390×1,110	2	
Dolls	1,390×1,110	2	
Rendeer	1,342×1,110	2	
Laundry	1,342×1,110	2	
Mobile	720×540	3	Philips
Book arrival	1,024×768	16	HHI
Champagne tower	1,280×960	80	Nagoya Univ.
Poznan street	1,920×1,080	9	Poznan
Poznan car park	1,920×1,080	9	



그림 3. 실험에 사용된 영상의 예와 워터마크 데이터

시점추적 방법을 이용하여 임의의 시점으로 이동된 영상의 시점을 찾는 과정은 점진적으로 세분화된 시점을 찾는 방법으로, 그림 4에 예를 보이고 있다. 처음 시점증분의 초기값을 $= 4cm$ 로 주었고, 이 증분에서 가장 높은 NCC값을 갖는 시점을 찾는다.(여기서는 $5\Delta_1$)(그림 4(a)). 이 시점에서 더 작은 시점증분(여기서는 $\Delta_2 = 1cm$)으로 좌우로 Δ_1 까지($4\Delta_1 < x < 6\Delta_1$) 다시 시점을 찾는다(그림 4(b)). 여기서는 $5\Delta_1 + 2\Delta_2$ 가 가장 큰 NC값을 갖는 것으로 나타났으며, 이 값 주위로 시점 증분값을 더 세분하여 검색한다(그림 4(c)). 여기서는 $\Delta_3 = 0.2cm$ 로 하였으며, 최종 추적된 시점은 $5\Delta_1 + 2\Delta_2 + 1\Delta_3 = 22.2cm$ 이다.

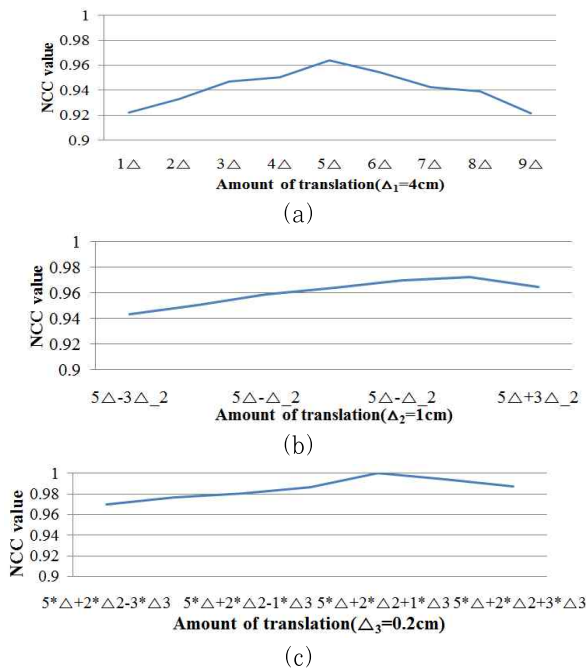


그림 4. 점진적 시점 추적 예시; (a) $\Delta_1 = 4cm$, (b) $\Delta_2 = 1cm$, (c) $\Delta_3 = 0.1cm$.

표 2는 추출한 워터마크 데이터의 오차율의 평균값을 공격별로 분류한 것이다. 먼저, 공격을 가한 영상의 화질은 시점이동만 하였을 때는 40[dB]가 넘지만, 다른 공격의 경우 화질의 열화가 눈으로 확인될 정도의 강한 공격이 가해졌음을 알 수 있다. 시점추적 및 복원을 하지 않았을 경우와 시점복원을 한 경우를 비교해보면 복원한 경우의 오차율이 현저히 낮은 것을 알 수 있다.

표 3은 오차율에 따른 추출한 워터마크를 보이고 있는데, 시점복원을 하지 않았을 경우 추출된 워터마크는 워터마크로서의 기능을 수행할 수 없을 만큼 데이터가 많이 손실된 것을 볼 수 있다.

표 2. 시점이동과 다양한 공격에 대한 추출된 워터마크의 오차율

시점이동($\Delta = 6.43$)			
공격	PSNR	시점복원을 사용안한 경우	시점복원을 사용한 경우
시점이동만	40.12	33.93	1.21
시점 이동 +	Blurring(0.5)	36.45	3.11
	Sharpening(1)	35.87	4.33
	JPEG(Q=0)	32.38	16.95
	JPEG(Q=5)	37.81	4.87
JPEG(Q=12)	39.11	35.24	1.20

표 3. 추출된 워터마크의 오차율 정도

에러율	1.23	3.15	33.87	36.77
추출된 워터마크				

본 논문에서는 새로운 3D영상 워터마크 검출기를 고안하였다. 제안된 방법은 NCC를 기반으로 Translation의 변화량을 점점 줄여가 가장 높은 값을 근사치로 임의의 시점 이동된 영상을 다시 중간시점으로 되돌리는 방법으로 시점 이동된 영상에서 바로 워터마크를 추출하는 것보다 더 낮은 비트-에러율을 확인할 수 있었다. 하지만 이러한 추적 알고리즘을 사용하기 위해서는 너무 많은 정보를 가지고 있어야 하므로 적은 정보를 가지고 시점을 추적했을 때 정확도가 떨어지지 않을 수 있는 방법에 대한 더 많은 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2011-32A-B00297).

참고문헌

- [1] Y. C. Fan and T. C. Chi, "The novel non-hole-filling approach of depth image based rendering," in 3DTV, 2008, pp. 325 - 328.
- [2] Y. H. Lin and J. L. Wu, "A digital blind watermarking for depth-imagebased rendering 3D images," IEEE Trans. Broadcasting., vol. 57, no.2, pp. 602 - 611, Jun. 2011.
- [3] Hee-Dong Kim, Ji-Won Lee, Tae-Woo Oh, and Heung-Kyu Lee, "Robust DT-CWT Watermarking for DIBR 3D Images," IEEE Trans. Broadcasting., vol. 58, no.4, pp. 533 - 543, Dec. 2012.
- [4] Young-Ho Seo, Dong-Wook Kim, "FPGA Design of Real-time Watermarking Processor for 2D DWT-based Video Compression," IEICE TRANS., vol. 85, no.1, pp. 1 - 9, Jan. 2002.

4. 결론