

주파수영역에서의 3차원 다각형 메쉬모델의 워터마킹

배미영* · 이정환*

*안동대학교 전자정보산업학부

Digital Watermarking for Three-Dimensional Polygonal Mesh Models in Frequency Domain

Mi-Young Bae* · Jeong-Hwan Lee*

*School of Electronic & Information Eng. Andong University,

E-mail : mybae@andong.ac.kr

요 약

멀티미디어 데이터 중 3차원 멀티미디어 데이터의 저작권 보호를 위한 기술로 디지털 워터마킹에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 워터마킹 기술은 공간영역에 워터마크를 삽입하는 것과 주파수 영역에 워터마크를 삽입하는 기술로 크게 나누어진다. 본 논문에서는 3차원 깊이정보로부터 다각형 모델링을 구현하고 깊이영상의 저작권보호를 위한 방법으로 먼저 3차원으로 획득된 깊이정보로부터 다각형메쉬(polygon mesh)를 구성하고 3차원 메쉬 데이터를 DCT변환을 이용하여 주파수 영역으로 변환한 후 변환된 주파수 영역에 적용적으로 워터마크를 삽입하고 검출하였다. 깊이영상의 저작권보호를 위한 비가시적이며 강인한 워터마킹 방법을 구현하였다.

키워드

워터마크, 저작권 보호, DCT 변환, 3차원 메쉬 구조.

1. 서 론

최근 정보통신 기술의 급속한 발달로 영상, 음성 등의 멀티미디어 데이터의 제작과 공급이 대량화하고 인터넷과 네트워크 등을 통한 대량 복사 및 분배가 급속하게 늘어감에 따라 디지털 멀티미디어 데이터의 저작권 보호를 위한 디지털 워터마킹(digital watermarking) 방법이 활발하게 연구되고 있다. 디지털 워터마킹은 현재 디지털 데이터를 보호하기 위해 이용되는 암호화(encryption)와는 다른 기법으로서 암호화는 정당한 키를 가진 사용자에 의해 복호된 데이터의 불법 배포를 방지할 수 없지만, 디지털 워터마킹은 워터마크(watermark)라고 하는 인간 시각으로는 지각할 수 없는 소유권 정보(저작자 정보, 또는 이용자 정보)를 디지털 데이터 내에 분리할 수 없는 방법으로 삽입시켜 됨으로써 비소유권자의 불법적인 조작을 막고 필요할 경우 소유권 인증을 위한 방법을 제공하여 주는 방법이다. 특히 고가의 3차원스캐너로 획득한 깊이데이터의 저작권보호를 위한 연구는 매우 중요하다^[1].

공간영역에서의 워터마킹으로는 특정위치의 화

소값을 직접 변화시켜 워터마크를 삽입하는 방법 소 계산량이 비교적 적고 단순하지만 영상압축, 잡음 등에 강인하지 못하여 JPEG등에 적용하기 어려운 단점이 있다. 반면 주파수 영역에서의 워터마킹은 원 영상을 DCT, 웨이블릿 변환등을 통하여 주파수 영역으로 변환하고, 적당한 주파수 대역에 워터마크를 삽입하는 방식이다. 주파수 영역 방법은 추가적인 연산이 필요하지만 영상압축, 잡음 등에 비교적 강인한 특성을 갖는다.

공간영역에서의 대표적인 워터마킹은 원 영상 신호의 최하위비트(LSB)와 워터마크 신호와의 배타적논리합(XOR)의 결과에 따라 미리 정해진 값을 더하거나 빼주어 워터마크를 삽입하는 방식으로 워터마킹을 수행한다. 워터마크를 검출하는 방법은 삽입과정을 반대로 수행하는 것으로 워터마크 삽입된 영상과 원 영상의 차를 비교하여 워터마크를 검출하게 된다^[4].

주파수 영역에서의 워터마킹은 DCT변환 및 웨이블릿변환을 수행하고 주파수 계수를 변경하여 워터마크를 삽입하는 방식이다. DCT 변환을 이용한 방법은 원 영상을 8x8 블록별 DCT를 수행하고, 각 블록의 주파수계수중 중간주파수 영역의

계수를 선택하여 워터마크를 삽입한다^[4].

3차원 모델에 대한 워터마킹 기술은 ohbuchi에 의해서 처음 제안되었다^[1]. 제안한 워터마킹 방법은 공간영역에 의미있는 워터마크 문자열과 패턴을 TSQ(Triangle Similarity Quadruple Embedding), TVR(Tetrahedral Volume Ratio Embedding), MDP(Mesh Density Pattern Embedding)라는 방법을 이용하여 기하요소(geometry)나 위상(topology) 요소들에 삽입하였다. 또한 Ohbuchi는 메쉬의 연결성 정보를 이용해 Kirchoff 행렬을 만들고, 고유벡터(eigenvector)와 고유치(eigenvalue)를 계산한 후 각 꼭지점 좌표를 정규화된 고유벡터 집합으로 투영시켜 주파수 영역(spectral domain)으로 변환시켰다. 이렇게 변환된 영역에 워터마크 신호를 삽입하는 새로운 알고리즘을 제안했으며 최근에 이것을 다시 개선시켜 발표했다.

디지털 워터마킹 기술은 지적 재산권 보호를 위한 기술일 뿐만 아니라 그 응용분야에 따라 불법 유통을 추적할 수 있는 디지털 지문(fingerprinting), 디지털 데이터의 인증(authentication) 및 무결성(integrity), 그리고 라벨링(labeling) 등과 같은 여러 분야에 다양하게 응용되고 있지만 깊이 데이터를 가지고 있는 3차원 데이터에 대한 워터마크 방법은 아직 초보단계이다.

깊이 정보를 가지고 있는 3차원 데이터는 불규칙적인 성질을 가지고 있기 때문에 주파수영역으로 변화가 쉽지 않고, 삽입한 워터마크는 다양한 공격, 메쉬의 간략화, 연결성 정보를 단순화 하거나 변경하는 연결성 정보에 대한 공격에 매우 취약한 특징을 가지고 있다^[1].

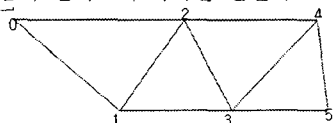
본 논문에서는 3차원 스캐너로 획득된 3차원 깊이정보로부터 다각형모델링을 구현하고 DCT변환을 이용하여 주파수 영역으로 변환 한 후 워터마크를 삽입하는 방법을 연구하였다.

11. 제안된 3차원 메쉬 모델의 워터마킹

본 논문에서는 깊이 정보를 가지고 있는 3차원 데이터에 워터마킹 하는 방법으로 삼각형 스트립 생성과 DCT 변환 워터마크 영상 삽입 및 추출부분으로 나누어진다. 전체적인 워터마크 삽입 블록도는 (그림 2)과 같다.

1. 삼각형 스트립 생성

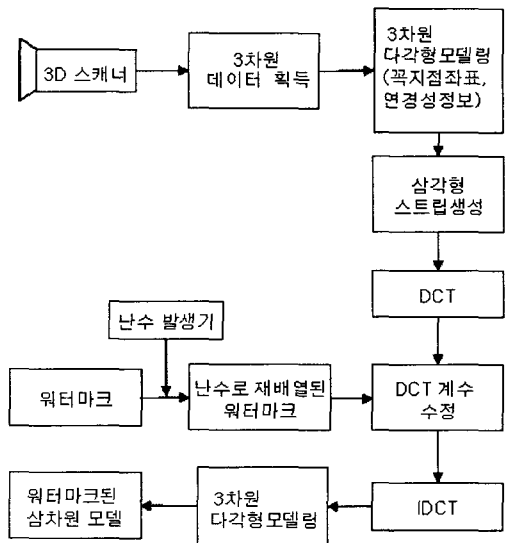
삼각형 스트립이란, (그림 1)에서 공유하고 있는 꼭지점의 인덱스의 목록을 말한다.



(그림 1) 삼각형 메쉬

(그림 1)의 012,123,234,345로 이루어진 삼각형을 Tediman이 제안한 방법으로 메쉬 스트립을 형성하면 012345로 처리된다.

본 논문에서는 3차원 스캐너로부터 얻은 데이터를 깊이 정보를 가진 3차원 메쉬 구조로 변환을 한 후 Terdiman^[6]이 제안한 삼각형 스트립 생성 방법을 이용하여 삼각형 스트립을 생성하였다. 이 방법은 이웃하는 다른 삼각형들과 가장 적게 연결된 삼각형을 초기 삼각형으로 선택하여 출발한 후 출발했던 면으로 다시 연결되거나 메쉬의 끝 부분에 도달하면 스트립 생성을 멈추고 만들어진 세 개의 스트립 중 가장 긴 것을 스트립으로 선택한다.



(그림 2) 3차원 메쉬 모델 워터마킹 방법

2. 워터마크 삽입 및 추출

Terdiman이 제안한 삼각형 스트립 생성 방법으로 생성된 스트립을 8x8 블록으로 나눈 후 각 블록을 순방향 DCT 변환하여 주파수 영역으로 변환하였다.

인간의 시각 시스템의 특성상 고주파 영역에서의 변화보다는 저주파 영역의 변화에 상대적으로 민감하지만 고주파 대역에 워터마크가 첨가되면 다양한 공격에 의해서 워터마크의 견고성이 작아지게 되고 반대로 저주파 대역에 워터마크를 삽입하면 왜곡이 발생하는 단점이 있다.

본 논문에서는 워터마크가 존재하는 화소 즉 1(혹점)의 값을 갖는 화소에 대해서만 난수(random number)를 발생시켜서 이진 영상값이 워터마크 영상 내에 산재하도록 재배치한 후 인간 시각 시스템의 특성을 고려하여 중간주파수 대역에 워터마크 신호를 삽입한다.

워터마크의 추출 과정은 워터마크 신호의 삽입과정과 유사하다. 워터마크를 추출하기 위해서

는 원본 모델과 워터마크가 삽입된 모델 모두 필요하다.

원본 모델과 워터마크가 삽입된 모델 각각의 삼각형 스트립을 형성한 후 DCT변환하여 중간 주파수 대역의 계수를 서로 비교해 워터마크 신호를 추출한 후 삽입 과정에서 사용한 seed 값으로 난수를 발생시켜 검출된 워터마크 영상을 구한다.

III. 결론

본 논문에서는 깊이 정보를 가진 3차원 메쉬 모델의 워터마킹에 대하여 연구하였다. 3차원 메쉬 모델에서 먼저 삼각형 스트립을 생성한 후 DCT변환을 이용하여 주파수 영역으로 변환하고, 인간 시각 시스템의 특성을 고려하여 비시적으로 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다. 삽입한 워터마크의 강인성을 높이기 위해서 워터마크 신호를 반복적으로 삽입하였다.

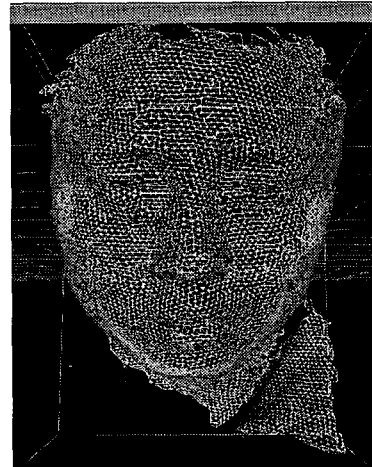
향후과제는 3차원 메쉬 모델을 주파수영역으로 변환하는 방법으로 wavelet방법을 사용해서 워터마크를 삽입하는 방법, 원본 모델이 필요하지 않는 blind워터마크 방법을 연구하고자 한다.

참고문헌

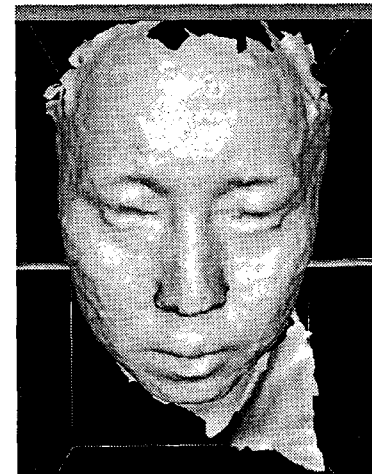
- [1] E.Praun, H. Hoppe, and A. Finkelstein, "Roust Mesh Watermarking," Proceedings of SIGGRAP, pp. 45~46, Aug. 1999
- [2] R.Obuchi, H. Masuda, and M. Aono, "Watermarking 3D Polygon Models", Proceeings of ACM Multimedia, pp. 261~ 272, Nov. 1997.
- [3]I.J.Cox, J.Kilian, T.Leighton, and T.Shammoon,"Secure spread spectrum watermarking for multimedia", IEEE Trans. on Image Processing, vol.6, no.12, pp.1673-1687, Dec. 1997
- [4] I.Cox, M.Miller, and J.Bloom, "Digital Watermarking", Morgan Kaufman, 2002
- [5] R. Obuchi, A. Mukaiyama and S. Takahashi, "A Frequency-Domain Approach to Watermarking 3-D shapes," Computer Graphics Forum 21(3), pp. 373~382, Sept. 2002.
- [6]P. Terdiman, "Creating Efficient Triangle strips," <http://codercorner.com/Strips.htm>
- [7] F. Evans, S. S. Skiena and A. Varshney, "Optimizing Triangle Strips for Fast Rendering," IEEE Visualization'96, pp. 319~326, Oct. 1996.



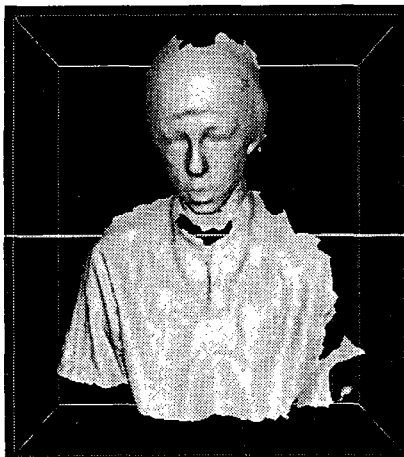
(그림 a) 원영상



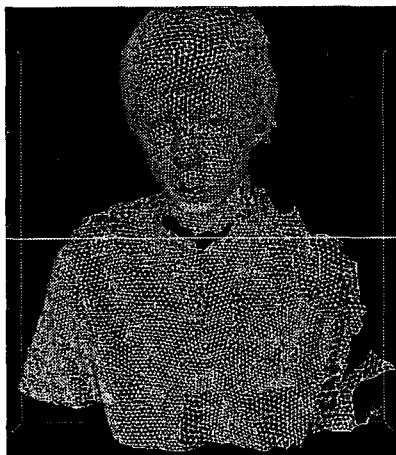
(그림 b) 메쉬 형태



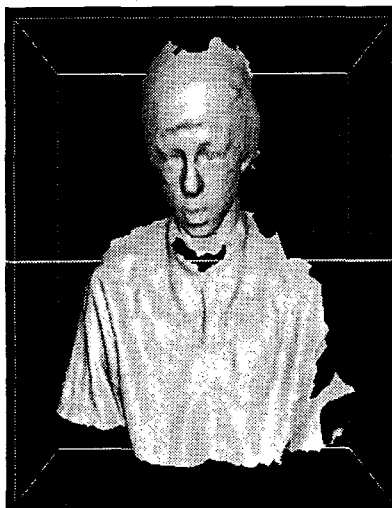
(그림 c) 워터마크 삽입 영상



(그림 d) 원영상



(그림 e) 메쉬 형태



(그림 f) 워터마크 삽입 영상