

# 3차원 형상 인식 시스템에서의 에지 워터마킹

윤재식, 유상욱, 성택영, 김희정, 권성근, 이용주, 권기룡  
부산외국어대학교 전자컴퓨터공학  
삼성전자 무선통신사업부  
동명정보대학교 정보통신공학과

## Edge Watermarking of 3-Dimensional Shape Recognition System

Jae-Sic Youn, Sang-Wook Yoo, Tack-Young Seong, Seong-Geun Kwon, Eung-Joo LEE,  
Ki-Ryong Kwon  
Dept of Electronic and Computer Eng, Pusan Univ of Foreign Studies  
R&D Grop 3, Mobile Communication Division, Samsung Electronics Co.  
Dept Information/Communication Eng, TongMyong Univ of Information Technology

### 요 약

본 논문은 3차원 형상 인식시스템으로부터 스캔 한 3차원 영상 데이터의 깊이정보에 3차원 에지를 추출하여 워터마크를 삽입하는 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘에서는 3차원 수직 평형 형상 인식기로 object scanning을 한 데이터 값들을 추출한다. 이 추출된 값들의 특성은 2차원 영상 즉 x, y축에 각각의 픽셀에 깊이정보를 가지는 3차원영상으로서 기존의 3차원영상과는 다른 차이를 가지며 영상의 품질이 우수하며 많은vertex 정보와 메쉬 정보를 가지고 있다. 따라서 획득된 데이터에서 x좌표와 y좌표는 영상에 있어서 위치를 나타내는 정보이고, z좌표는 3차원영상을 형성하는 깊이 정보들이다. 3차원 형상 인식시스템에서 스캔 한 3차원 얼굴영상으로부터 에지를 검출하여 에지가 존재하는 위치에 워터마크를 삽입하는 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 워터마킹 알고리즘의 성능 평가를 위한 모의실험 한 결과 워터마크가 삽입된 모델의 절단(cropping), 리메쉬(remesh) 및 메쉬간소화(mesh simplification) 공격에 대한 견고성이 우수함을 확인함으로써 3차원형상 인식 시스템에 직접적인 워터마크 삽입이 가능함을 증명하였다.

### 1. 서론

최근에 3차원 형상 모델이 대부분 상업적인 성향을 띠고 있기 때문에 이제 저작권 보호에 대한 필요가 대두되고 있다. 그러나 지금까지의 저작권 보호에 대한 연구는 주로 오디오, 비디오, 정지 영상 등에 대한 워터마킹 기술이 수행되어져 왔다. 이는 3차원 형상 모델이 기존의 미디어와는 다른 특성에 의하여 이에 대한 워터마킹 기술 연구가 많은 어려운 점을 가지고 있기 때문이다.

최근에는 Wed 3D, MPEG4, VRML, 및 3차원 기하학적 CAD 데이터 등의 3차원 데이터에 워터마크를 삽입하는 연구가 시작되어지고 있다.

Ohbuchi 등[1]은 3차원 다각형 메쉬 모델의 메쉬 분광영역 (mesh spectral domain)에서 워터마크를 삽입하는 알고리즘을 제안하였다. 그러나 이 알고리즘은 메쉬 간단화 및 리메쉬 (remesh) 와 같이 메쉬 연결성을 바꾸는 공격에 대하여 견고하지 못하는 단점을 갖는다. Benedens[2]은 3차원 다각형 메쉬 모델의 법선 벡터 분포에 워터마크를 삽입하는 알고리즘을 제

안하였다. 이 알고리즘은 절단과 같이 꼭지점들의 일부분이 제거되는 공격에서는 법선 벡터 분포들이 바뀌어지므로 워터마크를 검출할 수 없는 단점이 있다. Kanai 등[3]이 제안한 알고리즘에서는 3차원 메쉬 모델의 다해상도 웨이블릿 분해를 이용하여 3차원 웨이블릿 계수벡터에 워터마크를 삽입하였다. 이 알고리즘에서 적용된 웨이블릿 분해는 4개의 메쉬를 1개의 메쉬로 분할하는 일정 형태의 부분할 기법이므로, 3차원 메쉬 모델의 위상(topology)을 4-to-1의 연결성으로 바꾸어야 하는 단점이 있다. 최근 국내에서는 높은 정밀도를 필요로 하는 메쉬 데이터 경우에 원형상의 변형 없는 워터마킹 알고리즘이 제안되었다[4]. 이들 방법은 상업적인 STL 파일에서만 적용될 뿐, 웹 기반 하에서의 VRML, Nurves, Voxel 등의 데이터 및 워터마크가 탑재된 3차원형상인식 시스템에서는 적용되지 못한다.

본 논문에서는 3차원 형상인식 시스템의 중심선 추출을 통해 얻어진 vertex정보를 ply파일 포맷으로 변환하였다. 얻어진 데이터의 특징은 2차원 영상에서

와 같은 x좌표 및 y좌표(320x400)를 가지며 동시에 깊이정보를 가지는 z좌표로 되어 있다. 하나의 메쉬는 z좌표의 세 개의 꼭지 점들의 순차적인 연결로 이루어지고 x좌표축과 y좌표축은 정수형이며, z좌표축은 소수 6자리를 가지는 실수 형으로 되어 있다. 그리고 기존의 3차원 형상인식 시스템에서 공개하지 않은 소스파일을 공개해 누구나 자유로이 3차원 그래픽을 표현 할 수 있으며 또한 3차원 형상인식 시스템에 워터마크를 탑재하여 소스를 공개함과 동시에 저작권을 부여하였다. 따라서 본 논문에서 제안한 워터마크가 탑재된 3차원 형상인식 시스템을 이용하여 영상에 직접적인 워터마크 삽입과 추출이 가능함을 증명하였다.

## 2. 제안한 에지워터마킹 알고리즘

### 2.1 3차원 형상인식 시스템의 특성

3차원 형상 인식 시스템의 전체적인 블록도 및 중심선 추출 과정은 그림 1 및 2에서와 같다. 대상물체에 조사된 레이저 빔이 레이저 빔 축에 대하여 기울어진 광학계의 렌즈에 의해 광센서(linear CCD) 면에 결상되는 것으로 신호처리를 통하여 결상된 레이저 빔의 위치를 추출하고 측정 대상체의 높이 정보를 계산한다.

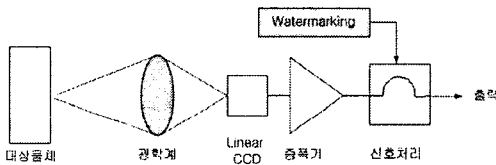


그림 1. 3차원 형상인식 시스템의 전체 블록도

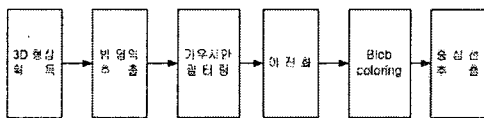


그림 2. 레이저 빔 추출을 위한 영상처리 과정

3차원 형상인식 시스템은 처리 속도를 위해 640x480 영상에서 레이저 빔이 조사한 영역만을 추출한다. 이 영역의 선택은 세로축으로 누적분포함수를 구한 후 피크치를 중심으로 상하로 일정한 영역을 택한다. 그 다음으로 3(H)x7(V) 방향성 가우시안 필터링을 취한다. y축으로 스캔하면서 각 라인에 대한 피크치를 선택해 레이저 라인을 검출한다.

여기서 다시 레이저 라인의 범위를 제한하기 위해 피크치 상하로 1개씩의 화소를 택해 이진 영상을 만든다. 이진 영상에서 영역채색(blob coloring)을 하면서 영역이 작은 화소는 잡음으로 간주하여 제거하여 중심선을 최종 추출한다.

### 2.2 워터마크 삽입 알고리즘

제안한 알고리즘은 그림 3과 같이 3차원 형상 인식 시스템에서 중심선을 추출하고 추출된 데이터에서 얼굴영상을 형성하는 좌표들 중 깊이 값을 가지는 z좌표축에서 에지를 검출한 후 검출된 에지를 이용하여 원 영상에 워터마크를 삽입한다. 그림 4는 3차원 에지를 검출하는 연산자와 원영상이며 그림 5은 검출된 3차원 에지영상이다. (a)와 같이 관측점을 x축 방향으로 -45° 각도에서 3차원 에지영상을 확인 할 경우 2차원 영상에서와는 달리 에지가 z좌표축으로 돌출되어 있는 것을 확인할 수 있다.

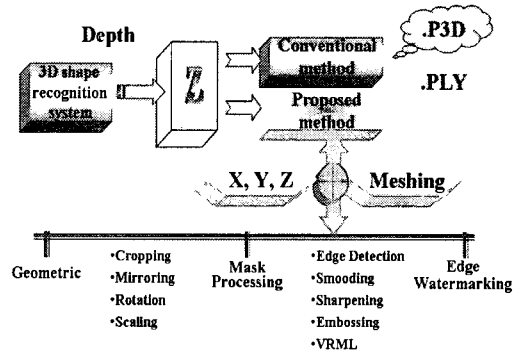


그림 3. 3차원 형상 인식 시스템에서의 PLY파일 포맷 생성 과정의 전체 블록도.

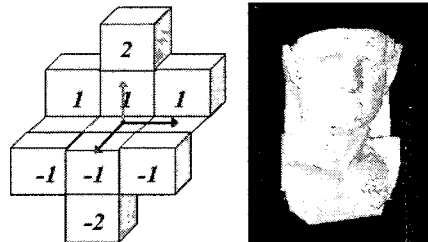


그림 4. 3차원 에지검출 연산자와 원영상

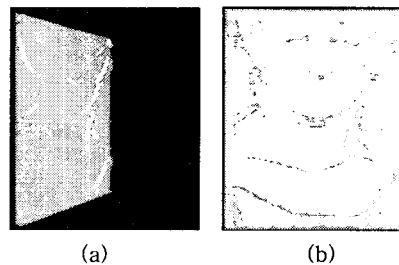


그림 5. 3차원 에지영상

그리고 워터마크 삽입 알고리즘 블록도는 그림 6에서와 같다.

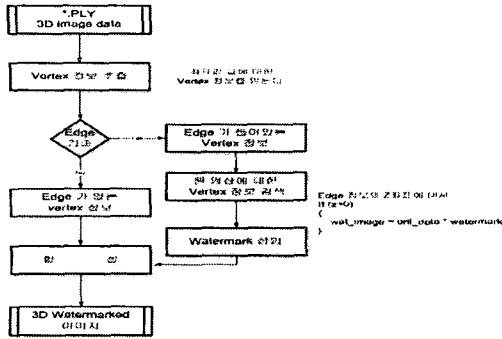


그림 6. 제안한 3차원예지워터마크 삽입 알고리즘 블록도

제안한 알고리즘에서는 3차원 형상 인식 시스템에서 좌표값 z축을 추출 한 후 얼굴영상에 에지를 가지는 위치에 대해서 Cox 등[5]이 제안한 곱의 공식을 이용하여 워터마크를 삽입하였다. 삽입 알고리즘은 다음 식과 같다.

$$Z' = Z(1 + \alpha w) \quad (1)$$

여기에서  $Z'$ 는 워터마크가 삽입된 z축의 좌표값이며  $Z$ 는 원영상의 z축의 좌표값이다. 그리고  $w$ 는 워터마크이며  $\alpha$ 는 삽입강도이다. 워터마크가 삽입된 좌표값은 워터마크가 삽입되지 않은 좌표값과 조합된 후 메쉬 정보를 합쳐져 최종적으로 워터마크가 삽입된 3차원 영상을 얻는다.

### 2.2 워터마크추출 알고리즘

먼저 워터마크가 삽입된 계수를 찾기 위해 3차원 영상과 워터마크가 삽입된 영상 각각에서 좌표값 z축을 예지영상과 비교하여 에지가 있는 부분을 선택한 다음 식과 같이 워터마크를 추출한다.

$$w' = \left( \frac{Z'}{Z} - 1 \right) / \alpha \quad (2)$$

$$Sim = \frac{w' \times w}{\sqrt{w' \times w'}} \quad (3)$$

여기서  $w'$ 는 공격을 받은 3차원 영상에서 추출한 워터마크이며, 다음으로 식 (3)과 같이 분모를 자기상관(auto correlation)함수를 구하고 분자를 상호상관(cross correlation)함수를 구해서 추출한 워터마크와 원래의 워터마크와의 상관도를 구해서 검출과 검출하지 못하는 정도를 구별하는 문턱값  $T$ 는 Cox 등[5]이 제시한 문턱값( $T=6$ )을 사용하여 그림 7과 같이 추출하였다.

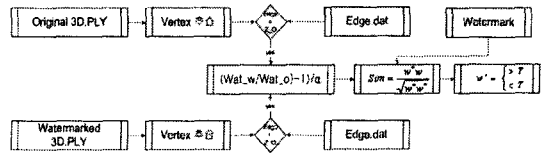


그림 7. 워터마크 추출 알고리즘 블록도

### 3. 실험결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 워터마크가 탑재된 3차원 형상 인식 시스템을 이용한 예지워터마킹 기법의 성능을 평가하기 위하여 컴퓨터 모의실험을 행하였다. 시험에 대한 공격으로는 절단, 메쉬간소화 및 리메쉬 공격을 실험 하였으며, 이 실험에서의 삽입 강도  $\alpha$ 는 0.001을 사용하였다. 그리고 메쉬 간소화 공격을 하기 위해 Meshtoss.1.0.2 를 사용하였다.

3차원 형상 인식 시스템에서 추출한 128,000개의 vertex 정보 및 254,562 개의 메쉬정보를 PLY 데이터 포맷에 맞추었고, 3차원 형상 인식 시스템 특성상 물체 대상을 스캔 할 수 있는 범위가 단면으로 한정되어 있고, 좌표 x, y(320x400)축에 한 픽셀당 공간을 형성하는 깊이값 정보를 가지는 z좌표축으로 구성되어 있다. 그림 8은 원 영상과 워터마크가 삽입된 영상이다.

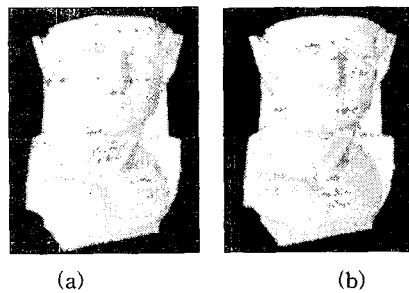


그림 8. (a)원영상과 (b)워터마크가 삽입된 영상

그림에서와 같이 워터마크를 삽입 후에도 영상에는 화질의 열화가 거의 없었으며 제안한 워터마킹 알고리즘의 견고성을 평가하기 위하여 워터마크가 삽입된 모델에 절단, 리메쉬 및 메쉬간소화 공격 등을 적용하였다. 표 1,2는 각각의 공격에 대한 실험결과이고, 그림 9와 10은 3차원영상에 대한 상관도를 비교한 그림과 절단(60%)공격에 대한 영상과 다른 각도에서 관찰한 영상이며 또한 메쉬간소화 공격에 대한 영상은 그림 11과 같다. 제안한 알고리즘에서는 공간을 형성하는 깊이값 즉 z좌표축에 워터마크를 삽입하므로 각각의 공격 후에도 워터마크 존재유무를 확인 할 수 있었다.

표 1. 절단 및 리메쉬 공격에 대한 견고성 실험 결과

Attacks	CR	Attacks	CR
Cropping 10%	99.18	Cropping 60%	40.11
Cropping 20%	84.35	Cropping 70%	31.05
Cropping 30%	75.84	Cropping 80%	19.30
Cropping 40%	69.75	Cropping 90%	10.72
Cropping 50%	59.24	Remesh	123.19

표 2. 메쉬간소화 공격에 대한 견고성 실험 결과

Attacks	Watermark 개수
Simplification 0.00%	768
Simplification 0.01%	185
Simplification 0.03%	142
Simplification 0.05%	101
Simplification 0.1%	56
Simplification 0.5%	32

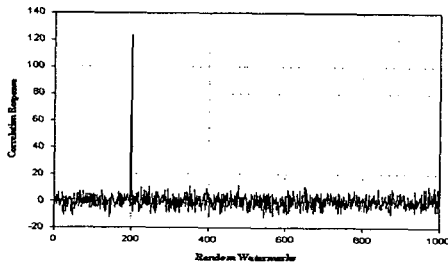


그림 9. 3차원 영상에 대한 상관도 비교(CR=123.19)

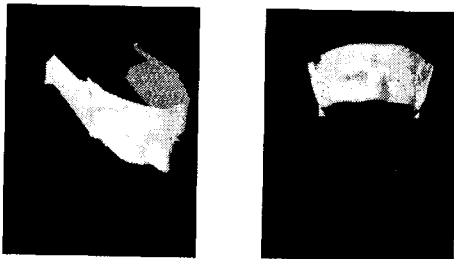


그림 10. 절단공격에 대한 영상



<원영상>

<simplified 0.01%>



<simplified 0.1%> <simplified 0.5%>

그림 12. 메쉬간소화공격에 대한 영상

이 결과로 제안한 워터마크가 탑재된 3D 영상 인식 시스템에 워터마크를 삽입하는 방법을 통하여 멀티미디어 콘텐츠의 저작권 보호를 위한 콘텐츠 내 저작권의 정보은닉 하는 것이 가능함을 증명하였다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 3차원 영상에 예지부분에 워터마크가 탑재된 3차원 영상 인식 시스템을 제안하였다. 제안한 방법에서는 3차원 영상 인식 시스템에서 추출한 vertex 정보에 적정한 메쉬 구현을 통해 PLY파일 포맷 형태의 데이터를 구현하였으며 이 데이터에 직접 워터마크를 삽입하였고 워터마크가 삽입된 데이터에 절단, 리메쉬 및 메쉬간소화공격에도 우수한 견고성을 보였다. 또한 3차원 영상 인식 시스템에 직접적인 워터마크 삽입이 가능함을 증명할 수 있었다.

**Acknowledgment : This work was supported by the Brain Busan 21 Project in 2003.**

#### [참고문헌]

- [1] R. Ohbuchi, H. Masuda, and M. Aono, "Geometrical and Non-geometrical Targets for Data Embedding in Three-Dimensional Polygonal Models," *Computer Communication*, vol. 21, 1344-1354, 1998.
- [2] O. Benedens, "Geometry-Based Watermarking of 3D Models," *IEEE CG&A*, pp. Jan/Feb. 1999.
- [3] T. Kanai, MeshToSS Version 1.0.1, <http://graphics.sfc.keio.ac.jp/MeshToSS/indexE.html>.
- [4] 김기석, 천인국, "패속조형 시스템을 위한 3차원 기하학적 형상인 STL의 디지털 워터마킹," *멀티미디어학회 논문지 제5권 제5호*, 552-561, 2002.10.
- [5] I. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamon, "Secure Spread Spectrum watermarking for Multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, Dec. 1997.