

3차원 포인트 데이터에 강인한 워터마킹 기법

박상욱, 이영윤, 이상욱

서울대학교 전기컴퓨터공학부, 뉴미디어통신공동연구소

supark@ipl.snu.ac.kr, yylee@ipl.snu.ac.kr, sanguk@ipl.snu.ac.kr

Robust Watermarking Algorithm for 3-D Point Model

Sang-Uk Park, Young-Yoon Lee, and Sang-Uk Lee

School of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul Nat'l Univ.

요약

본 논문에서는 3차원 포인트 데이터 모델에 적용할 수 있는 강인한 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 특히, 3차원 모델이 대용량의 보다 정밀한 표현을 요구함에 따라 제안된 QSplat 구조에 적용함으로써 실용성을 높였다. 제안하는 알고리즘은 QSplat 트리에서 구의 좌표정보(geometry information)를 상·하위간의 계층구조 관계를 이용하여 양자화 기법을 이용할 때 양자화 색인을 변경함으로써 원하는 워터마크 정보를 삽입한다. 효율적인 워터마킹을 위해 인간의 시각이 둔감한 모델의 복잡한 부분을 정의하고 적절한 수의 워터마크를 삽입한다. 이때, 3차원 모델을 계층적 트리에 의해 비슷한 크기로 일정하게 나누어 각 부분에 같은 워터마크 코드를 반복적으로 삽입함으로써 공격에 대한 강인함(robustness)을 높인다. 또한 의사잡음수열(pseudo random noise sequence)을 이용해 워터마크를 부호화함으로써 시스템의 안정성을 높였다. 이와 같은 알고리즘은 법선(normal)정보와 색깔(color)정보에도 동일하게 적용된다. 제안하는 알고리즘이 시각적으로 원본 영상과 큰 차이가 없으며 모델의 축방향 이동, 부분제거(cropping)나 잡음 삽입 및 손실공격에 강인함을 다양한 실험을 통해 보인다.

I. 서론

최근 네트워크 기술과 인터넷의 급속한 보급으로 문서, 음성, 오디오, 영상, 동영상 등의 디지털 멀티미디어의 사용이 보편화되었다. 그러나 디지털 데이터는 복제가 용이한 특성을 가지고 있어서, 불법 복제 또한 쉽게 이루어질 수 있다. 결국, 디지털 콘텐츠 사업자들의 저작권 및 소유권을 보호하고 불법 복제 및 사용을 방지할 수 있는 대책이 절실히 요구되고 있다. 이러한 문제의 해결책으로 최근 디지털 워터마킹(watermarking) 기법이 활발히 연구되고 있다.

한편 인간의 시각적 욕구는 2차원 영상에 만족하지 못하고 실제적인 3차원 영상을 요구하고 있다. 이에 따라 많은 분야에서 3차원 데이터를 적용하려는 노력이 있으며, 이는 게임이나 영화 산업에서 적극 활용되고 있다. 3차원 모델을 표현하는 기법으로 메시(mesh), 복셀(voxel), 포인트(point) 등이 연구되고 있다. 메시는 물체의 표면을 삼각형으로 표현하게 되며 각 점의 좌표 정보(geometry information)와 그에 대한 연결정보(connectivity information)로 이루어진다. 복셀은 2차원 영상의 픽셀(pixel)의 확장된 개념으로 3차원 직교좌표의 격자들을 이용하여 모델을 표현한다. 마지막으로 포인트는 점들의 좌표정보로 이루어지며, 원이나 사각형, 구 등의 형태로 적절히 렌더링(rendering)함으로써 3차원 모델을 표현한다.

본 논문에서는 최근 큰 관심을 받고 있는 3차원 모델 데이터인 포인트 구조에 적용할 수 있는 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 지금까지 3차원 워터마킹은 주로 메시에 대하여 연구되고 있으며[1-3], 복셀에 대한 워터마킹은 의료영상의 응용을 위해 연구되고 있다[4,5]. 포인트 워터마킹 기법의 경우는 포인트 데이터를 이용해 임의의 연결정보를 생성한 뒤, 주파수 분석(spectral analysis)[6]을 적용한 워터마킹 알고리즘[7]과 이에 주성분 분석(principal analysis)을 첨가한 알고리즘[8]이 제안된 바 있다. 그러나 두 알고리즘은 검출 과정에서 원본이 요구되는 단점을 지닌다.

제안 알고리즘은 포인트를 표현하는 알고리즘의 하나인 QSplat 구조를 기본으로 좌표 정보와 법선정보, 색깔정보에 대해 이루어지는 균일 양자화의 색인을 변화시킴으로써 원하는 워터마크 신호를 삽입하게 된다. QSplat에서 구성되는 계층적인 구조로부터 인간의 시각모델을 고려하여 워터마크를 삽입함으로써 워터마크에 의한 화질열화를 최소화한다. 3차원 모델의 표면을 일정하게 나눈 뒤, 각 부분에 동일한 워터마크를 삽입함으로써 잡음 및 부분제거 공격에 강인한 워터마킹이 된다. 의사잡음수열을 이용해 워터마크를 부호화함으로써 시스템의 보안성을 높인다. 또한 워터마크 검출과정에서 원본 데이터를 요구하지 않는 블라인드(blind) 기법을 제안한다.