

OpenGL을 이용한 모델기반 3D 다시점 영상 객체 구현

오원식* 김동욱** 김화성*** 유지상*

광운대학교 전자공학과*, 전자재료공학과**, 전자통신공학과***

*lunarticl@image.kw.ac.kr, **dwkim@daisy.kw.ac.kr, ***hwkim@daisy.kw.ac.kr

*jsyoo@daisy.kw.ac.kr

Model-based 3D Multiview Object Implementation by OpenGL

Oh, Won-Sik* Kim, Dong-Wook** Kim, Hwa-Sung*** Yoo, Ji-Sang*

*Dept, of Electronics Engineering, **Dept, of Electronic Materials Eng, ***Dept. of Electronic and Communications Eng, Kwangwoon University

요약

본 논문에서는 OpenGL Rendering을 이용한 모델기반 3D 다시점 영상의 객체 구현을 위한 구성과 각 모듈에 적용되는 알고리즘에 대해 중점적으로 연구하였다.

한 장의 텍스처 이미지와 깊이 맵(Depth Map)을 가지고 다시점 객체를 생성하기 위해, 먼저 깊이 정보의 전처리 과정을 거친다. 전처리 된 깊이 정보는 OpenGL상에서의 일정 간격의 꼭지점(Vertex) 정보로 샘플링 된다. 샘플링 된 꼭지점 정보는 깊이 정보를 z값으로 가지는 3차원 공간 좌표상의 점이다. 이 꼭지점 정보를 기반으로 텍스처 맵핑(texture mapping)을 위한 폴리곤(polygon)을 구성하기 위해 델루이니 삼각화(Delaunay Triangulations) 알고리즘이 적용되었다. 이렇게 구성된 폴리곤 위에 텍스처 이미지를 맵핑하여 OpenGL의 좌표 연산을 통해 시점을 자유롭게 조절할 수 있는 객체를 만들었다.

제한된 하나의 이미지와 깊이 정보만을 가지고 좀 더 넓은 범위의 시점을 가지는 다시점 객체를 생성하기 위해, 새로운 꼭지점을 생성하여 폴리곤을 확장시켜 기존보다 더 넓은 시점을 확보할 수 있었다. 또한 렌더링된 모델의 경계 영역 부분의 깊이 정보 평활화를 통해 시각적인 개선을 이룰 수 있었다.

1. 서론

인간의 시각 인식 시스템은 좌안 및 우안으로 얻은 영상의 미세한 차이를 뇌에서 처리하여 깊이 정보를 추출함으로써 입체감을 느낄 수 있다. 두 개의 시점으로부터의 영상정보만을 이용하는 스테레오방식의 영상 시스템은 오직 관찰자에게 깊이 정보만이 부여되므로 특정 시점에서의 입체영상만을 볼 수 있을 뿐이다. 따라서 보다 향상된 3차원 영상을 보기 위해서는 룩아라운드(Look-around)기능 및 연속된 운동시차(Continuous motion parallax)가 부여되어야 한다[1].

다시점 3차원 영상 시스템은 관찰자에게 많은 시점(View Point)을 제공하여 보다 고품질의 현실감과 편안한 관측이 가능하도록 하지만, 이를 위해서는 너무 많은 영상 데이터를 필요로 한다. 따라서 영상 데이터의 큰 증가 없이 많은 시점을 생성하는 방법으로 중간영상합성(Intermediate view synthesis)이 주로 이용되고 있다[2]. 이러한 중간영상 합성에는 좌우 영상으로부터 얻어진 변이값(Disparity value)을 이용하는 변이 추정(Disparity estimation)방식과 Z-CAM등과 같은 깊이 정보(Depth Map)를 포함하는 영상을 획득할 수 있는 카메라로부터 얻어진 이미지를 3D 좌표상에 렌더링(Rendering)하여 좌표계산을 통한 자유 시점을 구성하는 방식이 있다.

변이 추정방식의 경우 화소 기반(Pixel-based)과 블록 기반(Block-based), 특징 기반(Feature-based), 객체 기반(Object-based) 등으로 나뉜다. 먼저 화소 기반의 경우 각 영상의 화소 단위로 변이정보를 찾는 방식이며, 블록 기반 방식은 영상을 일정한 크기의 블록 혹은 가변 블록으로 나눈 후 블록 단위의 변이정보를 할당하는 방식이다. 또한 특징 기반 방식은 영역, 선, 경계, 경계선의 방향, 변화량의 크기 등 영상의 특징을 사용하여 변이를 추정하는 것으로 블록 기반 등의 다른 정합 방식의 응용으로 많이 쓰인다. 객체 기반 방식은 영상을 객체 단위로 분할(Segmentation)한 후, 변이를 추정하는 방식이다.

깊이 정보를 이용한 렌더링 방식의 경우 Direct3D나 OpenGL과 같은 3차원 렌더링 툴킷(Toolkit)을 이용하여 깊이 정보를 Z좌표로 지정 후 3차원 좌표 위에 표시한다, 그리고 Delaunay 삼각화 등을 통한 폴리곤 생성과 텍스처 맵핑(Texture Mapping)을 거쳐 자유 시점을 구현할 수 있는 하나의 객체를 생성한다.

본 논문에서는 3차원 영상 표시 방식 중에서 현재 활발히 연구되고 있는 다시점 영상 표현에 있어 Z-CAM등을 통해 얻어진 깊이 정보(Depth Map)가 존재하는 실사 영상을 OpenGL Rendering을 이용해 모델 영상을 분리한 후 삼각화 과정을 통한 하나의 3D객체로 표현하였다. 이러한 방법에 있어 제안하는 여러 가지 알고리즘을 통하여, 깊

이 정보가 포함된 이미지를 3차원 좌표 상으로 옮겼을 때 야기되는 시점의 한계를 극복하고, 주관적인 관점에서 더 나은 영상을 표현할 수 있었다.

2. 제안하는 알고리즘

가. 전처리

ZCAM으로 획득된 깊이 정보 영상은 장비의 성능 한계로 인하여 촬영 환경을 알맞게 조성하여도 노이즈와 왜곡이 생기게 된다. 정확한 모델의 분리와 삼각 메쉬화를 위해서 획득된 깊이 정보 영상의 전처리를 시행하여야 한다. 이를 위해 영상 내에서 원하는 정보를 추출하기 위한 모폴로지 기법으로 그레이 영상의 침식(Erosion)과 팽창(Dilation) 연산을 사용하였다. 이 연산들은 다음과 같이 정의된다.

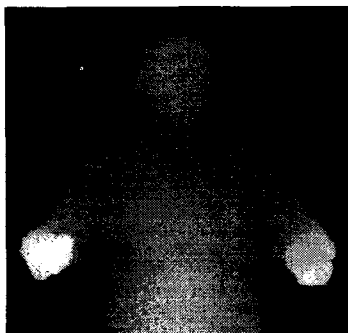
그레이 영상 침식 연산

$$(f \ominus g)(x) = \text{MAX}\{y : g(z - x) + y \ll f(z)\}$$

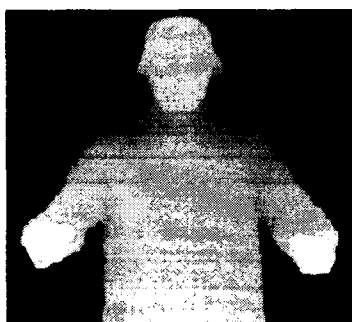
그레이 영상 팽창 연산

$$(f \oplus g)(x) = \text{MIN}\{y : -g(-(z - x)) + y \gg f(z)\}$$

이진 영상과 달리 그레이 영상에서는 각 픽셀이 취할 수 있는 값의 범위가 0~255이므로 구조 요소의 밝기값의 분포가 주어진 그레이 영상의 밝기값 분포와 비교하여 포함 또는 비포함을 비교하게 된다. x 지점에서 그레이 영상 침식 연산의 결과는 구조 요소 g를 x만큼 평행 이동 후 g의 모든 위치에서의 값이 f보다 작기 위한 y값들 중 최대의 값을 x위치에서의 값으로 선택한다. 또한 x지점에서의 그레이 영상 팽창 연산의 결과는 구조 요소 g를 원점에 대해 대칭 이동한 후 g의 모든 위치에서 f보다 크기 위한 y값들 중 최소의 y값을 x위치에서의 값으로 선택한다[3]. 그림 1은 이러한 전처리 과정으로 노이즈와 왜곡이 감소되고 대비의 폭이 완만해 졌음을 보여주고 있다.



(a) 획득된 깊이 정보 영상



(b) 전처리를 거친 깊이 정보 영상

그림 1. 획득된 깊이 정보에서 추출된 특징점

나. 특징점 추출

3차원 위치 정보를 8비트의 회색 영상(Gray image)으로 표시하는 깊이 정보를 획득하기 위해 적외선 센서의 TOF(Time of Flight)방식을 이용하는 깊이 정보 획득 카메라인 ZCam™을 이용하였다. 획득된 영상은 720×486의 SD급 영상인데, 이로부터 추출되는 전체 픽셀수는 메쉬를 생성하기에 부적절하게 많은 양이 된다. 따라서 적은 수의 의미 있는 점들을 추출하여 데이터의 양을 감소시키는 적응적인 샘플링 과정이 요구된다. 적응적 샘플링의 기본 개념은 깊이 변화가 큰 영역에서 많은 점을 추출하고, 변화가 적은 영역에서는 적은 수의 점을 추출하는 것이다. 그림 2에서는 적응적인 샘플링을 통해 추출된 특징점을 보여주고 있다[4].

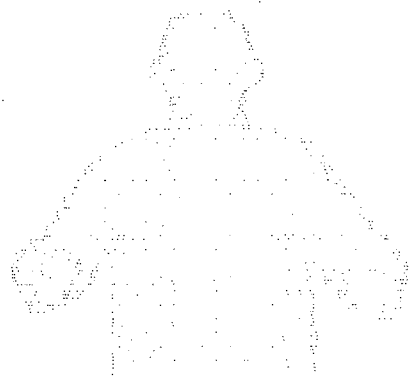


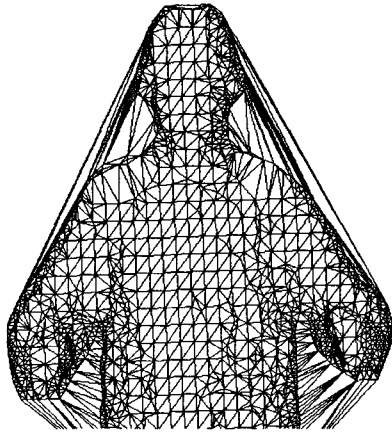
그림 2. 획득된 깊이 정보에서 추출된 특징점

다. Delaunay 삼각화

Delaunay 삼각화 기법은 임의의 위치에 있는 점 데이터들로부터 비정규적인 모양의 삼각형 망을 생성하는 효율적인 방법이다. 삼각형 메쉬를 생성하는 과정에서 두 점으로 이루어진 에지(Edge)정보와 한 삼각형과 이웃하는 3개의 삼각형을 바로 접근할 수 있는 삼각메쉬의 자료 구조를 알 수 있다. 이는 특정 조건에 따라 삼각형 메쉬를 재구성하는데 용이하게 사용된다[4].

여기서는 깊이 영상으로부터 추출된 특징점의 X좌표와 Y좌표를 이용하여 2차원 Delaunay 삼각화 기법을 사용하였다. 그림 3은 2차원에서 생성된 삼각메쉬를 보여주고 있다. 보통 Delaunay 삼각화 기법은 컨벡스 헵 형태의 메쉬를 생성하기 때문에 모든 점에 대해 삼각 메쉬가 생성된다. 정확한 모델을 분리해내기 위해서는 모델의 경계 부분에서 생성되는 삼각형들을 제거하여야 한다.

그림 3에서 보이는 것처럼 경계 부분에서 생성되는 삼각형의 세 꼭지점은 전부 경계 영역에 위치한 점임을 쉽게 알 수 있다. 외부의 불필요한 삼각형을 제거하기 위해서 미리 특징점을 추출할 때 경계 영역을 버퍼에 마킹(Marking)한다. 이후 OpenGL의 렌더링(Rendering)과정에서 버퍼에 저장되어진 마킹 정보를 참조하여 삼각형의 세 꼭지점이 경계 영역으로 이루어진 삼각형을 제거할 수 있었다. 그림 3은 이러한 경계 영역의 삼각형이 제거된 메쉬를 보여준다.



(a) 획득된 특징점을 이용한 Delaunay 삼각화 결과

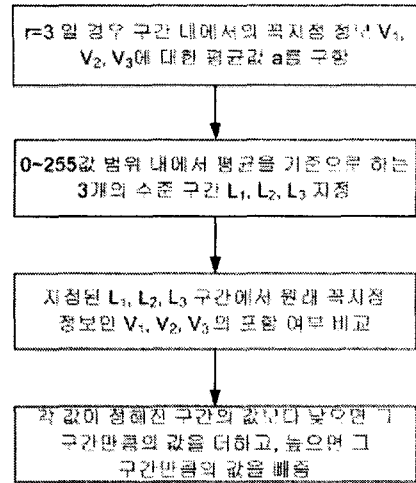
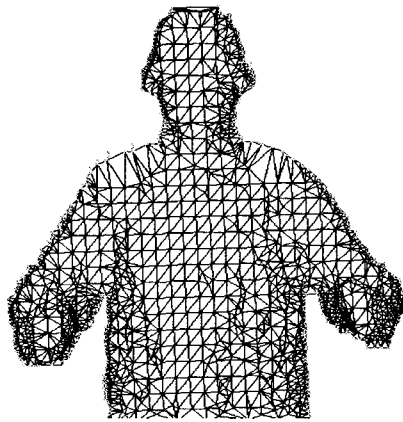


그림 4. 경계 영역 깊이 정보 평활화 과정



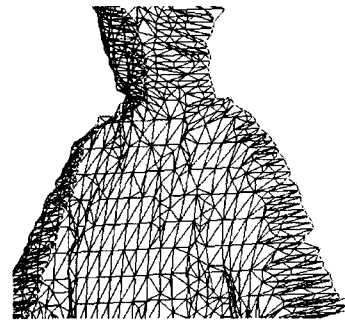
(b) 경계 영역으로 이루어진 삼각형들이 제거된 결과

그림 3. 깊이 정보를 이용한 2D Delaunay 삼각화

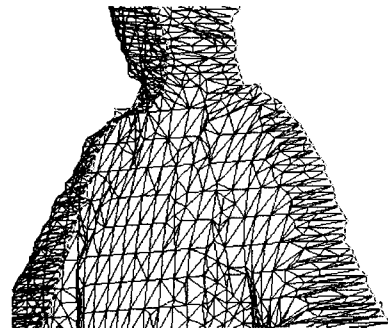
라. 경계영역 깊이 정보의 평활화

ZCAM에서 획득되는 깊이 정보는 대체로 균일하지만 모델을 분리해 내고 시점을 이동하였을 경우 경계 영역 깊이 정보의 약간의 불균일성만으로도 모델의 경계 영역 주변이 매우 심한 격차를 보이게 된다. 이러한 현상을 제거하기 위해서 추출된 모델의 렌더링 과정에서 경계 영역 부분의 깊이 정보 평활화 처리가 필요하다.

먼저 평활화 처리를 위해 임의의 경계 영역 꼭지점(Vertex) 정보 구간을 r 을 설정한다. 그리고 설정된 구간에서의 깊이 정보들의 평균값 a 를 구한다. 이렇게 구하여진 평균값을 기준으로 평활화 할 깊이 정보를 0과 255값 이내에서 상위, 평균, 하위 3개의 수준(Level)을 정의한다. 이렇게 정의된 깊이 정보 비교 수준을 가지고 처음 설정하였던 임의의 구간의 원래 깊이 정보와 비교하여 너무 높은 값을 가지면 수준을 한 단계 낮춘 값을 적용하고, 너무 낮은 값을 가지게 되면 한 단계 높은 수준의 값을 적용한다. 또한 평균과 비교하여 임의의 설정값 내에서 큰 차이가 없을 경우 평균값을 적용한다. 그림 5는 경계 영역 꼭지점 정보의 평활화 처리 전후를 비교한 그림이다. 평활화 전의 불균일성이 많이 개선된 것을 알 수 있다.



(a) 평활화 전의 모델 와이어 프레임 (부분 영상)



(b) 평활화 후의 모델 와이어 프레임 (부분 영상)

그림 5. 경계 영역 깊이 정보의 평활화

마. 경계 영역의 꼭지점 정보 확장

ZCAM에서 획득된 영상은 그 자체로도 어느 정도의 시점 이동이 가능하지만 보편적인 기준에서의 다시점 영상을 표현하기에는 부족하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 삼각 메쉬화된 모델의 경계 영역의 꼭지점 정보를 참조하여 새로운 꼭지점 정보를 생성하고 새로운 폴리곤 영역을 확보하여 좀 더 넓은 시점을 확보할 수 있었다.

우선 기존 정의된 경계 영역의 꼭지점 정보를 비퍼에 저장한 후 새로운 꼭지점 정보의 생성을 위한 인덱스를 생성한다. 이 때 추출된 전체 꼭지점의 개수를 새로 생성된 인덱스 개수만큼 늘려주어야 하며 이는 삼각화 처리의 기준이 된다. 새로 생성된 인덱스에 확장되는 꼭지점 정보가 입력되며, 이는 앞에서 제안한 경계 영역 깊이 정보 평활화

처리를 거친 기존 경계 영역의 꼭지점 정보에서 임의의 동일한 구간 만큼 떨어진 지점에 위치하게 된다. 그림 6은 확장된 경계 영역의 와이어 프레임 형태를 보여준다.

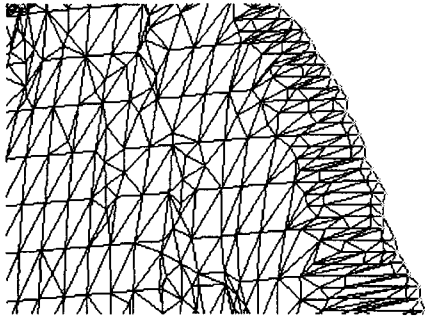


그림 6. 확장된 경계 영역을 보여주는 모델 와이어 프레임 (부분 영상)

4. 실험 결과

제안한 알고리즘을 통해 최종적으로 분리된 모델의 텍스처링을 시행한 결과 좌우 각각 10도 정도의 시점을 확보할 수 있었다. 그림 7의 (a), (b), (c)는 각각 좌측으로 10도 회전한 영상, 회전하지 않은 영상, 우측으로 10도 회전한 영상을 보여주고 있다. 이 범위 내에서 OpenGL 렌더링 연산을 통하여 자유로운 연속 시점의 표현이 가능하다.



(a) 좌측으로 10도 회전한 결과 영상



(b) 회전하지 않은 영상



(c) 우측으로 10도 회전한 영상

그림 7. 텍스처링을 거친 최종 결과 영상

5. 결론

본 논문에서는 깊이 카메라로 획득되어진 깊이 정보의 왜곡과 노이즈를 줄이기 위해 모폴로지 연산을 통한 영상 전처리를 적용한 후, 개선된 깊이 정보를 이용하여 특징점을 추출하고 Delaunay 삼각화를 통해 분리된 모델을 메쉬 모델링하는 알고리즘을 제안하였다. 기존의 Delaunay 삼각화에서 발생하는 경계 영역에서의 삼각메쉬를 제거하기 위해 경계 영역의 마킹과 참조 기법을 적용하였고, 경계 영역 정보의 평활화를 통해 시각적으로 개선된 영상을 얻을 수 있었으며, 기존 경계 영역에서 새로운 꼭지점 정보를 생성하여 텍스처링이 가능한 폴리곤을 확장시켜 기존보다 좀 더 넓은 시점을 확보할 수 있었다.

6. 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-10199-0) 지원으로 수행 되었습니다.

7. 참고 문헌

- [1] 성준호, 이성주, 김성식, 하태현, 김재석 “3차원 중간영상의 합성을 위한 쿼드트리 기반 변이추정 방법” 방송공학회 논문지 2004년 제9권 제3호
- [2] 손광훈, 김한성 “다시점 영상의 변이 추정 및 중간 시점 영상 합성” 방송공학회지 제6권
- [3] 강동중, 하동은 “Visual C++을 이용한 디지털 영상처리” 사이텍미디어
- [4] 박정철, 김승만, 이관행 “경계라인 제약조건을 이용한 깊이 맵 기반 메쉬 모델링” 광주과학기술원