

영상 기반 가상 환경 생성을 위한 메쉬 모델링*

이 원 우^o, 우 운 택

광주과학기술원 U-VR 연구실

Mesh Modeling for Image-based Virtual Environment Generation

Wonwoo Lee^o, Wonntack Woo

KJIST U-VR Lab.

{wlee, wwoo}@kjist.ac.kr

요 약

본 논문에서는 3 차원 파노라믹 가상 환경 생성을 위해, 임의의 point cloud로부터 메쉬 모델을 생성하는 방법을 제안한다. 임의의 point cloud로부터 메쉬 모델을 생성하는 과정은 일반적으로 많은 계산량과 시간을 필요로 하며, 점 데이터 획득에는 주로 3 차원 스캐너가 이용되고 있으나, 3 차원 스캐너는 객체와 스캐너의 거리가 먼 경우 적용이 어려운 단점이 있다. 제안된 모델링 방법은 스캐너를 이용하기 어려운 객체 또는 주변 환경을 대상으로 하여 모델링을 수행한다. 먼저 입력으로 사용한 임의의 point cloud를 나누어 sub-point cloud를 생성한다. 샘플링을 통해 각 sub-point cloud로부터 모델링에 사용할 새로운 point cloud를 생성한다. 새롭게 생성된 각각의 sub-point cloud를 메쉬 모델로 만들고, 분리되어 있는 각 모델들을 결합하여 하나의 완전한 메쉬 모델을 생성한다. 제안된 알고리즘을 통해 스캐너를 사용할 수 없는 객체 또는 배경에 대한 모델링을 빠르게 수행할 수 있다. 제안된 알고리즘은 배경 모델링과 객체 모델링에 모두 사용될 수 있으며 배경과 독립된 객체 모델을 생성 및 증강할 수 있으므로 방송 및 영화의 특수 효과 또는 AR 응용 분야에 활용될 수 있다.

1. 서 론

임의의 point cloud로부터 폴리곤 모델을 생성하는 과정은 높은 수준의 모델링과 시각화의 요구를 충족시킬 수 있기 때문에 영화나 비디오 게임과 같은 엔터테인먼트, 가상현실 그리고 여러 그래픽 응용 어플리케이션 분야에서 그 필요성이 대두되고 있다 [1]. 최근에는 3 차원 레이저 스캐너가 보급되면서 높은 정밀도의 점 데이터를 얻고, 이 점들이 분포하는 객체의 표면을 재구성하는 연구가 이루어지고 있으며, CAD/CAM 분야와 비전 분야에서 많은 연구가 이루어지고 있다. CAD/CAM 분야에서는 모델링의 대상이 높은 정밀도의 3 차원 데이터를 가지고 있으며, 하나의 닫힌 형태를 가진 객체에 국한된다. 반면, 비전 기반 모델링의 경우 데이터가 2.5 차원의 형태를 가지며, 모델링의 대상도 3 차원 스캐너에 비해 다양하다. Hoppe는 signed distance function을 이용해 임의의 point cloud로부터 메쉬 모델을 생성하는 방법을 제안하였다 [2]. Levoy는 3 차원 스캐너를 이용하여 조각상을 메쉬 모델로 복원하는 작업을 진행하였다 [3]. Heckel은 클러스터링을 통해 점들을 분류하고 local patch들 사이의 틈새를 없애

는 방법을 제안하였다 [4]. Terzopoulos는 deformable superquadric을 이용해 주어진 데이터에 근사한 곡면을 생성하는 방법을 제안하였고, Cohen은 3D deformable surface를 이용하였다 [5][6]. 또한 Fua는 클러스터링을 통해 local surface patch를 사용하는 알고리즘을 제안하였다 [7]. 3 차원 스캐너를 이용하는 모델링 방법은 높은 정밀도의 모델을 생성할 수 있지만 적용할 수 있는 대상이 근거리의 물체로 제한되는 단점이 있으며, 대부분의 모델링 알고리즘들은 point cloud에 존재하는 모든 point 사이의 관계를 고려하기 때문에 모델을 생성하는 시간이 오래 걸리는 단점이 있다.

본 논문에서는 가상 환경 생성을 위한 메쉬 모델링 방법을 제안한다. 입력으로 사용되는 데이터는 임의의 3 차원 point cloud와 각 점에 할당된 컬러 정보이다. 먼저 입력으로 사용한 임의의 point cloud를 나누어 k 개의 sub-point cloud를 생성한다. 그 다음 sub-point cloud를 데이터 획득에 사용한 카메라의 이미지 평면에 투영하여 point cloud의 2 차원 좌표를 얻는다. 이미지 평면에 격자를 생성하고 각 격자점에 대해 샘플링 과정을 수행한다. 샘플링을 통해 각 격자점에 대응하는 3 차원 공간상의 점을 생

본 연구는 광주과학기술원 실감방송 연구센터를 통한 정보통신부 ITRC 사업과 ETRI의 지원에 의한 것임

성함으로써 모델링에 사용할 새로운 point cloud 를 얻는다. 새로운 point cloud 의 각 점들 사이의 연결 정보를 얻기 위해 일정한 규칙에 따라 이미지 평면 상의 격자점들에 대해 삼각화를 수행한다. 각 sub-point cloud 에 대해 샘플링 과정과 모델링 과정이 끝나면 분리되어 있는 모델들을 결합하여 하나의 완전한 메쉬 모델을 생성한다. 제안된 알고리즘은 배경 모델링과 객체 모델링에 모두 사용될 수 있으며 배경과 독립된 객체 모델을 생성 및 증강할 수 있으므로 방송 및 영화의 특수 효과 또는 AR 응용 분야에 활용될 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 제안된 알고리즘의 각 부분에 대해 설명하고, 3 장에서는 제안된 알고리즘에 기반한 실험 결과를 보인다. 4 장에서는 결론 및 향후 과제에 대해 논한다.

2. 가상 환경 생성을 위한 객체 모델링

2.1 데이터 샘플링

샘플링 과정에서는 입력된 임의의 point cloud 로부터 보간을 통해 새로운 point cloud 를 생성한다. 먼저 입력된 데이터를 k 개의 sub-point cloud 로 나누고 각 sub-point cloud 에 대해 다음과 같은 샘플링 과정을 수행한다. 데이터 획득시 사용된 카메라에 대한 캘리브레이션 과정을 통해 실세계 좌표계의 기준점으로부터 각 카메라까지의 회전 및 이동 행렬인 $(R, T)_{right}$ 와 $(R, T)_{left}$ 를 각각 얻는다. 이렇게 얻어진 카메라의 외부 파라미터를 이용하여 k 번째 sub-point cloud S_k 의 점 (x_i, y_i, z_i) 를 식(1)와 식(2)를 통해 이미지 평면 상의 (u_i, v_i) 로 투영시켜 2 차원 평면 상의 point cloud 인 S'_k 를 얻는다. S_k 와 S'_k 사이에는 1 대 1 의 매핑 관계가 성립된다. 식(1)에서 f_x 와 f_y 는 카메라의 초점 거리를, c_x 와 c_y 는 이미지의 중심을 각각 나타내며 픽셀 단위를 갖는다. $[RT]$ 는 카메라 좌표계로의 변환 행렬이다.

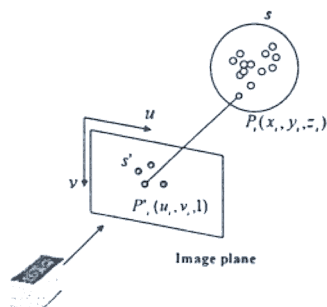


그림 1. 이미지 평면으로의 투영

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \\ w' \end{bmatrix} A[RT] \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u'/w' \\ v'/w' \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

투영 과정이 끝나면 sub-point cloud 가 투영된 이미지 평면 상에 격자점을 생성한다. 생성되는 격자점의 갯수는 데이터 획득시 카메라에서 사용한 영상의 해상도와 동일하다. 이미지 평면 상의 격자점들 중 유효한 격자점들의 집합을 M'_k 이라 하고 유효한 격자점에 대응하는 3 차원 공간 상의 좌표를 구하기 위해 샘플링을 수행한다. 격자점이 S'_k 의 bounding 사각형 내부에 존재하고 인접하는 격자점들이 하나 이상 유효한 경우 유효한 격자점이라고 판단한다. 그림 2에서 보이는 것과 같이, 각 격자점에 대응하는 3 차원 점을 구하기 위해 먼저 격자점에 인접한 4 개의 점을 S'_k 로부터 찾아낸다. 인접성의 판단은 격자점으로부터 각 점까지의 2 차원 평면 상의 거리를 이용한다. 격자점으로부터 가장 가까운 4 개의 점이 구해지면, 이들 각각의 점에 대응하는 S_k 의 점들의 xyz 좌표를 보간하여 이미지 평면의 격자점에 대응하는 3 차원 공간 상의 점의 좌표를 결정한다. 이와 같은 방법으로 M'_k 의 모든 격자점들에 대응하는 3 차원 공간 상의 점들을 구하고 이들의 집합을 M_k 라 한다. M_k 의 각 점에 해당하는 컬러 정보 역시 인접한 네 점의 컬러 정보를 보간하여 사용한다.

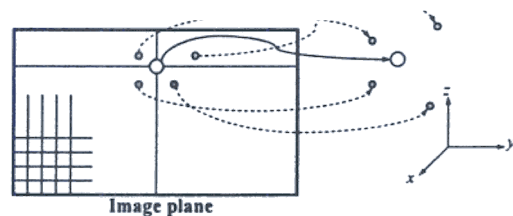


그림 2. 격자점에 대응하는 3 차원 좌표 계산

샘플링의 결과로 M'_k 에 1 대 1 로 대응하는 3 차원 공간 상의 새로운 point cloud 인 M_k 가 생성된다. 샘플링 과정에서 서로 다른 두 격자점에 대응하는 3 차원 공간 상의 점의 좌표가 동일한 경우가 발생한다. 이러한 점들은 메쉬 모델을 부자연스럽게 하는 원인이 되므로, 중복 데이터는 각 점들간의 연결 정보를 생성하는 메쉬 모델 생성 과정에서 제거한다.

2.2 메쉬 모델 생성

M'_k 의 격자점들에 대응하는 3 차원 point 들이 구해지면, 각 점들 사이의 연결 정보를 생성하여 메쉬 모델을 만들어낸다. M'_k 의 격자점들 중 서로 인접

한 격자점들에 대응하는 M_k 의 3차원 점들 역시 서로 인접하고 있다는 가정을 기반으로 일정한 규칙에 따라 인접한 격자점들 사이의 연결 정보를 생성한다. 샘플링 과정에서 발생하는 중복데이터는 이미 연결 정보가 생성된 격자점들에 대응하는 3차원 정보를 검사하여 동일한 점이 존재하는 경우 제거한다. 그림 3은 연결 정보를 생성하는 방법을 그림으로 나타낸 것이다. 격자점들 사이의 연결 정보는 각 격자점들에 1대 1로 대응하는 3차원의 점들 간의 연결 정보로 매핑되어 사용된다. 이와 같은 방법으로 모든 sub-point cloud에 대해 3차원 공간상에 메쉬 모델을 생성한다.

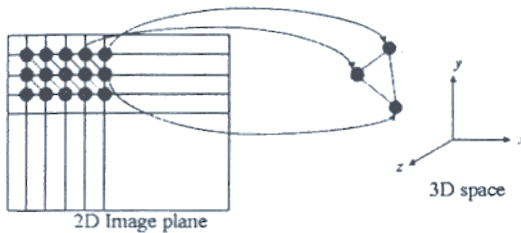


그림 3. 연결 정보의 생성

2.3 메쉬 모델 결합

데이터 샘플링과 메쉬 모델링 과정의 결과로 얻어진 모델들은 서로 분리되어 생성되었기 때문에 각 모델사이에는 연결되지 않은 틈이 존재한다. 각 모델 사이의 틈은 가상 환경을 내비게이션하는 사용자가 객체를 가까이 가서 보는 경우 보다 더 확연하게 나타나기 때문에 실재감을 떨어뜨리는 요인이 된다. 따라서 그림 4에서 보이는 것과 같이 각각의 메쉬 모델을 연결하여 하나의 메쉬 모델을 만들어 내야한다.

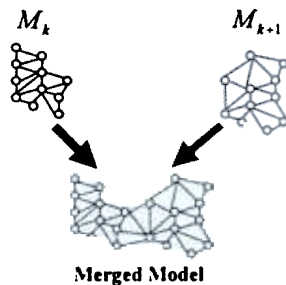


그림 4. 오른쪽과 왼쪽 모델의 결합

인접한 두 메쉬 모델을 연결하기 위해서는 먼저 연결할 부분의 점들을 찾아내야 하는데, 연결의 대상이 되는 점들은 2D 이미지 평면 상의 유효한 격자점들 중 가장 오른쪽과 가장 왼쪽에 분포하는 격자점들이 된다. 연결되어야 하는 점들을 구하고 나

면, 메쉬 모델을 생성하기 위해 연결 정보를 생성해야 한다. 이 경우에도 2차원 이미지 평면 상에 분포하는 점들 사이의 관계로부터 연결 정보를 생성한다. k 번째의 sub-point cloud M_k 로부터 생성된 모델과 $k+1$ 번째 sub-point cloud M_{k+1} 로부터 생성된 모델의 경계에 분포하는 점의 갯수는 일반적으로 동일하지 않기 때문에 1대 1로 연결하는 경우 부자연스러운 모델이 생성된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 다음과 같은 방법을 사용한다. 각 모델의 경계에 분포하는 점의 집합을 각각 B_k 와 B_{k+1} 이라하고 경계점들의 수를 각각 n_k 와 n_{k+1} 이라고 한다. 이때, n_k 가 n_{k+1} 보다 작다고 가정한다. B_k 와 B_{k+1} 의 원소의 갯수의 차이를 d 라고 하면 n_{k+1} 은 식(3)와 같이 표현될 수 있다.

$$n_{k+1} = ad + b \tag{3}$$

$$d = n_{k+1} - n_k$$

그림 5에서 보이는 것과 같이, B_{k+1} 의 점들 중 인덱스가 a 의 배수인 d 개의 점들을 제외하고 메쉬 모델 생성 과정에서와 동일한 방법으로 경계점들 사이의 초기 연결 정보를 생성한다. 그 후 제외했던 점들을 삽입하여 모든 경계점에 대한 연결 정보를 생성한다. 이와 같은 과정을 통해 분할되어 있는 모델을 하나로 결합하여 최종적인 메쉬 모델을 생성한다.

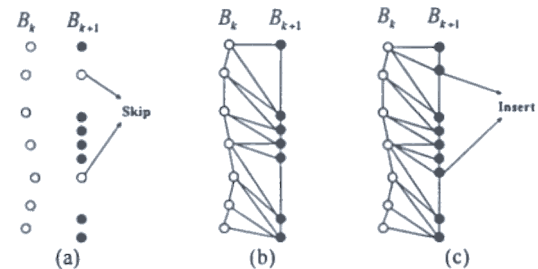


그림 5. 경계점 사이의 연결 (a)초기 연결 정보 생성시 제외할 점의 선택 (b)생성된 초기 연결 정보 (c)제외했던 점을 삽입한 메쉬

3. 실험 결과

그림 6은 모델링에 사용할 데이터를 얻기 위해 본 논문에서 사용한 시스템의 구성을 보여준다. 카메라는 PointGrey 사의 멀티뷰 카메라인 Digiclops를 사용하였으며, 두 대의 멀티뷰 카메라가 턴테이블 위의 바(bar)에 위치한다. 데이터 획득 과정은 다음과 같다. 객체에 대한 데이터는 Background subtraction 을 통해 배경과 모델링 대상이 되는 객체를 분리하고, 객체에 대한 point cloud 를 각각의 멀티뷰 카메라로부터 얻는다. 배경에 대한 데이터는 턴 테이블을 대상이 되는 공간 가운데 위치시켜 카메라를 회전하면서 데이터를 획득하였다. 객체의 경우 모델을 구성하는 point cloud 의 데이터를 가능한

한 빠짐없이 구하기 위해 턴테이블의 회전 각도를 +10도, 0도, -10도를 회전하여 총 6개의 point cloud를 얻었으며, 배경의 경우 10도씩 회전하여 36개의 point cloud를 획득하였다. 이 point cloud들로부터 스티칭을 통해 최적화된 하나의 point cloud와 각 점에 대한 컬러 정보를 생성하고, 모델링 알고리즘의 입력 데이터로 사용한다 [8]. 객체 모델링 캘리브레이션 패턴을 대상으로 사용하였으며, 배경 모델링은 실내 공간을 대상으로 하였다. 제안된 알고리즘의 타당성을 검증하기 위하여 가상으로 생성된 point cloud와 실제로 얻어진 point cloud에 대해서 실시하였다.

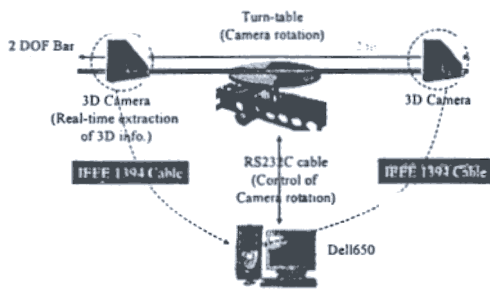


그림 6. 실험 환경

그림 7은 가상으로 생성된 point cloud에 대한 샘플링 결과이다. 샘플링시에는 점의 좌표와 색 정보를 보간하는 방법은 평균을 사용하였다. 그림 7(a)는 입력으로 이용된 가상 패턴이다. 그림 7(b)는 가상의 패턴을 위에서 바라본 모습이다. 이상적인 데이터이므로 각 면에 굴곡이 없는 것을 볼 수 있다. 그림 7(c)와 그림 7(d)는 샘플링 결과로 새롭게 생성된 point cloud이다. 샘플링된 데이터와 실제 데이터와 차이가 크지 않음을 알 수 있다.

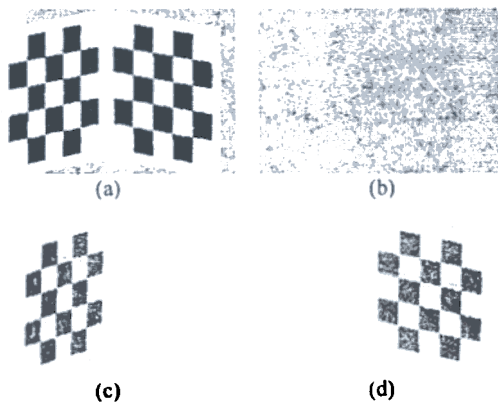


그림 7. 가상으로 생성된 데이터에 대한 샘플링 (a)가상 캘리브레이션 패턴 (b)가상의 모델을 위에서 바라본 모습 (c)새롭게 생성된 왼쪽 point cloud (d)새롭게 생성된 오른쪽 point cloud

그림 8은 새롭게 생성된 point cloud에 대해 각각 매쉬 모델링 방법을 적용한 결과이다. 그림 8(a)와 그림 8(b)는 각각 왼쪽과 오른쪽 매쉬 모델이 생성된 것을 보여준다. 그림 8(c)와 그림 8(d)는 매쉬 모델을 확대한 것이다. 각 점들 사이에 균일하게 매쉬가 생성되어 있는 것을 알 수 있다. 그림 8(e)와 그림 8(f)는 모델을 폴리곤으로 표현한 것이다.

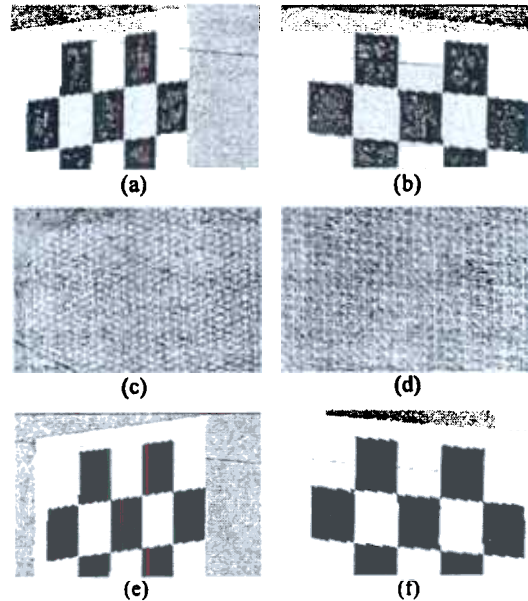
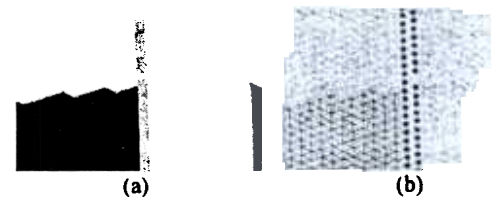


그림 8. 가상 패턴에 대한 매쉬 모델 생성 (a)생성된 왼쪽 매쉬 모델(Wire Frame) (b)생성된 오른쪽 매쉬 모델(Wire Frame) (c)왼쪽 매쉬 모델의 확대 (d)오른쪽 매쉬 모델의 확대 (e)생성된 왼쪽 매쉬 모델(Polygon) (f)생성된 오른쪽 매쉬 모델(Polygon)

그림 9은 그림 8에서 보인 두 모델을 결합하여 하나의 모델을 만든 결과를 보인 것이다. 그림 9(a)는 두 모델 사이에 존재하는 틈새를 확대하여 보인 것이다. 그림 9(b)는 오른쪽과 왼쪽 모델이 연결될 지점의 경계점들이다. 그림 9(c)는 제안된 방법을 적용하여 경계점들을 연결하여 매쉬를 생성한 결과를 보이고 있다. 그림 9(d)는 최종적으로 생성된 모델을 보여준다. 두 모델 사이에 존재하던 틈새가 제거되고 하나의 완전한 모델이 생성된 것을 볼 수 있다.



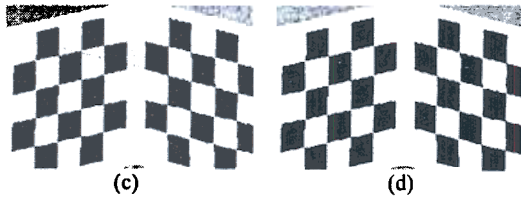


그림 9. 분리된 가상 모델의 결합 (a)오른쪽과 왼쪽 모델 사이에 존재하는 틈새를 확대한 모습 (b)두 모델 사이의 경계점들 (c)두 모델 사이에 메시가 생성된 모습 (d)결합된 하나의 모델

그림 10과 그림 11는 실제 데이터에 대해 제안된 객체 모델링 알고리즘을 적용한 결과를 나타낸 것이다. 그림 10(a)와 그림 10(b)는 입력으로 사용된 point cloud 를 보여준다. 비전 기반 데이터 획득 방법의 한계 때문에 가상으로 생성된 데이터와는 달리 노이즈가 존재하는 것을 볼 수 있으며 점 데이터가 균일하지 않다는 것을 알 수 있다. 그림 10(c)와 그림 10(d)는 가상 패턴 모델과 마찬가지로 실제 데이터로부터 샘플링된 오른쪽과 왼쪽 모델의 point cloud 이다.

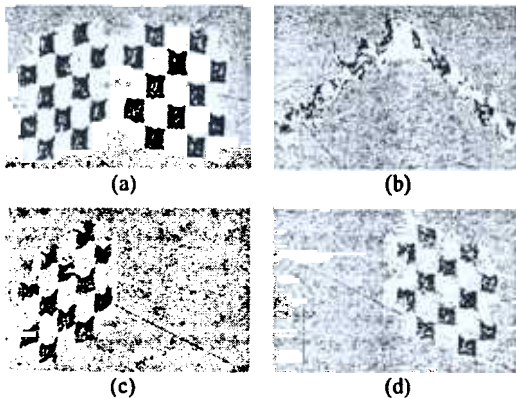


그림 10. 실제 데이터에 대한 샘플링 결과 (a)입력으로 사용된 point cloud (b)입력 point cloud 를 위에서 바라본 모습 (c)새롭게 생성된 왼쪽 point cloud (d)새롭게 생성된 오른쪽 point cloud

그림 11(a)와 그림 11(b)는 새로운 point cloud 로부터 각각 메시 모델을 생성한 결과이다. 그림 11(c)와 그림 11(d)에서 볼 수 있듯이 각 점들 사이의 연결 정보를 바탕으로 삼각화가 이루어져 있다.

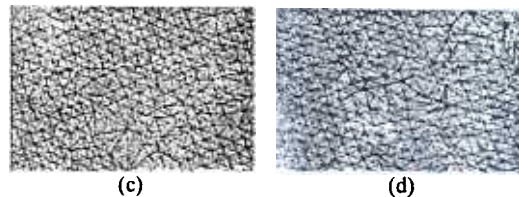
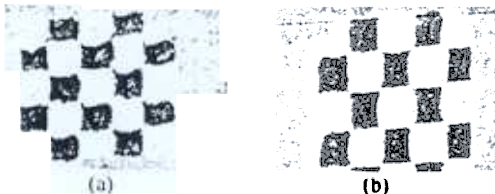


그림 11. 실제 데이터에 대한 메시 모델 생성 (a)생성된 왼쪽 메시 모델(Wire Frame) (b)생성된 오른쪽 메시 모델(Wire Frame) (c)확대된 왼쪽 메시 모델 (d)확대된 오른쪽 메시 모델.

실제 데이터로 생성된 오른쪽과 왼쪽 모델 사이에도 가상의 데이터와 마찬가지로 그림 12(a)와 같은 틈새가 존재한다. 그림 12(b)는 두 모델의 경계에 분포하는 경계점들을 표시한 것이다. 제안된 결합 방법을 사용하여 결합된 모델을 그림 12(c)와 그림 12(d)에 나타내었다. 실제 데이터는 가상의 데이터와는 달리 균일하지 않기 때문에 폴리곤으로 표시하는 경우 색 번짐 현상이 나타난 것을 볼 수 있다. 이는 데이터 획득 과정에서의 잡음과 샘플링 과정에서 각 점의 색 정보를 보간하여 사용하기 때문에 나타난 것으로 보인다.

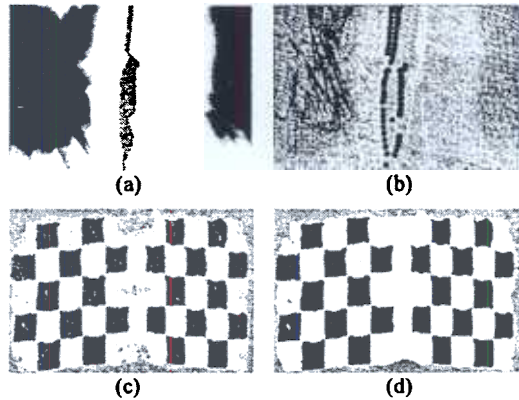


그림 12. 분리된 모델의 결합 (a)모델 사이에 존재하는 틈새 (b)각 모델의 경계점 (c)두 모델 사이에 메시가 생성된 모습 (d)하나로 결합된 모델

그림 13은 제안된 알고리즘을 적용하여 배경에 대한 모델링을 수행한 결과이다. 그림 13(a)는 배경 모델링의 결과로 생성된 실내 환경을 위에서 바라본 모습이다. 2 차원 메시 모델에 텍스처를 입힌 것과는 달리, 깊이 값이 존재하기 때문에 부분적으로 튀어나와 있음을 알 수 있다. 그림 13(b), 그림 13(c), 그림 13(d)는 각각 가상 환경 내부에서 서로 다른 부분을 바라본 모습이다. 그림 13(c)는 일부분을 확대한 것이며, 이에 대해 생성된 메쉬를 그림 13(f)에서 볼 수 있다. 그림 14는 생성된 배경 모델과 객체 모델로 구성된 가상 공간을 보여주고 있다.

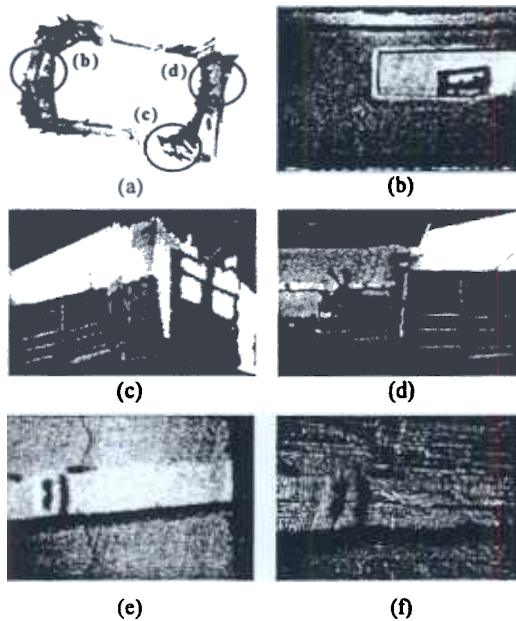


그림 13 배경 모델링 결과 (a)생성된 실내 환경 모델 (b) 장면 1 (c) 장면 2 (d) 장면 3 (e) 일부를 확대한 모습 (f) 생성된 메쉬

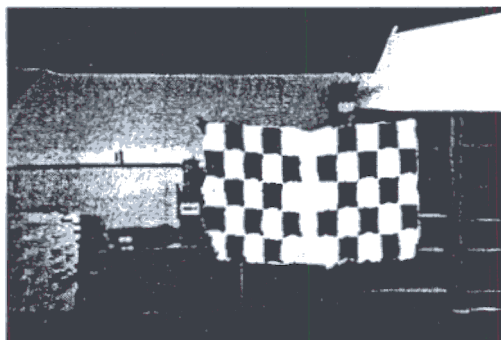


그림 14 배경 모델과 객체 모델로 구성된 가상 환경

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 가상 환경 생성을 위한 메쉬 모델링 방법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 입력된 point cloud를 sub-point cloud로 나누고 각각의 sub-point cloud에 대해서 샘플링 과정과 메쉬 모델링 과정을 수행한다. 각 sub-point cloud 모델을 결합함으로써 하나의 완성된 메쉬 모델을 얻는다. 일반적으로 임의의 point cloud로부터 메쉬 모델을 생성하기 위해서는 많은 계산량과 시간이 필요하지만 제안된 방법은 sub-point cloud에 대해 모델링을 수행하므로 빠른 속도로 메쉬 모델을 만들어낼 수 있다. 제안된

알고리즘은 레이저 스캐너와 같은 장비를 적용하기 힘든 중거리 또는 원거리에 있는 객체에 대한 모델링 또는 배경에 대한 모델링을 수행하는데 유용하게 사용될 수 있다. 생성된 모델은 독립된 객체로서 자유롭게 증강될 수 있으므로 방송 및 영화의 특수 효과 또는 AR 응용 분야에 활용될 수 있다. 현재 샘플링시에 평균값을 사용하고 있으나, 향후 입력된 point cloud와 샘플링된 point cloud를 비교 분석하여 실제 데이터에 가깝게 샘플링할 수 있는 보간법을 사용하면 보다 정확도가 높은 모델을 생성할 수 있을 것으로 보인다. 또한 현재의 고정된 2대의 카메라 모델을 일반화 시킴으로써 완전한 3차원 point cloud가 주어지는 경우에 대해서도 모델링을 수행할 수 있도록 하는 연구를 진행할 예정이다.

5. 참고문헌

- [1] R.Fabio, "FROM POINT CLOUD TO SURFACE : THE MODELING AND VISUALIZATION PROBLEM", International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXIV-5/W10. International Workshop on Visualization and Animation of Reality-based 3D Models, 24-28 February 2003
- [2] Hoppe, H. et al., "Surface reconstruction from unorganized points", ACM Proc. of Siggraph, pp. 71-78, 1992
- [3] Levoy, M, "The digital Michelangelo project", 3-D Digital Imaging and Modeling. Proceedings. Second International Conference, pp. 2 -11, 1999
- [4] Heckel, B., Uva, A.E., Hamann, B. and Joy, K.I., "Surface reconstruction using adaptive clustering methods", Geometric Modelling: Dagstuhl, Computing Suppl. 14, Springer-Verlag, pp. 199-218, 1999.
- [5] Terzopoulos, D. Metaxas, "Dynamic 3D models with local and global deformations : Deformable Superquadrics", Computer Vision, Proceedings, Third International Conference, pp. 606 -615, 1990.
- [6] Isaac Cohen, Laurent Cohen, Nicholas Ayache., "Introducing deformable surfaces to segment 3D images and infer differential structure", Technical report, INRIA, 1991.
- [7] P. Fua and P. T. Sander, "Reconstructing surfaces from unstructured 3d points", In Proceedings of Image Understanding Workshop, pp. 615-625, 1992.
- [8] S.Kim, K.Kim and W. Woo, "Depth-based Registration for Image-based Virtual Environment Generation" 16th Workshop on IPIU04, Jan. 9-10, 2004. (accepted)