

ETRI-모아레 스캐너를 이용한 3 차원 모델의 자동생성

권 대현, 최 이배, 이 의택
한국전자통신연구원 가상현실 연구개발 센터
대전광역시 유성구 가정동 161 번지
{dkwon, cyb, etlee}@etri.re.kr

Automatic Generation of 3D Models using ETRI- Moiré Scanner

Daniel D. Kwon, Yi-Bae Choi, Ee-Teak Lee

Virtual Reality Research Center

Electronics and Telecommunications Research Institute

The visualization of Moiré or laser-scanned data has been explored by many researchers and has been an important issue on computer graphics research. In this paper, we present various techniques that handle tremendous amount of 3D range data which are generated by the ETRI- Moiré Scanner. The techniques include constructing an efficient data structure, constructing triangle meshes and decimation and registration of multiple-view range images and textures.

요약

복잡한 모델이나 사실적인 모델을 짧은 시간에 생성하기 위해서 기존 자유곡면(NURBS)이나 다각형(Polygon) 모델러를 사용하여 제작하는데 한계가 있다. 또한, 최근 디지털 콘텐츠 산업의 급격한 발전과 컴퓨터 그래픽스 기술의 발전과 함께 삼차원 스캐너를 이용한 모델생성이 중요한 연구분야로 자리잡고 있다.

이 논문에서는 국내 최초로 한국 전자통신연구원이 개발에 성공한 모아레 방식의 삼차원 스캐너 시스템(ETRI Moiré Scanner)의 삼차원 입체정보 처리 소프트웨어인 MoiréWare 의 설계 및 구현에 대해 설명하려고 한다. 본 시스템은 스캐너에서 얻어진 단면 데이터 및 텍스처 정보의 효율적인 정

합, 가공, 편집 및 다양한 3 차원 그래픽 파일 포맷을 제공한다.

1. 서론

삼차원 스캐너를 통하여 얻어진 거리정보(Range Data)는 특징은 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 스캐된 거리정보가 보통 수십 만개에 이르며, 둘째, 스캐한 물체표면의 특성에 따라 오류 측정값이 발생한다. 따라서, 스캐너를 통해 얻어진 거리정보를 형상왜곡(Topological Distortion)없이 효율적으로 가공하는 것이 매우 중요하며, 발생한 오류측정값을 가능한 한 자동으로 제거 및 수정하는 방법도 매우 중요하다. 추출된 거리정보를 가공하여 삼차원 입체를 구성하는 과정은 컴퓨터 그래픽스의 거의 전 과정을 다루는 광 범위한 분야이다.

ETRI 모아레 스캐너의 경우 CCD 카메라 잡힌 영상을 기반으로 거리정보를 추출하므로, 한 단면에 대해 최대 640x480 개의 거리정보가 생성되며, 단면들을 이용하여 하나의 입체를 구성할 경우 수십 만개의 거리정보를 처리하여야 한다. 따라서, 이들 거리정보에 효율적으로 접근하기 위한 자료구조의 디자인이 요구되며, 거리정보를 이용하여 얻어진 최종 모델을 최적화하는 과정, 스캐너를 통해 얻어진 단면 및 텍스처를 정합하여 하나의 입체로 만드는 과정이 필요하다.

본 논문에서는 여러 각도에서 읽어진 단면의 위치정보를 정합하여 최적화된 하나의 입체를 생성하는 일련의 과정을 5 부분으로 나누어 설명하려고 한다.

- ETRI 모아레 스캐너의 구조
- 수십 만개의 위치정보에 효율적으로 접근하기 위한 자료구조의 생성
- 단면의 높이 정보와 색상 정보를 정합하여 한 개의 입체와 텍스처이미지 생성
- 이 위치 정보들을 이용하여 초기 삼각형 메쉬(Triangle Meshes)를 생성
- 초기 삼각형 메쉬 최적화 및 텍스처 맵핑

2. 자료구조

스캐너로 부터 얻어진 거리정보(x,y,z) 및 색채정보(r,g,b)를 효율적으로 접근하기 위해 자료구조는 기본적으로 공간 분할법[1]을 이용한다.

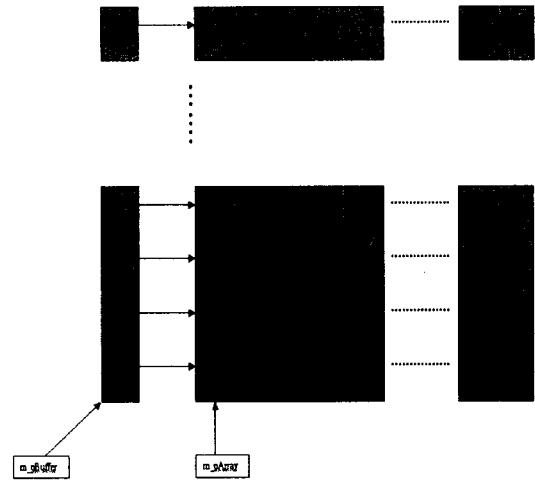


그림 1 자료구조

거리정보를 효율적으로 접근하기 위해 물체의 높이값에 따라 n 개의 배열(m_pBuffer)로 나누고, 같은 영역에 저장될 거리 정보들을 저장하기 위한 일차원 배열을(m_pArray) 만든후 정렬하면, 다음과 같은 방법으로 특정 거리정보에 접근할 수 있다.

$nIndex = R(y) / m_SamplingHeight;$

$m_pBuffer[nIndex] \rightarrow Insert(R);$

R : Range Data

m_SamplingHeight : y 값의 샘플링간격

또한, 거리정보를 이용하여 삼각형 메쉬의 자료구조는 LTL(Lawson's Triangle List) 구조[2]와 공간 분할법을 이용한 자료구조를 사용한다. LTL 구조는 삼각형의 3 점과 각 꼭지점이 마주보는 선분과 인접한 삼각형의 정보를 가지고 있다. 그림 2는 LTL 구조의 예이다.

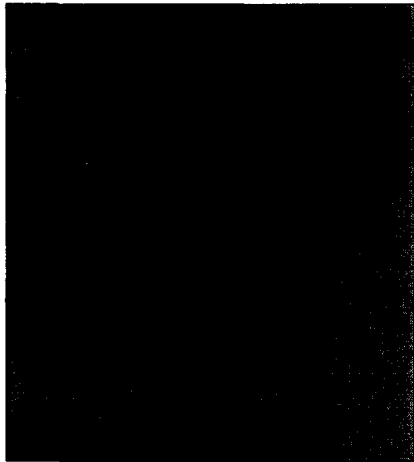


그림 2

굵은 선으로 표시된 삼각형의 LTL 구조는

Vertex : pt1, pt2, pt3

Adjacent List : 3, 9, 11

로 구성되며, 첫번째 Vertex 의 y 값을 기준으로 공간 분할법을 적용하면 다음과 같은 방법으로 쉽게 원하는 삼각형에 접근할 수 있다.

```

for ( i = 0; i < 3; i++)
  nIndex=Tri.point[i].y / m_SamplingHeight;
  If (m_pBuffer[nIndex]->FindTriangle( Tri )
    return TRUE;
return FALSE;

```

3. 정합

모아레 스캐너를 통해 얻어진 단면 데이터들을 붙여서 하나의 단면을 만들기 위한 방법으로 ICP 알고리즘[3]과 Zippering 알고리즘[4]이 널리 이용되고 있다. 그러나, 앞에서 언급한 두 알고리즘은 단면 데이터의 형상을 비교하여 공통부분을 찾아내므로 단

면을 이루는 모아레 스캐너처럼 삼각형 메쉬의 갯수가 많을 경우 시간이 많이 걸려 사용이 불가능하다.

본 논문에서 실린더 투영법을 이용한 메쉬정합법을 이용하였다. 이 방법은 스캐된 단면과 텍스처를 거의 실시간에 정합할 수 있고, 한단면을 다시 여러 단면으로 나누어 측정할때에도 효과적으로 사용이 가능하다. 실린더 투영법은 스캐된 단면의 모든 거리 정보값들을 물체의 원점을 중심으로 기준이 되는 벡터(origin)와 각 거리정보가 이루는 각과 높이를 2 차원 배열의 색인값(index), 즉 실린더좌표의 (θ, h) 로 변환 저장하며 겹치는 값의 평균을 취한다. 또한, 각도의 샘플링값과 높이의 샘플링값을 조절하면, 단면데이터의 정합은 물론 생성될 초기 메쉬의 숫자를 조절할 수 있고, 거리정보의 삼각형화(Triangulation)를 매우 효과적으로 수행할 수 있다.

```

for ( profile = 0; profile < nProfile; profile++)
  for every range data R in a profile
    begin
      normalize origin and R;
      radian = origin * R;
      theta = RadianToDegree( radian);
      h = R(y) / m_SamplingHeight;
      Cylinder[ h, theta ] += R;
      nSumed[ h, theta ] ++;
    end
  for ( i = 0; i < heightMax; i++)
    for ( j = 0; j < thetaMax; j++)
      begin
        Cylinder[i, j] /= nSumed[i, j];
      end

```

그림 3 실린더 투영법으로 정합된 두 단면

4. 초기메쉬 생성

실린더 투영법으로 얻어진 완전한 3차원 입체의 거리정보로부터 표면을 생성하는 방법은 격자형 거리정보의 삼각형화와 재귀적 분할 알고리즘(Recursive Splitting Algorithm)의[1] 조합으로 이루어진다.

2차원 배열로 저장된 실린더 좌표는 격자형 이므로 한 점을 중심으로 이웃하는 점들 3배열(오른쪽, 대각선, 위쪽)을 연결하여 두개의 삼각형을 만들 수 있고, 이웃하는 배열에 투영된 값이 없을 경우 투영된 값이 없는 점들의 루프를 형성한 후 재귀적 분할법을 이용하여 삼각형을 구성한다.

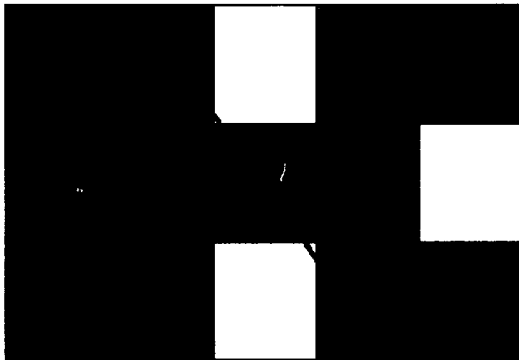


그림 3 격자형의 삼각형화
(데이터가 있는 부분은 검정색, 없는 부분은 흰색)

그림 3에서 보는 것처럼 데이터가 있는 부분은 단순히 인접한 점들을 연결하여 삼각형을 생성하고, 삼각형화가 되지 않은 영역을 재귀적 분할법을 이용 삼각형을 생성하여 자료가 없는 부분을 채운다.

위의 두 방법의 조합으로 물체 표면에 랜덤(Random)하게 분포하는 점들의 초기 메쉬 생성 문제[5]를 격자형으로 만듦으로써

빠른 시간에 초기 메쉬를 구성할 수 있다.

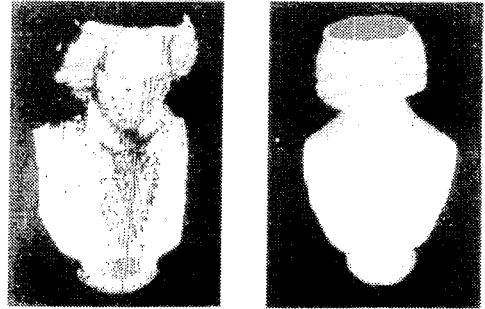


그림 4 초기메쉬의 생성

좌) 격자형 포인트의 삼각형화(Triangulation)
우) 재귀적 분할법을 완성된 초기메쉬



5. 메쉬 최적화 및 상용프로그램 연결

스캐너를 통해 얻어진 거리정보는 데이터의 양이 너무 많아서, 다른 상용 프로그램에서 사용하는데 적당하지 않다. 물체 외형의 변형을 최소화 하며 데이터양을 줄이는 방법으로 제안된 Shroeder의 삼각형소거법[6]을 이용하여 메쉬를 최적화 하였다. 메쉬 최적화를 통하여 95% 소거된 메쉬에서 물체의 외형이 유지됨을 알 수 있다.

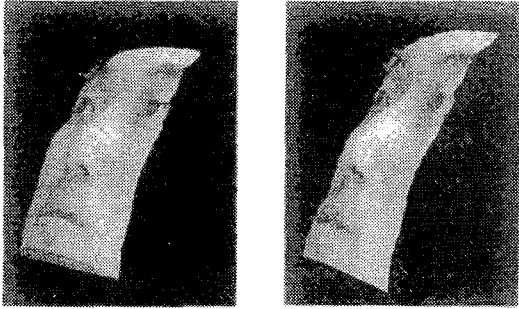


그림 5 초기 메쉬와 최적화된 메쉬

또한, 최적화된 메쉬는 다른 상용 프로그램에서 사용할 수 있도록 DXF, 3DS, VRML, OBJ 등으로 출력을 구현하였다.

6. 결론

국내 최초로 개발된 ETRI-모아래 스캐너를 통해 얻어진 거리정보와 텍스처를 정합하여 하나의 입체로 만들고, 오류 측정값을 제거하여 초기 메쉬를 생성하는 전 과정에 대해 살펴보았다.

실린더 투영법의 사용으로 거리정보와 텍스처 정보를 고속으로 정합하며, 초기메쉬 생성도 효율적으로 수행할 수 있고, 단면이 많아질 경우에도 시스템의 성능이 저하되지 않는다. 또한, 스캐너의 융통성을 효율적인 자료구조의 사용으로 거리정보의 고속처리가 가능하다.

ETRI-모아래 스캐너 시스템은 방송용 High-Quality 삼차원 모델제작, 가상현실, 컴퓨터그래픽스, 가상 프로토타이핑(Virtual Prototyping), NC(Numerical Control)가공 및 의료 분야에서 사용될 모델을 고속으로 자동 생성하며 여러 상용프로그램과의 연동도 제공한다.

7. 향후 연구방향

현재 개발된 ETRI-모아래 스캐너 시스템은 삼각형 메쉬 형태의 모델만 제공한다. 현재 상용으로 나와있는 스캐너와 삼차원 모델링 소프트웨어들이 자유곡면(NURBS)을 지원하는 추세이므로 다면체 모델을 자유곡면 모델로 변환하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

또한, 삼차원 스캐너의 응용분야가 다양하므로, 스캐너 하드웨어와 API의 결합으로 누구나 쉽게 필요한 응용프로그램을 작성할 수 있는 범용 개발자 키트(SDK)의 설계에 대한 연구도 이루어져야 할 것이다.

References

1. Michael J. Laszlo, Computational Geometry and Computer Graphics in C++, Prentice Hall, 1996
2. C. L. Lawson. "C1 Surface Interpolation for Scattered Data on a Sphere" Rocky Mt. Journal of Mathematics, Vol 14, No 1. 1984
3. Paul J. Besl et al. "A method for Registration of 3-D Shapes", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1992
4. Greg Turk et al "Zipped Polygon Meshes from Range Images", SIGGRAPH 94, 1994
5. H. Hoppe et al "Surface Reconstruction from Unorganized Points", SIGGRAPH92 Proceedings, 1994
6. William J. Schroeder et al "Decimation of Triangle Meshes", SIGGRAPH92 proceedings, 1994

