

# VRML 가시화를 위한 볼륨 데이터 최적화

송선희\*·김문환\*·지창용\*·배철수\*\*·나상동\*

\*조선대학교 컴퓨터공학과, \*\*관동대학교 정보통신공학과

## A Study on the VRML Visualization for Volume Data Optimization

Sun-hee Songg\* · Mun-hwan Kim\* · chang-yong Ji\*

Chul-Soo Bae\*\* · Sang-dong Ra\*

\*\*Dept of Computer Engineering, Chosun University

\*\*Dept of Electronic Com. Kwandong University

e-mail:sdna@mail.chosun.ac.kr

### 요 약

3차원 모델링 데이터를 VRML로 가시화하기 위해서는 용량 최적화와 실시간 렌더링이 중요하다. 실시간 렌더링은 객체에 따른 폴리건 수에 영향을 받게 되는데, 폴리건 수가 작으면 렌더링의 질이 저하되고 폴리건 수가 많아 데이터 용량이 크면 오브젝트 표현력은 좋으나 높은 대역폭을 필요로 하여, 디더링 현상이 발생과 실시간 렌더링이 어렵게 된다.

그러므로 네트워크 가상공간 내의 오브젝트는 최소의 폴리건을 사용해 메쉬를 단순화 시켜주는 방법으로 데이터 용량을 줄여주는데, 용량은 저하되지만 블록화 현상이 발생하여 저급한 렌더링이 된다.

본 논문에서는 모델링 데이터의 폴리건 수를 줄여 데이터 용량을 최적화 하고, 폴리건의 단순화에 서 생기는 블록화 현상을 제거할 수 있는 방법으로 B-스플라인 곡선과 명암처리 기법인 고라운드 명암법을 이용하여 경계면을 부드럽게 처리할 수 있는 기법을 제시한다.

### 키워드

VRML, B-spline, 3D Rendering, 3D Modeling, Data Optimization

### 1. 서 론

가상현실(VR, virtual reality)은 하드웨어와 소프트웨어의 비약적 발전으로 점차 활용영역이 확대 되어 가고 있다. 가상현실을 분류해 보면 입출력의 특수한 장비를 이용하는 몰입형 가상시스템(Immersive VR), 일기예보나 선거 개표방송에 주로 사용되고 있는 촬영된 이미지와 컴퓨터그래픽 이미지를 합성해 가상공간을 제작하는 제3자형 가상시스템(Third Person VR), 개인용 컴퓨터에 구현하는 데스크탑 가상 시스템(Desktop VR)이 있다.

가상현실 가시화는 입체음향이나 데이터장갑 등 인간의 지각 및 인식기능을 향상시키는 수단을 활용하여 상대적 현실감을 극대화시켜 주는 것이 일반적 3차원 컴퓨터 그래픽스와의 차이점이다.

또한 3차원 기하학적 모델들의 집합으로 구성되어 인터랙티브(Interactive)한 탐색환경을 제공하기

위해 OpenGL, DirectX 등의 3차원 렌더링 엔진을 통해 실시간으로 렌더링 되어진다.

렌더링 품질을 유지하면서 실시간 전송율을 높이기 위해 제시된 방법으로는 시선과 물체의 관계를 조사해서 시선에서 보이지 않는 물체를 제거하고 보이는 물체만을 렌더링하는 방법(visibility culling)[1]과 가까운 거리에서는 실제 기하학적 모델을 사용하고 먼 거리에 있는 물체에 대해서는 간단하게 표현하는 상해도 단계조절(LOD)[2]을 들 수 있다. 또한 이미지를 바탕으로 기하모델 데이터를 추출하는 이미지 기반 모델링 방법[3]이 있는데, 전자상거래, 게임, 의료영상 분야에서 활발하게 응용되고 있다.

네트워크 기반에서 3차원 모델링 데이터를 VRML(virtual reality modeling language)로 가시화하기 위해서는 많은 계산력과 메모리를 필요로 하며, 실시간으로 렌더링하기 위해서는 모델링의 폴

리건 수, 텍스처 맵핑, 렌더링의 방법에 따른 최적화와 제어가 중요하다. 또 3차원 모델링 데이터를 전문 3D저작도구를 이용해 생성하려면 많은 노동력과 시간이 요구되며, 이렇게 제작한 데이터 용량은 너무 방대해서 전송하는데 높은 대역폭을 필요로 한다.

본 논문에서는 3차원 가상공간을 구성하는 오브젝트를 모델링 한 뒤 폴리곤수를 최소한으로 줄이고, B-스플라인 곡면[4][5][6]과 명암처리기법인 고라우드(gouraud)[7][8] 명암법을 이용한 스무딩 효과로 실시간 렌더링 함으로써 모델링 데이터를 VR로 가시화 할 수 있도록 하고자 한다.

## II. 볼륨데이터 최적화 및 분석

### 2-1 3차원 가상공간 모델링

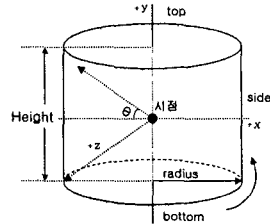
본 3차원 모델링은 대상물의 형태적 특성에 따라 넵스(nurbs), 폴리건 메쉬(polygon mesh), 서브디비전 서페이스(subdivision surface) 방식이 있으며, 넵스는 오브젝트가 UV 좌표를 포함하고 있어 텍스처가 물체의 방향을 따라가야 하는 머리카락, 커튼, 옷 등의 모델링인 경우에 유리하다. 적은 수의 버텍스(vertex)로 부드러운 물체를 만들 수 있으며, 렌더링 시에도 페이스(Face)의 밀도를 유동적으로 조절할 수 있다. 복잡한 물체인 경우 여러 개의 조각으로 표면(surface)을 만든 후 스티칭(stitching)[9] 기법으로 조각을 연결하는 멀티 패치 방법을 사용한다.

폴리건 메쉬 방식은 특정 부분에만 면을 추가하거나 삭제할 수 있기 때문에 효율적인 모델링을 할 수 있으며, 면의 방향을 사용자가 원하는 방향으로 자유롭게 변경할 수 있어, 복잡한 물체도 단일 오브젝트로 만들 수 있다. 또한 데이터가 상대적으로 가볍기 때문에 게임 분야에 많이 사용되고 있는데, 해상도를 마음대로 조절할 수 없고 부드럽지 못하다는 단점이 있다.

서브디비전은 폴리건 방식을 기반으로 하고 있으며, 넵스의 장점도 가지고 있다. 계층적 모델링으로 특정 부분을 적은 수의 포인트로도 정밀하고 부드러운 물체를 만들 수 있고, 렌더링되는 해상도를 조절할 수 있다. 그러나 세가지 방식 중 가장 데이터 용량이 크다는 단점이 있다.

### 2-2 웹에서의 VRML 가시화

본 논문에서 사용한 3차원 데이터는 폴리건 메쉬로 모델링하여 용량을 최소화 했으며, 환경맵(environment map)을 사용해 [그림 2.1]에서와 같이 실린더 모양으로 360° 회전해 돌려볼 수 있도록 했다.



[그림 2.1] 3차원 실린더 좌표계

데스크탑 가상시스템에서의 3차원 이미지 디스플레이 기술에는 크게 네비게이션 VR, 오브젝트 VR, 파노라마 VR 방식으로 2개 이상의 기술이 복합되어 네트워크 상에서 VRML로 실시간 렌더링 된다.

[그림 2.2]와 같이 오브젝트 VR 디스플레이 형식은 3차원 정보를 표현함과 아울러 사용자가 가상의 공간을 회전, 크기조정, 좌우이동을 통해 탐색할 수 있으며, 카메라 시점이나 아바타 시점을 빌려 인터랙티브한 장면을 볼 수 있도록 했다.



[그림 2.2] 오브젝트 VR 디스플레이

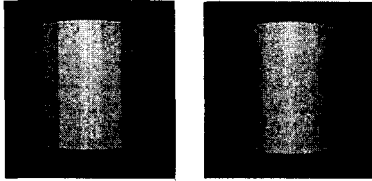
### 2-3 경계면 처리

3D 모델링 데이터의 최적화 과정에서 오브젝트의 렌더링 속도를 향상시켜 주기 위해서는 페이스 트라이 앵글의 수와 폴리건 정점 수를 감소시키거나 압축하여 메쉬를 단순화 시키는 방법을 이용한다. 그러나 폴리건으로 이루어져 있는 3차원 모델링 데이터는 개체에 따른 충분한 폴리건 수가 부족하거나 압축을 많이 할 경우 블록화 현상(blocking effect) [10,11]이 발생한다.

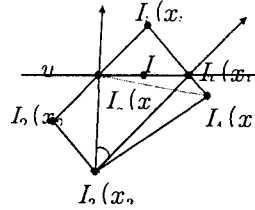
그러므로 이러한 블록화 현상은 복원 영상의 질을 저하시켜 저급한 렌더링이 되므로 B-스플라인 곡면과 고라우드 명암처리 기법을 이용해 경계면을 부드럽게 처리해 준다.

#### ① B-스플라인 곡면

2개의 인접한 기하학적 표면 사이의 경계는 경계평탄도를 이용해 매끄럽고 부드러운 표면을 나타낼 수 있으며, [그림 2.3(a)]는 경계평탄도 각도를 0으로 (b)는 20을 주었을 때의 렌더링이다. 양쪽 정점 사이의 보간된 서페이스 곡면에 각도 값으로 명암 처리하여 렌더링 시 밝기를 표현하고 광도의 불연속성을 제거할 수 있기 때문에 자연스럽게 부드럽게 처리할 수 있다.



(a) angle=0,in degrees (b) angle=20,in degrees  
[그림 2.3] 각도를 이용한 경계평탄도



[그림 2.4] 인접한 서페이스 각도 표현

3차원 공간상에서 B-스플라인 식(1)을 이용해 곡면처리 하였다.

$$r(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,p}(u) N_{j,q}(v) P_{i,j} \dots\dots\dots (1)$$

여기서  $p$ 와  $q$ 는 매개변수  $u, v$ 방향으로의 차수(order)이며,  $P_{i,j}$ 는  $n \times m$ 개의 B-스플라인 곡면을 표현하는 조정점이다. 또한  $N_{i,p}(u)$ 와  $N_{j,q}(v)$ 는 첫 절점과 마지막 절점이 각각  $p+1$ 개와  $q+1$ 개의 중복을 갖는 절점의 집합인 절점벡터로 정의되는 기저함수이다.

$$U = (u_0, u_1, u_2, \dots, u_{n+p-1}, u_{n+p}, u_{n+p+1}),$$

$$V = (v_0, v_1, v_2, \dots, v_{m+q-1}, v_{m+q}, v_{m+q+1})$$

기저함수는 매개변수  $u, v$ 의 변화에 따라 각 조정점에 대응되는 기저함수 값이 유동적으로 변할 수 있도록 정의된다. 절점벡터를 구성하고 있는 절점들이 오름차순으로 정리되어 있다면, 차수  $p$ 의  $i$ 번째 B-스플라인 기저함수는 다음 식(2)와 같이 정의된다.

$$N_{i,p}(u) = \begin{cases} 1, & \text{and } u_i \leq u \leq u_{i+1} \\ 0, & \text{and otherwise} \end{cases}$$

$$N_{i,p}(u) = \frac{u - u_i}{u_{i+p} - u_i} N_{i,p-1}(u) \dots\dots\dots (2) + \frac{u_{i+1} - u}{u_{i+1} - u_{i+1}} N_{i+1,p-1}(u)$$

② 음영처리

블록화 제거는 음영처리 방법의 균일광도법, 고라운드 명암법, 풍(phong) 명암법 중에서 인접 경계면 밝기가 연속적으로 변하지 않는 현상을 제거하는데 가장 유리한 고라운드 명암법을 이용한다.

[그림 2.4]에서 직선상의 양쪽 끝점의 밝기로부터 보간된 광도 값을 취함으로써 음영처리가 가능하며, 식(3)에서 균일광도를 구하기 위한 법선  $I_a/b$  사이의 보간된 정점에 의해 평균광도를 구할 수 있다.

$$I_a = \frac{1}{y_1 - y_2} (I_1(y_s - y_2) + I_2(y_1 - y_2))$$

$$I_b = \frac{1}{y_1 - y_4} (I_1(y_s - y_4) + I_4(y_1 - y_4)) \dots\dots\dots (3)$$

$$I_s = \frac{1}{x_b - x_a} (I_a(x_s - x_a) + I_b(x_s - x_a))$$

2.4 구현결과 및 분석

본 논문에서는 실험에 사용한 3차원 모델링 데이터인 의자를 폴리곤 메시로 모델링 했으며, 웹기반의 VRML로 가시화한다는 점을 감안해 최소한의 폴리곤을 사용했다.

의자의 초기 데이터 용량은 26.4kbps, 폴리곤 수는 484개이고 이것을 렌더링 했을 때 [그림 2.6]에서 보는 바와 같이 의자의 서페이스 모습이 육안으로 확인되어 정밀하지는 못하지만 고른 서페이스 모습을 보여주었다. 이것을 1차 최적화했을 때 데이터의 용량은 23.3kbps, 폴리곤 수는 400개였고, 폴리곤 수가 484개였을 때와 렌더링 면에서 크게 차이 나지 않는 모습을 보여줬다.

다음 실험에서 폴리곤 수를 2차 최적화시킨 결과 [그림 2.7]에서 보는 바와 같이 서페이스가 파파되는 걸 볼 수 있었으며, 이때의 데이터 용량은 20.8kbps, 폴리곤 수가 350개 였다.

위와 같은 실험결과 폴리곤 수만을 최적화 시킨 400개 이하에서는 렌더링의 질이 떨어지고 서페이스가 파파되어 블록화 현상이 심해 [그림 2.7]에서와 같이 서페이스 곡면까지 드러나 보였다.

그러므로 폴리곤 수를 최소화 시켜 모델링 데이터를 최적화 시키고자 했을 때는 서페이스가 파파되지 않는 가장 적당한 폴리곤 수는 400개라는 걸 알 수 있었다.

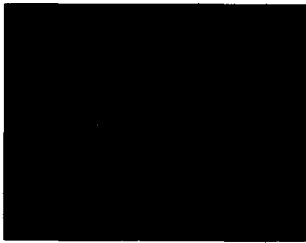
본 실험에서는 서페이스가 좋지 않은 350개의 폴리곤을 가진 저급한 데이터에 본 논문에서 제안한 것처럼 2개의 인접한 기하학적 서페이스 사이의 경계를 B-스플라인으로 곡면 처리하고, 고라운드 명암법으로 실시간 렌더링을 한 결과 [그림 2.8]과 같이 서페이스가 부드럽게 처리되어 블록화 현상이 제거 되었으며, 초기 데이터 [그림 2.6]의 렌

더링 결과보다 훨씬 더 좋은 결과를 나타내는 걸 시뮬레이션을 통해 알 수 있었다.

또한 면을 부드럽게 처리하려면 폴리건 수를 늘려주는 것이 일반적이는데, 본 논문에서 제시한 방법으로 곡면처리한 결과 폴리건 수량이 늘어나지 않으면서 스무딩 효과를 내어 곡면처리 전의 데이터 용량과 비슷한 20.9kbps를 나타냈다.

의 경계를 양쪽 정점 사이의 보간된 파라미터 각도 값으로 광도의 불연속성을 이용한 고라운드 명암 방법으로 스무딩 효과를 주었다.

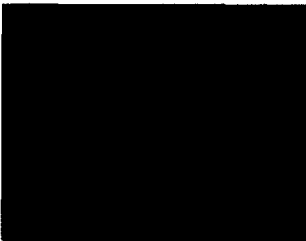
시뮬레이션 결과 최적화된 3D 모델링 데이터가 초기 데이터와 비교해 VRML 실시간 렌더링이 자연스럽고 부드러운 음영으로 향상되어짐을 입증하였다.



[그림 2.6] 폴리건 486개의 렌더링(용량:26.4kbps)



[그림 2.7] 폴리건 350개의 렌더링(용량:20.8kbps)



[그림 2.8] 폴리건 350개의 경계면 처리 후 렌더링(용량:20.9kbps)

### 참고 문헌

- [1] S. Kumar, "Hierarchical Visibility Culling for Spline Models", GRAPHICS INTERFACE, Vol.- No.1996, 1996.
- [2] C. Andujar, "LOD visibility culling and occluder synthesis", Computer aided design, Vol.32 No.13, 2000.
- [3] P. E. Debevec, C. J. Taylor, and J. Malik, "Modeling and Rendering Architecture from Photographs", SIGGRAPH96, pp11-20, 1996.
- [4] Pigounakis, K. G, "Fairing Spatial B-Spline Curves", Journal of ship research, Vol.40 No.4, 1996.
- [5] C. J Ong, "An optimization approach for biarc curve-fitting of B-spline curves", Computer aided design, Vol.28 No.12, 1996.
- [6] J. S. Chalfant, "Design for Manufacturing Using B-Spline Developable Surfaces", Journal of ship research, Vol.42 No.3, 1998.
- [7] Henri Gouroud, "Continuous Shading of Curved Surface", IEEE Trans, on Computers, c-20(6), 623-629, 1971.
- [8] J.-L. Gouraud, "Two thousand horse presence in Paris", BULLETIN ACADEMIE VETERIN- AIRE DE FRANCE, Vol.72 No.4, 1999.
- [9] S. Botsford, "Stitching Great Curves: Once you discover your best turning direction, you'll be stitching smoothly", THREADS-NEWTOWN CT-, Vol.- No.80, 1999.
- [10] V. Kazarian-Le Brun, "Non-Linear Filtering of Compression Blocking Effects in Reconstructed Images", Experimental astronomy, Vol.7 No.1, 1997.
- [11] J.S. Lim, "Two-dimensional signal and image processing", Englewood Cliffs, prentice-Hall, 1990.

### V. 결론

3차원 모델링 데이터로 공간 VR을 구현해 실시간 렌더링하기 위해서는 데이터의 대용량으로 인한 높은 대역폭을 필요로 하므로, 모델링의 폴리건 수 최적화, 텍스처 맵핑, 렌더링 방법에 따른 제어가 중요하다.

본 논문에서는 네트워크 상에서의 VRML 가시화를 위한 3차원 모델링 데이터를 최소한의 폴리건만을 사용해 최적화 시켜 데이터 용량을 줄였으며, 최적화 과정에서 생기는 폴리건 단순화에 따른 블록화 현상은 B-스플라인 기법을 이용했다. 또한 렌더링 시 2개의 인접한 기하학적 서페이스 사이