XML 기반 VRML 모델 검색 시스템

임민산° 권오봉 송주환
전북대학교 컴퓨터 정보학과
{san°, obgwun}@chonbuk.ac.kr {jwsong}@jj.ac.kr

VRML Model Retrieval System Based on XML

MinSan Im° OBong Gwun Juwhan Song
Department of Computer Imformation, Chonbuk National University

요 약

컴퓨터 그래픽스 분야의 발전으로 3D 모델의 수가 기하급수적으로 늘고 있다. 기존의 텍스트나 2D 이미지만을 검색하는 시스템으로는 정확한 3D 모델의 검색이 힘들다. 따라서 3D 모델 검색 시스템의 필요성이 대두되고 많은 분야에서 그 정확도와 속도향상을 위한 3D 모델 검색 연산자(Descriptor)와 검색 알고리즘을 개발하기 위한 연구가 진행 중이다. 본 논문에서는 VRML 모델을 XML 데이터로 변환하여 3D 모델 검색에 사용하는 것이 주요 목표이다. 검색 방법은 크게 VRML의 노드 분류화를 통한 기본 도형에 대한 검색과 XML로 변환하면서 생성하는 무게중심(Mass-Center)을 이용한 검색 두 가지이다. 즉, 3D 모델 데이터베이스를 구축함으로써 VRML 노드를 통한 분류화와 라벨화된 3D 모델 데이터베이스 지원 등의 장점을 활용한다. 3D 모델을 Key값(Descriptor)을 생성하여 분류화된 XML 데이터로 저장하고, 처리하면 유사도 비교의 대상과 횟수가 많아질수록, 3D 모델을 바로 데이터베이스에서 검색에 사용할 수 있어 검색의 속도와 성능을 보다 증가시킬 수 있다. 보다 복잡한 3D 모델의 유사도 비교에 있어서는 Princeton Shape Benchmark(PSB)[1]에서 정확도가 가장 높게 평가된 방법인 LFD(Light Field Descriptor)[6] 검색 연산자를 사용한다. 이 방법은 3D 모델에서 2D 이미지를 얻어 검색하는 방법으로 많은 2D 이미지 관측점(View-Point)과 관측된 2D 이미지의 적합도를 비교하는 계산량이 많은 단점이 있다. 그래서 3D 모델 검색을 위한 2D 이미지 관측에 있어 x, y, z축 방향의 관측점을 얻는 방법을 제안함으로써 2D 이미지의 관측점을 줄여 계산량을 대폭 감소시키는 장점을 갖는다.

1. 서 론

최근 컴퓨터 그래픽스 분야의 발전으로 애니메이션, 게임, 건축, 제품 디자인 등 3D 모델의 사용이 급속히 증가하고 있다. 3D 모델의 재사용, 효율적인 검색 등을 지원하기 위해서는 기존의 텍스트나 2D 이미지만으로 검색하는 시스템으로는 3D 모델의 검색에 어려움이 있다. 그래서 효과적인 3D 모델 검색 시스템의 필요성이 대두되고 있고, 3D 모델 검색을 위한 연구들이 진행되고 있다.

PSB(Princeton Shape Benchmark)[1]에서는 3D 모델 검색 시스템의 표준화를 위해 기존의 연구되어진 방법들인 D2(D2 Shape Distribution)[2], SHELLS(Shape Histogram), EXT(Spherical Extent Function)[3], GEDT(Gaussian Euclidean Distance Transform)[4], LFD(Light Field Descriptor)[5] 등의 검색 방법을 평가하였다. 이 외에도 웹과 데이터베이스 시스템 분야에서는 멀티미디어 데이터를 지원하기 위한 연구가 진행됨으로써 3D 모델의 효율적인 표현과 데이터베이스 지원을 위한 시스템이 연구되고 있다.

본 논문에서는 VRML 모델을 XML로 변환하여 3D 모델 데이터베이스를 구축하고 무게 중심과 표면 위의 임의의 점까지의 분포도를 비교하여 유사도를 검색하는 3D 모델 검색 시스템을 제안한다. 현재 VRML 모델은 웹에서의 표현이 쉬워 많이 사용되고 있으나, 저작 문법의 어려움과 라벨화된 관리가 어렵다. VRML 모델을 XML로 변환하여 저장함으로써 3D 모델 데이터베이스를 구축할 수 있고, 유사도를 비교하는데 있어 key값(무게중심, 라벨화)을 생성시켜 줌으로써 같은 검색 조건으로 재검색이 이뤄질 경우 비효율적인 재작업을 막을 수 있다. 또한 XML과 VRML을 접목시킴으로써 각각의 장점을 활용하여 웹에서의 표현과 데이터베이스 구축·관리가 가능하다. 또한 즉각적으로 검색조건, 검색결과를 확인할 수 있어 초보자들도 쉽게 사용할 수 있는 인터페이스 설계가 가능하다.

3D 모델 검색 시스템의 구성은 기본적인 3D 모델을 검색하는데 있어 효율성을 높이고자 노드와 D2[2]를 비교하는 검색이 이뤄지도록 하며, 보다 높은 정확도를 요구하는 사용자나 복잡한 복합 3D 모델 검색을 위해서 LFD(Light Field Descriptor)[5]를 선택적으로 사용하도록 설계한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 검색 연산자(Descriptor)에 관한 관련 연구를 소개하고, 3장에서는 3D 모델 검색 시스템을 제안한다. 4장에서는 3D 모델 검색 시스템의 프로토타입의 구현 및 질의 표현 등의 인터페이스를 보인다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 검색 연산자들 (Descriptors)

2.1 D2 Shape Distribution[2]

3D 모델 검색에 있어 가장 기본적인 방법으로 무게중심(Mass-Center)이나, 표면 위의 임의의 두 점을 이용하는 방법이다. 무게중심으로부터 표면 위의 임의의 점까지 거리 분포를 가지고 유사도를 검색하는 방법과 표면 위에 임의의 두 점을 발생시켜 표면 위의 임의의 두 점간의 거리 분포를 가지고 유사도를 비교하는 방법이다.

2.2 Light Field Descriptor(LFD)[5]

Ding-Yun Chen et al[5]이3D 모델 검색에 있어 여러 각도에서 얻은 2D 이미지를 비교하는 방법은 정확도가 높고, 사용자가 쉽게 이해할 수 있는 방법이다. 3D 모델을 12면체 안에 일정한 거리(정규화)를 갖도록 위치시켜 놓는다. 12면체의 각 정

점(Vertex)에서 20개의 2D이미지(Up Vector에 따라서 20*3=60개의 이미지)를 관측하여 무게 중심에서 표면 위의 점까지의 거리 분포를 푸리에(Fourier) 공식에 이용하여 유사도를 비교하는 방법이다.

2.3 분류화(Classify)[1]

3D 모델 검색에 있어 정확한 유사도를 분류하는 방법은 앞에서 언급한 알고리즘들을 사용하는 방법이지만, 사용 용도나 기존의 라벨화된 3D 모델의 검색을 용이하도록 분류화를 하고 있다. 이는 3D 모델을 트레이닝 집합과 연구 집합으로 나눠놓음으로써 보다 빠른 처리를 할 수 있고, 정확한 데이터를 얻을 수 있는 장점이 있다.

3D 모델 검색 시스템들이 사용하는 보편적인 분류화는 주방, 거실, 사무실 등 위치에 따라 또는 의자, 자동차, 필기도구 등 사용 용도에 따른 분류화를 하고 있다.

3. 3D 모델 검색 시스템

본 논문에서는 VRML 모델을 XML로 변환하여 3D 모델 데이터베이스를 구축하고 무게 중심과 표면위의 임의의 점까지의 분포도를 비교하여 유사도를 검색하는 3D 모델 검색 시스템을 제안한다. 텍스트나 2D 이미지를 지원하는 검색과 아울러 3D 모델을 입력 받아 검색할 수 있도록 시스템을 설계한다.

대표적인 3D 모델 형식인 VRML은 웹에서 3D 모델을 자유롭게 표현할 수 있도록 개발되어진 언어로써, 사용자가 쉽게 구현할 수 있다는 장점이 있다. 또한 각각의 노드는 이미 특정한 기능을 가지도록 만들어져 있는데 이를 분류화에 사용함으로써 검색의 정확도를 높일 수 있다.

VRML로 웹에 표현하고 VRML을 XML로 변환하여 데이터베이스를 구축한다. XML로 변환된 데이터를 이용하여 무게 중심을 구하고, 무게 중심에서 표면위의 임의의 점과의 거리분포도를 구하고 이를 푸리에(Fourier)공식[6]에 적용하여 분포도의 유사도를 비교함으로써 3D 모델을 검색한다. 유사도가 높은 3D 모델을 VRML로 화면에 보여줌으로써 3D 모델 검색이 이뤄진다.

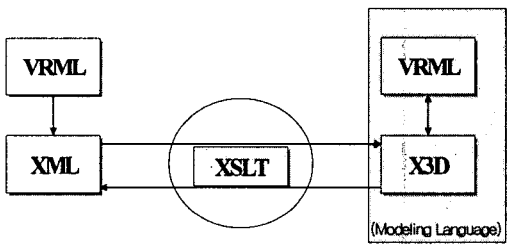

그림 1. 검색 시스템 개요

3.1 VRML을 XML로 변환하여 DB구축

VRML을 입력 값으로 받음으로써 사용자가 즉각적으로 확인이 가능하다는 장점이 있다. VRML 파일 형식은 복잡하고 직접적인 유사도를 비교하기에는 어려움이 있다. XML 형식으로 변환함으로써 데이터베이스를 구축하고, 무게중심, 이름이나 속성을 정의하는 임의의 값을 생성 시켜줌으로써 검색의 효율성을 높일 수 있다.

VRML을 XML로 변환하기 위해 C#을 사용하여 VRML의 값들 중 3D 모델 검색에 사용하고자하는 노드와 정점(Vertex or Point), 면(Face)값을 읽어 들여 XML 형식으로 저장하도록 한다. 이때, 유사도 검색에 필요한 무게중심(Mass-Center)을 저장함으로써 3D 모델 검색을 위한 데이터베이스를 구축한다.

3.2 유사성 검색

3D 모델의 유사성을 비교하는 방법은 VRML의 노드 분류화와 XML 데이터로 변환하여 얻은 무게 중심을 사용한 유사도 검색을 제안한다.

VRML에서 XML로 변환하면 각 노드 중 모양을 지정하는 Cylinder, Sphere, Cone 등의 노드를 검색함으로써 분류화 및 기본 도형의 일반적인 모양에 대한 검색이 가능하다.

Polygon을 사용한 복합적인 3D 모델은 XML로 변환하여 얻은 무게중심을 이용하여 유사도를 검색한다. 무게중심은 XML로 변환된 3D 모델의 각 정점의 합으로 얻어진다. 표면 위에 임의의 점들을 발생 시켜 무게 중심에서 표면 위의 점까지의 분포도를 구하여 유사도를 비교하는 방법이다.

무게중심에서 각 표면에 위치한 점까지의 거리를 구하는 공식[6]은 다음과 같다.

$$r(t) = \sqrt{[x(t) - x_c]^2 + [y(t) - y_c]^2} \qquad (1)$$

여기에서

(x_c, y_c) : 3D 모델의 무게중심
$(x(t), y(t))$: 표면위의 임의의 두 점
$r(t)$: 무게중심에서 표명위의 점까지의 거리

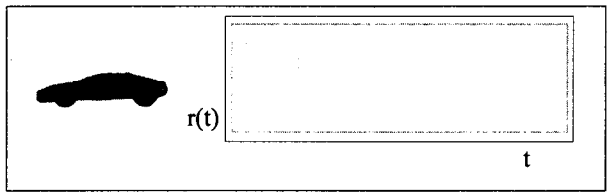

그림 2. 분포도 곡선 - 무게중심에서 표면위의 점

위에서 구한 무게중심에서의 거리의 분포도를 비교해서 유사한 3D 모델을 찾는다. 이때 두개의 분포도를 비교하기 위하여 푸리에[6] 식은 다음과 같다.

$$a_n = \frac{1}{n}\sum_{t=0}^{N-1} u(t) exp(-j2\pi nt/N)\ n \in \mathbb{Z} \qquad (2)$$

$$a_n = exp(jn\tau) \cdot exp(j\phi) \cdot s \cdot a_n^{(0)} \qquad (3)$$

여기에서

t : 시간 (0<t<T)
$u(t)$: 복잡도(complex)
a_n : 푸리에 연산 계수(coefficients) (n=0,1, ..., N-1)
$a_n^{(0)}$: 원형의 n번째 푸리에 계수

정확도가 높은 3D 모델의 유사성을 검색하는 방법으로는 LFD(Light Field Descriptor)를 사용한다. LFD방법은 2D 이미지를 유사도 검색에 사용함으로써 사용자의 이해가 쉽고, 높은 정확도를 얻을 수 있는 장점이 있다. LFD방법은 2D 이미지를 얻기 위한 관측점이 필요하고, 관측된 2D 이미지가 비교에 적합한지 검색 조건과 비교하는 계산이 이뤄져야 한다. Ding-Yun Chen et al[5]이 제안한 방법은 12면체를 사용함으로써 관측하는 2D 이미지의 수가 많아 속도가 느리고, 12면체의 각 정점에서 관측한 2D 이미지 중 어떠한 것이 유사도 비교에 가장 적합한지 평가해야하는 어려움이 있다. 이러한 문제는 3D 모델을 X, Y, Z축에 위치시키고 각 축의 방향에서 관측한 2D 이미지를 유사도에 비교할 수 있도록 그림 3과 같이 설계한다.

무게중심에서 각 정점까지의 거리 중 가장 긴 거리를 갖는 선을 벡터 V_1으로 놓고, V_1벡터에 수직인 벡터 중 표면위의 점과 가장 짧은 거리를 갖는 벡터 V_2를 구한다. V_2를 X축과 수평하게 놓는다. 이때 무게 중심을 지나고 V_2벡터에 수직이며 표면위의 점과 가장 짧은 벡터 V_3를 구하여 Y축과 수평하게 위치시킨다. 이와 같은 방법으로 정의하여 데이터베이스화된 VRML 모델은 x, y, z 축상에 평행하게 위치시킴으로써 각 x, y, z축을 법선 벡터로 갖는 면에서 라이트 필드(Light Field)[5] 이미지를 관측하여 3D 모델의 유사도를 비교하는 2D 이미지 검색 연산자로 활용한다. x, y, z 축으로 정규화된 DB를 구축함으로써 최적의 2D 이미지를 얻을 수 있고, 계산량이 대폭 줄어 검색 속도를 높일 수 있다.

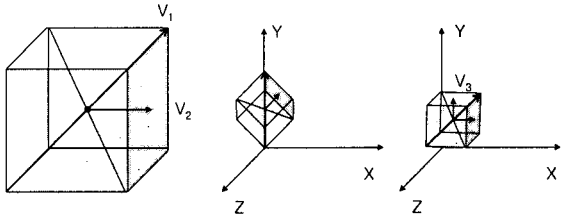

그림 3. 3D 모델의 정규화

유사성 비교가 끝나면 검색 조건과 유사한 XML데이터는 사용자가 즉각적으로 확인할 수 있는 VRML로 표현된다.

4. 구현

구현 환경은 PentiumIII 1.0GHz 프로세서를 장착한 컴퓨터에서 작업하였으며, VRML 모델 100개를 대상으로 실험한 결과 평균 4.3초가 걸린다. XML데이터베이스화된 3D 모델에 대한 재검색은 2.4초로 크게 향상되었다.

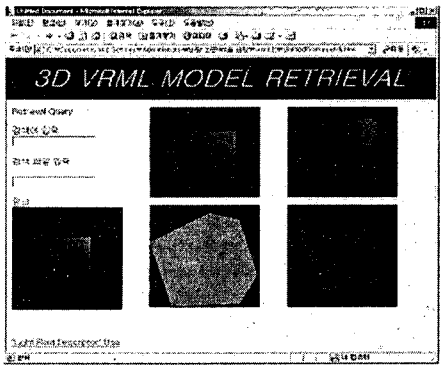

그림 4. 3D 모델 검색 시스템의 프로토타입

전체적인 시스템 성능 평가에서는 그림 5와 같은 Precision-Recall 값을 얻었다.

5. 결론

3D 모델의 사용이 급증하고 있는 요즘 3D 모델 검색시스템의 중요성이 대두되어 검색 연산자와 알고리즘에 대한 연구가 진척되고 있다. 하지만 이러한 연구는 검색대상이 되는 모델을 최적화시킨 알고리즘이나, 정확성을 높이기 위해 복잡해져 초보자가 이해하기 힘들다. 또한 웹기반으로 지원하는 3D 검색

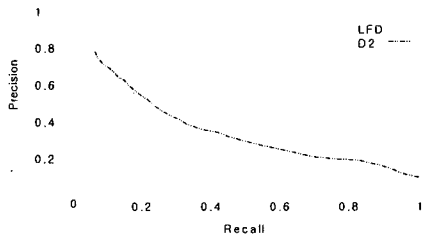

그림 5. Percision-Recall 곡선

시스템은 아직 미비한 실정이다. 본 논문에서 3D 모델을 표현하기 위한 VRML언어와 데이터베이스화하기 위해 사용한 XML은 웹의 지원이 가능한 큰 장점을 갖는다. 즉 웹상에서 검색이 가능하고, 사용자가 즉각적으로 확인할 수 있는 표현이 가능하다. 검색된 3D 모델을 분류해 저장함으로써 대용량의 데이터베이스가 구축되고 이를 이용한 빠르고 정확한 검색이 가능하다. 또한 LFD검색 방법을 최적화하여 사용함으로써 향상된 성능과 높은 검색 정확도를 갖추게 되었다. 사용자 인터페이스는 기존의 웹 검색 시스템들이 지향하는 바와 같이 초보자도 쉽게 접근과 사용이 가능하도록 설계하였다.

3D 모델을 표현하는 방법은 DXF, 3DS, OBJ 등 매우 다양하다. 다른 파일 형식들도 XML로 변환하기 위한 DTD설계와 XSLT를 갖추어 보다 폭넓은 3D 모델들을 다루는 작업도 고려중이다.

참 고 문 헌

[1] P. Shilane, P. Min, Kazhdan, and T. Funkhouser, "The Princeton Shape Benchmark", in Shape Modeling International (SMI04), (Genova, Italy), pp. 167-178, June 2004.

[2] R. Osada, T. Funkhouser, B. Chaxelle, and D. Dobkin. "Matching 3D models with shape distributions." Shape Modeling International, pp. 154-166, May 2001.

[3] D. Saupe and D. V. Vranic. "3D model retrival with sphereical harmonics and moments." In B. Radig and S. Florczyk, editors, DAGM 2001, pp 392-397

[4] M. Kazhdan, T. Funkhouser, and S. Rusinkiewicz. "Rotation invariant spherical harmonic representation of 3D shape descriptors." In Symposium on Geometry Processing, June 2003.

[5] D. Y. Chen, M. Ouhyoung, X. P. Tian, and Y. T. Shen. "On visual similarity based 3D model retrieval", Computer Graphics Forum, pp 223-232, 2003

[6] D. S. Zhang and G. Lu, "A Comparative Study of Fourier Descriptors for Shape Repersentation and Retrieval", Melbourne, Australia, pp 652-657, Jan. 2002

[7] D. Y. Chen, M. Ouhyoung, "A 3D Model Alignment and Retrieval System", International Computer Symposium, Workshop on Multimedia Technologies, Vol.2 pp 1436-1443, Hualien, Taiwan, Dec. 2002

[8] R. Osada, T. Funkhouser, B. Chazelle and D. Dobkin, "Shape Distributions", ACM Transactions on Graphics, 21(4) pp 807-832, Oct. 2002

[9] T. Funkhouser, P. Min, M. Kazhdan, J. Chen, A. Halderman, D. Dobkin, and D. Jacobs. "A Search Engine for 3D Models." Transaction on Graphics, 22(1) pp 83-105, 2003

[10] 3D model search engine, http://shape.cs.princeton.edu

[11] 3D model retrieval system, http://3d.csie.ntu.edu.tw/~dynamic/.