

차량 시뮬레이터를 위한 3차원 도로모델의 렌더링 성능 향상에 관한 연구

최영일¹⁾ · 장석¹⁾ · 김규희¹⁾ · 조기용¹⁾ · 권성진¹⁾ · 서명원²⁾

성균관대학교 기계공학부 대학원¹⁾ · 성균관대학교 기계공학부²⁾

A Study on the Improving the Rendering Performance of the 3D Road Model for the Vehicle Simulator

Young-Il Choi¹⁾ · Suk Jang¹⁾ · Kyu-Hee Kim¹⁾ · Ki-Yong Cho¹⁾ · Seong-Jin Kwon¹⁾ · Myung-Won Suh²⁾

¹⁾Graduate School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, Gyeonggi 440-746, Korea

²⁾School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, Gyeonggi 440-746, Korea

(Received 23 October 2003 / Accepted 5 July 2004)

Abstract : In these days, a vehicle simulator is developed by using a VR(Virtual Reality) system. A VR system must provide a vehicle simulator with a natural interaction, a sufficient immersion and realistic images. To achieve this, it is important to provide a fast and uniform rendering performance regardless of the complexity of virtual worlds or the level of simulation.

In this paper, modeling methods which offer an improved rendering performance for complex VR applications as 3D road model have been implemented and verified. The key idea of the methods is to reduce a load of VR system by means of LOD(Level of Detail), alpha blending texture mapping, texture mip-mapping and billboard. Hence, in 3D road model where a simulation is complex or a scene is very large, the methods can provide uniform and acceptable frame rates. The VR system which is constructed with the methods has been experimented under the various application environments. It is confirmed that the proposed methods are effective and adequate to the VR system which associates with a vehicle simulator.

Key words : Virtual reality(가상현실), 3D Modeling, Rendering(렌더링), Polygon(폴리곤), Map texture(맵 텍스처), Mapping(맵핑), Frame rate(프레임율)

1. 서론

급속한 경제 성장에 따라 차량과 운전자의 증가는 높은 교통정체와 교통사고를 유발시키고 있다. 이와 같은 현상은 국내외의 사회적 문제로 대두되고 있다. 이에 대한 문제 해결을 위해 최근에는 ASV(Advanced Safety Vehicle), ITS(Intelligent Transportation Systems)와 같은 기술들이 개발되고 있다. 신기술의 접목은 차량의 전자, 통신, 센서, 제어장치의

비중을 높이게 되었고, 새로운 시스템에 대해서 다양한 성능 검증을 필요로 한다. 일반적으로 성능 검증은 막대한 비용과 개발 기간이 소요되기 때문에, 시험 방법으로 시뮬레이션을 활용하고 있다. 그 중 차량 시뮬레이터를 이용한 방법은 대표적 시뮬레이션 방법 중 하나이다. 차량 시뮬레이터의 발전은 가상현실(Virtual Reality : VR)을 접목시키는 시스템으로 이어지게 되었으며, 이미 미국, 일본, 독일 등에서는 제품의 생산에 이용하고 있다.¹⁻³⁾

차량 시뮬레이터의 하드웨어 구성은 일반적으로

*To whom correspondence should be addressed.
suhmw@yurim.skku.ac.kr

운전석을 포함한 차량의 거동을 재현하는 모션 시스템과 그래픽 영상을 표현해 주는 그래픽 시스템, 효과음을 표현하는 오디오 시스템 등으로 이루어진다. 이 중 그래픽 시스템은 차량의 위치와 자세의 변화를 시각적으로 재현하는 기능을 가지며, 전체 VR 시스템의 70% 정도를 담당하게 된다.⁴⁾

특히 실시간 시뮬레이션에 있어서 VR의 시각효과는 3D 모델링(modeling)과 렌더링(rendering)에 의해 좌우되기 때문에 일반적으로 다음과 같은 사항에 유의해야 한다. 첫째, 사용 용도에 맞게 구성되었는가? 둘째, 구성된 하드웨어 성능에 부합하는가?

이 두 가지 사항은 차량 시뮬레이터에서 요구되는 실시간 렌더링의 핵심요소이다. 따라서 VR의 현실감 확보는 하드웨어 성능과 3D 모델링 사이에 효율적인 분배로부터 얻을 수 있다. 모델링은 숫자로 이루어진 컴퓨터 그래픽스의 원시적 원리에 기초를 두고 있기 때문에 그래픽 구현 원리를 알고 모델링을 수행하면 더 큰 효과를 볼 수 있다.

이러한 VR을 연구대상으로 한 최동찬 등의 연구⁵⁾에서는 3D 영상 구현을 위한 데이터베이스의 구성과 그래픽 엔진의 개발에 대해서 논하고 있다. 또한 손권 등의 연구⁶⁾에서는 운전자가 속도감을 느끼도록 하는 그래픽 요소들을 찾아내어 실제와 같이 표현하기 위한 연구를 수행한 바 있다. 서명원 등의 연구⁷⁾에서는 렌더링 속도의 향상을 위해 별도의 그래픽용 컴퓨터를 구축하는 연구가 진행된 바 있다.

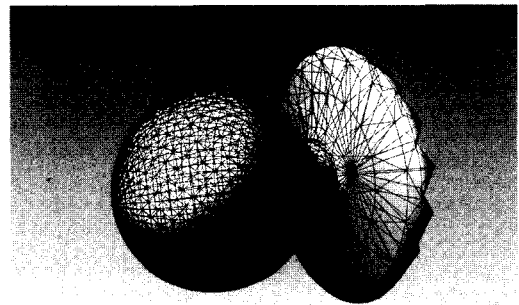
기존의 연구들은 주로 한정된 3D 모델을 대상으로 그래픽 성능향상에 대하여 진행되었다. 그러나 차량 시뮬레이터와 연계하여 실시간으로 고용량의 3D 도로모델을 렌더링 하는 상황에서 차량의 움직임 표현하기 위한 연구는 미흡한 실정이다. 또한 이를 수행하기 위해 적용되는 모델링 기법들에 대한 신뢰성 있는 검증도 부족한 상황이다. 부적절한 기법을 적용할 경우, 오히려 렌더링 속도를 저하시킬 수 있으므로 모델링 기법의 체계화가 필요하다.

이에, 본 논문에서는 차량 시뮬레이터에 적합한 3D 도로모델을 구성하기 위한 모델링 과정의 확립과 함께 구현기법의 선정 및 검증에 그 초점을 맞추어 진행한다. 이를 위해 현실감을 부여하면서 연산량을 줄이기 위한 모델링 방법 및 단계에 대하여 구

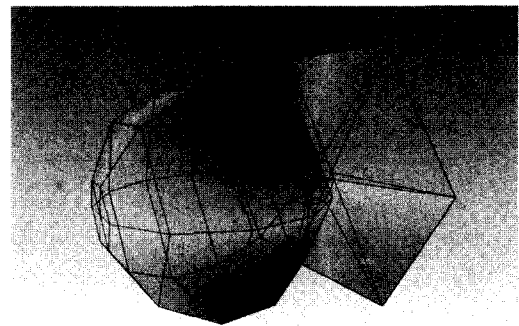
체적으로 제안한다. 또한 모델링 기법 및 렌더링 기법에 따라 구성된 두 개의 3D 도로모델을 구축하고, 모델 구현 기법에 따른 그래픽 성능의 차이를 렌더링 성능을 통하여 비교한다. 따라서 최적의 렌더링 성능을 위한 방법을 실험적으로 시행하고, 실시간 시뮬레이션에 적합한 모델링 기법을 체계화하고자 한다.

2. 3D 모델링

3D 모델링이란 3차원 공간상의 좌표축을 이용하여 표현대상의 모습을 입체적으로 형상화하는 작업을 말한다. 3D 모델링은 3개의 질점이 모여 하나의 면을 이루는 개념에서 시작된다. 이러한 질점들을 제어점(control point)이라고 한다. 모델은 일련의 제어점들로 구성되기 때문에 그 양이 많아질수록 모델은 복잡해지고 연산량은 커지게 된다. Fig. 1에서 VR 모델과 FEM(Finite Element Method) 모델의 형상을 비교하고 있다. (a)에 나타나 있는 FEM 모델은



(a) Mesh model for FEM



(b) Mesh model for VR

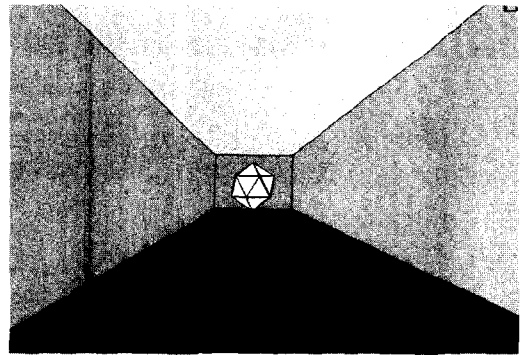
Fig. 1 Comparison between FEM model and VR model

힘에 의한 각 메쉬(mesh)간의 상호 작용을 분석하기 위해 치밀한 구조로 짜여져 있다. 그러나 (b)의 VR 모델은 FEM 모델에 비해서 비교적 단순한 구조로 짜여져 있다. 이와 같은 모델은 렌더링 시 연산량이 적기 때문에 실시간 렌더링에 효과적이다. 따라서 FEM을 위한 모델과 VR에서 사용되는 모델은 서로 다른 구조를 가지게 된다. 이는 각 모델이 기본적으로 사용 목적과 모델링의 방법에서 큰 차이가 있기 때문이다.

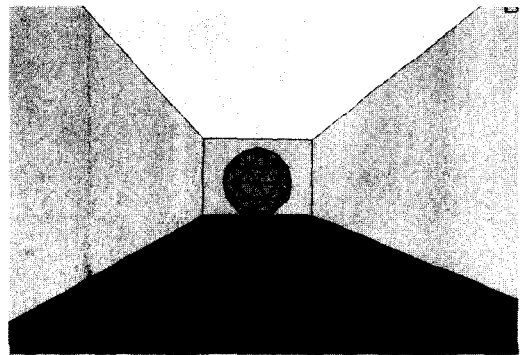
위와 같이 모델의 사용목적에 따른 구성 방법을 이해하는 것은 VR의 구성에 있어 시간적, 경제적인 면에서 큰 효과를 기대할 수 있다. 특히 이를 고려하여 크기가 방대하고 복잡한 형상을 가진 고용량의 3D 도로모델을 구축한다면, VR 시스템에 대한 부담을 크게 줄일 수 있다. 따라서 차량 시뮬레이터와 연계하여 렌더링을 수행할 때, 시뮬레이션의 복잡도와 상관없이 차량의 움직임 및 주행상황을 실시간으로 표현할 수 있게 된다.

2.1 모델링의 기법

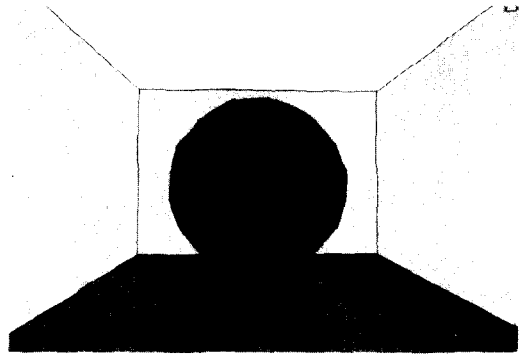
3D 모델링은 대상의 형상화에 대한 기본 작업으로 가능하지만, 차후 실시간 렌더링 성능의 확보를 위해서 여러 기법들이 적용된다. 최근 가장 널리 이용되는 모델링 기법으로는 LOD(Level of Detail), 텍스처 밍 맵핑(texture mipmapping), 빌보드(bill-board) 등이 있다. 이 중 대표적인 기법인 LOD 기법은 사용자의 시점과 3D 모델 간의 거리에 따라 세분화된 모델을 단계적으로 렌더링 하는 기법이다. Fig. 2의 (a)는 가장 먼 거리의 시점에서 바라 본 모델로써 단순한 형태로 표현된다. 이렇게 표현된 모델은 렌더링 시 연산량을 줄이게 되므로 실시간 렌더링에 큰 도움을 준다. (b)에서는 모델에 가까이 접근한 경우, 한 단계 더 복잡한 모델로 변경된 것이 나타나 있다. (c)에서는 가장 근접한 경우의 렌더링 된 모델을 보여주고 있다. LOD 기법은 가까운 시점의 모델에 대해서 세밀하게 표현할 수 있기 때문에 높은 현실감을 부여할 수 있다. 이것은 실제 사람의 시력과 같은 원리로써 원거리의 보이지 않는 대상은 단순하게 표현하고, 근거리의 대상은 자세하게 표현함으로써 현실감 획득과 렌더링 부하를 최소화시키는 이득을 얻을 수 있다.



(a) Low LOD



(b) Mid LOD

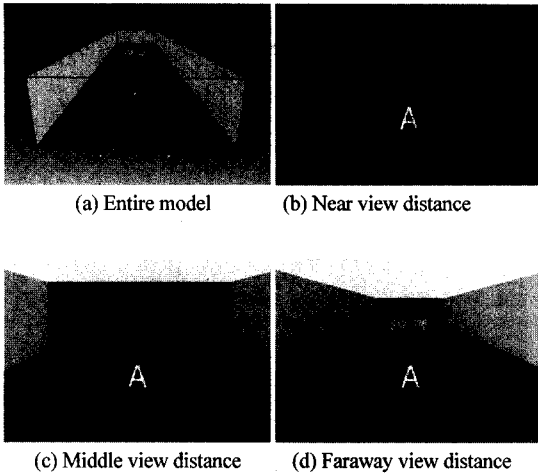


(c) High LOD

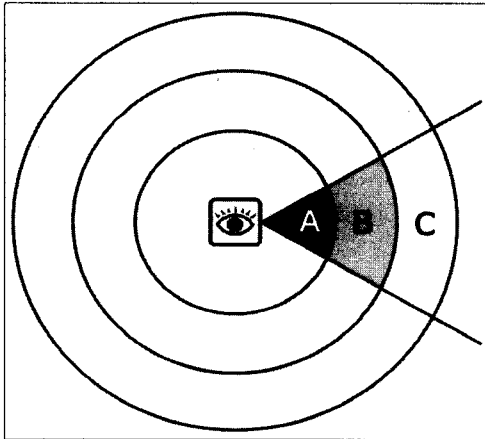
Fig. 2 VR model for LOD effect

2.2 렌더링 기법

렌더링이란 3D 모델에 그림자, 색상, 농도의 변화 등과 같은 3차원 질감을 추가하거나, 시야범위에 대한 효과를 넣음으로써 컴퓨터 그래픽에 사실감을 추가하는 과정을 가리킨다. 따라서 렌더링을 위한 기법 또한 넓은 의미에서 볼 때 모델링의 과정에 포함된다. 위와 같이 렌더링 기법을 이용하면 광원이



(c) Middle view distance (d) Faraway view distance



(e) Diagram of view distance

Fig. 3 Rendered images about view distance

나 시야범위 등을 조절할 수 있다. Fig. 3은 시야 거리(view distance)에 따라 렌더링된 결과이다. (a)는 전체 모델의 모습이며, (b), (c), (d)는 시야 거리를 단계별로 증가시키며 렌더링한 결과이다. 거리가 가까울 경우, 문자 A만을 확인할 수 있으며, 그보다 먼 거리에 대한 문자들은 렌더링 되지 않게 된다. 렌더링 거리를 크게 함으로써 현실감을 얻을 수 있지만, 많은 연산량을 요구하기 때문에 실시간 렌더링의 경우에는 제약을 받게 된다. 따라서 렌더링 기법은 하드웨어의 성능에 따라 조율해야한다. 결과적으로 'VR을 구성한다'는 것은 복잡하고 세밀한 모델링이 아닌 '기본 목적과 하드웨어 성능에 적합한 모델을 구성한다'는 것이다.

3. 도로모델

도로모델은 VR 시스템을 이용한 차량 시뮬레이터 중 시각적인 요소에 속하며, 시각적 요소 중 제일 큰 부분을 차지한다. 이것은 실재하는 도로를 대상으로 하거나 가상의 도로로 구성할 수 있다. 그러나 도로 폭, 차선의 길이와 같은 기본적인 도로의 규격이나 형태는 실제 도로의 사양을 반영하여야 한다. 이는 시뮬레이션을 하는 사용자가 실제와 동일한 도로 정보로 인식하게 되는 객관적 자료이기 때문이다. 또한 2장에서 언급된 컴퓨터 그래픽의 개념과 모델링의 방법들을 이해하면 기술적인 진행과 시간의 단축을 도모할 수 있다.

3.1 도로모델의 구성

본 연구의 모델링은 서울 분기점과 천안 분기점 사이의 고속도로를 대상으로 하였다. 도로모델은 1:5000 축척의 지도를 표본으로 하였다.

3D 도로모델 구성 시, 대상 지도를 스캔하고 가상 공간상에 실제사이즈로 맵핑한 후, 이를 참조하여 전체구간에 대한 모델링을 수행하였다. 이를 통해 주변 시설물, 도로 등의 위치와 곡선반경을 표현할 수 있었다. 도로규격은 대상 고속도로의 설계명세서를 이용하여 반영하였다. 또한 구성된 도로모델의 검증은 위하여 대상 고속도로의 주행동영상과 도로모델을 비교 및 검토하였다. 본 연구에서는 도로의 고도 및 도로경사 등 높이에 대한 묘사는 고려하지 않았다.

모델링 툴은 3D 모델링 프로그램인 MultiGen Creator ver. 2.5.1⁸⁾을 사용하였다. 모델의 전체 구성은 크게 도로, 시설물, 지형지물 3가지로 분류하여, 2km 구간별로 VR 데이터베이스를 구축하였다. 이는 렌더링 시 모델의 로딩을 효율적으로 수행하고, 모델의 추가 및 제거를 용이하게 하기 위함이다. 각 세부사항은 Fig. 4와 같다.

도로모델의 대상범위는 매우 광범위하기 때문에 실재하는 대상에 대해서 가공이 가능하다. 그러나 일반적인 3D 모델 구성은 가상현실 구축에 필요한 시설물과 환경을 우선으로 하며, 그 외에 불필요한 부분은 임의로 배제하여 데이터의 용량을 줄일 수 있다. 이러한 방법은 모델의 데이터 용량을 줄이는

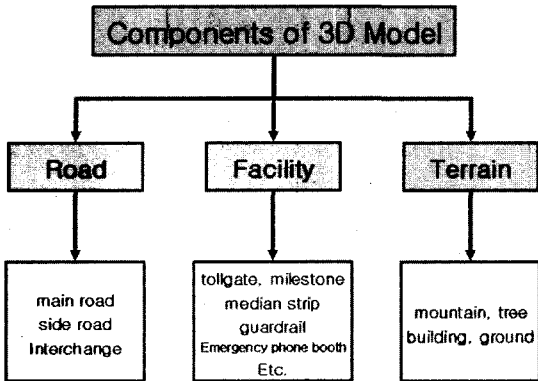


Fig. 4 Components of 3D road model

것 외에 성능이나 효과를 저하시키지 않고 본래의 목적에 맞도록 재구성 할 수 있는 장점이 있다.

3.2 도로모델링

모델링 과정의 첫 번째 단계는 모델링 대상에 대한 데이터를 수집하는 단계이다. 가상현실의 구성을 위한 데이터 수집은 실제 모델의 크기와 형태에 대한 정보 및 이미지를 확보하는 것이다. 본 연구에서는 수집된 정보를 바탕으로 3D 객체를 형상화하는 초기 작업을 진행하였다. 초기 작업인 선(spline)형 모델링을 통하여 곡선과 곡면을 나타내었다. 곡선은 그 형태를 결정하는 제어점으로 구성되기 때문에 곡선을 세밀하게 표현하는 것은 연산량을 늘리는 결과를 초래한다. 때문에 곡선부는 최대한 단순화시키면서도 형상의 특징을 묘사하였다. 선으로 구성된 모델을 면으로 변환한 후 텍스처 맵핑을 통

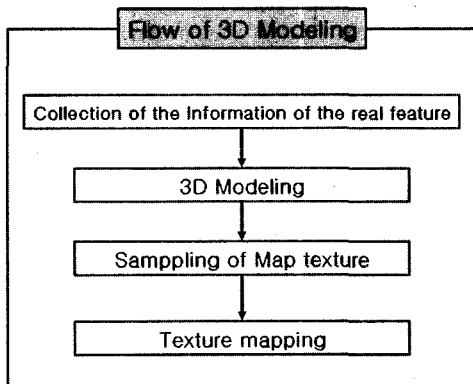


Fig. 5 Flow of 3D modeling

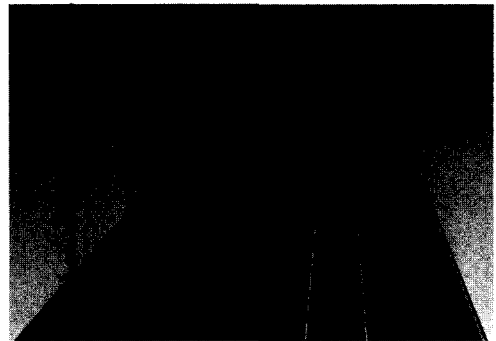
하여 현실감을 부여하였다. 맵핑된 모델의 모습을 확인한 후 수정이 필요한 부분에 대해서는 포토샵과 같은 상용 툴을 이용하여 텍스처 편집 과정을 거친다. 모델링의 순서는 Fig. 5와 같이 구성된다.

3.2.1 고속도로

고속도로는 기본적인 주행 도로만을 모델링하고, 주변 시설물을 첨가하여 구성하였다. 다음으로 데이터 수집을 통해 얻은 이미지로부터 도로 및 시설



(a) Low LOD



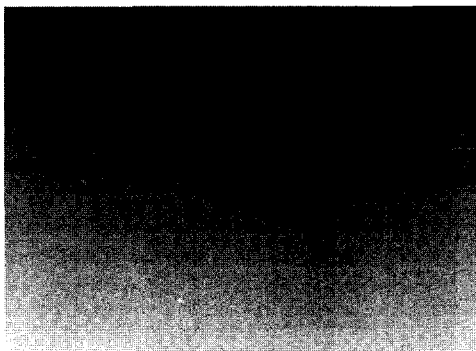
(b) Middle LOD



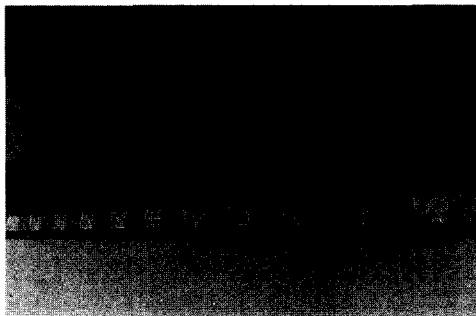
(c) High LOD

Fig. 6 Images of road model using LOD

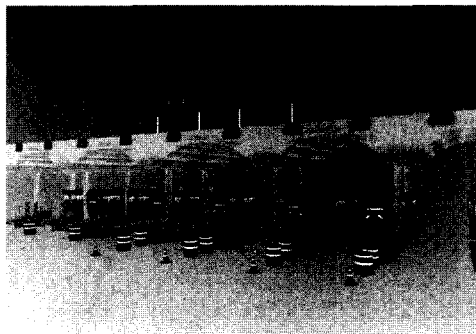
물을 현실감 있게 표현하였다. 데이터의 수치에 따라 완성된 메쉬 모델은 실제 모델에 비해 단조롭게 표현함으로써 모델의 윤곽을 최소화시켰다. 또한 일정한 프레임율(frame rate)을 유지하기 위하여 분기점에 대한 부분은 최대한 간소화시켜 모델의 특징만을 묘사하였다. 또한 Fig. 6과 같이 LOD 기법을 적용하여 식별하기 어려운 거리의 모델을 단계별로 간소화하고 폴리곤(polygon)의 수를 간략화 함으로써 높은 프레임율을 얻을 수 있다.



(a) Guardrail



(b) Median strip



(c) Tollgate

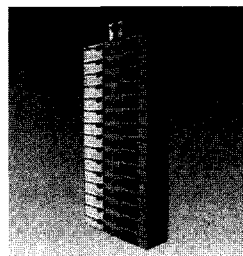
3.2.2 시설물

도로 주행 중 식별을 요하는 시설물의 모델은 면으로 이루어진 폴리곤 모델에 텍스처 매핑을 이용하여 현실감을 부여하였다. 맵 텍스처의 이미지를 그대로 이용할 경우 색상, 명도 및 채도의 차이로 인하여 주변 모델과 어울리지 않는 결과를 초래한다.

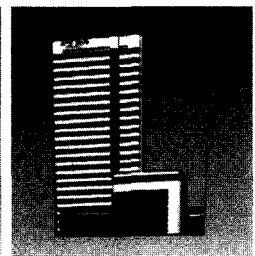
따라서 모델이 자연스럽게 보이도록 하기 위하여 텍스처 수정과정을 거친다. 수정된 텍스처를 모델에 매핑하여 Fig. 7과 같이 최종 모델로 완성하였다.

3.2.3 지형지물

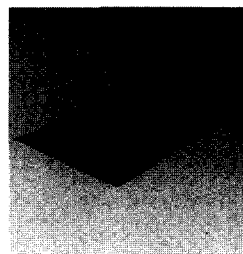
본 연구에서는 산과 건물에 대한 모델은 Fig. 8의 (a)-(e)와 같이 3D 모델과 2D 모델의 조합을 통하여 현실감을 부여하였다. 도로의 근거리에서 위치하는 산에 대한 모델은 3D로 모델링하였다. 또한 원거리의 사물에 대해서는 2D로 표현이 가능하기 때문에 VR 시스템에 대한 부하를 줄이기 위하여 평면 도형에 맵 텍스처를 이용하여 구성하는 빌보드 모델링을 활용했다. 나무에 대한 모델링은 하나의 면만으로 구성되어 있을 경우 발생하는 비현실감을 보정하기 위해서 Fig. 8의 (e)와 같이 두개의 면을 교차시킴으로써 360° 모든 시점에서 나무의 형태를 확인할 수 있는 방법으로 모델링 하였다. 모델링 대상의 윤곽을 그대로 표현하게 될 경우에는 데이터의 거대화가 발생하게 된다. 이로 인하여 목표로 하는



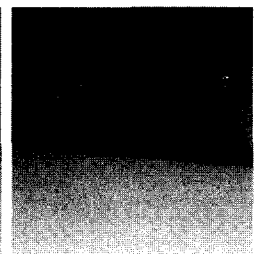
(a) 3D Building



(b) 2D Building

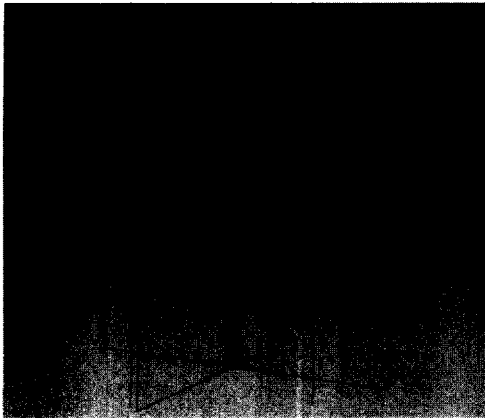


(c) 3D Mountain



(d) 2D Mountain

Fig. 7 Facilities



(e) Tree

Fig. 8 Terrain

렌더링 성능을 얻을 수 없으며, 앞서 언급된 방법은 이를 피하기 위한 모델의 구성 방법 중의 하나이다.

4. 실시간 렌더링

실시간 렌더링은 사람이 마우스나 조이스틱과 같은 입력 장치를 움직일 때, 그와 동시에 화면의 이미지가 의도한대로 생성되는 것을 말한다. 현실과 동일한 가상공간을 구축하는데 있어, 사람과 컴퓨터 간의 상호작용 속도는 핵심적인 요소이기 때문에, 실시간 그래픽 렌더링 기술의 적용은 필수적이다. 일반적으로 시스템의 렌더링 속도는 프레임율로 평가한다. 이는 초당 나타낼 수 있는 정지된 영상의 화면수를 나타내는 단위이다. 일반적으로 프레임율이 높을수록 부드러운 화면 연출이 이루어지게 된다. 어플리케이션 수행 시, 렌더링 되는 화면과 시뮬레이션의 복잡도에 대한 영향을 최소화 시켜 빠른 렌더링 속도를 제공하는 것은 참여자에게 현실감과 몰입감을 제공하는 중요한 요소이다. 또한 높은 프레임율과 함께 고른 프레임율도 중요한 요소이다. 이는 프레임 변화의 폭이 크게 될 경우 영상이 끊기는 것과 같은 현상이 나타나기 때문이다.

본 연구에서는 Open GL 기반의 그래픽 렌더러인 Vega ver. 3.7 MP⁹⁾를 사용하였다. 하드웨어는 Intel Pentium-4 2.8GHz, 1024MB RAM, VGA-Intergraph Wildcat 7110을 이용하였으며, 해상도 1280×1024에서 고속도로모델의 렌더링 성능을 테스트하였다. 렌더링 결과는 Fig. 9와 같이 확인할 수 있다.



(a) Rendered image of highway road



(b) Rendered image of tollgate

Fig. 9 Rendered images of 3D road

5. 도로모델의 성능 평가

도로모델은 모델링 기법에 따라 두 가지의 형태로 구성하였다. 모델 A의 폴리곤 수는 19,450개, 모델 B는 19,566개이다. 그리고 LOD node의 수량은 모델 B가 A에 비해 2배 이상 크게 구성되어있으며, 시야 거리는 1/2 작게 설정되었다. 두 모델의 상세한 스펙은 Table 1과 같다.

Table 1 Results and states for rendered images

구분	Model A	Model B
Face	9,820	9,729
Polygon	19,450	19,566
Vertices	39,090	39,024
Texture(RGB)	120(4855KB)	117(4279KB)
Texture(RGB alpha)	76(9725KB)	76(9725KB)
LOD	32	72
View Distance	4,000	2,000
Frame/sec (Average)	40	55

두 도로모델에 대한 렌더링 결과로써 모델 A는 40 frame/sec, 모델 B는 55frame/sec 를 보였다. 실사 영화나 텔레비전이 24 frame/sec, 만화 영화가 16~24 frame/sec이며, 인간이 연속동작으로 인식하는 프레임율이 18 frame/sec임을 감안하면 두 모델의 렌더링 성능은 우수한 것을 확인할 수 있다.

그러나 모델링의 기법과 구성 방법에 따라 성능은 15frame/sec의 차이가 났다. 모델 B에 적용된 LOD와 시야 거리는 모델 A에 비해 각각 2배씩 차이가 나도록 하였다. 이로 인한 외관상의 차이는 나지 않지만, 렌더링 시 연산량을 최소 10%이상 감소시키는 효과를 얻을 수 있기 때문에 실시간 시물레이션에 적합한 기법임을 확인할 수 있다. 또한 모델 A와 모델 B의 폴리곤 수는 모델 B가 모델 A보다 166개 더 많다. 일반적으로 폴리곤의 수량은 프레임율과 비례관계이지만, 연구에서는 모델이 지닌 속성이 렌더링 성능에 더 큰 영향을 주는 것을 확인할 수 있다. 즉 3D 도로모델에 적용된 기법들은 모델의 용량에 따른 렌더링 성능보다 더 직접적인 영향을 주게 된다. 두 도로모델에 대한 렌더링 결과로부터 렌더링 속도는 모델의 용량을 결정짓는 폴리곤의 수량과는 전적으로 비례하지 않음을 알 수 있다. 따라서 모델 A와 모델 B에서의 비교 결과는 곧 폴리곤의 양을 감소시키는 방향보다 모델의 디테일을 여러 단계로 나누는 LOD 기법과 시야 거리의 수치를 조정함으로써 개선될 수 있음을 보여준다.

본 연구의 렌더링 과정에서는 폴리곤의 분산이 불가피한 톨게이트의 경우에 4~8 frame/sec 정도 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이 경우 프레임율이 급격히 떨어지거나 올라가게 될 경우에 영상이 끊기는 현상이 발생하게 된다. 이러한 끊김 현상에 대한 해결책으로는 프레임율이 떨어지는 부분의 모델에 대해서 폴리곤의 수를 감소시키는 방법과 프레임율을 임의의 수 이하로 고정시켜 일정한 프레임율을 유지하도록 하는 프레임 스킵핑(frame skipping) 기법을 사용하면 고른 프레임율을 유지할 수가 있다. 렌더링 시에는 높은 프레임율 보다 일정한 프레임율이 중요하기 때문에 프레임율의 변화를 최소화시키는 것이 중요하다. 그러나 프레임 스킵핑 기

법을 적용할 경우에는 일정한 프레임율 이상의 성능 구현이 어렵게 되므로 차후 하드웨어의 고성능화에 대한 대처 방법으로는 적절하지 않다. 따라서 모델에 대해서 LOD 기법의 적용단계를 세분화하고, 모델의 폴리곤을 최적화함으로써 하드웨어 성능에 따른 최적의 렌더링 성능을 구현할 수 있을 것이다.

6. 결론

본 연구에서는 VR 기반의 차량 시뮬레이터에 적합한 고용량의 도로모델을 구성하기 위하여 각 모델링 단계를 구체적으로 제안하였다. 또한 고용량의 3D 도로모델의 렌더링에 적합한 모델링 기법 및 렌더링 기법들을 선정하고 효율성을 검증하였다.

구성된 3D 도로모델은 구간별로 도로와 시설물, 지형지물 3가지로 분류하여 구성함으로써 데이터의 로딩, 모델의 추가 및 제거를 효율적으로 수행할 수 있도록 하였다. 3D 도로모델은 실제의 도로를 대상으로 모델링 하였으며, 실시간 렌더링을 위해 불필요한 부분을 제외시키는 재구성의 단계를 거쳤다.

또한 고용량의 도로모델에 적합한 모델링 기법 및 렌더링 기법을 선정하고 검증하기 위하여 렌더링 성능을 실험하였다. 이를 위해 모델링 기법 및 렌더링 기법의 적용정도에 따라 두 개의 3D 도로모델을 구성하였다. 이를 이용하여 모델링 기법 및 구성에 따른 렌더링 성능을 실험을 통하여 검증하였다. 결과에서는 두 모델의 폴리곤 양과는 별개로 하드웨어 성능 및 모델에 적용된 구현기법에 따라 결과치가 다르게 나오는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과 값을 객관적인 지표로 활용함으로써 차량 시뮬레이터에 적합한 모델링을 수행할 수 있게 되었다.

본 논문은 고용량의 3D 도로모델에 대한 모델링의 방법을 체계화시키고, 가상의 주행 도로를 묘사함으로써 차량 시뮬레이터 개발의 기반을 구축할 수 있게 되었다. 또한 가상의 주행 평가 기반을 제공함으로써 차량의 성능 평가에 따른 비용과 기간의 단축효과를 가져올 것으로 기대한다.

후 기

본 논문은 한국과학재단 산하 성균관대학교 산업설비 안전성평가 연구센터의 연구비 지원 및 두뇌한국 21 사업의 지원으로 이루어진 것으로서, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

References

- 1) J. S. Freeman, G. Watson, Y. E. Papelis, T. C. Lin, A. Tayyab, R. A. Romano, J. G. Kuhl, "The Iowa Driving Simulator : An Implementation and Application Overview," SAE 950174, 1995.
- 2) W. Kading, F. Hoffmeyer, "The Advanced Dimler-Benz Driving Simulator," SAE 950175, 1995.
- 3) D. H. Weir, S. M. Bourne, "An Overview of the DRI Driving Simulator," SAE 950173, 1995.
- 4) J. T. Seo, M. R. Jung, "Design and Implementation of Virtual Reality Input-Output Interface for PC," Proceedings of Korean Science of Emotion and Sensibility, pp. 129-133, 1997.
- 5) D. C. Choi, J. H. Kim, S. C. Yoo, W. S. Lee, "Development of Database and Real-Time Graphics Engines for Virtual Driving Environment of Driving Simulators," Conference Proceeding of the Korea Information Science Society HCI2000, pp.498-503, 2000.
- 6) K. Son, K. H. Choi, S. S. Eom, S. J. Hong, "Factors Related to Velocity Perception in a Graphic Simulator," Transactions of the KSAE, Vol.9, No.2, pp.121-130, 2001.
- 7) M. W. Suh, K. Y. Cho, D. Y. Park, "Development of the SVPG(Sungkyunkwan Univ. Virtual Proving Ground) : II. Development of Graphic System for the Virtual Reality," 2001 KSAE Spring Conference Proceedings, pp.582-588, 2001.
- 8) Multigen Creator User's Guide, Multigen Paradigm, 2001.
- 9) Vega Programmer's Guide, Multigen Paradigm, 2001.
- 10) K. Y. Wohn, J. H. Park, "Human Sensibility Ergonomics and Virtual Reality Technologies," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol.18, No.2, pp.40-45, 2001.
- 11) J. H. Park, "Human Performance of the Three-dimensional Control Task in Virtual Environment," International Journal of Industrial Ergonomics, Elsevier Science, Vol.18 No.2, pp.187-191, 1996.
- 12) R. S. Wright, Jr. M. Sweet, Open GL SuperBible Second Edition, Infobook, 2001.
- 13) J. M. Ahn, 3D Studio Max 3, Digital Books, 1999.