

---

# 자바를 이용한 3차원 웹 그래픽 라이브러리의 개발

정갑중\*

Development of 3-D Web Graphic Library Using Java

Gab Joong Jeong\*

---

이 논문은 2005년도 경주대학교 학술연구비를 지원받았음

---

## 요 약

본 논문은 3차원 웹 그래픽 라이브러리의 개발에 관한 논문이다. 본 3차원 웹 그래픽 라이브러리는 웹 응용 서비스에서 사용자에게 2차원 웹 응용 서비스 또는 기존의 3차원 웹 서비스에서 시야각이 한정된 그래픽 제공의 경우 보다 다양한 동적 입체감을 제공함으로써 더욱 사용자의 흥미를 유발할 수 있는 웹 응용 서비스를 개발하는데 이용 가능한 3차원 웹 그래픽 라이브러리이며 다양한 3차원 웹 객체 및 현실감 있는 드로잉 기법의 적용으로 더욱 복잡적이고 동적인 3차원 웹 서비스를 제공하기 위한 3차원 웹 응용 서비스의 개발에 응용이 가능하다. 특히, 3차원 웹 게임이나 웹을 이용한 동적 광고 매체 제작에 효과적으로 이용 가능하다. 본 3-D 웹 그래픽 라이브러리는 자바 언어를 이용하여 작성되었으며 자바 가상 머신과 연동하는 웹 브라우저를 통해 웹상에서 수행되는 응용 소프트웨어의 개발에 적용 가능하다.

## ABSTRACT

This paper describes the development of 3-D web graphic library for dynamic web graphic design. The 3-D web graphic library developed in this paper supports the creation of 3-D objects like cube and sphere objects, the elimination of hidden line and surface, and the shading of diffuse and specular reflections. It provides, in drawing, perspective projection of an object, depth first sort of multiple objects, and wire frame and solid models. It also supports texture mapping function for realistic and dynamic web application in application software. Each created 3-D object gives functions for the scaling, translation, and rotation of itself. It can be used for the development of dynamic web application software and the advertisement of information for business and tourism as a 3-D web graphic library engine. It is written in 'Java' language and runs on web browsers with Java virtual machine without any dependency of client computer system.

## 키워드

3-D 웹, 그래픽 라이브러리, 그래픽 엔진, 자바, 자바 가상 머신

## I. 서론

근래의 컴퓨팅 환경은 인터넷의 빠른 확산과 컴퓨

터의 성능 향상으로 인해 컴퓨터의 응용 분야 확산을 매우 가속화 시키는 환경을 제공하고 있다. 컴퓨터 전

문가들의 각 전문 분야에는 물론이고 컴퓨터의 일반 사용자들도 일상 생활에서 많은 활용성을 제공하고 있으며 특히 고속 인터넷의 보급 확산으로 인해 기술적인 응용뿐만 아니라 오락과 여가 생활에도 인터넷 및 컴퓨터의 활용이 매우 쉽게 이루어진다. 특히 최근에는 인터넷 응용 서비스의 도입과 웹브라우저의 발달에 의한 인터넷 서비스 사용자의 폭증을 경험하고 있는 실정이다. 이러한 사용자의 폭증으로 인해 인터넷을 이용하여 쇼핑이나 여가 시간을 즐기고자 하는 이용자가 매우 많아지고 있다. 그러한 시장성의 증가에 비해 실제 이용 가능한 다양한 인터넷 응용 서비스 및 콘텐츠들은 아직도 부족한 면이 있고 사용자들의 취향에 맞는 더욱 많은 인터넷 응용 서비스의 필요성이 증대되고 있다.

본 연구에서는 그러한 많은 인터넷 이용자들의 다양한 취향에 맞는 필요 서비스의 개발 시에 더욱 사용자의 흥미를 유발 시키고 시선을 집중하도록 하는 3차원 웹 그래픽 라이브러리를 개발하였다. 본 연구에서 개발된 3차원 그래픽 라이브러리는 3차원 컴퓨터 그래픽을 이용한 동적 웹 라이브러리이며 다양한 3차원 객체의 생성 및 동적인 기능을 부가할 수 있도록 하였다 [1], [2].

본 3차원 웹 그래픽 라이브러리는 웹 응용 서비스에서 사용자에게 2차원 웹 응용 서비스 또는 기존의 3차원 웹 서비스에서 시야 각이 한정된 그래픽 제공의 경우 보다 다양한 동적 입체감을 제공함으로써 더욱 사용자의 흥미를 유발할 수 있는 웹 응용 서비스를 개발하는데 이용 가능한 3차원 웹 그래픽 라이브러리이며 다양한 3차원 웹 객체 및 현실감 있는 드로잉 기법의 적용으로 더욱 복합적이고 동적인 3차원 웹 서비스를 제공하기 위한 3차원 웹 응용 서비스의 개발에 응용이 가능하다. 본 논문에서 개발된 3차원 웹 그래픽 라이브러리는 자바(Java) 언어로 작성되었으며 JDK1.3 컴파일러로 컴파일되었다 [3], [4].

## II. 3차원 객체 생성

하나의 3차원 웹 그래픽 객체는 각 3차원 객체의 기본 정점 좌표들과 면을 구성하는 정점 좌표들의 집합으로 나타내어진다. 이때 모든 정점 좌표들은 3차원

직교 좌표계 내의 한 점이 되고 하나의 면을 구성하는 정점 좌표들의 집합은 동일 직교 좌표계 상의 한 면을 구성한다. 그림 1에 3차원 웹 그래픽 객체의 한 예로 3차원 정육면체에 대한 정점 좌표들과 3차원 입방체의 모든 면에 대한 정점 좌표의 집합을 나타내었다.

```
private double[][] Vertices = {
    {1.0,0}, //0
    {1.1,0}, //1
    {1.1,1}, //2
    {1.0,1}, //3
    {0.1,0}, //4
    {0.0,0}, //5
    {0.0,1}, //6
    {0.1,1} //7
};

private int [][] Faces = {
    {0,1,2,3}, //0
    {4,5,6,7}, //1
    {2,7,6,3}, //2
    {1,4,7,2}, //3
    {1,0,5,4}, //4
    {0,3,6,5} //5
};
```

그림 1. 정육면체의 각 정점과 면의 2차원 배열 자료구조

Fig. 1 2-D Array Data Structure of Vertices and Surfaces for a cubic object

정육면체의 표현에 있어서는 8개의 정점 좌표가 필요하다. 각 정점 좌표의 값은 직교 좌표계의 x, y, z 값을 0으로 하는 원점(0, 0, 0)을 기준으로 가로 및 세로 변의 크기를 기준 크기 1로 하는 모든 변의 끝점을 정점으로 표현하였다. 따라서 전체 정점-좌표 배열은 x, y, z의 세 좌표 값을 가지는 일 차원 배열의 배열로 표현되므로 정점 좌표 배열은 2차원 배열이 되고 각 원소는 부동 소수점 수로 표현한다. 또한 이들 정점 좌표 값을 이용하여 정 육면체의 6개의 면을 나타내었다. 각 면은 서로 다른 네 개의 정점으로 이루어지므로 하나의 면에 대해 정점 좌표 배열의 원소의 위치를 나타내는 네 개의 정수 값의 집합으로 표현하였다. 이러한 네 개의 정점 배열 원소의 요소 값의 집합이 하나의 면을 나타내므로 이들 배열의 배열은 전체 6개면에 대한 정점 배열 원소 집합의 배열이 된다. 따라서 정육면체 전체 6개 면의 표현은 정점 배열 원소를 가리키는 정수 배열의 배열이 되어 2차원 정수 배열로 나타내어진다.

위와 같은 3 차원 정육면체 객체의 자료구조를 이용하여 나타내어진 3차원 직교 좌표계 상의 정육면체는 그림 2와 같이 나타내어진다. 그림 2에 각 면의 구성뿐만 아니라 각 면의 법선 벡터를 함께 나타내었다. 이와 같이 직교 좌표계 내의 3차원 물체를 이루는 면들의 법선 벡터가 해당 물체의 표면에서 바깥쪽을 향하도록 구성하기 위해서 각 면의 정점 좌표들을 구성

할 때 오른손 좌표계에서 각 면의 접선 선분을 이루는 벡터 간 외적(vector product)의 수행 결과가 오른손 나사의 진행방향이 되도록 구성한다. 따라서 3차원 물체의 표면을 이루는 각 면의 두 접선 성분 벡터의 외적은 바로 해당 면의 법선 벡터가 되며 법선 벡터의 크기에 관계없이 해당면의 방향을 나타내도록 하였다. 이러한 3차원 객체의 생성 및 자료구조 구성은 평면 및 곡면의 생성과 다른 제 3의 3차원 객체 생성에서의 기본이 된다.

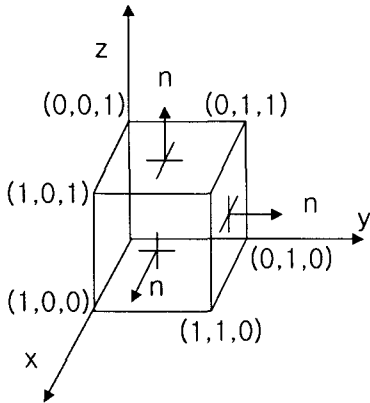


그림 2. 3차원 직교좌표계상의 정육면체 구성  
Fig. 2 Cubic Structure in 3-D Orthogonal Coordinate System

### III. 3차원 객체 드로잉

3차원 객체의 드로잉은 3차원 객체의 정점을 이루는 직교 좌표계 내의 좌표들을 2차원 화면에 드로잉하기 위해서는 각 3차원 직교 좌표계 정점의 값을 2차원 스크린 좌표계의 좌표 값들로 변환하여 드로잉(drawing) 하여야 한다. 그림 3에 하나의 정육면체 3차원 객체를 기본 객체 모델로 사용한 예를 나타내었다. 위에서 나타난 정점 좌표를 가지는 3차원 객체를 직교 좌표계(orthogonal coordinate system)로 나타내고 다시 관찰자 좌표계(viewer's coordinate)로 변환하면 그림 3과 같이 나타내어질 수 있다. 이때 본 연구에서는 관찰자 좌표계의 좌표 값을 이용한 드로잉에 있어서 가상의 컴퓨터 스크린 상에 물체를 표현하기 위해서는 해당 스크린 상의 물체의 원근관계가 나타나는 투영기법을 적용하였다.

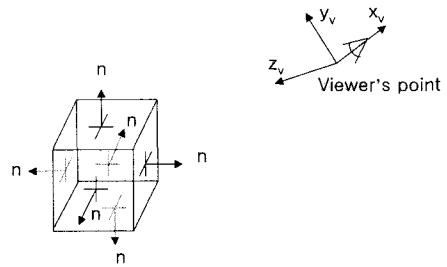


그림 3. 관찰자 좌표계로의 변환 및 각 면의 법선벡터  
Fig. 3 Viewer's Coordinate Transformation and Normal Vectors of Each Surface

특히 관찰자 좌표계로 변환한 3차원 물체의 모든 면을 드로잉하게 되면 관찰자가 실제로는 볼 수 없는 은면(hidden surface)의 선분 또한 나타내어지게 된다. 여기서 은면의 선택과 삭제는 위에서 나타내어진 각 면의 법선 벡터(normal vector)의 방향을 이용하여 이루어진다. 즉 관찰자가 해당 물체를 바라보는 방향의 벡터를 뷰 벡터(view vector)라고 할 때 이 뷰 벡터와 3차원 물체 각 면의 법선 벡터의 내각이 90도 이하일 때 해당 면은 관찰자에게 보여 지는 면이 되고 뷰 벡터와 3차원 물체 각 면의 법선 벡터의 내각이 90도 이상일 때 해당 면은 관찰자에게 보여 지지 않는 물체의 은면이 된다. 즉 뷰 벡터와 각 면의 법선 벡터의 내적(scalar product)의 결과가 음의 값이면 은면이 되고 실제 화면상에 해당 면을 드로잉하지 않도록 제어한다. 그림 4에 법선 벡터의 생성과 뷰 벡터를 이용한 은면의 제거 방법을 나타내었다. 그림 5에 실제 정육면체의 드로잉 예를 나타내었다. 그림 5의 a)는 직교 좌표계 내의 3차원 객체를 관찰자 좌표계로 변환하여 드로잉한 예이며 b)는 3차원 정육면체의 객체 표면을 이루는 각 면의 법선벡터를 이용하여 은면의 발견과 삭제를 수행한 후의 드로잉 예를 나타내었다.

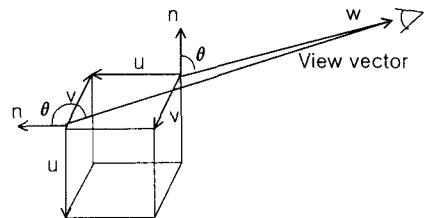
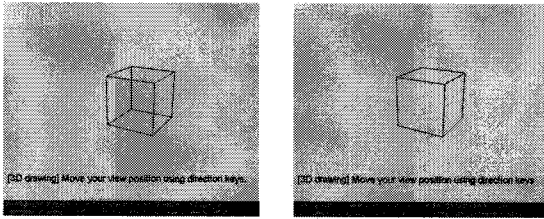


그림 4. 법선 벡터의 생성 및 뷰 벡터를 이용한 은면의 제거  
Fig. 4 Normal Vector Generation and Hidden Surface Elimination with View Vector

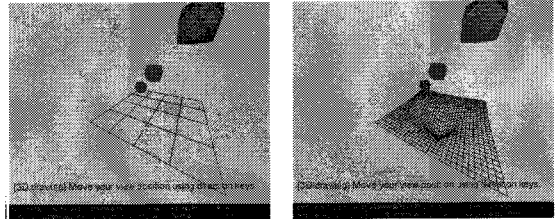


a) Viewer's coordinate translation    b) Hidden surface elimination

그림 5. 관찰자 좌표계로의 변환 및 은면 제거 후의 실제 드로잉 예

Fig. 5 Viewer's Coordinate Translation and Drawing Example after Hidden Surface Elimination

이러한 기본적인 3차원 객체의 드로잉 방법은 기타 여러 형태의 3차원 물체 생성 및 드로잉에 적용이 가능하다. 그림 6에는 평면 및 곡면의 생성과 드로잉에 적용한 예를 나타내었다. 임의의 면에 대한 객체 생성과 드로잉은 생성하고자 하는 면의 크기를 우선 설정 하도록 하였고 해당 전체 면의 크기에 대해 각 축 내에서 생성되어질 조각 면의 수를 지정하도록 하였다. 따라서 각 축에 대해 주어진 조각의 수에 따라 내부적으로 조각 면의 정점 좌표를 계산하여 전체 면을 이루는 모든 3차원 정점 좌표 값( $x, y, z$ )들을 계산하여 생성하고 1차원 배열에 저장된 각 정점 좌표들을 원소로 하는 2차원 배열에 저장한다. 따라서 각 조각 면에 해당하는 자료들은 3차원 배열 구조를 가지게 하였다. 이러한 3차원 배열에 생성 및 저장된 각 면의 정점 좌표 값들을 이용하여 각 면에 해당하는 자료구조를 생성하였다. 각 조각 면을 이루는 자료구조는 하나의 조각 면에 대해 4개의 정점 좌표 값을 이용하는데 해당 조각 면의 정점 좌표는 정점 좌표 배열 원소의 참조 값을 원소로 하는 4차원 배열에 저장하였다. 이때 앞에서 설명한 정육면체의 각 면에 대한 정점 좌표 값의 생성 방법과 동일하게 오른손 좌표계를 이용하여 각 조각 면의 윗 방향이 면을 이루는 선분 벡터들에 대한 외적 즉 법선 벡터의 방향이 되도록 생성하였다. 그리하여 향후 셰이딩 및 3차원 복수 객체 간의 은면 제거 등에 적용이 용이하도록 하였다 [5].



a) Plane    b) Curved surface

그림 6. 평면 및 곡면의 실제 드로잉 예  
Fig. 6 Drawing Example of Plane and Curved Surface

#### IV. 셰이딩 및 텍스처 매핑

본 연구에서 개발한 3차원 웹 라이브러리는 3차원 객체의 표현에 있어서 객체의 위치에 따른 원근법에 의한 스케일링이나 광원의 위치에 따른 음영의 적용 등을 이용한 실제적인 3차원 객체 드로잉을 할 수 있도록 개발되었다 [6], [7]. 본 연구에서는 광원의 위치 및 관찰자의 위치에 따라 물체의 색감과 반사 정도를 구분하여 표현할 수 있도록 하였다. 그림 7에 본 연구에서 적용한 확산 반사(diffuse reflection)에 의한 셰이딩(shading)과 거울 반사(specular reflection)에 의한 셰이딩 방식을 나타내었다. 확산 반사에 의한 셰이딩은 광원 벡터 $L$ 과 표면의 법선벡터 $N$ 의 내적에 의한 표면 밝기를 나타내고 거울 반사에 의한 셰이딩은 표면의 확산 반사 량에 광원으로부터의 빛의 반사 방향으로의 벡터 $R$ 과 관찰자의 뷰 벡터의 내적의 추가에 의해 이루어진다.

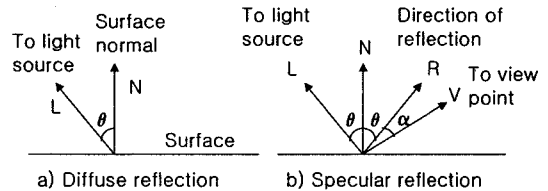
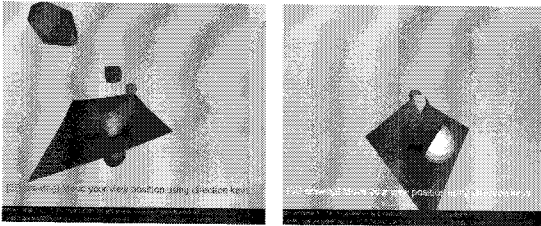


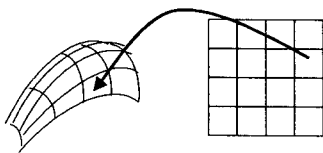
그림 7. 확산 반사 및 거울 반사에 의한 셰이딩 방법  
Fig. 7 Shading Methods of Diffuse and Specular Reflection



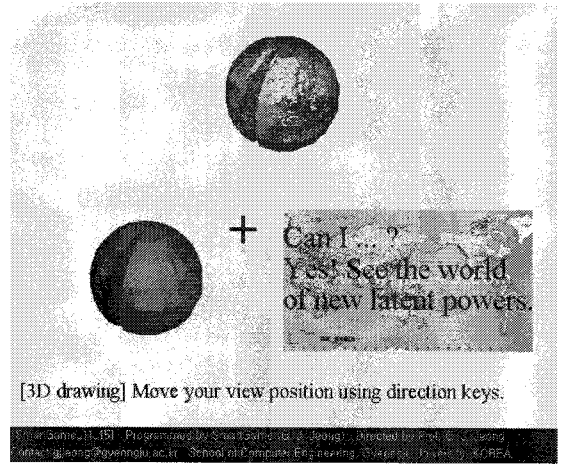
a) Moving light source      b) Fixed light source  
 그림 8. 확산 및 거울 반사에 의한 셰이딩의 드로잉에  
 Fig. 8 Drawing Example of Diffuse and Specular Reflection Shading

그림 8에 단일 광원에 대한 확산 반사 및 거울 반사를 적용한 여러 객체의 드로잉 예를 나타내었다. 그림 8의 a)는 단일 광원이 관찰자와 함께 존재하고 관찰자가 움직일 때 광원이 따라 움직이는 경우의 예이고 b)는 관찰자와 다른 각도로 단일 고정 광원이 존재하고 관찰자가 움직일 때 광원은 움직이지 않는 경우의 예를 나타내었다. 이때 여러 객체 간의 은면 제거는 깊이 정렬 방법을 사용하여 각 3차원 객체의 관찰자와의 거리 및 각도에 따른 정렬을 수행한 후 가장 깊은 위치의 객체를 우선 드로잉하고 가장 가까운 객체를 마지막에 드로잉하는 방법을 적용하였다.

이러한 3차원 웹 그래픽을 이용한 기본 도형 객체 및 응용 객체의 실제적인 응용 분야 중의 하나인 웹 게임 및 관광 정보 등의 웹 이용 홍보 매체제작에 사실적 표현을 적용하기 위해서는 텍스처 매핑(texture mapping) 기능의 구현이 반드시 필요하다 [8], [9]. 텍스처 매핑 기법이란 그림 9에 나타낸 것과 같이 주어진 2차원 텍스처 패턴 이미지를 3차원 곡면에 입히는 기법이다.



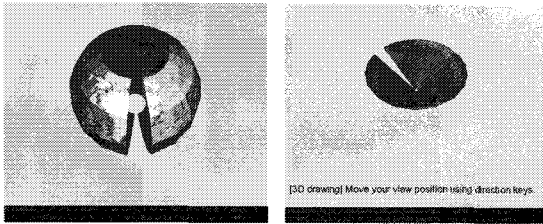
a) Curved surface      b) Texture pattern  
 그림 9. 텍스처 패턴을 이용한 텍스처 매핑  
 Fig. 9 Texture Mapping using Texture Pattern



[3D drawing] Move your view position using direction keys.  
 그림 10. 구면체 객체에 대한 텍스처 매핑의 실제 예  
 Fig. 10 Drawing Example of Texture Mapping with Sphere Object

텍스처 매핑은 비교적 간단한 방법으로 2차원 실제 이미지를 이용하여 매우 다양한 그래픽 효과를 얻을 수 있는 방법이며 본 연구의 3차원 웹 그래픽 라이브러리에서 제공하는 텍스처 매핑의 실제 예를 그림 10에 나타내었다. 그림 10은 3차원 구면체 객체에 2차원의 세계 지도 이미지를 입힘으로써 3차원 지구본의 효과를 나타낼 수 있도록 한 예를 나타낸다. 이러한 텍스처 매핑 기법을 적용하면 다양한 환상적인 3차원 객체 효과를 쉽게 적용할 수 있다.

그림 11에 그러한 다양한 적용 예를 나타내었다. 그림 11의 a)는 거대한 가상 지구본을 연상케 하며 b)는 3차원 원뿔 객체(conical object)와 2차원 이미지를 텍스처 매핑한 결과를 나타내고 있다. 텍스처 매핑 기법(texture mapping technology)은 반사나 복잡한 조명 효과 같이 실제 매번 리드로잉(redrawing)할 때 마다 재계산하기에 복잡한 장면이나 사물을 반사나 조명이 미리 적용된 이미지를 텍스처로 사용하면 비교적 고속으로 정밀한 3차원 객체를 나타낼 수 있도록 한다. 이상의 예에서 앞에서 설명한 단일 고정 광원(fixed single light source)에 대한 확산 반사(diffuse reflection) 및 거울 반사(specular reflection)등의 조명 효과를 모두 적용하였다.



a) Huge sphere mapping      b) Conical surface mapping

그림 11. 가상 구면체 객체 및 원뿔 객체에 대한 텍스처 매핑의 예

Fig. 11 Texture Mapping Examples with Virtual Sphere and Cone Objects



a) Sphere surface      b) Water drop surface      c) Conical surface

그림 12. 여러 복합 3차원 객체의 텍스처 매핑 예  
Fig. 12 Texture Mapping Examples with Complex 3-D Objects

위와 같은 방법으로 더욱 실제에 가깝고 환상적인 3차원 웹 그래픽을 이용하여 웹 사용자들의 흥미를 유발하고 시선을 집중시킴으로써 본 연구에서 개발된 3차원 웹 그래픽 라이브러리를 관광 정보(tourism information) 및 기타 광고(advertisement) 홍보 효과 또한 충분히 발휘 가능하도록 하는데 사용할 수 있고 새로운 느낌의 관광 자원(tourism resource)의 개발을 추구하는데도 유용하게 사용 가능할 수 있다. 그림 12에는 구면체(sphere object)와 원뿔 객체(conical object)를 합성한 복합 3차원 객체의 텍스처 매핑의 예를 나타내었다. 그림 12의 a)는 사과 모양의 객체 표면에 2차원 세계지도의 이미지를 텍스처 매핑한 예이고 b)는 물방울 모양의 객체 표면에 텍스처 매핑한 예, c)는 원뿔 객체 표면에 텍스처 매핑한 예를 나타내었다.

본 연구에서 개발된 3차원 웹 그래픽 라이브러리를 이용하여 동적 3차원 레이싱 게임(racing game)에 적용한 결과를 그림 13에 나타내었다. 본 3-D 웹 라이브러리를 이용하여 사용자 컴퓨터 시스템의 기종에 관계없이 웹 상에서 수행가능하고 사용자가 관찰자 시점(view point)을 어느 지점으로나 회전시킬 수 있는 더욱 동적

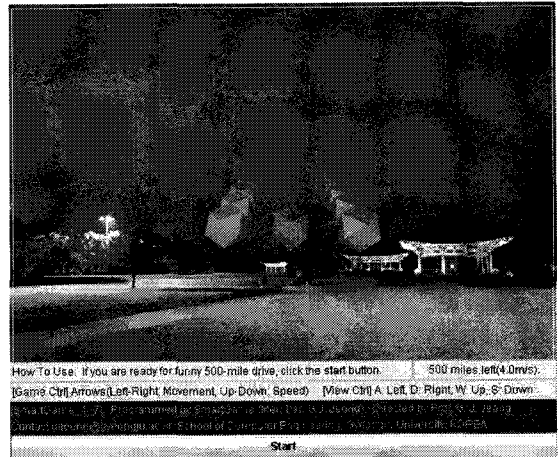


그림 13. 본 3-D 웹 그래픽 라이브러리를 적용한 레이싱 게임의 응용 예

Fig. 13 Racing Game Application Example Using The Developed 3-D Web Graphic Library

인 웹 게임(web game)을 개발할 수 있으며 관찰자 시점(view point)의 자유로운 이동을 통해 기존의 시야각이 한정된 게임보다 더욱 동적인 입체감을 제공하는 웹 게임 개발과 더욱 복합적인 3차원 게임으로의 응용이 가능하다.

## V. 결 론

본 연구에서는 동적 웹 설계를 위한 3차원 웹 그래픽 라이브러리를 개발하였다. 3차원 공간에서 표현되는 3차원 객체의 생성 및 드로잉 기법을 연구하고 컴퓨터 시스템의 기종에 관계없이 수행 가능한 새로운 개념의 3차원 웹 그래픽 라이브러리를 개발 및 구현하였다. 3차원 공간 좌표계로 생성되어진 객체뿐만 아니라 3차원 공간 내에 표현되어지는 면 및 곡면 등의 표현을 자유롭게 구현할 수 있도록 하였다. 또한 복수개의 객체가 3차원 공간 좌표계 내에서 서로 겹칠 때의 은면 제거를 위한 정렬 및 드로잉 기능을 제공하고 실물 표현의 극적인 연출을 위한 텍스처 매핑 기능을 제공하도록 설계하였다. 본 연구에서 개발된 라이브러리를 이용하여 웹 상에서 3차원 드로잉(web 3-D drawing)이 가능한 동적이고 입체적인 다양한 웹 응용을 쉽게 구현할 수 있도록 하였다. 또한 3차원 공간 상의 관찰

자 위치(viewer's location)와 광원의 위치를 자유로이 변경할 수 있도록 하여 본 3차원 웹 그래픽 라이브러리를 이용한 웹 응용 프로그램에서 더욱 입체적인 3차원 웹의 구현을 가능하게 하였다. 따라서 본 연구에서 개발된 3차원 웹 그래픽 라이브러리는 응용 웹 사이트의 사용자에게 3차원 웹 게임의 개발 및 서비스 제공이나 지역적인 관광 정보나 특정 홍보 이미지의 전달을 용이하게 하는데 응용이 가능하도록 하였다. 향후 더욱 현실적이고 입체적인 3차원 웹 그래픽을 위해 드로잉 속도의 개선 및 더욱 다양한 3차원 객체의 추가 및 렌더링(rendering) 기법의 추가 지원 등을 수행할 예정이다.

### 참고문헌

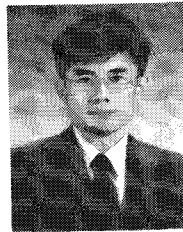
[1] Rod Salmon and Mel Slater, Computer Graphics Systems and Concepts, Addison Wesley, Inc., 1987.  
 [2] J.D. Foley and A. Van Dam, Fundamentals of Interactive Computer Graphics, Addison Wesley, 1984.  
 [3] John Lewis and William Loftus, Java Software Solutions, Addison Wesley Longman, Inc., 2001.  
 [4] Y. Daniel Liang, Introduction to JAVA Programming, Prentice Hall, 2002.  
 [5] X. Zhou, K. Iskandar, and J. Staudhammer, "A volume sorting hidden-surface algorithm," Proc. the 13th Annual International Computer Software and Applications Conference, pp. 693-699, Sep. 1989.  
 [6] H. Zhang, C. Zhu, Q. Zhao, and H. Shen, "Perspective correct normal vectors for Phong shading," Proc. IEEE Int. Conf. on Computer

Graphics, Imaging and Vision: New Trends, pp. 245-250, 2005.

[7] A. Glassner, "Situation normal [Gourand and Phong shading]," IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 17, no. 2, pp.83-87, Mar/Apr. 1997.  
 [8] G. Elber, "Geometric texture modeling," IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 25, no. 4, pp.66-76, July-Aug. 2005.  
 [9] M. Demirer and R. L. Grimsdale, "Texture mapping using clustering techniques," Proc. 7th Mediterranean Electrotechnical Conference, vol. 1, pp.355-358, Apr. 1994.

### 저자소개

#### 정갑중(Gab Joong Jeong)



1987년 경북대학교 전자공학과 공학사  
 1989년 경북대학교 대학원 전자공학과 공학석사  
 1999년 연세대학교 대학원 전자공학과 공학박사

1989년 1월~1999년 3월 LG반도체 책임연구원  
 1999년 4월~2001년 2월 ETRI 선임연구원  
 2001년 3월~현재 경주대학교 컴퓨터멀티미디어공학부 조교수

※ 관심분야 : Computer Graphics, VLSI/CAD, SoC, Packet Switching, QoS