

자동차 내·외관 품평을 위한 가상 디자인 품평 시스템

김상원¹, 신선형², 손욱호³
한국전자통신연구원 가상현실연구팀^{1 2 3}
{ ghyme¹, estee², whson³ }@etri.re.kr

The Virtual Review System for Car Interior/Exterior Design Review

Sang Won Ghyme¹, Seon Hyung Shin², Wook Ho Son³
Virtual Reality Research Team, ETRI^{1 2 3}

자동차/선박/정보통신기기 등의 각종 제조 산업 분야에서 신제품 개발 기간과 비용단축을 위해 제품의 설계/스타일링 단계에서 디자인 및 사용자 사용성/편이성 등에 대해 가상으로 품평하는 기술에 대한 관심이 날로 증가하고 있다. 이상적인 가상 품평 기술은 사용자가 실물에 대한 품평 상황과 동일한 체험을 얻을 수 있도록 해야 한다. 이를 위해서 품평 대상물을 사실적으로 표현할 수 있도록 하는 실사 수준의 고품질 가시화 기술과 사용자가 품평 대상물을 자연스럽게 조작할 수 있는 상호작용 기술이 필요하다.

본 연구는 자동차의 내·외관 디자인 품평을 위한 가상 디자인 품평 시스템의 개발에 관한 것으로, 사실적인 자동차 가시화를 위한 환경 반사, 빛 산란, 범프 매핑등의 고품질 셰이더 구현 및 저작 기술, 몰입환경에서 품평 작업을 위한 3D GUI 지원, 자동차 각 부품의 사용성/편이성 평가를 위한 운동성 조작 기능, 멀티프로젝션 디스플레이 시스템 및 3 차원 인간 모델, 장갑형 입력장치 지원을 통한 몰입형 가상 품평 환경 구축에 관한 기술 및 구현 방법을 제시하고자 한다.

Keywords : 가상품평, 상호작용기술, 고품질 렌더링, 가상현실

1.

자동차 신제품 개발에 있어 여러 번의 품평단계를 거친다. 품평은 향후 발생할 수 있는 다양한 오류를 미리 검토하고 수정할 수 있는 기회를 제공한다. 따라서, 다양하면서 실질적인 품평은 매우 중요하다. 가장 효과적인 품평은 이후 생산된 차와 똑같은 차를 미리 만들어 분석할 수 있는 기회를 주는 것이지만 생산하기 전에 미리 차를 만드는 것은 시간과 많은 비용이 요구된다. 더불어 수정사항이 발생할 때마다 차를 다시 만들어 본다는 것도 매우 비효율적이다. 생산되기 전에 차를 미리 만드는데 비용과 시간이 많이 소요되지 않고 수정사항을 반영하기도 쉽다면 매우 효율적인 개발 방안이 될 것이다. 이러한 요구사항을 만족하기 위한 방안으로 차를 가상으로 제작하는 방법에

대한 연구가 있다.

이와 관련된 기존 연구로 자동차를 3 차원 모델로 구성하고 여기에 음영효과를 준 다음 그 결과를 녹화하거나 실시간으로 렌더링하여 대형 디스플레이에서 품평하는 방식이 전세계적으로 자동차 제조업체에서 수행되고 있다. 그러나 이러한 작업은 완전한 자동차 가상품평의 초기 단계일 뿐이다. 완전한 가상품평은 비록 자동차 모델을 가상으로 제작하지만, 자동차 모델이 현실감 있게 가시화되고 현실처럼 조작할 수 있어야 한다. 본 논문은 현실감 있는 자동차 모델 가시화와 조작방법을 제공하는 가상품평 시스템에 대해서 소개하고, 향후 개선 방법에 대해서도 논의한다.

2. 가

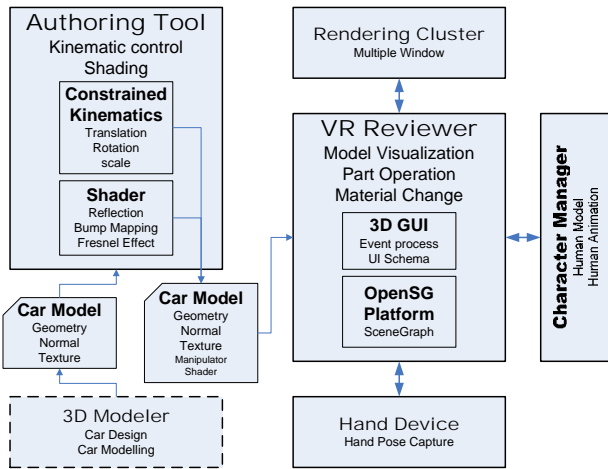


그림 1 시스템 구조

자동차 내·외관 가상품평 시스템은 그림 1 과 같이 구성된다.

자동차 품평을 위해서 필요한 자동차 모델 데이터(Car Model)는 3 차원 모델러(3D Modeler)를 사용하여 3 차원 기하(Geometry)정보와 텍스처(Texture) 정보를 포함하는 데이터를 생성하고, 이 데이터에 저작도구를 사용하여 가상 품평에 필요한 기구학적 동작 정보와 음영효과(Shader)정보를 추가하여 최종 품평용 자동차 모델 데이터를 완성한다.

준비된 자동차 모델 데이터를 가상품평 S/W 에서 읽어 들여 가시화 하고, 각 파트를 조작하는 등의 품평 작업을 수행한다. 더불어 현실감 있는 품평을 위해서 여러 장치를 지원하고 다양한 기능을 제공한다. 우선 실물크기의 자동차 데이터를 전체적으로 보여줄 수 있도록 대형 스크린에서 초고해상도를 구현하는 Tiled Display 및 몰입감을 느끼며 자동차 품평이 가능하도록 반구형 디스플레이를 지원하는 렌더링 클러스터에 대한 인터페이스를 제공한다. 또한 자동차 내부 인테리어에 대한 실감 있는 품평을 지원하고자 내부 파트들을 직접 조작할 수 있게 하기 위해서 사용자의 팔과 손 자세를 재현하는 장갑장치와 트래커 장치들에 대한 입력 인터페이스를 지원한다. 그리고, 자동차 모델 내에 파트 배치와 관련된 내부 인테리어 품평을 돕기 위해서 휴먼 캐릭터를 위치시키고 직·간접적으로 조작하는 기능을 제공한다[1].

3. 가

3.1

자동차 신제품 제작 과정은 최초에 스타일링 단계에서 디자인 스케치가 얻어지고, 이로부터 3 차원 모델을 제작하여 품평하는 단계를 거친 다음, CAD 데이터를 제작하여 생산에 들어간다.

자동차 품평단계에서 사용되는 모델 데이터는 CAD 데이터와 다르게 전문 3 차원 모델러를 사용하여 제작된다. 완성된 3 차원 모델 데이터는 다시 품평전용 S/W 에서 읽어 들여 Tessellation(폴리곤 변환)과 Shading(고품질 음영효과) 등의 몇 가지 과정을 거친 후 품평에 사용된다. 이 때 전문 3 차원 모델러에서 나온 결과는 NURBS 형태의 데이터로, 3 차원 모델을 묘사하는데 뛰어나지만 실시간 가시화에 적합하지 않다. 따라서, 내부적으로 NURBS 데이터를 폴리곤 모델 데이터로 변환하여 사용하는 단계를 거친다.

가상품평을 위한 모델 데이터로 품평전용 S/W 의 모델 데이터를 활용하면 좋겠지만, 대부분의 품평전용 S/W 의 내부포맷이 공개되지 않아 사실상 어렵다. 따라서 가상품평을 위한 모델 데이터로 공개된 포맷 중의 하나인 VRML 을 사용하였다. 그러나 VRML 데이터는 주로 기하모델의 기술 방법과 관련된 데이터 구조만을 제공하기 때문에, 실제로 품평에 필요한 고품질 가시화를 위한 음영 효과 정보와 핸들을 움직이고 문을 열고 닫는 등의 기구학적 내용에 대한 기술 방법론 등은 없다. 따라서 가상품평을 위해서는 VRML 포맷의 자동차 모델의 기하데이터뿐만 아니라 그 이외의 품평에 필요한 부가적인 정보들을 별도의 데이터로 관리해야 한다.

한편 전문 3 차원 모델러에서 제작된 모델 데이터를 VRML 포맷으로 직접적 혹은 자동으로 변환해주는 방법이 없어, 매우 복잡한 과정을 거쳐야 한다. 이 과정은 그림 2 와 같이 정리할 수 있다.

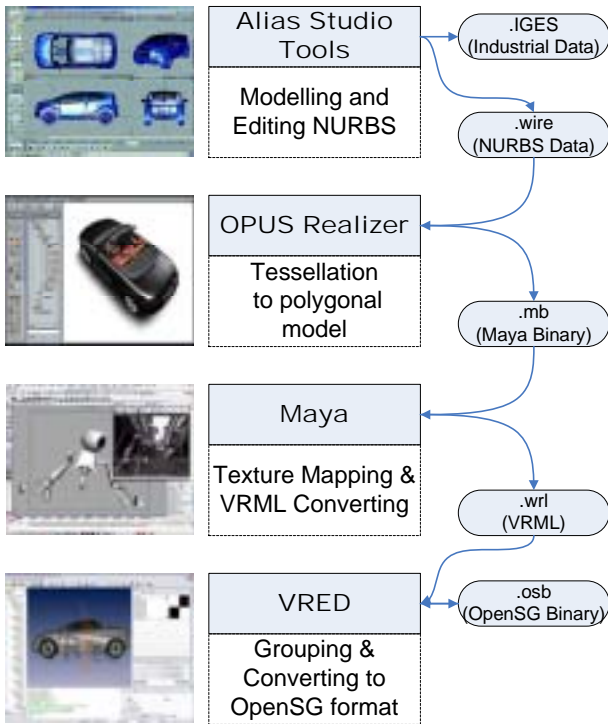


그림 2 자동차 모델 데이터 제작

Alias Studio Tools 와 같은 전문 3 차원 모델러를 이용하여 NURBS 형태의 모델 데이터를 제작한다. 이 데이터는 이후 CAD 데이터의 제작을 위해 ‘IGES’ 형태로 저장될 수 있다. 또는 Alias Studio Tools 의 기하정보만을 포함하는 ‘.wire’ 형태로 저장될 수 있다.

NURBS 데이터는 실시간 렌더링에 적합하지 않으므로 하드웨어기반 고속 렌더링에 적합한 폴리곤 모델 데이터로 변환되어야 한다. 이러한 변환 과정을 Tessellation 과정이라 부르는데 다양한 툴들에서 지원한다. 그러나 아직까지 자동으로 완벽하게 변환하는 툴은 없다. 다양한 툴들을 테스트한 결과 접합 면들이 벌어지거나 특정부분을 변환하지 못하는 등 많은 문제점을 보였다. 그 중 전문 품평 S/W 인 OPUS Realizer 가 가장 완성도 높은 변화 결과를 보였다. 일반적인 전문 품평 S/W 는 다른 형태의 저장포맷을 지원하지 않지만 OPUS Realizer 의 경우 Maya 의 저장포맷을 지원하여 Maya binary 데이터로 저장할 수 있다. 하지만 OPUS Realizer 에서 Maya 포맷으로 변환되고, 또 다시 VRML 포맷으로 변환되면서 접합 면이 벌어지는 등의 문제점이 발생하여 이를 수정하는 후처

리 작업이 필요하였다.

한편, 자동차 모델의 몇몇 부분은 품평을 위해 폴리곤에 텍스처 매핑을 하는 작업이 필요하다. 이를 위해 Opus Realizer 에서 폴리곤으로 변환된 데이터를 Maya 툴에서 읽어 들여 이 데이터에 텍스처 매핑 작업을 수행한다. 최종 작업이 끝난 후 자동차 모델은 VRML 포맷의 데이터로 저장된다. 그러나 VRML 포맷으로 변환되면서 일부 텍스처 매핑 정보가 소실되는 경우가 있어, VRML 로 저장된 후에 올바르게 텍스처 매핑이 유지될 수 있도록 하는 별도의 작업이 필요하다.

VRML 모델 데이터 포맷은 텍스트 파일 형태로 기하정보의 양에 비해 전체적인 사이즈가 매우 크다. 실험적인 결과에 의하면 1 백만 폴리곤 데이터가 100 MByte 정도의 파일 사이즈를 갖는다. 정밀한 자동차 모델일수록 큰 파일 사이즈로 인하여 로딩하는데 매우 많은 시간이 걸리고 다루기 힘들어 직접적으로 이용되지 않는다. 따라서, Binary 형태로 저장되어 사이즈를 줄이는 방법이 필요하다. 가상품평 시스템은 오픈 소스인 OpenSG[2]라는 그래픽 라이브러리를 사용하는데, OpenSG 는 ‘.osb’ 라는 Binary 형태로 저장되는 자체 데이터 포맷을 갖는다. 따라서, 최종적으로 OpenSG 포맷으로 자동차 모델 데이터는 저장 및 관리된다. 또한 Maya 툴을 이용하여 Grouping 작업, 각 면들을 분류하여 계층적으로 구성하는 작업 등을 수행하는데, VRML 포맷으로 저장되면서 몇몇 정보가 상실된다. 따라서, VRML 의 Scene Graph 구조상에서 재 Grouping 하는 작업이 필요하다. VRML 데이터를 읽어 들여 Grouping 하고 OpenSG Binary 포맷으로 저장하는 작업들을 VRED(OpenSG Scene-Editor)[3] 를 이용하여 수행한다.

3.2

전문 3 차원 모델러에 의해 제작된 3 차원 자동차 모델 데이터는 기하정보 외에 고품질 렌더링을 위한 음영효과 정보들과 기구학적 동작정보들을 포함할 수 있다. 그러나 이러한 정보들은 모델러 고유의 포맷으로 내부 구조가 공개되지 않아서 사용될 수 없고, VRML 로 변환되면서 전부 상실된

다. 따라서, 이러한 추가적인 정보들을 따로 생성하여 관리하기 위하여 저작도구가 개발되었다.

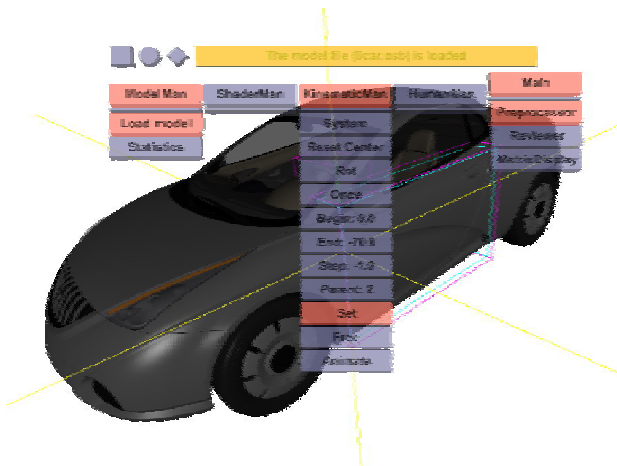


그림 3 기구학적 동작 정보 저작

기구학적 동작 정보를 저작하는 기능은 자동차 모델의 각 파트에 기구학적 정보를 부여하여 열고 닫고 돌리는 등의 동작을 가능하게 한다. 전체 저작 과정은 다음과 같은 단계로 이루어진다.

- 대상 파트 선택
- 그룹 레벨 설정
- 중심점 설정 (X, Y, Z 축 이동)
- 방향축 설정 (X, Y, Z 축 회전)
- 동작 방법 설정 (Translation, Rotation, Scale)
- 동작 형태 설정 (Once, Loop, Pendulum)
- 동작 구간 설정
- 동작 속도 설정
- 기구학적 동작 정보 저장
- 테스트

전체 자동차 모델 데이터는 독립된 하나의 기하 정보를 갖는 자동차의 각 세부 파트들을 최하위 노드들로 갖는 계층적인 구조로 관리된다. 대상 파트 지정단계에서 기구학적 동작을 지정하기 위해 자동차 모델데이터에서 모델 파트 하나를 선택하는데 최하위 노드가 선택된다.

선택된 세부 파트 하나만 움직이는 경우는 매우 드물며 여러 개의 파트들이 합쳐진 그룹파트들이 하나의 파트처럼 움직이는 경우가 대부분이다. 예

를 들면, 자동차 문은 축을 중심으로 열고 닫힐 수 있는데 자동차 문은 유리, 외부바디, 내부 바디, 손잡이, 사이드 미러 등이 그룹화된 파트이다. 즉, 자동차 문은 계층구조상에서 앞서 나열된 세부파트들을 하위 노드들로 갖는 상위 레벨의 그룹노드를 의미한다. 그룹 레벨 설정이란 최하위 노드들로부터 몇 단계 위에 있는 그룹노드를 선택할 것인지 선택하는 과정이다. 앞서 최하위 노드를 선택하고 이 최하위 노드에서 몇 레벨 위에 있는 그룹노드인지 설정함으로써 최종 대상 파트를 선택한다.

다음으로 선택된 파트에서 동작의 중심이 되는 중심점을 지정한다. 저작도구에서 3 차원 Cross hair 를 X, Y, Z 축에 따라 이동하여 교차점을 중심점으로 지정한다.

다음 중심점을 중심으로 동작의 방향을 나타내는 방향축을 설정한다. 방향축은 중심점에서 시작하는 단위벡터로 표현될 수 있다. 이러한 방향축은 X, Y, Z 축에 따라 회전하여 지정된다.

결정된 방향축에 따라 파트를 이동할 것인지, 회전할 것인지, Scaling 할 것인지 동작 방법에 대해 설정한다.

여기까지 지정한 정보만으로 파트의 기구학적 제어에 충분하다. 사용자의 상호작용으로 직접적인 조작을 할 경우에 필요한 최소한의 정보이다. 그러나, 몇몇 특정 파트들은 직접 조작하지 않아도 자동화된 동작, 애니메이션,을 수행 할 수 있다. 예를 들어, 와이퍼의 경우 특정구간만 계속 회전하는 동작을 수행한다. 이러한 자체 애니메이션들이 필요한 파트들이나 직접 조작이 필요한 파트들이라도 시연을 위해 애니메이션을 설정할 경우가 요구된다. 이러한 애니메이션 정보 저작을 위해 다음의 3 가지 설정이 필요하다.

첫 번째, 동작 형태를 설정하는 것인데 동작을 한번 하고 끝낼 것인지(Once), 반복할 것인지(Loop), 구간 동작이 끝나고 거꾸로 돌아가는 동작을 반복할 것인지(Pendulum) 결정한다.

두 번째, 동작 구간을 설정한다. 예를 들어, Translation 동작의 경우 방향축을 따라 중심점에서 상대거리에 있는 시작점과 종점을 설정하여 그 안

에서 이동할 수 있다. Rotation 의 경우 방향축을 중심으로 상대적인 회전값을 갖는 시작각과 종각 사이를 회전할 수 있다.

세 번째, 동작의 속도를 설정한다.

기구학적 동작에 필요한 모든 정보들을 설정하였다면 이들 정보들을 테스트하여 오류가 없는지 조사하고 필요하다면 각 정보들을 수정한다.

모든 설정 작업이 완료되면 기구학적 동작 데이터를 저장한다. 물론 이 정보들을 별도의 파일에 저장할 수 있지만 관리하기가 어렵다. 모델데이터 파일 하나에 모든 정보들을 포함하기 위해서, 기구학적 동작 정보들을 Encoding 한 내용을 대상 파트의 그룹노드의 이름에 추가하였다. 이후에 가상 품평 S/W 에서 모델 데이터를 로딩할 때 각 그룹노드들의 이름을 분석하여 이름에 기구학적 동작 정보들이 포함되어있는지 조사하게 한다.

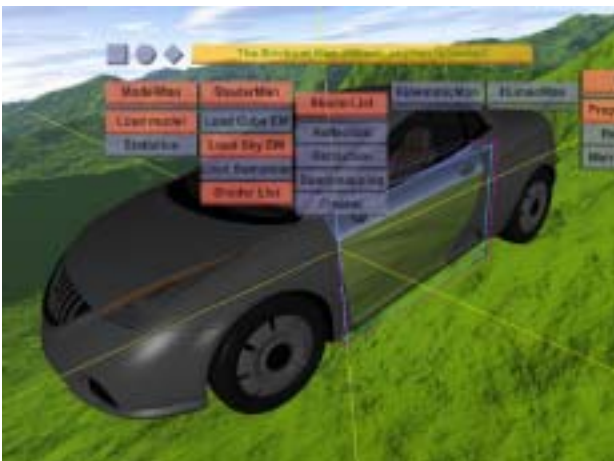


그림 4 Shader 정보 저작

Shader 정보 저작 과정에서는 자동차 모델을 사실적으로 렌더링하기 위하여 필요한 다양한 음영효과를 부여하는 작업을 수행한다.

자동차 모델에 음영효과를 부여하기 위해서는 우선적으로 가상환경을 설정해야 한다. 가상환경으로 3 차원 배경 모델을 설정 할 수도 있고, 3 차원 배경 텍스처를 지정 할 수 있다. Shader 저작도구에서는 여러 가지 실내환경 및 실외환경 데이터를 제공하고, 이를 선택하여 지정할 수 있도록 하였다.

음영효과는 반사 (Reflection), 범프 매핑 (Bump-

mapping), 색 분산 (Fresnel)의 3 가지 효과를 지원한다. 이러한 음영효과는 하드웨어에 기반한 고속 렌더링을 위하여 nVIDIA 의 Cg Shader[4]를 사용하여 구현하였다.

4. 가

4.1

가상품평 시스템은 자동차의 내·외관 품평을 위해 특수한 형태의 디스플레이 장치들을 지원한다.

외관 품평의 경우 사실적인 품평을 위하여 실물 크기 자동차 모델의 사실적인 가시화가 필요하다. 이를 위해선 대형 디스플레이가 필요하고, 사용자가 가까이 다가가 관찰할 수 있도록 고해상도를 유지해야 한다. 이러한 초대형 초고해상도를 지원하는 디스플레이인 Tiled Display[4]를 사용하면 화면에 가까이 다가가서 확인하더라도 고선명의 자동차 외부 모습을 품평할 수 있다.

내관 품평의 경우 평면 영상만으로 품평하는 것은 충분치 않다. 사실감 있는 품평을 위해 좌석에 앉아서 모든 시야를 통해 자동차 내부의 가시적인 모습을 확인하는 것, 특히, 입체적인 시각화가 요구된다. 이러한 요구를 만족시키기 위해서 스크린을 반구형 형태로 제작하여 사용자의 전 시야를 뒤덮고 입체 영상 시각화가 가능한 반구형 디스플레이 시스템이 개발되었다[5]. 반구형 스크린에 영상을 투사할 때에 초고해상도를 유지하기 위해 Tiled Display 와 마찬가지로 여러 대의 프로젝터를 격자형태로 구성하는 방법을 사용하였다.



그림 5 렌더링 클러스터 지원

Tiled Display 와 반구형 디스플레이는 여러 대의 프로젝터를 사용하므로 각 프로젝터에 영상을 보내기 위한 여러 대의 렌더링 전용 컴퓨터들이 클러스터형태로 묶여 관리되는 것이 필요하다[6]. 가상품평 시스템은 Tiled Display 와 반구형 디스플레이를 위한 렌더링 클러스터에 이미지를 보내기 위한 인터페이스를 그림 5 와 같이 지원하고 있다.

4.2

자동차 내부에 존재하는 각 파트들의 동작과 기능을 품평하기 위해 파트들을 조작하여 보는 것이 필요하다. 파트들을 조작하기 위해서는 사용자의 분신이 되어 동작하는 휴먼 캐릭터를 사용하였다. 이와 관련하여 사실적인 가상품평을 위해서 높은 수준의 캐릭터 표현 및 애니메이션 기술이 필요하다.

가상품평 시스템에서 사용된 휴먼 캐릭터[7]는 각 관절부분에, 심지어 손가락 마디마디 마디, Deformation 이 지원되며, 팔 동작에 대해 Inverse-Kinematics 를 기반한 제어기능을 제공한다. 휴먼 캐릭터의 동작 제어는 두 가지 방식이 제공된다. 첫 번째는 일반적인 데스크톱 환경에서 실행될 때 키보드나 마우스를 이용하여 제어하는 방식이고, 두 번째는 사용자의 신체에 장갑장치와 Tracker 장치를 부착하고 각 장치로부터 획득된 사용자의 자세정보를 휴먼 캐릭터에 적용하는 방식이다. 가상품평시스템은 몰입환경에서 휴먼캐릭터를 사용자의 신체에 일치시켜 가상환경에서 자신이 직접 자동차 내부 파트들을 직접 조작하는 체험적인 내관 품평을 제공한다.



그림 6 장갑 및 Tracker 장치 지원



그림 7 휴먼 캐릭터 지원

5.

개발된 가상품평 시스템에서 아직 몇 가지 보완 및 개선사항이 존재한다. 첫째 자동차 모델의 실제적인 가시화를 위해서 현재 제공되는 3 가지 음영효과 외에 추가적인 고급효과들이 필요하다. 둘째 각 파트의 색이나 재질들을 바꿔보는 기능들의 보완이 필요하다. 셋째 파트조작에 있어 파트에 대한 Force-Feedback 을 지원하여 보다 높은 실재감을 제공한다. 넷째 휴먼 캐릭터를 통한 인간공학 적 기능성 평가 기능의 보완이 필요하다.

참고문헌

- [1] 양용연, 김상원, 김용완, 조동식, 강현, 이건, 손욱호, “가상디자인 품평을 위한 Virtual Engineering 기술“, 전자통신동향분석, 2005 년 20 권 4 호, pp.82~92
- [2] OpenSG: <http://www.opensg.org>
- [3] VRED: <http://www.vred.org>
- [4] Cg Toolkit: <http://developer.nvidia.com>
- [5] Gun A. Lee, Hyun Kang, Dong-Sik Jo and Wookho Son, “Multi-projection based Hemispherical Display,” in Proc of ICAT 2005, pp. 288
- [6] 조동식, 강현, 손욱호, “다채널 디스플레이 시스템을 위한 PC 클러스터 디자인”, 한국 HCI 2005 학회, pp.752~756
- [7] 양용연, 김용완, 손욱호, “가상근시 공간에서 작업성과 사용자 존재감 향상을 위한 상호작용 신체모델과 인터페이스”, 한국정보처리학회 제 24 회 추계학술대회, pp. 102~107