



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학 석사 학위 논문

교육망 환경에 적합한 3D 모델의
폴리곤 수에 대한 연구



2007년 8월

부경대학교 교육대학원

전산교육전공

양철권

교육학 석사 학위 논문

교육망 환경에 적합한 3D 모델의
폴리곤 수에 대한 연구

지도교수 김 영 봉

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함.

2007년 8월

부경대학교 교육대학원

전산교육전공

양 철 권

양철권의 교육학석사 학위논문을 인준함.

2007년 8월 31일



주 심 이학박사 이 경 현 (인)

위 원 공학박사 김 창 수 (인)

위 원 공학박사 김 영 봉 (인)

< 차 례 >

표차례	iii
그림차례	iv
Abstract	v
I. 서론	1
II. 이론 배경	4
1. Web3D	4
2. VRML	6
가. VRML의 개념과 역사	6
나. 브라우저(VRML 뷰어)와 저작도구	7
다. VRML의 장점	8
3. VRML의 활용과 교육적 효과	10
가. 교육분야에서의 VRML 활용	10
나. VRML의 교육적 효과	11
III. 폴리곤 수에 따른 렌더링 속도 분석	15
1. 렌더링 속도 분석을 위한 접근 방법	15
가. 렌더링 속도 분석	15
나. 학습자 반응 조사	16
2. 측정 시스템 구현 환경	16
가. 렌더링 속도 분석을 위한 시스템 환경	17
나. 측정을 위한 학습콘텐츠	19

3. 측정 결과 분석	22
가. 단일접속에 따른 측정 결과 분석	22
나. 동시접속에 따른 측정결과 분석	25
IV. 학습자 반응 평가 및 분석	27
1. 학습자 반응 평가	27
가. 학습자 반응 평가 대상	27
나. 평가 도구	27
다. 평가기간 및 절차	27
2. 설문 조사 결과 분석	28
V. 결론 및 제언	31
참고문헌	33
부 록	35

< 표 차 례 >

표 1. Web3D의 구현 방식 분류	4
표 2. VRML 저작도구의 종류와 특징	8
표 3. VRML과 다른 미디어의 비교	12
표 4. 렌더링 속도 분석을 위한 전산망 환경	16
표 5. 서버 자원과 네트워크 환경	17
표 6. 학교 인터넷 회선 속도 현황	18
표 7 초·중등학교 컴퓨터 보유 현황	18
표 8. 성능 측정용 PC 사양	19
표 9. 콘텐츠 제작 방법	20
표 10. 소프트웨어 환경	20
표 11. 학습콘텐츠의 렌더링 속도 측정 결과	22
표 12. 펜티엄IV(3.2GHz)의 과부하로 인한 렌더링 속도 차이	26
표 13. 설문 문항의 구성	28

< 그림 차례 >

그림 1. Web3D ISO Road Map	5
그림 2. 파일 타입에 따른 파일 크기	13
그림 3. 렌더링 속도 분석 모형도	15
그림 4. 측정을 위한 시스템 구성	17
그림 5. 웹 사이트의 초기 화면	20
그림 6. 학습콘텐츠 로딩화면과 시간표시	21
그림 7. PC 사양별 렌더링 속도	23
그림 8. 폴리곤별 파일 용량	24
그림 9. 펜티엄IV(1.6GHz)의 횡수별 렌더링 속도 차이	24
그림 10. 펜티엄IV(3.2GHz)의 과부하로 인한 렌더링 속도 차이	26
그림 11. 인터넷을 통해 주로 활용하는 교육용 콘텐츠의 종류	29
그림 12. 콘텐츠를 클릭한 후 집중해서 기다릴 수 있는 시간	30
그림 13. 앞으로 Web3D활용할 이유	30

A Study on the Optimal Number of Polygons of 3D Model in the
Education-Network Environment

Cheul Kwoon Yang

*Dept. of Graduate School of Education
Pukyong National University*

Abstract

To visualize 3-D modeling data in a real-time we have to optimize the size of 3D model data. The object quality in real-time rendering depends on the number of polygons in a object model. With less polygons we cannot meet the standard of rendering. Many polygons also lower the quality of real-time rendering. Besides, the quality of real-time rendering can be affected by network speed or system capacity. In this thesis, we analyse the elapsed time for real time rendering of 3D model under the several computer specification and Education-Network. We also give a criteria for the number of polygons which web-based educational contents can be visualized naturally in real time.

I. 서론

인터넷은 정보 공유의 큰 의미를 두고 현재 방대한 콘텐츠를 제공하는 사이버공간이 되었다. 특히 교육 분야에 있어서 WBI(Web Based Instruction), 에듀테인먼트, e-learning 그리고 u-learning으로 이어지는 여러 가지 학습 방법들이 제시되고 있다. 이제는 단순한 정보 공유의 차원을 넘어 사용자들이 다양한 욕구를 가지고 접근하고 있으며 그에 부응하여 다양한 콘텐츠들이 제공되어야 한다. 그러나 지금까지 개발된 콘텐츠들이 대부분 웹상에서 평면 이미지를 이용하여 표현하는 수준에 머물러 있다. 최근에 3차원 그래픽을 이용하여 현실처럼 공간을 이동하거나 물체를 돌려볼 수 있는 Web3D로 개발 환경이 바뀌고 있다.[1]

Web3D는 웹을 기반으로 3D 그래픽을 구현하는 것으로, 가상현실(Virtual Reality, VR)과 맥락을 같이 한다. 이것은 가상공간(Cyberspace) 속에서 공간적, 물리적 제약에 의해 현실 세계에서는 직접 경험하지 못하는 상황을 간접 체험할 수 있도록 만든 정보 활동 분야이다.[2]

Web3D는 하드웨어나 소프트웨어의 지속적인 발전으로 게임, 온라인 쇼핑 등 산업계에 활용되고 있으며 점차 그 분야를 넓히고 있다. 그 새로운 영역 중 하나인 교육 분야에서는 학습자의 관심과 흥미를 유발하고 현실 세계에서 경험할 수 없는 부분을 대리 경험시켜 주는 효과를 제공한다. 최근에는 Web3D의 하나인 VRML을 이용한 다양한 교육 관련 콘텐츠와 연구 결과들이 발표되고 있다.

VRML을 이용한 가상현실 프로그램은 내용 진행 방식이나 화면 처리 방식에서 3차원 가상현실 기법을 사용하여 학습자들의 동기유발을 도울 수 있다. 또 3차원 기법으로 제시된 도형은 학습자들의 흥미를 유발시키고 학

습 참여도를 지속시킨다는 측면에서 교육효과가 큰 것으로 보고되고 있다.[3] 이를 근거로 기계, 과학 탐구, 도형 학습 등의 공간 지각력을 요하는 교육 분야에 적용한다면 확실한 학습 효과의 증대를 가져올 것이라 예상된다.

VRML로 구현된 학습콘텐츠들은 인터넷 망의 속도에 큰 영향을 받으므로 가능하면 작은 사이즈의 파일을 만들어야 하는 부담과 함께 고품질에 대한 학습자의 요구를 만족시켜야 하는 양면성을 가지고 있다. VRML로 구현되는 학습콘텐츠의 파일 크기는 3D로 모델링되는 객체의 폴리곤 수와 밀접한 관련이 있다. 일반적으로 모델링할 때, 폴리곤 수가 적으면 파일의 크기는 작고, 실시간으로 렌더링되기 쉬우나 사실감이 떨어진다. 반면 폴리곤 수가 많으면 파일의 크기는 커져, 실시간으로 렌더링되기 어려우나 사실감있게 표현된다.[4][5] 또한 교육 현장에 적용될 때는 하드웨어 사양, 네트워크 속도, 학습자의 상태 등도 고려되어야 한다. 따라서 학습자의 환경에 맞는 적절한 모델 표현 정밀도를 찾는 것은 매우 어려운 일이다.

본 논문은 3D로 모델링되어 VRML 파일로 변환된 학습 자료들이 웹상에 구현되었을 때 학습자들에게 실시간으로 자연스럽게 보여지는 폴리곤 수에 대하여 분석해 보고자 한다. 또 이 학습콘텐츠들에 대한 학습자들의 반응을 고려하여 모델링의 세밀화 정도에 따라 학습 환경에 맞는 적합한 컴퓨터 사양을 제시해 보고자 한다.

이 연구는 다음과 같은 환경하에서 진행될 것이다.

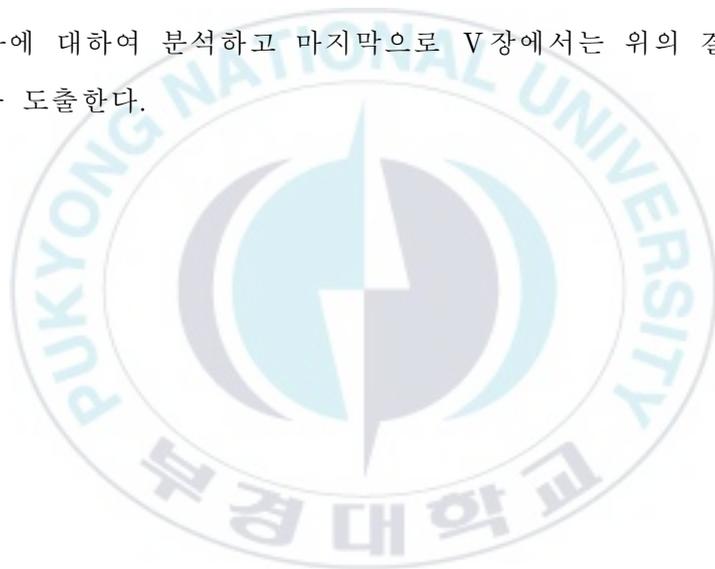
첫째, 3차원 가상현실은 비몰입형 가상현실 시스템(Non-immersive VR System)으로 웹페이지에서 VRML97로 구현되어 실행되는 공간으로 제한한다.

둘째, 측정에 사용될 3D 학습콘텐츠는 주로 기계, 생활 용품, 공구 등 물건의 형태로, 폴리곤을 기반으로 한 VRML로 변환된 파일로 제한한다.

셋째, 3차원 가상공간의 실행을 위해 웹브라우저에 Cortona Plug-In이 설치되어 있음을 전제로 한다.

넷째, PC 사양에 따라 렌더링 속도를 측정하는 환경은 부산시 교육망, 교육용 컴퓨터로 제한한다.

먼저, 본 연구는 I 장 서론에 이어 II 장에서는 이론적 근거를 마련하기 위한 Web3D, VRML의 개념과 장단점, 교육적 활용가치에 대하여 고찰한다. III 장에서는 렌더링속도를 분석하기 위한 구현 환경에 대하여 언급하고 그 측정결과를 내어 분석한다. IV 장에서는 구현된 학습콘텐츠에 대한 학습자들의 반응에 대하여 분석하고 마지막으로 V 장에서는 위의 결과를 바탕으로 결론을 도출한다.



II. 이론 배경

1. Web3D

Web3D란 말 그대로 웹(On-Line)상에서 3D 그래픽을 구현하는 기술을 말한다. 이는 웹 브라우저 상에서 실시간으로 사용자의 행동에 반응해 단순히 이동하는 것이 아니라 웹 페이지 상에서 물체를 돌려보거나, 현실과 같이 공간을 이동할 수 있게 해 주는 기술을 이용한 것이다.[6] Web3D는 폴리곤을 기반으로 하며, VRML, JAVA3D 등과 같이 3차원 그래픽 기술이 적용된다. 이것은 인터넷을 기반으로 한 3차원 그래픽을 이용하여 상호작용(Interactive), 호환성, 임장감(Presence), 네비게이션 등을 경험하는 것을 의미하는데, 문자, 이미지, 영상의 정보전달 한계를 극복하기 위한 복합 멀티미디어 기술의 구현이라 할 수 있다.

Web3D 기술은 VRML 기반의 표준기술과 그 이외의 비표준기술로 나뉘며, 구현 방식에 따라 아래와 같이 구분할 수 있다.[7]

표 1. Web3D의 구현 방식 분류

구분	Plug-In 형태	No Plug-In 형태
형식	별도의 Plug-In이 설치된 웹 브라우저에서 구현	별도의 Plug-In없이 기존 웹 브라우저에서 구현
대표적인 솔루션	VRML97, Cult3D, Pulse3D, VET	Blaxxun3D, Shout3D, WF3D, 3DAnywhere

많은 회사들이 새로운 Web3D 기술을 개발하여 다양하게 발전해 왔으나 VRML97과 XML 스펙을 합친 차세대 VRML 버전인 X3D 기술이 표준화

로 정해지면서 다양한 Web3D 기술 중 유리한 고지를 선점했다고 볼 수 있다.

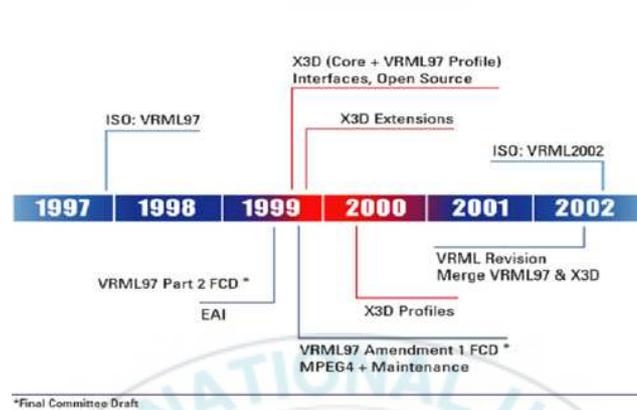


그림 1. Web3D ISO Road Map

Web3D는 뛰어난 현실성을 기반으로 3D 쇼핑몰, 가상박물관 및 전시관, 게임 등 일반인을 위한 오락이나 문화적 용도로 많이 사용되고 있으며, 앞으로는 모바일, GIS(Geographic Information System) 등과 연계된 산업 분야 전반에 걸쳐 활발하게 활용될 것으로 보인다.

교육 분야에서도 다양한 효과를 기대할 수 있는데 집에서 인터넷을 통한 교육을 할 때 간단한 2차원적 사진이나 글로서는 흥미를 잃기 쉬운 반면, 3차원 가상현실 속에서는 계속해서 흥미를 유발할 수 있고 또한 실물과 같은 애니메이션이나 시뮬레이션을 통하여 살아 있는 교육을 할 수 있다.

Web3D를 다른 다양한 콘텐츠들과 비교해 볼 때 장점은 다음과 같다.[8]

1) 3차원 사실감 제공

Web3D가 기존 2D 이미지나 동영상에 비해 뛰어난 점은 3D의 사실적 표현이다. Web3D로 만들어진 콘텐츠의 장점은 어떤 각도에서든 제품을 보여줄 수 있다는 점과 확대, 축소가 가능하다는 점이다.

2) 사용자의 편리성 제공

VRML 기반의 표준 웹3D 기술과 비표준방식의 Cult3D, Axel등과 Java3D Web 기술들이 발전되어 사용자의 편리성을 제공한다.

3) 대화식 상호작용

3차원 공간과 대화식으로 이루어지는 상호 작용은 Web3D 기술과 가상 현실 기술에 있어서 보편적인 기능이라 할 수 있다. 3D 콘텐츠에 인터랙티브 요소를 첨가하면 보다 많은 정보를 실제와 거의 가깝게 정보를 전달할 수 있다. 그리하여 Web3D 콘텐츠에서는 수요자에게 실제로 사용해보고자 하는 욕구와 보다 구체적인 정보를 제공한다. 보다 사실적이고 직관적인 환경을 만들어 줌으로써 증가된 Reality는 사용자의 신뢰감과 친밀도를 높여준다. 이러한 점에서 인터랙티브한 부분의 첨가는 엄청난 효과를 가져올 수 있다.

4) 실시간 *Display*

Web3D 기술은 작은 파일 사이즈 구현과 빠른 실시간 디스플레이에 있다. 이 문제를 해결하기 위해서는 많은 노하우가 필요하며, 모델러의 모델링 방식도 큰 변화가 있어야 한다. 그리고 3D Data를 분석해서 최적화해주는 고가의 Polygon Optimizer가 필요한데, 대부분의 비디오카드가 OpenGL이나 Direct3D를 지원하기 때문에 과거에 비해 처리할 수 있는 초당 폴리곤의 양이 많이 늘어났다.

2. VRML

가. VRML의 개념과 역사

VRML은 인터넷상에서 상호 작용하는 3차원 멀티미디어를 기술하기 위한 언어로 ISO/IEC 14772-1의 국제 표준 파일 형식이다. 1994년 World Wide Web Conference에서 WWW에서의 가상현실 인터페이스를 논의하

기 위해 회의를 조직했는데, 이 회의에서 웹과 상호 운용되는 3차원 그래픽 시각화 틀에 대한 프로젝트를 언급하고 3D세계의 묘사 및 WWW 하이퍼링크를 위한 공통 언어의 필요성에 동의하여 만들어진 것이 Virtual Reality Markup Language(VRML)이다.

1995년 5월에 실리콘 그래픽스사가 VRML 1.0 규약을 공표하였고, 1996년 8월 VRML 2.0이 발표됨으로써 VRML은 획기적인 발전을 이루었다. 1997년 8월에 VRML 2.0을 기술적으로 명문화하고 일부 기능을 수정한 VRML 97 규약을 ISO(국제 표준기구)에서 승인하였다. 현재 VRML의 기능을 확장하기 위하여 검색이 용이하고 확장성이 뛰어난 XML과 통합한 X3D(eXtensible 3D)가 새로운 표준안으로 선택되었다.

나. 브라우저(VRML 뷰어)와 저작도구

인터넷을 항해하기 위해 브라우저가 필요하듯 VRML로 만들어진 콘텐츠를 탐험하기 위해서는 VRML 브라우저가 필요하다. VRML 브라우저는 넷스케이프 네비게이터나 인터넷 익스플로러처럼 독립된 브라우저 형태로 제공되는 것이 아니라 플러그인(Plug-In) 형태로 제공된다. 대표적인 VRML 뷰어로는 Paralled Graphics의 Cortona, CosmoSoft의 CosmoPlayer, Intervista의 WorldView, Blaxxun의 Contact 그리고 CYMAX의 깨비뷰어 등이 있다.

VRML을 이용하여 가상공간을 만드는 방법은 크게 에디터를 이용하는 방법과 저작도구를 사용하는 방법이 있다. 텍스트 에디터는 손쉽게 사용할 수는 있지만, VRML의 노드와 문법에 대해 자세히 알고 있어야 한다. 이에 비해 저작도구를 이용하면 VRML 노드에 대한 자세한 지식이 없어도 쉽게 가상공간을 만들 수 있다. 보통은 두 가지를 병행해서 사용하는데, 저작도구를 이용하여 제작하는 것이 보통이고 특별히 저작도구가 지원하지

못하는 기능을 보충하기 위해서만 직접 에디팅을 한다.[9]

VRML을 저작도구는 3DMAX Studio와 같은 3차원 모델링 소프트웨어와 VRML 전용 저작도구로 나눌 수 있다. 3차원모델링 소프트웨어의 경우 모델링한 후, VRML 코드로 EXPERT 시킨다. VRML 전용 저작도구의 경우 대부분 비슷한 기능과 성능을 가지고 있다. 대표적인 기능으로는 아이콘과 대화상자를 통한 노드의 삽입과 편집, 미리 만들어진 모델링된 물체의 라이브러리 제공, 애니메이션을 위한 키프레임 에디팅 기능, 스크립트 에디팅 기능 등이다.

표 2. VRML 저작도구의 종류와 특징

구 분	3차원 모델링 소프트웨어	VRML 전용 저작 도구
종 류	3DMAX Studio, Maya 등	V-Realm Bulder, Cosmo World 등
특 징	VRML파일로 저장하는 방법을 제공하지만 VRML의 모든 기능을 사용할 수는 없다.	쉽게 사이버스페이스를 구현할 수 있지만 너무 세밀하게 나타내기 때문에 용량이 커진다.

다. VRML의 장점

VRML의 장점을 살펴보면 아래와 같다.[10]

1) 인터넷상에서 3차원 그래픽을 표현하는 국제 표준이다.

국제표준기구인 ISO(the International Organization for Standardization)와 IEC(the International Electrotechnical Commission)에서 인터넷상에서 3차원 그래픽을 표현하는 표준으로 공인되어 있다. 국제 표준이라는 것이 의미하는 것은 일단 기술 공개라는 점이다. 누구나 손쉽게 VRML Spec.을 얻을 수 있고 자유롭게 VRML 기술을 사용할 수 있으며, 이를 응용한 프로그램을 개발하여 판매할 수 있다. 이러한 점이 전 세계의 가상현실 및

3D 그래픽 기술을 한 단계 높이는 데 기여했다고 할 것이다.

2) 메모장만으로 3D 콘텐츠를 제작할 수 있다.

VRML을 사용하기 위해서는 간단한 메모장이나, 워드 등 Text 편집이 가능한 프로그램만 있으면 된다. VRML은 고가의 하드웨어나 소프트웨어 없이도 쉽게 3D Graphic을 구현할 수 있다.

3) 별도의 비용 없이 웹에 올릴 수 있다.

VRML을 제외하고 대부분의 Web3D가 실제 웹으로 공개할 경우 라이선스를 요구한다. 사업적으로 이용할 경우는 아주 고가의 비용이 들어간다. 그러나 VRML은 누구나 개발할 수 있는 것처럼 자유로이 웹상에서 표현할 수 있다.

4) FULL 3D를 지원한다.

Web3D 기술은 이미지 기반 방식과 모델링 방식이 있다. 이미지 기반 방식(파노라마 방식)은 실제 3D 공간을 구현하는 것이 아니라, 2D 이미지를 이용한 이미지 전환을 통해 마치 3D처럼 사용자가 느껴지게 하는 기술로 가상공간을 구축하는데 많은 제약이 따른다. 이에 비해 VRML은 모델링 방식의 대표적인 기술로, 특히 물체(Object)를 위주로 개발되기 때문에 “전후 좌우 위아래를 포함하는 입체적인 공간(World)”을 표현해 준다.

5) 프로그래밍 기술을 크게 필요로 하지 않는다.

3D 그래픽을 구현하려면 OpenGL이나 Direct3D 등과 같이 C언어로 구현된 라이브러리를 이용해서 직접 프로그래밍 해야 한다. 하지만 VRML의 경우, C언어는 물론 Basic 혹은 어떠한 프로그래밍적인 기술 없이 쉽게 접근할 수 있도록 되어 있다.

3. VRML의 활용과 교육적 효과

가. 교육분야에서의 VRML 활용

지금까지 발표된 VRML을 이용한 교육 관련 콘텐츠와 연구 결과들을 활용 분야에 따라 다음과 같이 나눌 수 있다.

첫째, VRML을 이용한 학습용 코스웨어 분야이다. 이는 기존의 코스웨어에 VRML의 3차원 그래픽 기능을 활용하거나, 3차원 가상학습 공간을 구성하는 방식이다. 미술 분야(도자기, 소묘, 수목화), 역사학습(박물관), 세계여행(지리), 공간 도형 학습 등 2차원 학습에서는 구현할 수 없는 현실감, 가상체험 및 흥미를 부각시킬 수 있다. 관련 연구로는 박경남(2001)의 Web 기반 3차원 가상 전시공간에서 감상학습을 위한 코스웨어 설계 및 구현, 오필우(1999)의 VRML을 이용한 웹 기반의 가상현실 역사 학습 코스웨어의 설계 및 구현, 이강현(2001)의 VRML과 XML을 이용한 가상 세계여행 시스템의 설계, 남경희(2002)의 가상현실 툴을 활용한 초등학교수학과 입체도형 학습의 코스웨어 구현 등이 있다.

둘째, VRML을 이용한 가상실험, 실습 분야이다. 시간적으로 실험, 실습을 자주 할 수 없는 경우, 실험·실습 단가가 비싸 부담이 큰 경우 VRML로 가상 실험·실습실을 구축하고 이를 활용할 수 있다. 이와 관련하여 과학교과와 실험, 컴퓨터 조립, 공작기계를 이용한 가공 등 엔지니어분야에서의 실습을 대신할 수 있는 콘텐츠들이 선보이고 있다. 관련 연구로는 박호진(2000)의 VRML을 이용한 컴퓨터 조립과정 학습 시스템 설계 및 구현, 황호진(2001)의 가상 단조 시뮬레이션 시스템 구현을 위한 유한요소 해석 결과의 VRML 변환기술 개발에 관한 연구, 조규흠(2003)의 머시닝센터의 조작 및 프로그램 작성을 위한 CAI 학습자료의 설계 및 구현, 이유미(1997)의 VRML을 이용한 가상과학실험 설계 및 구현 등이 있다.

셋째, VRML을 이용한 가상시뮬레이션 분야이다. 위험성이 높거나 현실적으로 체험이 불가능한 경우 VRML로 시뮬레이션을 구축해 놓고 대리 체험할 수 있다. 과학교과와 지진과 화산 관련 학습, 가상내시경처럼 인체 속의 탐험, 위험상황 시나리오를 이용한 안전교육 등과 같은 콘텐츠들이 발표되고 있다. 관련 연구로는 김명수(2000)의 초등학교 지진단원 학습을 위한 3차원 가상체험 모형설계 및 구현, 강득찬(2002)의 인터넷을 기반으로 한 가상현실 환경에서의 3차원 인체 구현 등이 있다.

넷째, VRML을 이용한 가상건물, 시설물 형성 분야이다. 아직 만들어지지 않은 건물이나 도시, 조경을 가상으로 꾸미거나 소실된 문화재를 복원시키기 위하여 VRML을 이용한 연구들이 이루어지고 있다. 관련 연구로는 조정운(2002) 인터넷상에서 3차원 가상도시공간정보 구축, 장호식(2004)의 웹을 이용한 문화재 관리 정보시스템 구축 등이 있다.

나. VRML의 교육적 효과

가상현실을 연구하고 구현하는 사람들은 하드웨어와 소프트웨어의 기계적 부분에 관심을 갖지만, 교육에 종사하는 사람들은 가상현실 접근의 본질적인 특성을 이해하려는 데 관심을 집중해야 할 것이다. VRML은 기존의 2차원적인 학습자료 형태인 텍스트, 이미지, 소리, 동화상보다 3차원적인 학습모형 자료를 이용하므로 학습자들의 흥미와 이해도가 향상된다고 알려져 있다. 연구에 따르면 3차원 가상현실 프로그램을 활용한 학습 집단이 2차원 HTML 프로그램으로 학습한 집단보다 학업 성취도와 전반적 만족도에 있어 효과적이라고 하였다.[11]

VRML로 구현되는 Web3D의 교육적 효과를 알아보기 위해선 앞에서 언급한 Web3D의 장점과 VRML의 장점 외에도 VRML이 웹에서 쓰이는 다른 멀티미디어 매체와 어떤 점에서 차이가 있는지를 알아볼 필요가 있다.

아래는 그 차이를 표로 나타낸 것이다.[12]

표 3. VRML과 다른 미디어의 비교

구 분	VRML	Animation	Video	Graphic	QuickTime VR
상호 작용성	있음	없음	없음	없음	없음
탐색 항해	가능	불가능	불가능	불가능	제한적 가능
장면의 구성	실시간에 만들어 냄	녹화된 장면	미리 녹화된 장면	그려진 그림	녹화 또는 실시간
가상성	사물을 모델링	인공적으로 그림	실제 장면의 녹화	그림 혹은 사진	사진
파일 형식	Text	Binary	Binary	Binary	Binary
파일 크기	작다	크다	크다	작다	크다

위의 내용들을 바탕으로 VRML로 구현되는 Web3D의 교육적 효과를 살펴보면 다음과 같다.

첫째, VRML은 사용자 입력에 의한 상호 작용과 탐색항해로 학습자의 흥미와 동기 유발이 뛰어나다. 텍스트 자료보다는 그림이나 소리 자료가, 그래픽보다는 애니메이션이나 동영상이 학습자의 흥미와 동기유발에 적합하다는 것은 거의 일반화된 사실이다. 그러나 그래픽이나 비디오 같은 매체는 우리가 보고자 하는 장면에 관한 데이터를 미리 준비하여 연속된 이미지 형태로 저장한다. 이런 방식은 학습자들이 미리 예상을 할 수 있으므로 지루한 느낌을 가질 수 밖에 없다. VRML은 장면을 실시간으로 만들어 내며 더 나아가 특정한 액션 버튼 없이 그 자체로도 상호 작용과 탐색 항해가 가능하다. 학습자는 VRML 월드 내를 마음대로 돌아다닐 수 있으며 흥미 있는 물체를 마음대로 돌려보거나 이동시켜 볼 수 있다.

둘째, VRML은 고해상도의 그래픽 기술과 3D 방식을 통한 인터랙티브의 구현으로 웹상에서 기존의 이미지나 동영상이 주지 못했던 고도의 사실

감을 부여해 준다. 3D로 구현된 콘텐츠의 장점 중 하나는 어떠한 각도에서든지 제품을 보여 줄 수 있다는 점과 확대 축소가 가능하다는 점이다. 학습자가 원하는 다양한 각도, 다양한 크기로 학습콘텐츠를 관찰할 수 있으며 정확한 구조와 형태를 학습할 수 있다. 이러한 사실감의 증가와 인터랙티브 효과는 VRML을 사용하는 학습자와 학습콘텐츠 사이의 친밀감을 상승시키는 효과를 가져올 수 있다.

셋째, 웹을 기반으로 한 학습 시스템은 실시간으로 네트워크를 통해 전송되어야 하므로 파일 크기가 작아야 한다. VRML 파일은 ASCII 파일 형태로 되어 있어 다른 멀티미디어 매체보다 크기가 작다. [그림 2]은 같은 내용의 3차원 형상을 표현하는데 필요한 파일 타입에 따른 파일 크기를 나타내는 것이다. 전송 속도의 최적화를 위해서 VRML에서는 GZIP압축을 이용한다.[13]

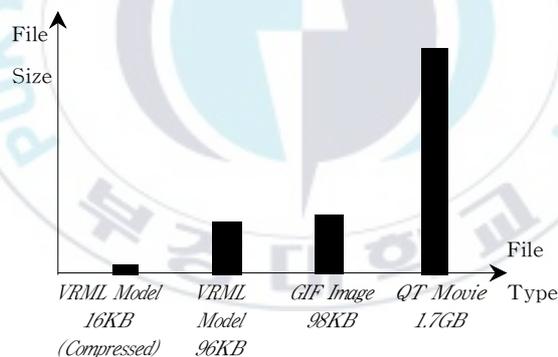


그림 2. 파일 타입에 따른 파일 크기

넷째, VRML은 HTML 문서나 Java, JavaScript와의 연동이 뛰어나다. 이미 웹을 기반으로 한 많은 교육용 콘텐츠들이 개발되어 사용 중에 있다. VRML은 이러한 HTML 기반의 문서들과 잘 연결되어 사용될 수 있다. VRML은 자체의 이벤트와 센서를 이용해서 다양한 효과를 구현할 수 있

으나 다소 제한적인 면이 있다. 때문에 Java applet과 연계하여 프로그램적으로 접근하면 단순한 상호작용 뿐만 아니라 복잡한 상호작용도 가능하고 거의 모든 것들을 이벤트화할 수 있다. 또 마음대로 노드들을 제어할 수 있고 현재의 상태를 저장하여 나중에 사용할 수도 있다. 이러한 웹과 잘 통합되는 면을 이용하여 VRML을 이용한 사이버 쇼핑몰이나 가상 학교 등을 만들 수 있는 것이다. 이런 점 때문에 프로그램의 재사용과 마찬가지로 VRML은 업그레이드된 웹 콘텐츠의 재사용에도 크게 공헌할 것이라고 본다.

다섯째, VRML을 활용하면 공간 지각력이 향상되어 입체도형의 원리, 기계의 작동, 힘의 작용 등의 학습에 있어 효과적이다. 가상현실에서 인간의 공간 지각에 관한 연구논문에서 보면, 가상현실에서의 공간 지각은 현실 세계와 마찬가지로 인식되며, 또한 다양한 가상현실을 경험해 봄으로써 공간 지각력이 향상된다고 보고하고 있다. 그리고 그래픽 프로그램에 의해 만들어진 가상현실이 현실과의 유사성이 높을수록 공간에 관한 이해와 지각이 높아진다는 연구결과가 보고된 바 있다.[14]

VRML은 물리적 학습공간과 학습자원의 한계를 극복할 수 있는 가상공간이라는 교육환경을 제공한다. 또 지금까지의 평면적이고 일방적인 Web 기반의 학습을, 가상현실로써 3차원적이고 쌍방향적인 교육을 가능하게 하여 교육의 질적 향상을 가져올 수 있다.

Ⅲ. 폴리곤 수에 따른 렌더링 속도 분석

이 장에서는 렌더링 속도를 측정하기 위하여 사용된 시스템 환경에 대하여 알아본다. 그리고 측정 분석에 사용할 학습콘텐츠들을 직접 모델링하여 변환시키거나 선정하여 VRML 파일로 변환시키고, 각각 폴리곤 별로 분류한다. 이 콘텐츠들을 웹 서버(교육망)에 탑재하여 선정된 3가지의 교육용 컴퓨터(PC)에서 렌더링되는 속도를 측정한 후 컴퓨터 사양별로 측정된 값으로 폴리곤 수와 렌더링 속도와의 관계를 분석한다. 렌더링 속도를 분석한 후에는, 학습자 반응을 조사하고 이를 종합해 결론을 도출한다.

1. 렌더링 속도 분석을 위한 접근 방법

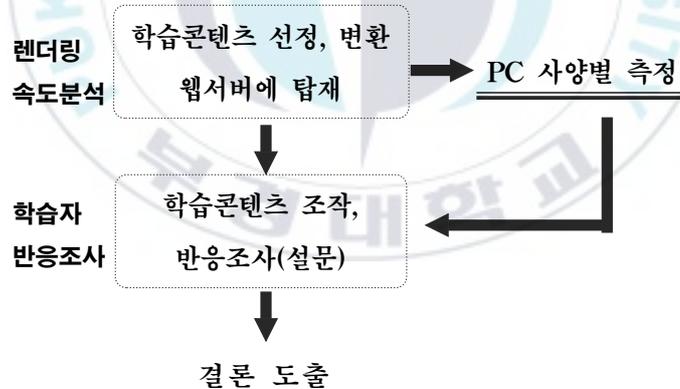


그림 3. 렌더링 속도 분석 모형도

가. 렌더링 속도 분석

측정 분석에 사용할 학습콘텐츠들을 직접 모델링하여 변환시키거나 선정하여 VRML 파일로 변환시키고 각각 폴리곤 수별로 분류한다. 이 자료들

을 웹 서버(교육망)에 탑재하여 선정된 3가지의 교육용 컴퓨터(PC)에서 렌더링되는 속도를 측정 후 컴퓨터 사양별로 측정된 값을 바탕으로 폴리곤 수와 렌더링 속도와의 관계를 분석한다.

표 4. 렌더링 속도 분석을 위한 전산망 환경

구분 \ 사용자	단 일 접 속	동 시 접 속
교 육 망	○	○
사 설 망	×	×

렌더링 속도 분석에 사용되는 전산망은 인터넷 회선 속도의 발전을 고려하여 교육망(KT-광랜, 10M)을 선택하였고, 단일접속과 동시접속의 2가지 환경에서 실험을 실시하였다.

나. 학습자 반응 조사

학습자가 웹에 탑재되어 있는 학습콘텐츠로 학습을 하게 한 후, 그 반응을 조사한다. 조사 대상 학생들은 해당 사이트에 접속하여 VRML로 구현된 학습콘텐츠들을 직접 조작해 보고 설문에 응한다. 설문은 Web3D의 접속여부, 흥미도, 로딩 시간, interactive 정도 등을 묻는 문항으로 구성되며, 조사 후 그 결과를 분석한다.

2. 측정 시스템 구현 환경

이 연구의 측정에 사용할 시스템 구성과 환경은 아래와 같다.

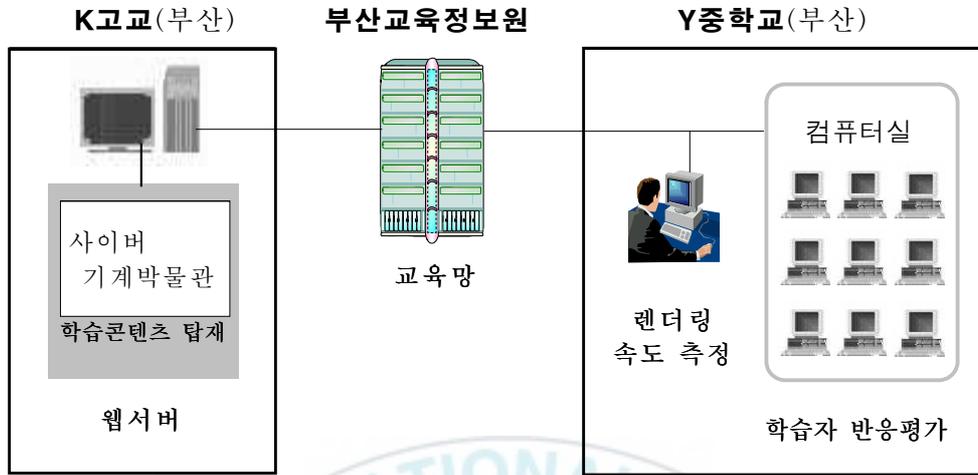


그림 4. 측정을 위한 시스템 구성

가. 렌더링 속도 분석을 위한 시스템 환경

표 5. 서버 제원과 네트워크 환경

구분		사양		비고
서버	하드웨어	CPU	인텔 펜티엄3 933MHz	
		RAM	256MB	
	소프트웨어	OS	AnNyung LINUX 1.2 (Redhat 7.2 기반 kernel 2.4.32)	
		Daemon	http : Apache 1.3 ftp : ProFTP 1.2	
네트워크	<i>Band</i>	<i>location</i>	<i>ISP</i>	<i>비고</i>
	10M	부산시 동래구	부산광역시교육연구정보원 PETINET	KT-광랜 (매트로급)

다양한 교육용 콘텐츠를 활용하기 위해서는 교육용 PC의 사양과 인터넷 회선 속도가 매우 중요한데, 2006년 발간된 '05 교육정보화백서'에 의하면 펜티엄III 이하의 PC가 전체 교육용 PC의 40.2%를 차지하고 있고 E1급 회선(2Mbps) 이상을 확보한 학교가 전체 평균 97.1%에 이르고 있다.[15]

표 6. 학교 인터넷 회선 속도 현황

구분	2M 미만	2M	5M 이하	10M 이하	15M 이상	합계
국립학교	-	8	-	19	18	45
공·사립학교	409	3,949	1,723	4,847	47	10,975
합계	409	3,957	1,723	4,866	66	11,020
비율	3.7	35.9	15.6	44.2	0.6	100

표 7 초·중등학교 컴퓨터 보유 현황

구분		기타 (WBT등)	486 급	펜티엄 I급	펜티엄 II급	펜티엄 III급	펜티엄 IV급	소계
국립	초등학교	3	1	123	179	518	1,087	1,909
	중학교	10	0	81	231	351	742	1,415
	고등학교	1	0	88	138	389	1,392	2,008
	특수학교	1	0	17	41	317	417	793
	소계	15	1	309	589	1,573	3,638	6,125
공사립	초등학교	9,678	0	27,323	51,557	209,945	229,120	527,623
	중학교	5,606	0	12,930	40,379	129,388	137,716	326,019
	고등학교	4,579	88	24,536	45,530	150,806	196,337	421,876
	특수학교	4	0	649	1,144	4,422	4,040	10,259
	소계	1,9867	88	66,438	138,610	494,561	567,213	1,285,777
합계		1,9882	89	66,747	139,199	496,134	570,851	1,291,902

이를 고려하여 측정에 사용할 서버, 네트워크의 제원과 테스트용 PC를 아래와 같이 선택하였다.

표 8. 성능 측정용 PC 사양

모 델 명	운영체제	프로세서	메 모 리	그래픽 메모리
S사 Magic Station M2711	Win98	Intel Pentium3	128 MB	15.5 MB
S사 Magic Station GP20	WinXP	Intel Pentium4 2.40GHz	510 MB	32.0 MB
S사 Magic Station GB28	WinXP	Intel Pentium4 3.2GHz	446 MB	64.0 MB

나. 측정을 위한 학습콘텐츠

렌더링 속도를 측정하기 위한 학습콘텐츠는 주로 기계, 생활 용품, 공구 등의 물건들에 대한 폴리곤을 기반으로 한 데이터이다. 본 연구에서 사용된 학습콘텐츠는 다음과 같다.[16][17]

- 웹에서 다운로드 받은 VRML 학습콘텐츠
- 웹에서 다운로드 받은 3DMAX 학습콘텐츠(VRML로 변환)
- 직접 제작한 3DMAX 학습콘텐츠(VRML로 변환)

표 9. 콘텐츠 제작 방법

콘텐츠 제작 방법		수량	폴리곤수
Web에서 수집(VRML)		20	100~637,917
3DMAX에서 변환	Web에서 수집	22	
	직접 모델링	5	

표 10. 소프트웨어 환경

저작언어	저작 Tool	브라우저	VRML 브라우저
VRML 2.0	3D Max 7.0, 나모 4.0	Explorer 5.0이상	Cortona 4.2

이 학습콘텐츠들로 웹사이트를 구현하여 웹 서버에 탑재하였다. 아래는 웹 사이트의 초기화면과 학습콘텐츠를 클릭했을 때의 로딩 장면이다.



그림 5. 웹 사이트의 초기 화면

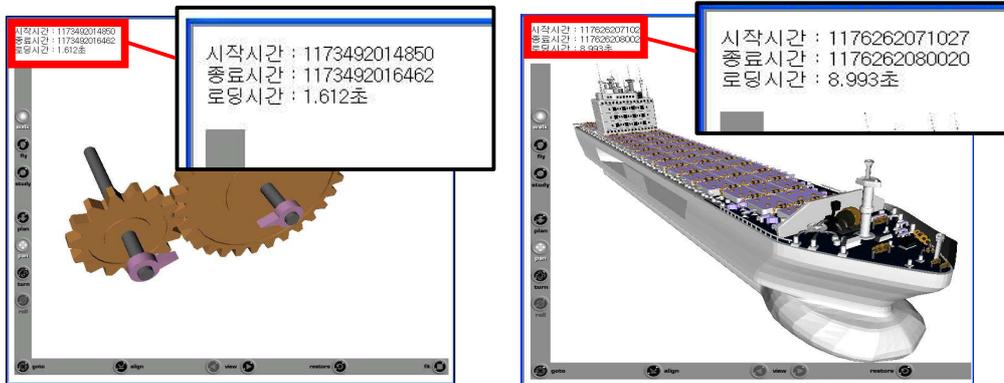


그림 6. 학습콘텐츠 로딩화면과 시간표시

학습콘텐츠의 렌더링 속도를 측정하기 위하여, 클릭했을 때의 로딩 화면에 아래와 같은 자바스크립트를 추가하였다. VRML 파일의 로딩 시간은 해당 윈도우의 시작 시간과 종료 시간에 해당하는 시스템 시간을 불러들여 그 차이를 가지고 계산한다.

```

<script language="javascript">
<!--
var intStartTime = new Date().getTime();
var intEndTime = 0;
function window::onload() {
var strResult = '';
    intEndTime = new Date().getTime();
    strResult += '시작시간 : '+intStartTime+'<br>';
    strResult += '종료시간 : '+intEndTime+'<br>';
    strResult += '로딩시간 : '+((intEndTime - intStartTime) / 1000)+'초

```

```

<br>';
    document.getElementById('timedisplay').innerHTML = strResult;
}
//-->
</script>
...
<script>window.focus()</script>

```

3. 측정 결과 분석

가. 단일접속에 따른 측정 결과 분석

2007년 1월 3일 13:00부터 17:00까지 4시간 동안 각 콘텐츠마다 3회씩, 3가지 PC사양별로 측정하였는데, 측정 도중 웹 서비스 장애는 없었다.

표 11. 학습콘텐츠의 렌더링 속도 측정 결과

구분	평기어 (중)	베벨 기어	피엘 기어	스크류	...	컨테이너 선	유조선	
폴리곤수(개)	1,606	15,930	12,742	4,764	...	537,387	186,243	
파일크기(KB)	146	236	151	2,179	...	20,840	9,877	
펜티엄3	1회	4.89	3.68	1.43	5.72	...	190.1	46.4
	2회	0.77	1.64	0.93	3.29	...	172.4	36.2
	3회	0.66	1.54	0.94	3.24	...	170.3	37.4
	평균	2.11	2.29	1.10	4.08	...	177.6	40.0
펜티엄IV (1.6GHz)	1회	2.14	2.58	0.71	3.60	...	34.21	20.80
	2회	0.32	0.63	0.44	1.32	...	11.33	11.38
	3회	0.33	0.60	0.51	1.46	...	10.22	9.72
	평균	0.93	1.27	0.56	2.13	...	18.63	13.95
펜티엄IV (3.2GHz)	1회	0.42	2.27	0.51	3.08	...	55.00	25.51
	2회	0.24	0.48	0.50	1.00	...	11.33	11.08
	3회	0.27	0.50	0.33	0.98	...	8.95	11.89
	평균	0.31	1.08	0.45	1.69	...	25.09	16.15

펜티엄Ⅲ의 경우 폴리곤 수 15만개, 펜티엄Ⅳ도 20만개를 넘으면서 로딩 시간이 급격하게 증가하였다. 펜티엄Ⅲ의 경우 30만개를 넘어서면 100초 이상을 기록하여 Web3D로서의 가치를 상실할 정도의 수준이었다.

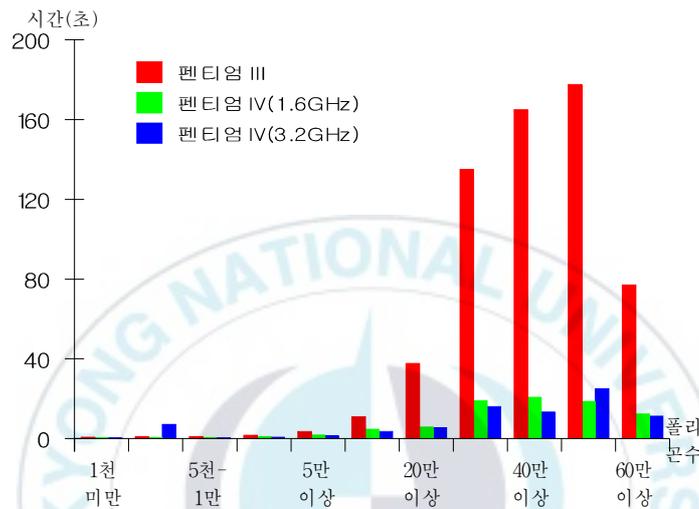


그림 7. PC 사양별 렌더링 속도

VRML 파일의 크기는 폴리곤 수 30만개를 넘어서면 용량이 10MB 이상이 되어 웹에 올려지기 어려운 수준이었다.¹⁾

1) 호스팅 서비스를 하는 업체의 경우 파일당 업로드 제한을 두는데, 보통 리눅스 서버의 경우 php.ini 파일에 파일용량을 10MB로 제한을 걸어 놓는다. 게시판 프로그램의 경우 2MB로 제한을 둔다.

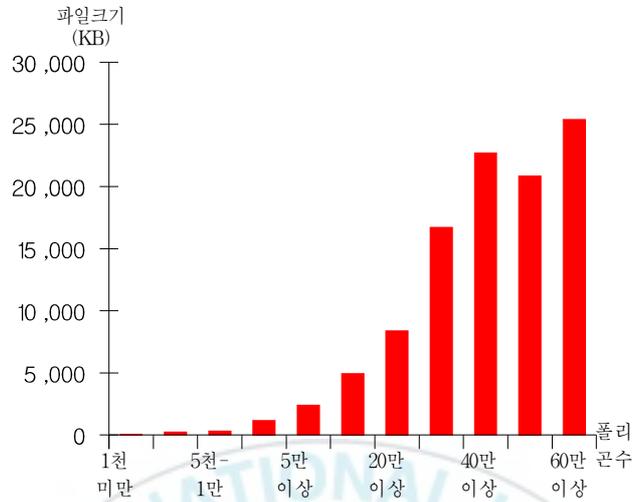


그림 8. 폴리곤별 파일 용량

1회 측정값과 2,3회 측정값과의 차이가 심하게 났다. 이는 해당 콘텐츠를 로딩했을 때 처음 이후에는 컴퓨터에 데이터가 존재하므로 속도가 빨라짐을 의미한다.

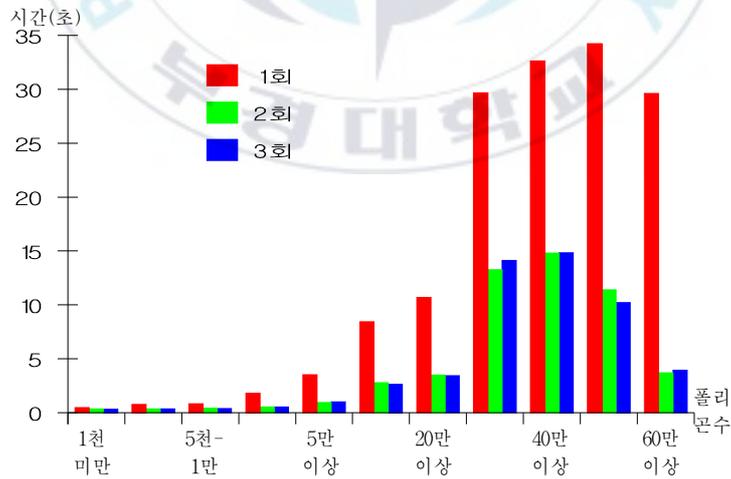


그림 9. 펜티엄IV(1.6GHz)의 횃수별 렌더링 속도 차이

가시적으로 인터랙티브 정도를 보면 펜티엄Ⅲ는 폴리곤 수 20만개 이상에서 더디게 느껴졌고, 펜티엄Ⅳ 두 사양에서는 폴리곤 수 60만개에서 반응이 느려져 답답하게 느껴졌다.

나. 동시접속에 따른 측정결과 분석

부산광역시 연제구 소재 Y중학교 2학년 120명을 대상으로 2007년 3월 12일부터 3월 16일까지 실험을 실시하였다. 실습 전 학습자들은 VRML 브라우저(Cortona4.2) 사용 방법에 대하여 설명을 듣고, 학습콘텐츠(사이버기계박물관)에 접속하여 충분한 시간 동안 VRML로 향해하였다. 34명이 컴퓨터실에서 동시에 학습사이트에 접속하여 콘텐츠를 클릭한 결과, 1개의 PC에서 측정한 결과와는 많은 차이를 보였다. 최신 사양인 펜티엄Ⅳ(3.2GHz)에서, 1PC 접속시 로딩속도가 2.27초인 베벨기어의 경우 동시접속(34명)시에는 23.61초가 걸렸다. 폴리곤 수 50만개 이상인 콘텐츠에서는 과부하로 인한 서비스 장애까지 있었다. 아래는 같은 PC사양에서의 과부하로 인한 렌더링 속도의 차이이다.

표 12. 펜티엄 IV(3.2GHz)의 과부하로 인한 렌더링 속도 차이

구분	평기어(중)	베벨기어	피엘기어	스크류	...	컨테이너선	유조선	
폴리곤수(개)	1,606	15,930	12,742	4,764	...	537,387	186,243	
1인 접속	1회	0.42	2.27	0.51	3.08	...	55.00	25.51
	2회	0.24	0.48	0.50	1.00	...	11.33	11.08
	3회	0.27	0.50	0.33	0.98	...	8.95	11.89
	평균	0.31	1.08	0.45	1.69	...	25.09	16.15
동시 접속	1회	2.52	23.61	13.36	7.35	...	320.51	236.70
	2회	0.47	0.56	0.50	1.24	...	25.37	10.75
	3회	0.51	0.55	0.55	1.20	...	22.64	9.84
	평균	1.17	8.24	4.80	3.26	...	122.84	85.76



그림 10. 펜티엄 IV(3.2GHz)의 과부하로 인한 렌더링 속도 차이

학습자들이 어떻게 생각하는지는 다음 장 설문 조사를 통해서 알아본다.

IV. 학습자 반응 평가 및 분석

1. 학습자 반응 평가

본 논문은 수업용으로 제공되는 학습콘텐츠가 웹상에서 렌더링되는 속도와 품질에 대한 학습자들의 반응을 알아보고, 하드웨어적인 사양을 고려하여 모델링할 때 적절한 폴리곤 수를 찾는 데 목적이 있다.

가. 학습자 반응 평가 대상

학습자 반응 평가는 부산광역시 연제구에 위치한 Y중학교 2학년 학생 120명을 대상으로 하였다.

나. 평가 도구

VRML로 만들어진 학습콘텐츠에 대한 학습자 반응을 평가하기 위한 도구로 설문지(부록2)를 사용하였다. 학습자들의 렌더링에 대한 반응 요소는 학습콘텐츠를 클릭했을 때의 '렌더링 속도'와 VRML 항해를 할 때 자연스럽게 인터랙티브되는 정도인 '렌더링 품질'이다. 여기에 설문에 임하는 학습자들을 이해하기 위한 문항과 VRML로 만들어진 학습콘텐츠의 활용 여부를 묻는 문항을 추가하였다.

다. 평가기간 및 절차

2007년 3월 12일부터 3월 16일 까지 학습자들은 컴퓨터실에서 VRML로 만들어진 학습콘텐츠로 수업을 받고, 학습 직후 설문지를 배부하여 설문 조사를 실시하였다.

표 13. 설문 문항의 구성

설문요소	설문내용
학습자의 이해	컴퓨터 활용 능력
	Web3D에 대한 사전지식
	Web3D를 이용한 웹사이트의 경험 여부
	웹에서 주로 활용하는 교육용 콘텐츠의 형태
렌더링 품질	지루하게 느끼는 로딩 시간
	학습콘텐츠의 인터랙티브 정도
흥미와 활용 가능성	VRML을 사용 후 흥미도
	앞으로 VRML을 활용할 가능성

2. 설문 조사 결과 분석

학습콘텐츠가 웹상에서 렌더링 되는 속도와 품질에 대한 학습자들의 응답을 분석한 결과는 다음과 같다.

가. 학습자의 이해

설문에 응답한 학생들의 정보화 수준을 보면 78.13%가 정보 관련 자격증을 가지고 있지 않았으며, 자격증을 가지고 있는 학생의 자격증명은 전부 '워드프로세서'였다. Web3D나 VRML에 대하여서 대부분(93.75%) 모르고 있었고, Web3D나 VRML과 관련된 사이트나 학습콘텐츠를 경험해 본 학생들도 96.9%로 거의 없었다. 또 인터넷을 통해 가장 많이 접속하는 교육용 콘텐츠의 형태는 동영상(63.75%)이었다.

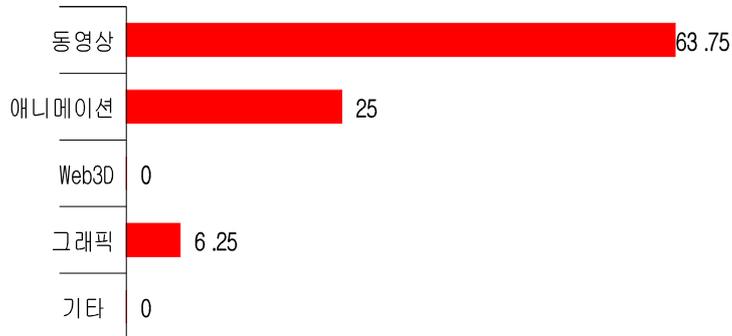


그림 11. 인터넷을 통해 주로 활용하는 교육용 콘텐츠의 종류

이 결과는 VRML로 만들어진 학습콘텐츠를 활용해서 수업을 할 때, 학습자에게 충분한 사용방법을 익히도록 해야 함을 의미한다. 또 VRML로 학습콘텐츠를 구현할 때에는 VRML 브라우저 사용방법에 대해 쉽고 상세하게 설명할 수 있는 부분이 제시되어야 한다.

나. 렌더링 품질

학습콘텐츠를 클릭했을 때 학습자가 어느 정도 시간까지 집중해서 견디는가를 알아보기 위한 설문 문항의 결과로는 많은 학생이 '7초-14초 내외로 기다릴 수 있다'(48.06%)고 응답하였다. 또 '20초 이상 기다릴 수 있다'(17.83%)고 응답한 학생도 상당 수 있었다. 인터랙티브 정도를 묻는 문항에 대하여서는 변별력 있는 결과를 얻지 못하였다.

이것은 일반적으로 멀티미디어 학습자료 설계 시 로딩시간이 10초 이상 되면 학습자의 주의를 산만해 진다[18]는 연구와 비슷한 결과를 보이고 있다. 또 학습자들이 일반적인 2D 그래픽으로 구성된 웹 콘텐츠보다 VRML로 이루어진 학습콘텐츠를 더 오랜 시간 동안 집중해서 기다릴 수 있음을 의미한다.



그림 12. 콘텐츠를 클릭한 후 집중해서 기다릴 수 있는 시간

다. 흥미와 활용 가능성

VRML로 만들어진 학습콘텐츠에 대하여 만족(87.5%)하고 있으며, 그 이유로는 ‘신기하고 재미있어서’(51.86%)라는 응답이 제일 많았다. 이는 앞의 분석에서 보았듯이 VRML을 처음 접하는 학습자들이 많기 때문인 것으로 분석된다. 또 응답자의 90% 이상이 VRML로 만들어진 학습콘텐츠를 다시 활용할 것이라고 응답하였다.



그림 13. 앞으로 Web3D활용할 이유

이것은 학습자의 동기유발이나 흥미 부분에 있어 VRML이 아주 효과적이며, VRML의 기본적인 인터랙티브 기능 이외에도 다양한 학습자와 상호작용 요소를 첨가했을 때 교육적 효과가 있음을 의미한다.

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 3차원으로 모델링된 학습콘텐츠가 VRML로 가시화될 때 렌더링되는 속도를 컴퓨터 사양별로 측정하였다. 그래서 수업용으로 제작되어 웹으로 제공되는 학습콘텐츠가 자연스럽게 실시간으로 나타나는 적절한 폴리곤 수에 대하여 분석하였다.

첫째, VRML로 구현된 학습콘텐츠는 교육적인 효과가 매우 크다. 선행 연구의 고찰을 통해서 밝혀진 점은 다양한 가상현실을 경험해 봄으로써 공간 지각력이 향상되고, 이를 활용하면 입체도형의 원리, 기계의 작동, 힘의 작용 등의 학습에 있어 효과적이다. 또 학습자들이 VRML로 만들어진 학습콘텐츠를 매우 흥미 있어 한다는 점도 설문 조사를 통해 밝혀졌다.

둘째, 개별적으로 접속하는 학습을 위한 학습콘텐츠 제작할 때에는 다양한 PC 사양을 고려하여 폴리곤수 15만개 이하로 모델링해야 한다. 펜티엄 III의 경우, 폴리곤수 15만개에서 로딩시간이 15초 이상 걸렸다.

셋째, 학교 컴퓨터실에서 여러 학생들이 동시에 접속하여 학습을 하는 학습콘텐츠를 제작할 때는 과부하로 인한 속도 지연을 고려하여 폴리곤 수 1만개 이하로 모델링되어야 한다.

넷째, 학습자들은 기계 관련 단원을 학습함에 있어서 VRML로 만들어진 학습콘텐츠의 세밀화 정도보다는 속도와 인터랙티브에 더 큰 기대를 보였다. 이는 세밀하게 모델링하기보다는 적은 폴리곤을 사용하여 더 많은 인터랙티브한 반응 요소를 추가하는 것이 효율적이라는 것을 의미한다.

다섯째, 학습자들은 VRML로 만들어진 학습콘텐츠를 앞으로 활용하고 싶어 하지만 현재 VRML로 만들어진 학습콘텐츠들을 찾기가 어려워 경험할 수 없는 상태이다. 이것은 앞으로 많은 분야에서 다양한 VRML로 만들

어진 콘텐츠들이 양산되어야 함을 의미한다.

위와 같이 연구를 통해 실시간 렌더링을 위한 폴리곤수에 대한 연구결과를 얻을 수 있었다.

여전히 VRML은 많은 단점들을 가지고 있다. VRML Plug-In을 설치해야 하고, 3D 모델링의 어려움이나 주변의 이해와 인식의 부족 등 그 산적한 문제들이 많이 있다. 그러나 VRML은 학습자들의 변화의 요구, 하드웨어의 발전과 네트워크 환경의 진보에 힘입어 점점 그 영역을 넓혀가고 있다. VRML은 웹을 통한 학습에 있어 다른 멀티미디어 콘텐츠에 비하여 그 용량이 적으면서 더 많은 교육적 효과를 거둘 수 있으므로 활용가능성이 무한하며, X3D로의 통합으로 차세대 교육용콘텐츠 분야의 주역으로 확고한 자리를 차지하리라 여겨진다.

이 논문에서는 기계, 생활 용품, 공구 등 물체의 형태로 모델링된 학습콘텐츠에 국한하여 데스크탑 PC사양에서만 측정과 분석이 이루어졌다. 향후 유비쿼터스라는 시대의 요청에 발맞춰 그 대상도 인체, 아바타 등 그 영역을 확대하여 모바일 제품에서의 측정과 분석이 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 전준홍, “Web3D를 이용한 자기 주도적 입체도법 학습 코스웨어 설계 및 구현”, 한국교원대학교 석사학위논문, pp. 1, 2004
- [2] 남주현, “Web3D 콘텐츠 구축을 위한 저작도구의 분석 연구”, 한국멀티미디어학회 추계학술대회논문집, pp. 675, 2003
- [3] 강인숙, “VRML을 이용한 웹기반 공간도형학습실의 설계 및 구현”, 인천대학교 석사학위논문, pp. 65-66, 2002
- [4] 최윤철, 임순범, 고건, “컴퓨터그래픽스 배움터”, pp. 248, 생능출판사, 2003
- [5] 송선희, 김문환, “VRML 가시화를 위한 볼륨 데이터 최적화“, pp. 619, 한국해양정보통신학회 추계종합학술대회지 제 7권 제2호, 2003
- [6] 장원, “WEB3D를 이용한 사이트의 특징과 설계에 관한 연구”, 단국대학교 석사학위논문, pp. 8, 2001
- [7] 전준홍, “Web3D를 이용한 자기 주도적 입체도법 학습 코스웨어 설계 및 구현”, 한국교원대학교 석사학위논문, pp. 16, 2004
- [8] 남주현, “Web3D 콘텐츠 구축을 위한 저작도구의 분석 연구”, 한국멀티미디어학회 추계학술대회논문집, pp. 680, 2003
- [9] 최윤철, 고건, “멀티미디어 배움터”, pp. 441, 생능출판사, 서울, 2002
- [10] 사이맥스 기술연구소, “가상현실과 VRML”, pp. 15-16, 도서출판 정일, 서울, 2003
- [11] 이삼성, “가상현실을 이용한 웹기반 학습프로그램의 개발 및 효과분석”, 인천대학교 석사학위논문, pp. 49, 2002
- [12] 최윤철, 고건, “멀티미디어 배움터”, pp. 435, 생능출판사, 서울, 2002
- [13] 강인숙, “VRML을 이용한 웹기반 공간도형학습실의 설계 및 구현”,

- 인천대학교 석사학위논문, pp. 13, 2002
- [14] 류영삼, “가상현실에서 인간의 공간 지각에 관한 연구”, 한국과학기술원 석사학위논문, pp. 42-43, 1998.
- [15] 한국교육학술정보원, “2006 교육정보화백서“, pp. 182-186, 2007
- [16] 게임재료파크, <http://www.kgdb.or.kr/>(2006. 12. 20), 3DmodelingDB
- [17] ocnus' rope company, <http://www.ocnus.com/vrml.html>(2006. 12. 20), Machines
- [18] 우영숙, “e-learning 환경에서 사용자 인터페이스를 고려한 교육용 콘텐츠의 설계 및 구현”, 한국교원대학교 석사학위논문, pp. 18, 2005



■ 부 록 ■

[부록 1-1] 학습자 반응 조사를 위한 설문지

안녕하십니까?

이 설문은 여러분이 학습한 '기계요소'와 관련하여 Web3D(VRML)로 만들어진 학습자료들을 어떻게 생각하는지에 관한 설문으로 구성되어 있습니다. 여러분이 답한 내용은 이 연구 이외의 목적으로는 절대 사용되지 않을 것입니다. 한 문항도 빠짐없이 올바르게 답해주시기 바랍니다.

☞ 해당하는 답에 로 표기하시오.

1. 여러분이 지금 소지하고 있는 자격증의 종류는 무엇입니까?

- ① 워드프로세서 ② 컴퓨터활용능력 ③ 정보처리기능사
④ 그래픽관련(컴퓨터그래픽스운용기능사, ace 등) ⑤ 기 타 ⑥ 없다

2. Web3D, VRML, X3D의 용어에 대하여 알고 있습니까?

- ① 예 ② 아니오

3. VRML과 같은 Web3D를 이용한 사이트나 교육용 콘텐츠를 경험해본 적이 있습니까?

- ① 예 ② 아니오

3-1. 경험해본 사이트나 교육용 콘텐츠의 종류는?(3번 ①에 답한 학생 중)

- ① 사이버박물관 ② 사이버모델하우스 ③ 학습콘텐츠
④ 시뮬레이션 ⑤ 기 타

4. 자신이 인터넷을 통해 주로 활용하고 있는 교육용 콘텐츠의 형태는 무엇입니까?

- ① 동영상 ② 애니메이션(플래시) ③ Web3D
④ 그래픽 ⑤ 기 타

※ 「사이버기계박물관」의 상위메뉴 중 '속도측정', '렌더링' 화면에 나오는 콘텐츠 중에서 고르시오.(5번-속도측정 메뉴, 7번-렌더링)

5. 학습자료들 중 로딩되는 시간이 지루해서 다른 것을 클릭하고 싶어지는 파일은?(모두 고르시오)

- ① 경운기 ② 보급선 ③ 이양기 ④ 벌크수송선
⑤ 공룡티라노 ⑥ 유조선과 벌크선 ⑦ 컨테이너선

6. 평가어(고)는 평가어(중)보다 2배 세밀하게 표현되었는데 두 콘텐츠의 차이를 느껴보고 다음 중 학습콘텐츠에 있어서 중요하게 생각되는 항목은?

- ① 학습자료가 정밀하게 표현된 정도
- ② 학습자료의 인터랙티브(움직임, 반응)
- ③ 상관없다

7. 학습자료들 중 접근하기, 멀어지기, 회전하기 등의 기능이 자연스럽게 못하여 움직임이 답답하게 느껴지는 파일은?(모두 고르시오)

- ① 유압스프링 ② 핸드드릴 ③ 콤팩인 ④ 유조선
- ⑤ 유조선과 밸브선 ⑥ 컨테이너선 ⑦ 투석기

8. VRML을 이용한 콘텐츠를 사용해 본 결과 흥미를 느꼈습니까?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다
- ④ 그렇지 않다 ⑤ 전혀 그렇지 않다

9. 앞으로 기회가 주어진다면 VRML과 같은 Web3D를 활용하겠습니까?

- ① 예 ② 아니오

9-1. 활용한다면 그 이유는?(8번 ①에 답한 학생 중)

- ① 신기하고 재미있어서
- ② 다른 자료(동영상, 플래시 등)보다 쉽게 이해가 잘 가서
- ③ 직접 조작할 수 있어서
- ④ 기 타

9-2. 활용하지 않겠다면 그 이유는?(8번 ②에 답한 학생 중)

- ① 조작 방법이 너무 복잡해서
- ② Plug-In(Cortona Player)을 설치하기 귀찮아서
- ③ 별로 흥미를 못 느껴서
- ④ 기 타

10. 인터넷에서 콘텐츠를 클릭했을 때 다른 콘텐츠를 클릭하지 않고 자신이 집중해서 참고 기다릴 수 있는 시간은 어느 정도인가?

- ① 1-3초 ② 4-6초 ③ 7-10초
- ④ 11-15초 ⑤ 16초 이상

☼ 수고 많았습니다. ☼

[부록 1-2] 설문조사 결과

설문내용		반응내용	응답자	
			N	%
학습자 이해	1. 소지하고 있는 자격증의 종류는?	① 워드프로세서	32	24.81
		② 컴퓨터활용능력	1	0.78
		③ 정보처리기능사	1	0.78
		④ 그래픽관련(컴퓨터그래픽스운용기능사, ace 등)	0	0
		⑤ 기 타	12	9.31
		⑥ 없다	83	64.35
	2. Web3D, VRML, X3D의 용어에 대하여 알고 있습니까?	① 예	7	5.52
		② 아니오	120	94.49
	3. VRML과 같은 Web3D를 이용한 사이트나 교육용 콘텐츠를 경험해본 적이 있습니까?	① 예	12	9.31
		② 아니오	117	90.70
	3-1. 경험해본 사이트나 교육용 콘텐츠의 종류는?(3번 ①에 답한 학생 중)	① 사이버박물관	12	34.29
		② 사이버모델하우스	2	5.72
③ 학습콘텐츠		4	11.43	
④ 시뮬레이션		7	20	
⑤ 기 타		13	37.15	
4. 자신이 인터넷을 통해 주로 활용하고 있는 교육용 콘텐츠의 형태는 무엇입니까?	① 동영상	91	70.55	
	② 애니메이션(플래시)	27	20.94	
	③ Web3D	0	0	
	④ 그래픽	3	2.33	
	⑤ 기 타	8	6.21	
렌더링 품질	5. 학습자료들 중 로딩되는 시간이 지루해서 다른 것을 클릭하고 싶어지는 파일은?(모두 고르시오)	① 경운기	14	11.12
		② 보급선	13	10.32
		③ 이양기	49	38.89
		④ 벌크수송선	64	50.80
		⑤ 공룡티라노	68	53.97
		⑥ 유조선과 벌크선	71	56.35
		⑦ 컨테이너선	88	69.85

설문내용		반응내용	응답자	
			N	%
렌더링 품질	6. 평가어(고)는 평가어(중)보다 2배 세밀하게 표현되었는데 두 콘텐츠의 차이를 느껴보고 다음 중 학습콘텐츠에 있어서 중요하게 생각되는 항목은?	①정밀하게 표현된 정도	40	33.33
		②인터랙티브(움직임, 반응)	67	55.83
		③ 상관없다	13	10.83
	7. 학습자료들 중 접근하기, 멀어지기, 회전하기 등의 기능이 자연스럽게 못하여 움직임이 답답하게 느껴지는 과일은?(모두 고르시오)	① 유압스프링	9	7.57
		② 핸드드릴	11	9.25
		③ 콤팩트	35	29.42
		④ 유조선	31	26.06
학습자의 흥미와 활용 가능성	8. VRML을 이용한 콘텐츠를 사용해 본 결과 흥미를 느꼈습니까?	① 매우 그렇다	30	23.26
		② 그렇다	54	41.87
		③ 보통이다	31	24.04
		④ 그렇지 않다	6	4.66
		⑤ 전혀 그렇지 않다	8	6.21
	9. 앞으로 기회가 주어진다면 VRML과 같은 Web3D를 활용하겠습니까?	① 예	96	75.00
		② 아니오	32	25.00
9-1. 활용한다면 그 이유는?(8번 ①에 답한 학생 중)	① 신기하고 재미있어서	54	51.93	
	② 다른 자료(동영상, 플래시 등)보다 쉽게 이해가 잘 가서	22	21.16	
	③ 직접 조작할 수 있어서	20	19.24	
	④ 기 타	8	7.70	
9-2. 활용하지 않겠다면 그 이유는?(8 번 ②에 답한 학생 중)	① 조작 방법이 너무 복잡해서	6	14.64	
	② Plug-in 설치하기 귀찮아서	11	26.83	
	③ 별로 흥미를 못 느껴서	13	31.71	
기타	10. 인터넷에서 콘텐츠를 클릭했을 때 다른 콘텐츠를 클릭하지 않고 자신이 집중해서 참고 기다릴 수 있는 시간은 어느 정도인가?	① 1-3초	9	6.98
		② 4-6초	16	12.40
		③ 7-10초	44	34.11
		④ 11-14초	18	13.95
		⑤ 15-19초	32	24.81
		⑥ 20초 이상	23	17.83

[부록 2] 학습콘텐츠 목록과 폴리곤수

연번	학습콘텐츠명	폴리곤 수	파일크기(KB)	연번	학습콘텐츠명	폴리곤 수	파일크기(KB)
1	평기어(중)	1,606	146	31	컨테이너선	537,387	20,840
2	평기어(고)	2,982	236	32	유조선	186,243	9,877
3	베벨기어	15,930	1,834	33	벌크수송선	147,849	5,554
4	피엘기어	12,742	151	34	카페리온반선	68,472	2,390
5	스크류	54,764	2,179	35	보급선	52,312	2,146
6	볼트와너트	8,118	310	36	장도리	365	20
7	리벳(가위)	8,634	400	37	드라이버(-)	1,170	81
8	유니버설조인트	86,524	3,420	38	드라이버(+)	1,198	79
9	유니버설조인트(운동)	2,888	55	39	롱노즈플라이어	260	14
10	역방향장치	52,106	2,025	40	핸드드릴	34,578	1,472
11	내연기관(분해)	9,344	350	41	전동드릴	32,652	1,347
12	피스톤크랭크기구	2,456	185	42	드릴척	1,000	118
13	피스톤크랭크(구조)	4,170	25	43	드릴날	3,762	246
14	캠축과밸브기구	111,602	3,396	44	래칫	935	54
15	컨베이어장치	642	22	45	랜치	408	16
16	컨베이어시스템	120,394	1,068	46	바이스	1,980	17
17	포클레인(팔)	5,579	370	47	절단기(회전톱)	4,094	303
18	로그머신	2,466	1,710	48	리프트	2,652	43
19	경운기	28,272	985	49	의자	23,600	859
20	트랙터	248,252	8,369	50	시디케이스	1,430	55
21	이앙기	100,940	3,925	51	유압스프링	16,012	1,001
22	콤바인	109,054	5,623	52	타이어	18,090	454
23	농작물반자동추수기	69,126	2,548	53	공룡_티라노	232,336	8,419
24	선반	9,084	144	54	투석기	637,917	25,395
25	프레스모형	100	27	55	쇠뇌	54,698	2,139
26	프레스기계	13,566	168	56	컨테이너선과유조선	416,805	22,688
27	자전거	142,021	4,671	57	유조선과벌크선	334,092	16,714
28	자전거(변속)	44,699	3,024				
29	오토바이(스쿠터)	123,681	5,399				
30	기차(로켓호)	43,868	1,519				

감사의 글

내 생애 있어서 살아온 날보다, 내게 허락된 인생이, 삶의 잔고가 얼마나 남았는지 걱정하며 헤아리기 쉽게 여겨지는 즈음에 새롭게 공부를 시작하였습니다. 잘 할 수 있을까 하는 두려움으로, 해 낼 수 있을까 하는 의문 속에 전산교육의 문을 두드리며 첫 발을 디딘 지 2년 반이라는 시간이 흘렀습니다. 끝없이 깊고 넓은 컴퓨터 관련 학문에 수 많은 호기심을 품었고, 때로는 나 자신의 부족함과 무능함을 느끼기도 하였습니다. 늦게 시작하였지만 많은 분들의 도움을 받아 부끄러우나마 작은 결실을 맺게 되었습니다. 어설피기 짝이 없는 논문을 세세하게 검토해 주시고 학문적으로 부족한 제자를 위해 격려를 아끼지 않고 자상하게 지도하시고 가르침을 주신 김영봉 교수님, 연구와 강의로 바쁘신 데도 불구하고 논문심사과정에서 많은 조언과 도움을 주신 이경현 교수님, 김창수 교수님께 무한한 감사를 드립니다. 또한 본 논문을 쓸 수 있는 자양분을 제공해 주신 부경대학교 교육대학원 전산교육과 여러 교수님들, 그래픽연구실 선생님들께도 감사를 드립니다. 특히 함께 공부하면서, 논문을 쓰는 과정에서 어려울 때마다 힘이 되어주고 끝까지 함께 나아가도록 도움을 준 이호철 선생님, 홍경순, 안정은, 다른 05학번 동기들 너무 고맙고 자랑스럽습니다.

더불어 본 논문이 나오기까지 소리 없이 많은 염려와 격려를 아끼지 않으신 많은 분들의 사랑과 뜻을 마음 속 깊이 간직할 것이며, 논문을 핑계로 너무나 많은 피해를 준 여러분들께는 사과의 말씀을 드립니다. 오늘이 오기까지, 늘 끝을 볼 수 있을지 의문을 품으며 살았습니다. 항상 두려움과 어려움이 있었으나 막상 끝내고 보니 도전하려는 정신만 있다면 누구든지 문을 두드리라는 말씀을 드리고 싶습니다.

끝으로 내 행복의 원천이며, 깊은 이해와 신뢰로 늦깎이 공부를 뒷바라지 해준 내 인생의 불루침인 아내와 내 작은 두 보석 윤식, 성식에게 이 논문을 바칩니다. 晚成.

2007년 7월에 양 철 권 드림