

가상현실기술을 이용한 불국사와 석굴암의
디지털 복원

-가상현실 시스템 CAVE를 중심으로

Digital Restoration of Pulguksa Temple and Sokkuram

Based on Virtual Reality

-Focused on the CAVE of Virtual Reality System

박 소연 (Park, So-Yon)

전주대학교 예체능·영상학부

영상디자인 전공

본 논문은 전주대학교 연구비지원으로 수행되었습니다.

1. 서론

2. CAVE에 대한 이론적 고찰

- 2-1. CAVE의 정의
- 2-2. CAVE의 활용
- 2-3. CAVE를 이용한 디지털 복원 사례

3. 불국사의 디지털 복원 실증 연구

- 3-1. 불국사의 디지털 복원 과정
- 3-2. 불국사의 디지털 복원 제작
- 3-3. CAVE 안에서의 디지털 불국사 시현

4. 석굴암의 디지털 복원 실증 연구

- 4-1. 석굴암의 디지털 복원과정 및 제작
- 4-2. 석굴암의 디지털 복원

5. CAVE 환경에서 불국사와 석굴암의 디지털 복원의 의의

6. 한계점 및 미래 연구 방향

7. 결론

참고 문헌

요약

오늘날 컴퓨터 그래픽이라는 학문이 각 분야에서 각광을 받으면서 Computer 활용의 디지털 영상매체를 이용하는 분야는 디자인 영역에서뿐만 아니라 여러 분야에서 보편화되어 있다. 그 중에서도 가상현실이라는 기술을 활용한 분야들은 활발히 연구 진행중이며 빠르게 발전하고 있다. 또한 여러 선진국들은 이러한 가상현실 기술을 문화재의 복원에 이용하여 자국의 문화와 역사를 세계에 알리는데 큰 성과를 얻고 있다. 특히 다양한 가상현실 시스템들 중 인공적인 환경을 가장 잘 표현할 수 있는 시스템인 CAVE 환경을 서구에서는 다양하게 활용하고 있으나 우리 나라에서는 아직 보급단계라 할 수 있다. 특히 본 연구에서 다루고자 하는 디지털 문화재 복원 분야는 CAVE 환경에서 한번도 다루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 CAVE 기반의 디지털 문화재 복원에 대한 실증연구를 통해 그 방향을 제시하여 CAVE 환경에서의 문화재 디지털 복원이 가지는 가치와 이에 따른 가상현실 기술 활용에 대한 문화재 디지털 복원의 의의와 발전 가능성을 모색하고자 한다. 이를 위해 CAVE에 대한 전반적인 고찰을 하고 CAVE를 이용한 국외 문화재 디지털 복원의 사례를 소개 한 후, 우리 나라 불국사와 석굴암의 디지털 복원과정을 진행하고 한계점 및 미래방향을 언급한다.

Abstract

Today, computer graphics have moved into spotlight within many related fields. The use of computer graphics in many fields as well as in design is now universalized. More than ever, those fields which utilize virtual reality are being vigorously researched and are rapidly progressing. Many advanced countries are obtaining positive results, allowing the world to learn about their culture and history by using virtual reality techniques for the restoration of cultural property. Above all, the West has utilized the diversity of the CAVE system which could best express the artificial system among virtual reality systems. However, in Korea this technology remains in its early stages of development. Moreover, the field, digital restoration of cultural property, which will be discussed in this study, hasn't yet been explored. Accordingly, this study presents the way of digitally restoring cultural property based on the CAVE through the empirical research and suggests the significance and possibility of digitally restoring cultural property in the CAVE system. For them, this study processes the digitally restoring of Pulguksa Temple and Sokkuram and refers to the limitation and the future study following the investigation of CAVE and the introduction of applicable examples in abroad.

Keywords

Virtual Reality(VR), CAVE, Digital Restoration

1. 서론

오늘날 컴퓨터 그래픽이라는 학문이 각 분야에서 각광을 받으면서 Computer 활용의 디지털 영상매체를 이용하는 분야는 디자인 영역에서뿐만 아니라 여러 분야에서 보편화되어 있다. 그 중에서도 특히 최신의 기술들이 집약된 경험화된 기술의 축적인 가상현실은 지금은 아직 발전 초기 단계이기는 하나 최근 빠르게 가상현실의 기술을 활용하는 분야가 늘어나는 것을 보아 더욱 여러 방면으로의 급속한 발전성과 활용성이 큰 잠재적인 기술이라고 볼 수 있다. 특히 최근 가상현실은 오락, 게임과 군사방면, 산업 분야 등 고가 산업과 건축 설계부분 뿐 아니라 교육, 의료, 문화재 복원부분에서 실질적인 활용이 증가하고 있는 실정이다. 이 다양한 분야 중, 여러 선진국에서는 가상현실이라는 기술을 문화재의 복원에 이용하여 자국의 문화와 역사를 세계에 알리는데 큰 성과를 얻고 있다.

가상현실은 컴퓨터가 만들어낸 가상의 세계를 사용자에게 다양한 감각 채널을 통해 제공함으로써 사용자로 하여금 이 가상세계에 몰입하도록 하는 동시에, 가상세계 내에서 현실세계에서와 같은 자연스러운 상호작용이 가능하도록 하는 제반 기술과 이러한 기술에 필요한 이론적 바탕을 지칭한다.¹⁾ 그러므로 가상현실의 궁극적인 목적은 사용자가 현실감을 느낄 수 있도록 하는 것이다.

각종 입출력 장비와 응용 프로그램 등으로 구성되는 가상현실 시스템은 인간의 운동과 감각을 감지 센서들과 가상환경을 시뮬레이션 해주는 Device들을 이용한 몰입형 시스템과 PC상에서 가상현실을 구현하는 비몰입형의 시스템으로 나눌 수 있는데 그 중에서 몰입형에 속하는 CAVE는 가상현실 시스템 중 설득력 있는 인공적인 환경을 가장 잘 표현할 수 있는 시스템이며 전문화된 또는 고도의 가상현실 능력을 요구하는 프로젝트를 지원한다. 따라서 서구에서는 CAVE 기반의 가상현실을 문화재 복원 뿐 아니라 여러 분야에서 이용하고 있다. 그러나 우리나라에서는 CAVE시스템이 아직 보급단계라 할 수 있다. 특히 본 연구에서 다루고자 하는 디지털 문화재 복원 분야는 CAVE 환경에서 한번도 다루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 CAVE 기반의 디지털 문화재 복원에 대한 실증연구를 통해 그 방향을 제시하여 CAVE 환경에서의 문화재 디지털 복원이 가지는 가치와 이에 따른 가상현실 기술 활용에 대한 문화재 디지털 복원의 의의와 발전 가능성을 모색하고자 한다. 이를 위해 CAVE에 대한 전반적인 고찰을 하고 CAVE를 이용한 국외 문화재 디지털 복원의 사례를 소개 한 후, 1995년 12월에 유네스코 세계유산위원회(The World Heritage Committee)의 정식 의결을 통해 "세계유산(The World Heritage)"으로 등록된 우리나라 불국사와 석굴암의 디지털 복원과정을 진행하고 한계점 및 미래방향을 언급한다.

2. CAVE에 관한 이론적 고찰

2-1. CAVE

1) 원광연, 전산학으로서의 가상현실, 정보과학지 제 11권, 1997.

가상현실 시스템의 한 종류로서, CAVE(Cave Automatic Virtual Environment)는 서라운드 스크린, 프로젝션 기반의 몰입형 가상현실 시스템이다. 사방을 에워싼 좌측, 정면, 우측 벽과 바닥에 3차원 영상을 프로젝터가 비춤으로써 CAVE 시스템 내부에서 여러 사람들이 함께 가상환경을 경험하게 된다. CAVE는 벽과 바닥을 이루는 네 개의 스크린과 6 DOF(Degree of Freedom)를 갖는 위치 추적 장비(Tracking System), 3차원 입체 안경(Stereoscopic Glass), 3차원 마우스인 Wand 및 서라운드 사운드 시스템으로 구성되어, 사용자가 완전히 몰입되어 상호 대화식으로 경험하고 정보를 주고 받는 시스템이다.

사용자가 3차원 입체 안경을 착용한 후, 눈에 비쳐지는 이미지 즉, 좌측 이미지와 우측 이미지의 두 영상을, 좌측 이미지는 사용자의 좌측 눈에, 우측 이미지는 사용자의 우측 눈에 각기 다른 각도의 형상 이미지로 시신경을 통해 우리의 뇌에 전달되므로 사용자는 이를 비교 분석하여 부피감이나 거리감을 감지하여 입체(3차원)로 인지하게 된다.

CAVE는 1992년 EVL(Electronic Visualization Laboratory at the University of Illinois at Chicago)에서 개발된 것으로 현재 전세계 약 100여개가 연구나 산업용 또는 박물관에 설치되어 사용되고 있으며, 일본, 오스트리아 및 그리스의 아테네에서는 CAVE 환경을 이용한 문화재 디지털 복원이 이미 이루어졌다. CAVE는 고가인 만큼 고도의 가상현실 능력을 요구하는 프로젝트를 지원하며, 전문가들은 완벽에 가까운 진정한 가상현실 기술이라고 말한다.

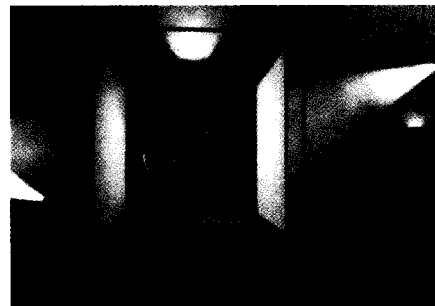


그림 1. 일리노이주립대 가상현실 시스템(CAVE)



그림 2. CAVE 시현

2-2. CAVE의 시스템 구성

일리노이 대학교에서 현재 운영되고 있는 4대의 CAVE 시스

템은 각각 3개의 벽(Wall), 1개의 바닥면(floor wall), 15피트 높이의 천장 등으로 구성된 가상현실 공간을 구성하고 있다. 벽과 바닥은 4대의 프로젝터(Projector)로부터 각 방향의 이미지들을 수신해 구성되는 화면들을 3차원 안경(Shutter Glass)을 낀 사용자를 가상세계에 빠뜨리기 위해 천장으로부터 내려온 위치추적장치(Head Tracker)를 통해 입체적으로 영상된다. 그리고 동조화된 음향이 현실감을 강화시켜 준다. CAVE의 이미지들은 센스8사의 '센스8' 등 가상현실 소프트웨어를 실행하는 실리콘 그래픽스의 워크스테이션이나 고성능 PC에서 만들어진다. 이후 이 비디오 영상 시스템을 실행하는 실리콘 그래픽스의 '파워 오닉스 인피니트 리얼리티' 슈퍼 컴퓨터에 전달된다. 그러면 사용자는 지휘봉(wand)을 이용해 영상된 이미지를 조작하거나, 이들 이미지를 연속 동작으로 영상되도록 만들거나, 또는 이미지의 일부를 분리해 분석할 수 있다. (표 1. CAVE 시스템 참조)

CAVE 시스템은 최대 12명의 사용자를 지원하며, 각 사용자는 '현재 거기에 있는 것처럼' 모든 영상 및 음향 감각을 경험할 수 있다. 이러한 예로 테스트 조종사는 접는 의자에 앉아서 영상된 이미지가 제공하는 전투기 조정경험을 할 수 있다. 조종사는 전투기를 테스트하고, 날고, 수백 번이라도 추락시킬 수 있지만, 다치거나 비행기를 잃는 일이 없다. CAVE를 이용해 캐너필라사의 기술자들은 새로운 건축 장비를 설계하고 테스트하며, 일리노이의 기상학자들은 회오리 바람 등 각종 기상 이변을 모의 실험한다. 그리고 의학 연구자들은 에이즈 바이러스의 내부에 들어가 백신 연구에 아주 중요한 바이러스의 구조에 대해 연구한다. CAVE는 새로운 통찰력을 얻을 수 있게 한다. 완전한 장면이나 구조를 제어할 수 있는 CAVE는 다시 말해서 새로운 특성을 설계할 수 있다는 것을 의미한다.2)

시스템	구성
4Walls(Screen)	Front, Left, Right, Floor wall
Head Tracker	Tracking system, 6 DOF(degree of freedom)를 갖는 위치 추적 장비
Shutter Glasses	Alternately block the left and right eye, LCD shutter Glass
Wand	3D joystick with 3 button
Projector	CRT(Cathode Ray Tube) 방식, Refresh Rate 120 이상

표 1. CAVE 시스템 구성

2) 이지혜, 가상 전시공간 연출에 관한 연구 -인터넷 박물관을 중심으로- 석사 논문, 경성대학교 멀티미디어 정보예술대학원 산업디자인과, 2000.

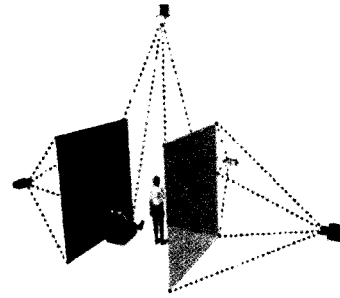


그림 3. CAVE 시스템 구성도

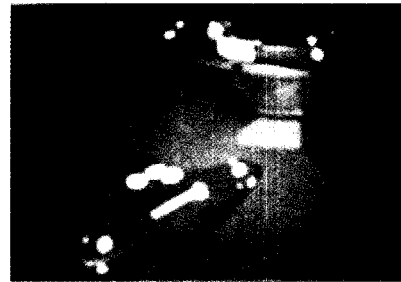


그림 4. 일리노이 주립대에 있는 CAVE시스템 중 3D Wand와 Shutter Glass

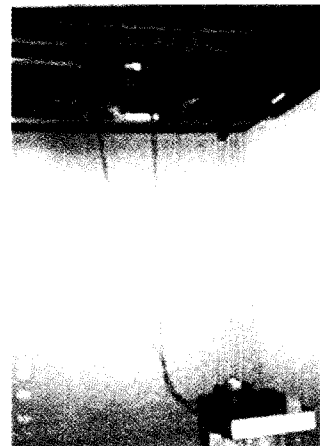


그림 5. 일리노이 주립대의 CAVE 내부와 Head Tracker

2-3. CAVE를 적용한 디지털 복원사례

(1) 실크로드 슈라인(Silk Road Shrine) 프로젝트

실크로드 슈라인 프로젝트는 역사학자의 자문을 받아 돈황 석굴을 가상현실 환경으로 디지털 복원 한 것이다. 돈황은 중국 서역변방에 위치하여 고대 중국의 문화 유산지로 이곳은 동서양을 잇는 실크로드의 관문으로 유명하다. 돈황의 막고불(Mogao Grottoes)은 고비사막에 위치하고 있고, 약 25000 평방미터에 492개의 석굴안에 수많은 벽화와 조각이 있다. 약 1000년전에 만들어졌을 것으로 추정되는 이곳에는 각 석굴마다 다른 이야기가 있다고 한다. 노스웨스턴 대학의 역사학자에 의하여 처음 시작된 이 프로젝트는 EVL과 합작으로 당시 화려한 중국문화를 CAVE안에서 직접 경험할 수 있으

며, 1998년 플로리다 올란드에서 개최된 슈퍼 컴퓨팅 학회(Supercomputing)에서 처음으로 소개되었다.



그림 6. 실크로드 슈린 프로젝트

(2) Virtual Harlem 프로젝트

Virtual Harlem 프로젝트는 "The New Negro Movement" 또는 Harlem Renaissance라 불리워지는 1920년대의 미국 뉴욕 할렘가의 흑인문학, 예술, 사회적, 문화적 번영을 복원하려는 노력에서 산출되었다. 이 할렘가의 르네상스 시기는 단순히 흑인의 정체성과 역사를 만든 것뿐만 아니라 일반적인 미국 문화의 전성을 불러오는 계기가 되었다. Virtual Harlem을 통하여 우리는 80년 전 할렘 르네상스기로 다시 돌아가 당시의 미국인의 삶의 모습과 음악, 일상대화를 직접 듣고 체험할 수 있다. Virtual Harlem은 미국 미조리대학에서 영문학교재로 사용을 위하여 개발이 되었고, EVL과 공동연구로 CAVE 안에서 관람할 수 있다. 또한 Virtual Harlem은 학생들의 교육교재로 가치를 인정받아 현재 일리노이 주립대학과 미조리 대학의 강의에서 사용되고 있다.



그림 7. Virtual Harlem 프로젝트

(3) Shared Miletus 프로젝트

2000천년 전 고대 그리스 도시인 Miletus를 디지털 복원하여 CAVE환경에서 경험할 수 있다. 이 프로젝트는 미국과 그리스에서 동시 제작되어 두 개 언어 즉, 영어와 그리스어로 설명되어져 보다 생생한 문화재를 체험할 수 있도록 컨텐츠를 구성하였다.

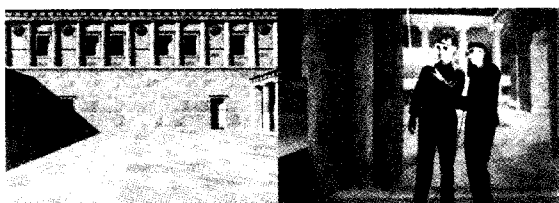


그림 8. 디지털 복원된 Shared Miletus와 이를 CAVE환경에서 시현하는 장면

3. 불국사의 디지털 복원 실증 연구

3-1. 불국사의 디지털 복원 과정

통일 신라 시대의 건축이 갖춘 조형미와 건축적 과학성이 뛰어난 불국사를 디지털로 복원하는 이유는 재난 등으로 훼손된 원형을 찾아내기 위해서 이다.

문화재에 대한 디지털 복원의 유형 중, 불국사의 디지털 복원은 현재 남아있는 유적이나 본래 형태를 찾는 회귀복원(回歸復元)으로 구분 할 수 있다. 즉, 회귀복원은 지금의 문화재가 옛날과는 다르다는 전제를 근거로 옛 모습의 원형을 하나하나 찾아 철저히 추적하는 작업이다.

문화재의 디지털 복원은 철저한 고증과 자료를 바탕으로 현장 답사 및 실측을 통한 아날로그 복원이 이루어진 후, 영상적으로 이를 재해석해야만 제대로 된 디지털 복원이 가능하다는 원칙하에 불국사 복원에 접근하였다.

다음은 본 연구에서 진행한 가상현실기술을 이용한 불국사의 디지털 복원과정이다.

기획 및 작업환경 결정

관련 자료수집

시나리오 작업

스토리보드 작업

모델링 작업

텍스처 표현 작업

가상현실 프로그램 작업

표 2. 불국사 디지털 복원 과정

3-2. 불국사의 디지털 복원 제작

(1) 기획 및 작업환경결정

복원 제작의 출발점이 되는 단계로서 제작관계자들이 모여 제작하고자 하는 문화재의 종류 및 역사적 배경, 네비게이션 시간, 사운드 효과, 배경음악의 선곡 등 작품 제작에 관한 전반적인 사항들을 토의하고 결정한다. 또한 모델링(Modeling), 질감(Texture) 등에 사용될 프로그램을 위한 작업 환경을 결정한다.

불국사 복원에 사용된 하드웨어는 O2 R1 2000, 컴팩 AP550 등이며, 소프트웨어로는 Maya 3.0 2카피, Softimage 1카피, IRIS 퍼포머 1카피 등이 소요되었다.

가상현실 프로그램에 올려 작업하기 쉬운 Maya 3.0의 Polytrans를 사용하여 파일 포맷은 별도의 수정 없이 바로 사용이 가능하므로 시간을 절감할 수 있었으며, 파일 포맷의 변환으로 생길 수 있는 모델의 변형을 최소화 할 수 있었다.

(2) 관련 자료 수집

다음은 불국사 복원을 위한 관련 자료 수집 과정이다.

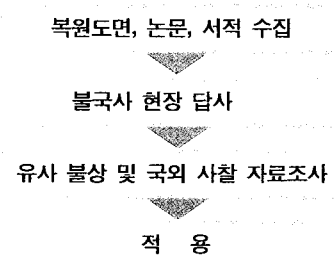


표 3. 불국사 관련자료 수집 과정

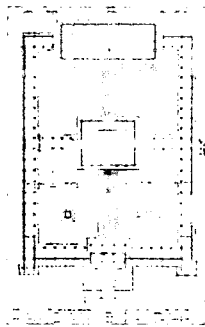


그림 9. 관련자료 수집 (불국사도면일부)

(3) 시나리오 작업

불국사 복원에서는 단순히 탐색 운행 경로에 따라 불국사를 둘러보는 것 뿐만 아니라, 하나의 스토리를 만들어 문화재에 대한 정보를 얻음과 동시에 재미도 충족시킬 수 있는 엔터테인먼트적 요소도 겸비한 시나리오를 작성하였다.

(4) 스토리보드 제작

여러 고증된 역사자료를 통하여 불국사가 갖고 있는 특성을 바탕으로 작업을 하였다. 이번 불국사 작업에서는 단순히 고증을 얻은 자료로 문화재를 디지털로 복원하는 것으로만 그치지 않고, 그 시대의 설화나 인물을 형상화시켜 우리의 문화재를 외국인들에게 보다 쉽고 흥미롭게 경험 할 수 있도록 하기 위해 불국사에 담긴 설화의 주인공을 아바타로 형상화 시켜 불국사의 내부를 소개하도록 하고 불국사 내부에 있는 석가탑과 다보탑등의 문화재를 사실적으로 묘사하고 이와 함께 최대한 문화재에 대한 자세한 관찰을 할 수 있게 스토리 보드를 제작하였다.

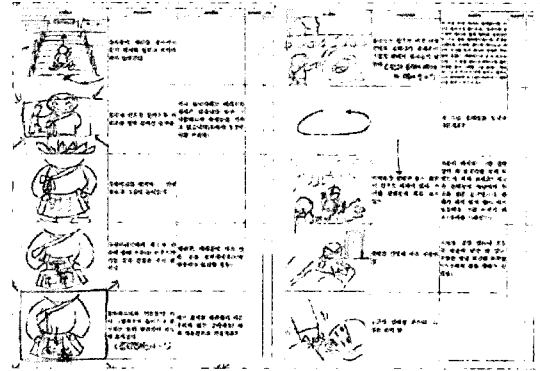


그림 10. 불국사의 스토리보드 제작

(5) 모델링 작업

이 과정은 3D 모델링 작업인데, 모델링을 구현하는 방법은 스플라인 방식, 폴리곤 방식, 솔리드 방식으로 나눌 수 있다. 이 세 가지 방식 중에서 불국사 디지털 복원작업에서는 폴리곤 방식이었으며, 프로그램은 Maya 3.0과 3D studio MAX 3.0, 그리고 Softimage를 사용하였다. 문화재 복원의 정확성을 기하기 위하여 고증된 자료를 스캐닝 받아 그것을 토대로 최대한 사실적으로 불국사를 모델링하였다.

완성된 불국사의 모델은 3D software의 플러그인 또는 소프트웨어 자체의 export 틀을 VRML파일로 저장하였다.

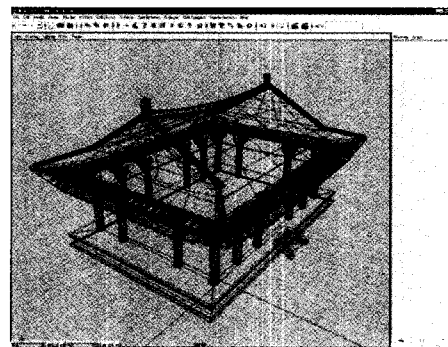


그림 11. 디지털 불국사의 모델링 과정1



그림 12. 디지털 불국사의 모델링 과정2

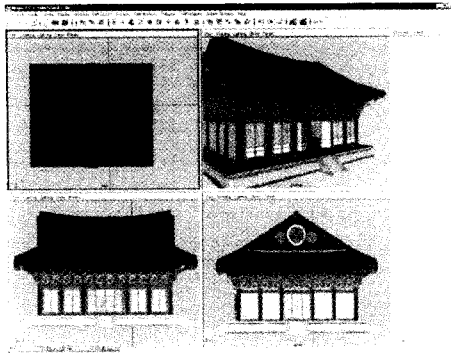


그림 13. 디지털 불국사의 모델링 과정3

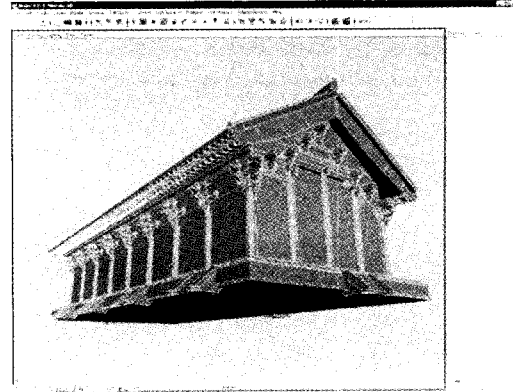


그림 16. 디지털 불국사 질감표현 작업 전

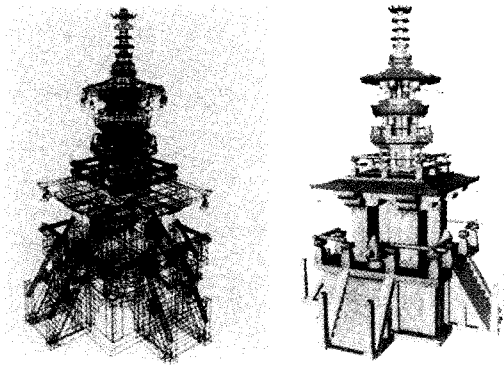


그림 14. 디지털 불국사의 다보탑 모델링 과정

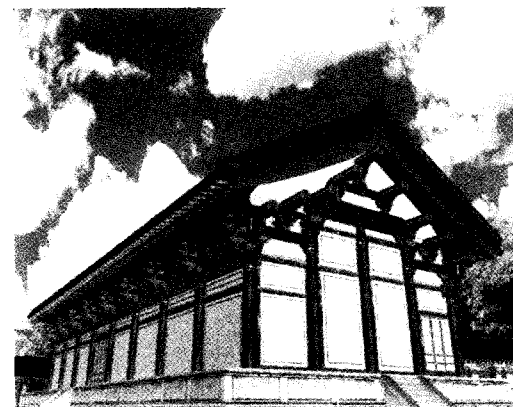


그림 17. 질감표현 작업후, 완성된 불국사 일부의 이미지

(6) 질감(Texture)표현 작업

질감 표현 작업은 앞서 작업한 3D 모델에 Mapping하는 작업이다. 완성된 3D 모델의 표면에 스캔 받은 이미지나 포토샵으로 제작한 이미지를 텍스처(Textures)로 사용하였다. 이번 디지털 문화재 복원 작업에서는 통일 신라시대의 원형의 문화재로 복원하기 위하여 (그림 15)에서 보듯이 한국의 이미지를 나타내는 문양을 따로 제작하여 mapping 하였다.

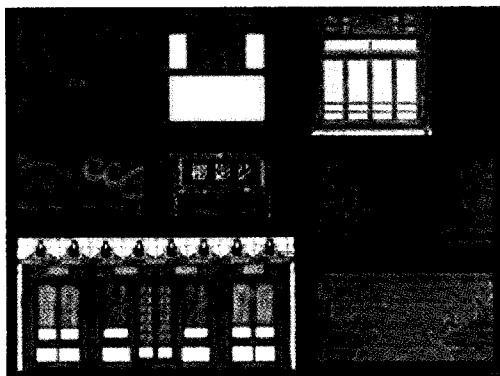


그림 15. 디지털 문화재 복원의 텍스처(Texture) 샘플

(7) 가상현실 프로그램 작업

디지털로 복원된 문화재를 가상현실 세계에서 쉽게 다가가 볼 수 있도록 탐색 운행 경로, 사운드, 상호작용 등을 부과하는 과정인 프로그램 작업은 인터넷 상에서는 VRML를 사용하고 있으며, 3차원 모델링 제작도구(Softimage, Maya, 3D Studio Max) 등에서도 가상현실을 구현할 수 있는 파일 포맷으로 바로 저장이 가능하다. 이번 불국사 복원에 사용된 프로그램 언어는 Yggdrasil(YG)로 모델을 띄우고, 상호작용(Interactive Behavior)를 주는 작업을 하고 있다. YG는 CAVELib VR library와 SGI Performer Graphic Library를 바탕으로 한 Scripting Language로 기존의 C나 C++로 이루어졌던 작업을 보다 쉽게 사용할 수 있도록 만들어진 언어이다.

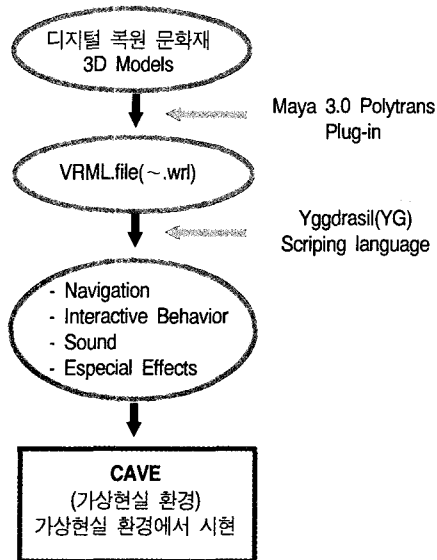


표 4. 가상현실 프로그램 과정



그림 18. 실제 불국사의 모습

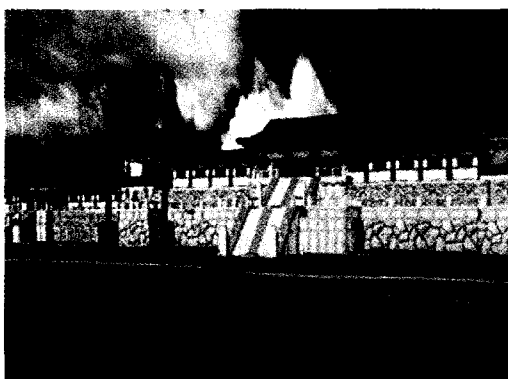


그림 19. 최종 복원된 디지털 불국사 일부

3-3. CAVE 안에서의 디지털 불국사 시현

다음 (그림20)은 서라운드 스크린, 서라운드 사운드, 프로젝션 기반의 몰입형 가상현실 시스템인 CAVE안에서 디지털 복원한 불국사를 관람하는 모습이다. 사방을 에워싼 좌측, 정면, 우측 벽과 바닥에 3차원 영상을 프로젝터가 비추므로써

CAVE 시스템 내부에서 가상환경을 경험하게 된다.



그림 20. CAVE안에서 디지털 불국사 시현

4. 석굴암의 디지털 복원 실증 연구

본 연구보다 앞서 한국과학기술원(KIST) 영상미디어 연구센터에서는 1300년 전의 신라 왕경을 복원하여 이를 「경주세계문화엑스포 2000」의 주제 영상관에서 '서라벌의 숨결'이라는 주제로 상영을 했는데, 여기에서 석굴암에 대한 입체 영상체험도 경험할 수 있다.

이 연구에서 이루어진 문화재의 복원 중 석굴암작업은 레이저 스캐닝 기술을 이용하여 좀 더 세부적인 모습을 복원하기는 하였으나 가상현실 극장이라는 한정된 공간에서 다수가 함께 네비게이션을 해야하므로 개개인이 원하는 시점에서 보거나 다양한 인터랙티브(interactive)를 경험하기가 힘들고, 또한 가상현실 공간에서의 리얼타임(real time)으로 보여지기에 적절한 로우(low) 폴리곤 모델의 형성이 불가능하다는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 Maya 3.0, Softimage, 또는 3D Studio MAX 등과 같은 3차원 그래픽 소프트웨어에서의 모델링 작업을 통해 석굴암을 디지털 복원 한 후 CAVE 환경에서 리얼 타임으로 시현되어 사용자가 다양한 인터랙티브를 경험할 수 있도록 하였다.

4-1. 석굴암의 디지털 복원 과정 및 제작

3차원 모델링에 의해 복원된 석굴암은 앞서 서술한 불국사의 디지털 복원 과정과 같은 디지털 복원 과정에 의해 제작되었다. 따라서 석굴암 복원과정의 상세한 설명은 생략하기로 한다. 석굴암 디지털 복원에서 모델링 방식의 한 종류인 폴리곤 방식에 의해 제작된 모델은 Maya 3.0의 플러그인 소프트웨어 Polytrans를 이용하여 VRML 파일로 저장한후, Yggdrasil Scripting Programing(일리노이 주립대 Electronic Visualization Laboratory)에서 개발한 CAVE용 VR 저작도구를 통해 사운드와 탐색 운행 경로(Narrative Interactive Story)를 CAVE안에서 볼 수 있다.

- 1. 기획 및 작업환경 결정 ▶▶ 2. 관련 자료수집
- ▶▶ 3. 시나리오 작업 ▶▶ 4. 스토리보드 작업
- ▶▶ 5. 모델링 작업 ▶▶ 6. 텍스처 표현 작업
- ▶▶ 7. 가상현실 프로그램 작업

표 5. 석굴암 디지털 복원과정

4.2. 석굴암의 디지털 복원



그림 21. 실제 석굴암 본존불상의 모습(좌)과 디지털로 복원한 석굴암 본존 불상의 모습(우)

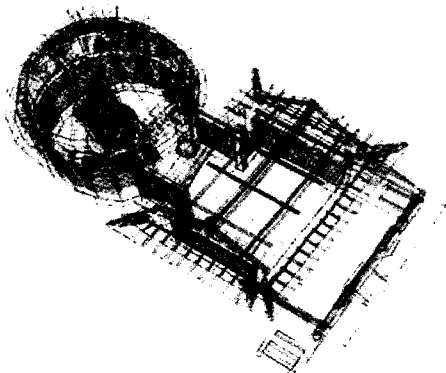


그림 22. 석굴암전경의 모델링 작업

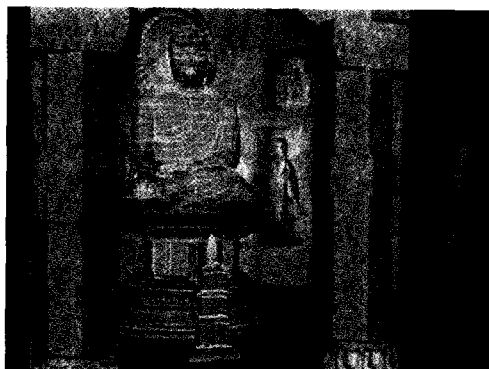


그림 23. 석굴암 본존불상의 모델링 작업

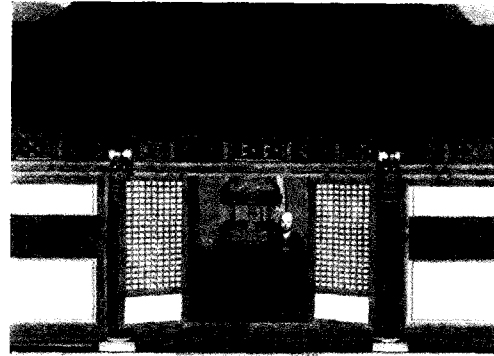


그림 24. 최종 복원된 디지털 석굴암 일부

5. CAVE 환경에서 불국사와 석굴암의 디지털 복원의 의의

본 연구에서 불국사와 석굴암을 가상현실로 디지털 복원하여 CAVE 환경하에 시현함으로써 얻어지는 가치는 다음과 같다. 첫째, 훼손된 불국사와 석굴암을 디지털 복원하여, 인공적인 환경을 설득력있게 표현하는데 있어 가장 좋은 가상현실 플랫폼이라고 알려져 있는 CAVE에서 이 두 문화재를 좀 더 사실적이고 현실감 있게 경험할 수 있다.

둘째, 기존의 복원된 디지털 문화재를 체험할 때, 가상현실 극장이나 PC상에서 구현되는 가상현실 시스템등에서는 한계가 있었던 인터랙티브 경험을 몰입형 시스템인 CAVE 환경하에서는 사용자가 원하는대로 다양한 인터랙티브를 할 수 있다는 점이다.

또한 실제 불국사에 가서 불국사에 있는 여러 유적물들을 감상할 때는 언제나 지면에서 보여지는 관점으로만 불국사를 경험 할 수 있지만 CAVE 환경에서 디지털 불국사를 감상할때는 다양한 뷰(view), 즉 지면에서 벗어나 공중에서 불국사를 내려다 본다든지, 다보탑 위에 올라가 본다든지 하는 여러 가지 뷰로 불국사를 경험 할 수 있다. 그리고 실제 석굴암의 경우, 본존불상이 유리벽 안에 있어 사람들은 정면으로만 불상을 감상하고 내부 조각상들을 자세하게 감상할 수가 없다. 그러나 CAVE환경에서의 디지털 석굴암은 사용자가 석굴암 내부를 들어가서 실제로 볼 수 없었던 석굴암의 구조를 다양한 뷰에서 이해할 수 있다. 이와 같은 점등이 CAVE 환경에서 디지털 문화재를 감상할 수 있는 장점이자 의의라 할 수 있다.

6. 한계점 및 미래 연구 방향

본 연구에서는 한국의 대표적인 문화 유적지인 불국사와 석굴암을 가상현실로 디지털 복원하여 이를 CAVE에서 시현하였다. 그러나 가상현실환경에서 3차원 모델을 실시간으로 표현하기 위해서는 데이터 전송속도의 제약으로 인해 정교한 모델링 작업이 불가능하며, 불국사 복원과 석굴암 복원 또한 많은 단순화 작업에 의해 사실적인 표현을 이루어지지 못하였다는 한계점이 있었다. 그리고 설득력 있는 인공적인 환경을 가장

잘 표현할 수 있는 시스템이라는 CAVE의 장점에 비해 장비가 고가라는 단점을 한계점으로 들 수 있다.

따라서 미래 연구에서는 더욱 대중화되고 업그레이드 된 시스템 환경에서 정교한 모델링 작업을 통해 좀 더 사실적인 표현이 나타나도록 연구를 할 것이며 더 다양한 문화재 뿐 아니라 문화재를 넘어 좀 더 친숙하게 접할 수 있는 여러 소재를 가상현실에 적용할 수 있는 지속적인 연구를 실시할 것이다.

7. 결론

본 연구에서 제시한 가상현실이란 컴퓨터로 창조된 가상의 공간에서 인간이 현실세계에서 있는 듯한 착각을 주는, 더 나아가 현실과 가상을 구별하지 못할 정도로 현실보다 더 리얼한 가상이기 때문에 가상현실 기술을 이용한 문화재 복원은 현재 우리 곁에서 사라져 버린 실제 유물까지도 일반대중들이 쉽게 접할 수 있게 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 제시한 디지털 문화재 복원 프로세스를 불국사와 석굴암에 처음으로 적용하여 가상현실 시스템 분야에서 설득력있는 인공적인 환경을 가장 잘 표현할 수 있는 CAVE라는 환경에 시현하여 보았다.

먼저, 본 연구에서 불국사와 석굴암을 가상현실로 디지털 복원한 의의는 다음과 같다.

불국사의 경우, 첫째, 불국사 창건(AD 751년) 당시의 아주 정확한 원형 불국사를 찾아내기 위함이다.

둘째, 또 다른 재난이나 화재 발생시 훼손된 불국사를 다시 원형으로 복구하기 위한 오리지널 자료로 삼기 위함이다. 중국적으로 국가 차원의 문화재 복원 데이터로 활용할 수 있다 또한 석굴암의 경우, 석굴암은 참으로 오랜 고통과 수난의 세월을 겪어왔는데, 1913년 일제 시대의 수리공사와 1963년 수리공사 때 그 원형이 적지 않게 훼손되어 보존상 여러 가지 문제점들이 발생했다. 하루 속히 창건 당초의 구조 원형을 되찾아 복원함으로써 세계적인 문화 유산인 석굴암이 통일 신라 당시 원래 상태를 되찾아야 할 것이다. 이것이 바로 우리가 석굴암을 디지털 복원해야 하는 이유였다.

그러므로 이와 같은 가상현실 기술 등의 영상미디어를 통한 문화재의 디지털 복원은 과거 역사에 대한 이해를 가장 사실적인 영상을 통해 한층 더 확장시켜 주어 현재 우리 곁에서 사라져 버린 문화재까지도 경험하게 할 수 있으며 기존의 물리·화학적 유물보존 처리 방법과는 달리 영구 보존이 가능하다. 또한 이는 순수 조형 예술 분야에서도 활용할 수 있고, 신속하고 안전하게 더욱 다양한 분야에서 활용이 가능하다. 특히 CAVE라는 가상현실 시스템은 가장 완벽한 몰입도를 줄 수 있는 플랫폼이기 때문에 평면 컴퓨터 화면으로는 볼 수 없는 영상 정보를 제공하여 새로운 통찰력을 얻을 수 있을 것이다. 따라서 CAVE 기반하에 작업하여 3D입체화된 디지털 불국사와 디지털 석굴암이 TV, DVD, PDA, 인터넷 등 각종 전자 매체를 통해 폭넓게 확산시킬 수 있기를 기대한다.

따라서 본 연구에서 제시한 이와 같은 불국사와 석굴암의 디지털 복원을 통해 창건 당시 불국사와 석굴암의 원형을 하루 속히 되찾을 수 있는 실제 아날로그 복원이 이루어지길 기대한다. 이를 위해 먼저 불국사와 석굴암에 관련된 모든 학술

분야와 예술분야의 전문가들뿐만 아니라, 종교 분야 전문가들까지 모인 총체적인 연구를 통해 불국사와 석굴암의 건축원형이 충분히 규명되어 다시 이를 근거로 실현 가능한 실제 아날로그 복원 방안이 신중히 검토된 후, 주도 면밀한 방법으로 하나 하나 복원되어야 할 것이다.

결론적으로, 문화재는 인류가 보존해야 할 귀중한 문화유산으로 훼손되기 전에 보호되어야 하고 훼손된 문화재는 빠른 시간 안에 복원이 이루어져야 한다. 훼손된 문화재를 복원하는데 있어서 필수적인 작업인 고증작업을 좀더 과학적이고 신속하게 처리하기 위하여 3차원 컴퓨터 그래픽 기술을 이용하거나 앞으로 디지털 문명의 총아로 부상할 “가상현실”을 적용하여 고대 문화에 대한 영상적 대안을 제시할 수 있는 이러한 디지털 문화재 복원은 앞으로 문화재 복원을 주도할 새로운 패러다임이 될 것이다.

▶ 참고 문헌

- 2) 원광연, 전산학으로서의 가상현실, 정보과학지 제 11권, 1997.
- 2) 문화재관리국, 『불국사복원공사보고서』, 광명인쇄공사, 1976.
- 3) 백승만, 가상현실 기술을 이용한 영상산업 활용에 관한 연구, 디자인학연구, 45호 Vol.15. 2002.
- 4) 조선총독부편, 『佛國寺』, 조선박물관고적도록 I, 1938.
- 5) 金富弼, 新譯 『三國史記』, 흥신문화사, 1995.
- 6) 박토시, 『송골로스의 낙티꽃』, 도서출판 이토, 1999.
- 7) 오주환, 『문화유산 상식여행』, 도서출판 이토, 1998.
- 8) 고유섭, 『韓國塔婆의 研究』, 동화출판공사, 1975.
- 9) 정규상, ‘가상현실에서의 시각적 이미지 활용에 대한 연구’, 디자인 과학연구 Aug. 2001.
- 10) 이지혜, 가상 전시공간 연출에 관한 연구 -인터넷 박물관을 중심으로- 경성대학교 멀티미디어 정보예술대학원 산업디자인과 석사 논문, 2000.
- 11) 시공테크, 『사이버박물관 <http://www.TimeSpaceN.Com>, 2001.
- 12) 일리노이 주립대 홈페이지, 『<http://www.evl.edu>』, 2001.
- 13) 백산학회 홈페이지 『<http://www.Paeksan.Com>』, 2001
- 14) 무함마드 간수, <新羅·西域交流史>, 단국대학교 출판부, 1992.
- 15) 신형식. <新羅史>, 이화여자대학교 출판부, 1992.
- 16) 신형식. <三國史記研究>, 일조각, 1981.
- 17) 박진호. <신라인의 실크로드>, 백산학회 편, 2001.
- 18) <http://www.cultureexpo.or.kr>