



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 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](#)

碩士學位論文

멀티미디어 및 增強現實 技術을
基盤으로 하는 文化遺産 復元 및 活用에
관한 研究

2011年



漢城大學校 大學院

디지털문화기술 & 콘텐츠 學科

인터랙티브 엔터테인먼트 專攻

李 康 熏

碩士學位論文

指導教授 趙世弘

멀티미디어 및 增強現實 技術을
基盤으로 하는 文化遺産 復元 및 活用に
관한 研究

Study of Digital Implementation and Application for Cultural
Heritage Based on Multimedia and Augmented Reality
Technologies

2010年 12月 日

漢城大學校 大學院

디지털문화기술 & 콘텐츠 學科

인터랙티브 엔터테인먼트 專攻

李 康 熏

碩士學位論文

指導教授 趙世弘

멀티미디어 및 增強現實 技術을
基盤으로 하는 文化遺産 復元 및 活用に
관한 研究

Study of Digital Implementation and Application for Cultural
Heritage Based on Multimedia and Augmented Reality
Technologies

위 論文을 디지털文化技術學 碩士學位 論文으로 提出함

2010年 12月 日

漢城大學校 大學院

디지털문화기술 & 콘텐츠 學科

인터랙티브 엔터테인먼트 專攻

李 康 熏

李 康 熏의 디지털 文化技術學 碩士學位論文을 認准함

2010年 12月 日

審査委員長 _____ 印

審査委員 _____ 印

審査委員 _____ 印

초 록

멀티미디어 및 증강현실 기술을 기반으로 하는 문화유산 복원 및 활용에 관한 연구

Kang-Hun Lee

Major in Interactive Entertainment

Dept. of Digital Cultural Technology
& Contents

Graduate School, Hansung University

문화유산은 한 지역의 역사문화적인 모든 것을 함축적으로 보여주는 것이라 할 수 있다. 최근 문화유산에 대한 관심이 높아지고 있고, 다른 한편으로는 멀티미디어와 증강현실 등으로 대표되는 디지털 기술의 발전이 이루어지고 있는 상황이다. 이러한 새로운 기술들을 사용하여 문화유산을 디지털로 구현, 보존, 복원하기 위한 연구가 세계 각국의 관계기관과 대학을 중심으로 많이 이루어지고 있다. 본 논문은 우리나라의 대표적인 문화유산인 전통목조건축물을 멀티미디어 기술을 사용하여 디지털로 구현하기 위한 방법론을 제시한다. 또한, 제시된 방법론에 따라 구현된 디지털 전통목조건축물을 활용하기 위한 방안으로서 증강현실 기술에 대한 연구를 진행하였다.

선행연구로서 문화유산을 디지털로 구현, 보존, 복원하는 중요성과 타당성을 설명하고, 해외와 국내의 문화유산 디지털 복원 사례들을 분석하여 특이점들을 파악하였다. 국내외 사례 분석을 통하여 문화유산의 형태나 규모에 따라 적용된 디지털 기술과 구현 과정이 다르고 활용방안 또한 다를 수 있었다. 이러한 선행연구를 기반으로 우리나라 문화를 대표할 수 있으며, 문화유

산으로서 상징성이 큰 건축문화유산을 지정하여 멀티미디어 기술을 기반으로 하는 디지털화하는 방법을 연구하였다. 디지털화하는 과정에서 디지털 전통목조건축물의 필수 요소와 디지털 제작 시 고려해야 할 사항들을 정의하고 구조화된 제작단계를 명시하였다. 전통목조건축물의 디지털 제작 단계로 수 천 개의 건물부재들을 분류하고 각각의 건물부재에 적합한 3D 모델 제작방법을 연구하였다. 건물부재 3D 모델 제작을 위하여 목조건축물의 여러 부재들의 수치 정보를 조사 비교하여 수치관계를 도식화한 Parametric 모델링 방식을 제안하였다. 다음으로, 우리나라의 전통목조건축물의 자연스러운 지붕곡선을 표현하기 위하여 곡선처리 기법인 Bezier와 B-Spline 곡선기법을 응용하였다. 이를 위해 지붕곡선의 형태를 파악하고 곡선이 시작되는 부분부터 끝 부분 사이의 제어점 사용수와 순서, 위치 등을 지정하였다. 마지막으로, 제작된 3D 건물부재 모델의 재질을 표현하기 위하여 단청정보를 디지털화 하는 등 자연스러운 재질표현 방법을 연구하였다.

앞서 여러 과정과 연구를 통하여 구현된 디지털 건축문화유산을 활용하기 위한 방안으로 최근 각광받고 있는 증강현실 기술에 대한 연구를 하였다. 그동안 디지털 문화유산의 활용방안으로 가상현실이 많이 제안되고 연구되었다. 가상현실은 상호작용이 가능한 기술로서 많은 이점이 있으나 건축문화유산을 살펴보기에는 방향전환과 이동에 있어 민감하게 반응하여 다소 조작이 어렵다고 할 수 있다. 그러나 증강현실은 가상현실의 장점인 상호작용이 가능하면서 이용자가 쉽게 원하는 시점에서 디지털 건축문화유산을 살펴 볼 수 있다. ARToolkit을 사용한 마커기반 증강현실을 구현하기 위하여 건축문화유산 3D 모델 데이터를 적합한 형태로 변환하는 작업을 수행하였다. 이 과정 중 마커위에 가상모델이 표현되기 위한 Rendering 과정에서 3D 모델의 데이터가 많을 경우 Rendering 과부하로 오류가 발생하였고, Rendering 과부하를 줄이기 위해 3D 모델 데이터를 줄여줄 수 있는 연구를 하였다. 이러한 연구를 통하여 전통목조건축물의 중요부분을 살펴볼 수 있는 마커 인식형 증강현실 콘텐츠를 구현하였다.

본 논문은 멀티미디어 및 증강현실 기술을 기반으로 하는 문화유산 구현, 복원 및 활용에 관한 연구를 주제로 하여 디지털 문화유산 사례를 조사 분석을 하고, 제안된 방법론에 따라 건축문화유산을 디지털로 구현하였다. 또

한 이것을 활용하기 위한 방안으로 증강현실기술을 이용하여 건축문화유산 증강현실을 구현하였다. 우리나라의 건축문화유산은 외부에 노출되어 있어 손상이 되기 쉽기 때문에 디지털로 보존, 복원하는 것은 주요한 미래 과제이다. 그리고 디지털로 구현된 것을 효율적으로 이용하고 소개하기 위해서는 활용기술에 대한 연구가 많이 이루어져야 한다. 이 후 다수의 우리나라의 문화유산에 대한 디지털 구현이 이루어진다면 그 과정에서 얻어지는 연구 성과와 멀티미디어 활용기술은 우리나라의 디지털 문화기술 산업 발전에 긍정적인 영향을 미칠 것이다. 이를 위해서 앞으로 보다 많은 문화유산에 대한 관심과 지원이 필요한 시점이다.



목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구 배경 및 목적	1
제 2 절 연구 범위와 방법	3
제 2 장 문화유산 디지털 복원 의미	4
제 1 절 문화유산의 디지털 구현 및 복원 중요성	4
제 2 절 문화유산 디지털 복원 사례분석과 구현 방법	7
1. 해외와 국내의 문화유산 디지털 복원 사례분석	7
2. 사례분석을 통한 건축문화유산 구현 방법	18
제 3 장 건축문화유산의 디지털 구현 방안 및 방법	21
제 1 절 디지털 건축문화유산의 필수사항과 제작구조	21
제 2 절 건물부재 3D 모델 제작	25
제 3 절 건축문화유산의 재질 표현	28
제 4 절 건물부재 3D 모델 활용과 지붕곡선 표현	33
1. 건물부재 수치관계를 이용한 3D 모델 활용	33
2. 곡선처리기법을 이용한 지붕곡선 표현 방안	39
제 4 장 디지털 건축문화유산의 증강현실 기술 활용	45
제 1 절 가상현실과 증강현실	45
제 2 절 디지털 건축문화유산의 증강현실 구현	52

제 5 장 결 론	57
【참고문헌】	59
ABSTRACT	63



【 표 목 차 】

[표 1] 레이저 스캐너 사용 방식과 3D 모델 제작 방식 비교	19
[표 2] 근정전과 인정전의 공간포 구성 부재수치	36



【 그림 목 차 】

<그림 1> 문화유산의 보존 및 복원	5
<그림 2> 문화유산 디지털화를 통한 문화 경쟁력 강화	6
<그림 3> 다비드 조각상 레이저 스캔 장면과 3D 모델	8
<그림 4> 세부 표현 비교	9
<그림 5> Bayon 사원 디지털 복원 과정	10
<그림 6> Bayon 사원 전체 3D 모델	10
<그림 7> ARC 3D Web-Service 사용화면	12
<그림 8> CityEngine 사용화면	13
<그림 9> Roma Reborn으로 3D 복원된 고대 로마시	14
<그림 10> 사이버 전통 한옥마을 옛집-한옥의 구조 콘텐츠	15
<그림 11> 디지털 한양 콘텐츠	16
<그림 12> 서울 근대공간 디지털 콘텐츠 전차관광체험 VOD	17
<그림 13> 디지털 건축문화유산의 필수사항	21
<그림 14> 건축문화유산 디지털 복원 단계	23
<그림 15> 건축문화유산 디지털 구현 과정 구조도	24
<그림 16> 건물부재 3D 모델 제작과정	26
<그림 17> 공포부재 측면모습	27
<그림 18> 공포부재 3D 모델	27
<그림 19> 부재 길이에 따른 다른 길이의 단청 이미지	28
<그림 20> Multi-Object Mapping	29
<그림 21> Wood Parameters 설정 창	30
<그림 22> 다른 목재 이미지를 사용하여 표현한 퇴색된 단청	31
<그림 23> 같은 목재 이미지에 다른 효과를 주어 표현한 퇴색된 단청 ..	31
<그림 24> 목재와 단청 재질 매핑 비교	32
<그림 25> 근정전과 인정전의 정면도와 측면도	34
<그림 26> 공포를 구성하는 건물부재 3D 모델	35
<그림 27> 수치비례에 따른 근정전과 인정전의 공포 비교	37

<그림 28> 공포 살미참자 모양 비교	37
<그림 29> 공간포 살미참자 3D 모델	38
<그림 30> 근정전 양곡과 안허리곡	40
<그림 31> 인정전 안허리곡	41
<그림 32> 근정전 하층 양시도와 양곡	42
<그림 33> 제어점 사용 위치	42
<그림 34> 디지털 근정전 건축과정1	43
<그림 35> 디지털 근정전 건축과정2	44
<그림 36> The Eye of Judgment 이용 장면	48
<그림 37> Cyber Maid Alice 이용 장면	49
<그림 38> BMW MINI AR 이용 장면	49
<그림 39> GE-ecomagination Wind Turbine AR 이용 장면	50
<그림 40> Digilog Book 시연 장면	51
<그림 41> 3D 모델 데이터 변환과정	53
<그림 42> 증강현실로 구현된 건축문화유산 일부분	54
<그림 43> 증강현실로 구현된 건축문화유산 공포부분	55
<그림 44> 디지털 건축문화유산의 세 가지 활용방법 비교	56

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경 및 목적

21세기로 접어들면서 문화 콘텐츠는 부가가치가 높은 신산업으로 각광을 받고 있다. 이에 따라 문화에 대한 관심이 높아지고, 문화관광산업이 중요산업으로 주목 받으면서 문화유산의 중요성이 날로 높아지고 있다. 선진국을 중심으로 세계 각국은 문화유산을 보존, 복원, 홍보하는 사업을 활발히 진행하고 있고, 이를 통하여 국가 브랜드 이미지 향상을 도모하고 있다. 이러한 사업을 통하여 국가, 도시, 지역단위로 특색 있는 문화유산을 선정하여 홍보 이미지 마케팅으로 활용하고 있다. 이로 인하여 해당 국가의 인지도와 국민의 자부심과 소속감을 높일 수 있으며, 홍보효과로 많은 관광객 방문과 기업의 투자가능성 향상으로 경제 활성화에 긍정적인 영향을 미치고 있다. 이전의 문화유산을 활용하기 위한 홍보 방식은 관련서적이나 사진, 영상 등으로 이루어졌다. 그러나 최근 들어 급속도로 발달한 컴퓨터 및 멀티미디어 관련 기술은 문화유산을 보존 및 복원, 홍보하는 방법과 방식에 획기적인 변화를 가지고 왔다. 멀티미디어 기술을 발전으로 다양한 형태의 수준 높은 디지털 콘텐츠 제작이 가능해졌기 때문이다. 디지털 콘텐츠 제작 기술이 문화유산의 디지털 제작으로 활용되면서 문화유산의 디지털화가 가능해 진 것이다.

문화유산의 디지털화는 이전의 제한적이었던 문화유산의 활용방안 보다 많은 활용이 이루어 질 수 있다. 이것은 문화유산의 보존측면에서 디지털로 저장된 여러 형태의 정보들은 훼손이 발생할 경우 복원을 위한 정보의 활용이 용이하여 보다 손쉽게 복원이 이루어 질 수 있음을 의미한다. 또한 현존하지 않는 문화유산을 복원할 경우 디지털 문화유산 데이터를 이용하여 관련 연구자들이 제안한 여러 복원형태를 시뮬레이션 함으로서 가장 알맞은 형태의 복원형태를 결정하는데 많은 이점이 있다.

이러한 문화유산의 디지털화는 앞서 설명한 것 이외에도 많은 장점이 있기 때문에 많은 나라에서 자국의 문화유산을 디지털화 하는데 여러 노

력을 기울이고 있다. IT강국 중 한 나라인 우리나라는 발달된 첨단 IT기술에 문화를 접목시킨 CT기술을 중점 기술발전 분야로 지정하여 관리하고 있다. 문화유산의 디지털화는 CT분야의 주요 분야로서 고부가가치 산업으로 발전시키기 위한 노력을 기울이고 있다. 현재 IT 기술은 기술 선진국이지만 문화유산의 디지털화 기술연구는 오래전부터 문화유산의 디지털화 연구를 해왔던 미국 일본 유럽 등에 비해 미흡한 실정이다. 그러나 오랜 역사를 자랑하는 우리나라는 동아시아 불교, 유교문화권 내의 다른 나라와 차별화된 많은 문화유산을 보유하고 있기 때문에 문화유산에 대한 인프라는 동등하다고 할 수 있다. 이 같은 점은 문화유산에 대한 다양한 디지털 구현 방법과 활용방안 연구가 진행되어 기술과 노하우가 축적된다면 디지털 문화유산 강국이 될 수 있는 가능성이 크다는 것을 의미한다.

본 논문은 문화유산을 디지털 구현하기 위한 방법과 활용방안에 대한 연구이다. 연구를 통해 우리나라의 문화를 대표할 수 있는 건축문화유산이 멀티미디어 기술을 기반으로 디지털로 구현되고, 증강현실 기술을 활용하는 방안이 모색될 것이다.



제 2 절 연구 범위와 방법

문화유산의 범위는 크게 무형과 유형으로 분류되며 본 논문에서는 유형 문화유산 중에서 우리나라의 문화유산을 대표할 수 있는 건축문화유산을 중심으로 디지털 구현과 그 활용 방안에 관한 연구를 진행하였다. 본 논문에서 문화유산의 디지털 구현 또는 복원의 의미는 사라지거나 훼손된 문화유산을 발굴과 연구로 디지털 정보의 형태로 구현하는 것뿐만 아니라 실존하고 있는 문화유산을 디지털로 재구축 하는 의미도 포함하고 있다. 연구의 진행 및 방법을 정리하자면 다음과 같다. 첫 번째, 건축문화유산을 디지털로 구현하기 위하여 선행되어진 과거의 다른 디지털 복원 사례들을 살펴봄으로서 현존의 구현 방법과 기술을 등을 정리하였다. 두 번째, 선행연구를 통하여 분석된 자료들을 바탕으로 우리나라의 전통목조건축물을 디지털로 구현하는데 적합한 방법은 무엇인지 도출하고, 전통목조건축물의 조영의 원리와 건축구조에 대한 관련정보를 수집하였다. 이를 토대로 하여 건축문화유산을 디지털로 구현할 때 유념해야하는 요소와 제작에 앞서 고려해야 하는 사항을 정리하고 제작단계와 제작구조를 제안하였다. 제작단계와 제작구조를 계획함으로써, 실제 제작이 시작되었을 때 효율적인 제작공정이 이루어질 수 있도록 하였다. 세 번째, 건물부재 3D 모델이 제작된 후 이것을 재이용하여 다른 목조건축물이 제작될 수 있도록 목조건축물 부재들의 수치에 대한 상관관계를 조사하였다. 또한 전통목조건축물의 지붕곡선을 표현하기 위한 방법으로 곡선처리 기법에 대한 연구를 진행하였다. 네 번째, 디지털로 구현된 건축문화유산의 활용방안으로 가상현실 기술 중 하나인 증강현실 기술의 활용방안을 제안하고, 증강현실로 구현하기 위한 3D 모델 데이터 변환 수정과 증강현실로 구현될 때 과부하로 인한 Rendering 과정 오류를 줄이기 위한 연구를 하였다. 마지막으로 본 논문에서 제안한 방법론으로 디지털로 구현된 건축문화유산과 증강현실 기술로 소개되는 활용방안 대한 연구 결과를 정리하고 그 한계와 기대성에 대해 논하는 것으로 마무리하였다.

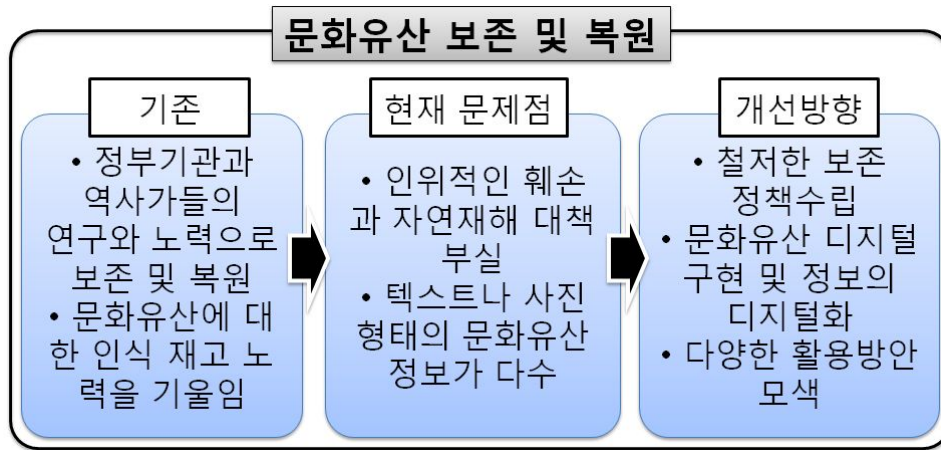
제 2 장 문화유산 디지털 복원 의미

제 1 절 문화유산 디지털 구현 및 복원 중요성

세계 여러 지역에는 수많은 문화유산이 존재한다. 이러한 문화유산은 역사의 흐름에 따라 사라지거나 새롭게 계승 발전해 오면서 현대의 우리에게 전승되어 왔다. 우리는 이것을 온전히 다음 세대에게 전승하기 위한 의무를 가지고 있다. 현재 문화유산에 대한 보존 및 복원 관리는 관련 정부 기관과 관련 연구자들의 많은 노력을 통하여 이루어지고 있다. 이러한 보존 및 복원 연구를 통하여 축적된 자료 및 성과는 인류의 문화유산을 풍부하게 하는데 상당한 공헌을 하였다. 그러나 미래의 후손들에게 손상 없이 물려주어야 할 문화유산들이 인위적인 도굴, 방화, 무관심 등으로 훼손되는 경우 뿐 만 아니라 자연재해가 발생할 경우 허술한 관리 대책으로 인하여 훼손되는 경우도 발생하고 있다. 우리나라의 경우 2008년 2월 인위적인 방화로 우리나라의 국보 1호인 숭례문이 석축과 1층 누각 일부분만 남기고 누각 대부분이 전소한 사건이 발생하였다. 이 사건으로 우리는 수백 년간 그 형태를 비교적 온전히 유지해온 소중한 건축문화유산을 크게 훼손시키게 되었다. 훼손된 문화유산은 그 원형 복원이 불가능 하거나 복원이 가능하더라도 많은 채원과 인력, 시간이 소요되는 어려움이 뒤따른다. 이와 같은 이유로 현재의 문화유산을 관리 보존하는 방식으로는 다음 세대에 전승하는데 있어서 한계성이 많다고 할 수 있다. 이러한 문화유산의 보존 및 복원의 한계성을 타파하기 위하여 멀티미디어 기술을 활용한 다양한 디지털 문화유산에 대한 연구가 진행 되고 있다.

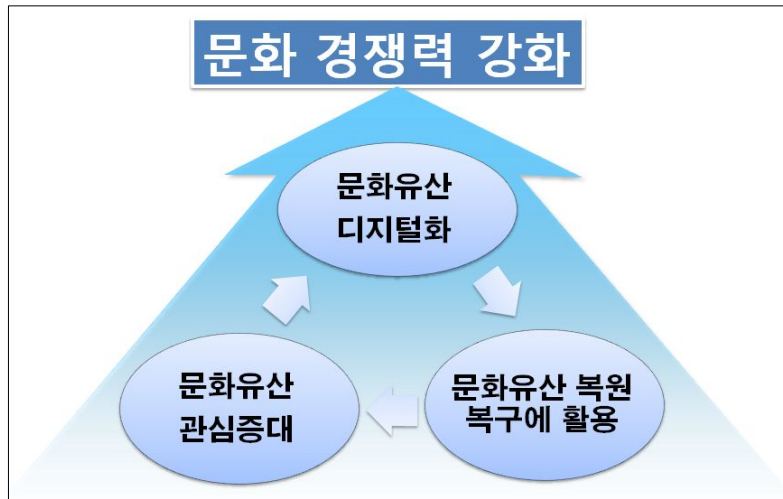
문화유산의 디지털 복원은 기존의 아날로그 형태의 문화유산 보존 복원 관리 방식에서 문화유산의 모든 정보를 디지털 방식으로 변환 저장하는 것뿐만 아니라, 문화유산을 멀티미디어 기술을 이용하여 디지털로 재구축하는 것이라고 할 수 있다. 문화유산이 디지털로 구현된다면 문화유산이 어떠한 이유로 훼손되었을 때 디지털로 구현된 것을 보면서 실제 복원할 때 참고자료로 활용될 수 있을 것이다. 문화유산을 디지털로 구현을 할 때

원형에 가까운 수준으로 이루어질수록 그 활용성은 높을 것이다. <그림 1>은 문화유산의 보존 및 복원에 관한 기존의 방식과 현재의 문제점, 그리고 개선방향에 대해 정리한 것이다.



<그림 1> 문화유산의 보존 및 복원

문화유산의 디지털 구현의 중요성은 앞서 설명한 문화유산의 보존 및 복원을 위해 필요한 점 이외에 문화유산을 소개하고 디지털 문화 콘텐츠로 활용하기 위해서도 필요하다. 디지털 문화유산이 사실성 높게 구현되어 다양한 멀티미디어 기술과 접목하여 활용된다면, 이것을 문화유산에 대한 교육용 및 소개에 사용될 수 있다. 또한 문화유산의 디지털화는 문화유산 보존 및 복원에 이용될 수 있을 것이다, 이와 같은 문화유산의 디지털화는 국민들에게 문화유산에 대한 관심과 보존의 중요성을 증대 시킬 것이다. 문화유산에 대한 관심 증대는 또 다른 문화유산의 디지털화를 촉진시키기 때문에 <그림 2>에서 보는 것과 같은 선순환 구조로 이어지는 결과를 낼 것이다.



<그림 2> 문화유산 디지털화를 통한 문화 경쟁력 강화

최근 우리나라의 노래나 드라마 등이 한류라고 불리면서 아시아 지역에서 높은 인기를 구가하고 있다. 이러한 현상은 우리나라의 문화 경쟁력이 높아진 것이기 때문에 반가운 일이다. 그러나 외국인에게 전통적으로 아시아를 대표하였던 중국의 문화에 대해 물어보면 비단, 도자기, 진시황, 자금성 등 수 많은 중국의 문화를 대표하는 것들을 말할 것이다. 또 일본에 대해 묻는다면 일본은 70년대부터 풍부한 자금력으로 유럽과 미국에 일본 문화에 대한 인프라를 구축하는데 힘써 왔다. 이러한 결과로 일본의 문화를 대표하는 것을 묻는다면 일본식정원, 사무라이, 기모노, 스시 등 여러 일본의 문화를 대표하는 것들을 말할 것이다. 그러나 우리나라의 경우 국제대회나 국제회의를 통하여 우리나라를 알리고 있지만, 중국, 일본에 덜 알려진 상태이다. 그리고 우리나라 문화를 대표할 수 있는 상징적인 것들에 대한 소개가 다소 부족했기 때문에 앞의 두 나라와 비교하자면 문화경쟁력이 높다고 할 수 없다.

문화경쟁력 강화는 과거로부터 전승되어진 문화유산을 많이 소개하고, 관심과 지원이 이루어지면서 경쟁력이 생기는 것이다. 이러한 이유로 문화유산의 디지털로 구현하는 것은 우리나라 문화의 근간을 이루는 문화유산을 보존하고, 소개하기 위해서 중요한 것이라고 할 수 있다.

제 2 절 문화유산 디지털 복원 사례분석과 구현 방법

1. 해외와 국내 문화유산 디지털 복원 사례분석

세계 각국은 문화유산을 디지털로 구축하여 문화유산을 보존 및 복원하기 위한 필요성을 공감하고 있다. 이에 따라 문화유산을 디지털로 구축하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 미국, 일본, 유럽 등 선진국들은 문화유산에 대한 중요성을 빨리 인식하고, 이것을 보존하기 위한 많은 연구를 진행하여 디지털 구현기술에 대한 많은 노하우를 축적시키고 있다. 이들 선진국들은 자국의 문화유산에 대한 연구를 하는 것에 그치지 않고, 인접한 나라 또는 같은 문화권의 나라들과 문화유산의 디지털구현에 대한 공동연구를 진행하고 있다. 이러한 경우 외에도 정치 경제적 이유로 문화유산에 대한 보존 및 관리 연구가 부족한 나라들을 무상원조 성격으로 문화유산의 디지털 복원 프로젝트를 진행해 주기도 하였다. 우리나라도 문화기술(Culture Technology)에 대한 관심이 높아지면서 문화콘텐츠로 활용할 수 있는 디지털 문화유산에 대한 연구가 본격적으로 시작되었다. 문화유산의 디지털화 방법은 다양하기 때문에 해외와 국내의 주요 디지털 복원 사례들을 알아보고 디지털 구현 방법과 사용기술들을 알아보고자 한다.

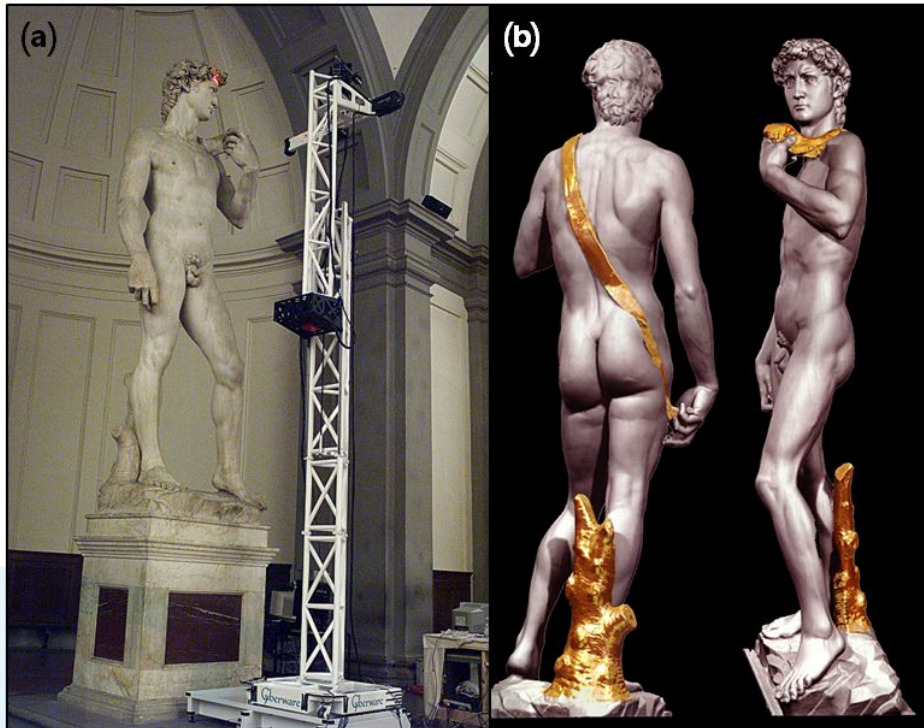
◎ The Digital Michelangelo Project

The Digital Michelangelo Project¹⁾는 미국의 Stanford 대학과 Washington 대학 이탈리아의 박물관과 정부 문화재관리 부처에서 1997년부터 2년 동안 진행한 문화유산 디지털 구축 프로젝트이다. 23피트 높이의 다비드 조각상을 레이저 스캐너²⁾를 사용하여 정밀한 3D 모델로 복원한 사례이다. 이 프로젝트의 동기 및 목적은 발전된 3D 스캐닝 기술을 복잡한 형태의 조각상과 같은 물체에 이용하여 문화유산을 디지털 형태로 보

1) The Digital Michelangelo Project 홈페이지 [Http://www.graphics.stanford.edu/project/mich](http://www.graphics.stanford.edu/project/mich)

2) 3차원 계측 기술로 레이저 스트라이프를 순차적으로 대상에 주사하고 CCD 카메라를 통해 삼각 함수 계를 이용해 깊이 정보를 알아내는 방식과 time-of-flight 방식에 의해 레이저를 보내고 받는 시간에 의해 깊이 정보를 알아내는 방식 등이 있다. 미켈란젤로 프로젝트에서는 time-of-flight 방식으로 작동하는 Laser Rangefinder를 사용했다.

존하는데 있다.³⁾ <그림 3>의 (a)는 다비드 조각상의 스캐닝 장면이고 (b)는 레이저 스캔한 데이터를 처리하여 3D모델로 구축한 것이다.



<그림 3> 다비드 조각상 레이저 스캔 장면과 3D 모델 (a)다비드 조각상 레이저 스캐닝 장면, (b)3D 다비드 조각상⁴⁾

또한 정밀하게 계측된 데이터는 동상 표면에 있는 끝의 굽힘 까지도 세밀하게 3D모델로 표현해 낼 수 있었다. <그림 4>의 (a)는 얼굴 부분을 1mm수준으로 계측하여 표현한 것이며, (b)는 계측 수준이 좀 더 세밀한 0.29mm 수준으로 계측한 눈동자의 모습을 볼 수 있다. 이러한 자료들을 연구하여 미켈란젤로가 다비드 조각상을 만들면서 사용했던 끝의 종류와 사용 방법 등을 유추할 수 있었다.

3) Aila, T, Miettinen V. "Visualization Viewpoints Visualization and 3D Data Processing in the David Restoration," IEEE Computer Graphics & Applications, Vol.24, No.2, pp. 16-21,2004.

4) 그림 출처 (a) <http://graphics.stanford.edu/projects/mich/more-david/more-david.html>
(b) <http://graphics.stanford.edu/projects/mich/book/book.html>



<그림 4> 세부 표현 비교 (a)얼굴부분 실물과 3D 모델, (b)눈동자부분 실물과 3D 모델⁵⁾

◎ Bayon Digital Archival Project

Bayon Digital Archival Project는 캄보디아에 있는 Angkor Thom⁶⁾의 중앙에 있는 Bayon 사원을 JAS⁷⁾와 도쿄대학교 연구팀이 2003년부터 2년 동안 진행한 것이다. 이 프로젝트의 목적은 광범위공간을 측정하기 위한 새로운 감지기 개발과 큰 데이터 셋을 위한 모델링 기술 개발, Bayon 사원의 세밀한 디지털 보존을 하기 위함이라고 밝히고 있다.⁸⁾

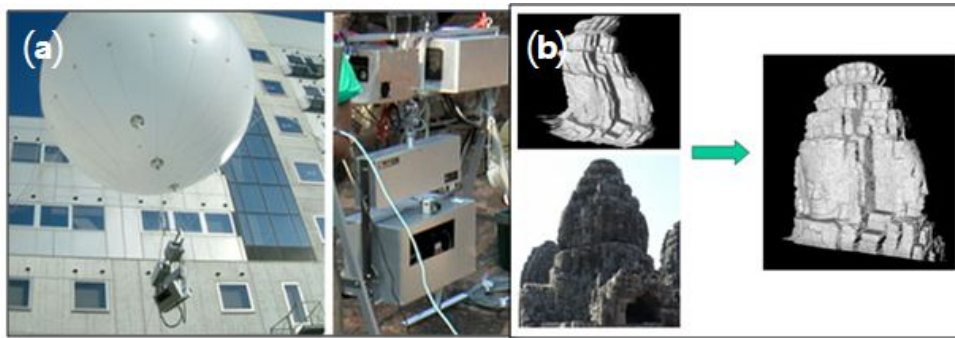
이 프로젝트는 <그림 5>의 (a) 사진과 같은 FLRS(Flying Laser Range Sensor:떠있는 레이저 범위 측정기)를 개발하였다. 기구에 매달려 고정된 레이저 스캐너를 이용하여 크기가 160m×140m ×45m인 사원을 측정할 수 있었다. 기구에 매달린 레이저 스캐너는 바람에 의한 흔들림으로 인하여 <그림 5>의 (b) 사진처럼 왜곡된 3D 모델로 나타났다. 왜곡된 3D 모델은 매개변수 처리를 통하여 수정하여 온전한 형태로 표현할 수 있었다.⁹⁾

5) 그림 출처 <http://graphics.stanford.edu/projects/mich/head-of-david/head-of-david.html>

6) Angkor Thom:캄보디아 앙코르 제국의 도성

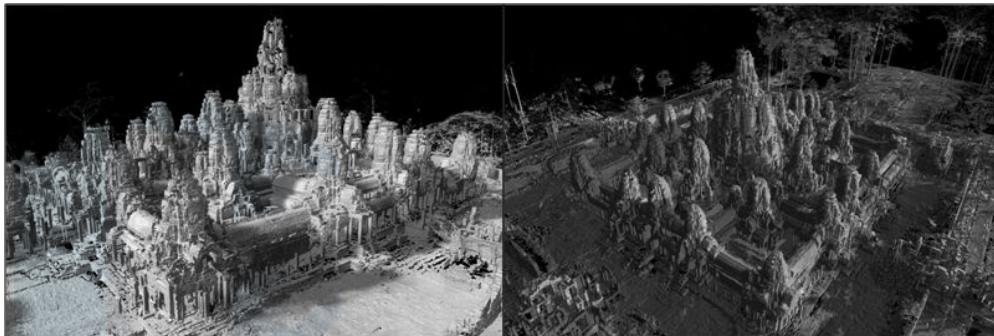
7) JSA(Japanese Government team for Safeguarding Angkor)

8) Bayon Digital Archival Project 홈페이지 <http://www.cvl.iis.u-tokyo.ac.jp/research/bayon/>



<그림 5> Bayon 사원 디지털 복원 과정 (a)FLRS, (b)3D 모델 왜곡처리¹⁰⁾

<그림 6>은 FLRS를 이용하여 레이저 스캔한 후 변환하여 Bayon 사원전체 모습을 3D 모델로 나타낸 것이다.



<그림 6> Bayon 사원 전체 3D 모델 ¹¹⁾

© EPOCH

EPOCH(Excellence in Procession Open Cultural Heritage)는 유럽의 대학, 연구소, 박물관, 정부 문화유산 관리청 등 약 95개 기관과 단체가 참여

9) Ikeuchi, K, Ohishi, T, Takamatsu, J. "Digital Bayon Temple -e- monumentalization of large-scale cultural-heritage Objects," Proc. ASIAGRAPH 2007, Vol.1, No.2, pp. 99-106, 2007.

10) 그림 출처 <http://www.cvl.iis.u-tokyo.ac.jp/research/bayon/research.shtml>

11) 그림 출처 <http://www.cvl.iis.u-tokyo.ac.jp/research/bayon/gallery.shtml>

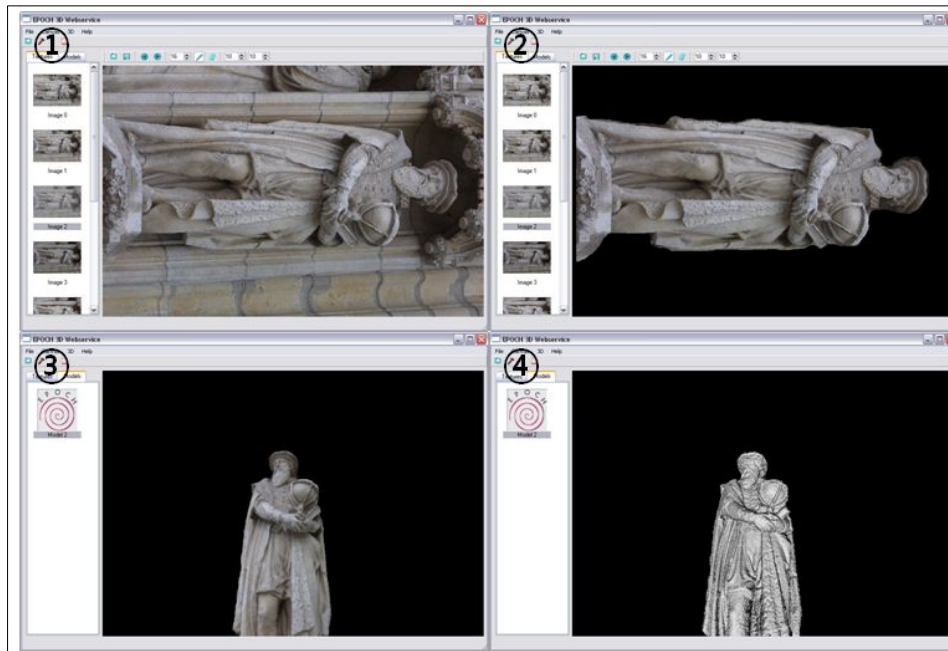
한 문화유산 관련 프로젝트이다. 이 프로젝트는 2004년 4월부터 2008년 3월까지 진행된 FP6(Sixth Framework Programme)¹²⁾중 하나로 ICT(Information & Communication Technology)와 문화유산의 융합 프로젝트이다. 이 프로젝트는 유럽 문화유산의 아날로그 복원과 디지털 복원을 총괄하고 문화관광 산업을 통하여 경제적으로 덜 발전된 지역 발전과 유럽 문화에 대한 교육 및 시민의식 향상에 그 목적을 두고 있다.¹³⁾ 이를 위하여 EPOCH 프로젝트는 디지털 문화유산에 대한 다양한 경영학적 연구와 기술적인 연구가 이루어졌다. 문화유산관련 여러 분야의 연구 성과는 다양한 학술대회와 세미나를 통하여 공유되어 발전되었다. 또한 EPOCH 네트워크 사이트를 운영하면서 그동안 발표된 논문과 서적, 멀티미디어 자료들을 제공하고 있다.

EPOCH 프로젝트의 주요 기술 개발 및 지원 프로젝트를 통하여 다양한 기술과 문화유산 애플리케이션 툴들이 개발되었다. 그중에서 3D모델 제작과 건물복원에 관련한 몇 가지 툴들을 소개하고자 한다. ARC 3D WebService¹⁴⁾는 일정한 조건으로 촬영한 디지털 사진을 이용하여 사진의 심상을 자동으로 변형시켜 가상현실 3D 모델로 표현해 주는 것이다. <그림 7>은 요구조건에 맞게 촬영된 사진을 EPOCH 3D Webservice 툴을 사용하여 VRML형식의 모델데이터 변환되어 보여주는 과정이다. <그림 7>에서 ④번은 3D 모델에 텍스처 이미지를 제거한 형태를 보여준다.

12) FP6: 2002년부터 2006년까지 진행된 유럽연합의 거대하고 중요한 연구개발(R&D) 지원 사업이다. 현재 FP7가 2007년부터 2013년까지 진행 중이다.

13) EPOCH 홈페이지 <http://www.epoch-net.org/index.html>

14) 홈페이지 <http://homes.esat.kuleuven.be/~visit3d/websevice/v2/index.php>

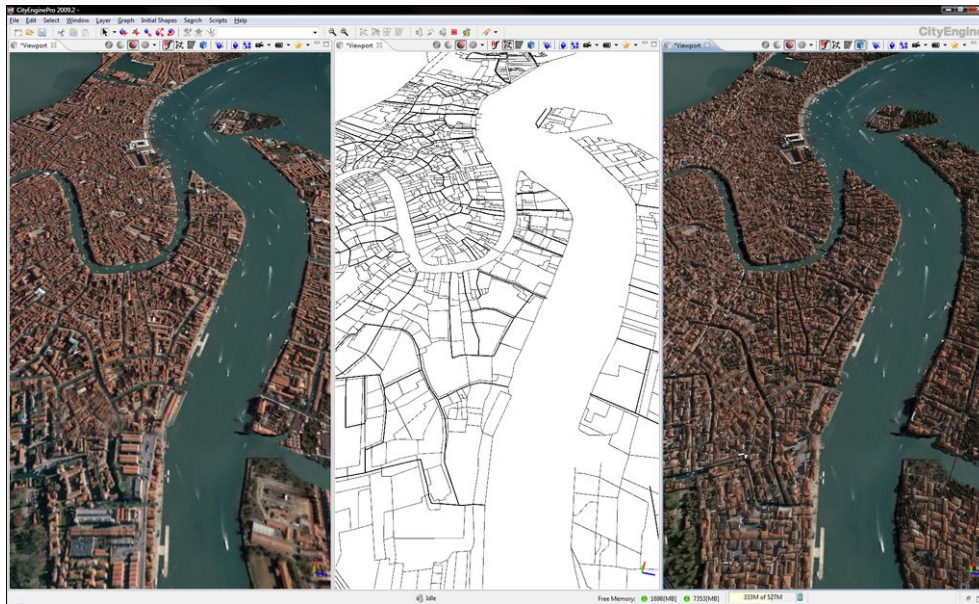


<그림 7> ARC 3D Web-Service 사용화면¹⁵⁾

CityEngine¹⁶⁾은 길과 구역이 분리된 지도 이미지와 GIS/CAD 데이터를 이용하여 설정한 형태에 따라 빠른 속도로 지형과 길을 형성하고 같은 양식의 다양한 형태의 건물을 구축해 주는 툴이다. <그림 8>은 OpenStreetmap.org에서 인공위성 사진과 도로자료에 근거하여 Low-Polygon 으로 제작한 이탈리아 베니스의 모습을 보여준다. <그림 8>을 보면 CityEngine 툴은 위성사진이나 지리정보를 참고로 하여 건물이 구축될 영역과 길이 형성될 선들이 표시되어 있는 맵으로 변환수정 한 후 설정한 건물의 양식에 따라 다양한 형태의 건물들이 자동으로 구축되어 보여주고 있음을 알 수 있다.

15) 그림 출처 <http://homes.esat.kuleuven.be/~visit3d/web-service/v2/screenshots.php>

16) The CityEngine 홈페이지 <http://www.procedural.com/>



<그림 8> CityEngine 사용화면¹⁷⁾

미국과 이탈리아 연구진들은 10년 동안 연구해 왔던 고대 로마 시의 모습을 Roma Reborn¹⁸⁾ 프로젝트를 통하여 3D로 도시 전체를 복원하였다. 고대 로마시를 복원하기 위하여 앞서 소개한 CityEngine 툴이 사용되었다. 디지털 복원 고대 로마 시는 구글 어스를 통해 전 세계인들이 고대 로마시의 모습을 볼 수 있도록 하였다. <그림 9>는 Roma Reborn 2.1에서 제공하는 고대 로마시의 3D 모습이다. google earth를 통하여 로마시를 살펴볼 경우 현존하고 있는 고대 로마시 건축문화유산의 모습과 3D 구현된 것을 같이 볼 수 있다. CityEngine 툴은 계속 업그레이드 버전이 시판되고 있으며, 여러 곳에서 고대 도시 뿐 아니라 근대와 현대의 도시의 모습을 3D 구축하는데 유용하게 사용되고 있다.

17) 그림 출처 <http://www.procedural.com/cityengine/features/2010.html>

18) Roma Reborn 홈페이지 <http://www.romereborn.virginia.edu/>



<그림 9> Roma Reborn으로 3D 복원된 고대 로마시¹⁹⁾

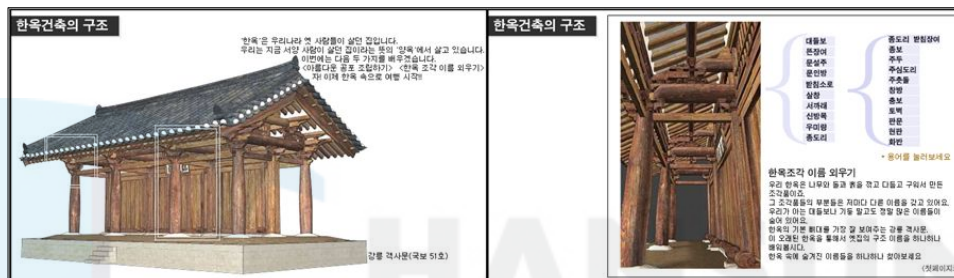
지금까지 미국, 일본, 유럽에서 주목 받으면서 시행되었던 문화유산 디지털화 프로젝트를 살펴보았다. 국내에서는 문화유산의 디지털화에 대한 연구가 앞서 소개한 나라들보다 뒤늦게 시작하였고, 규모나 지원도 적다고 할 수 있다. 그러나 2000년대 이후 급성장한 IT기술을 기반으로 정부 산하기관의 지원과 다양한 분야의 전문가들이 문화유산의 디지털화에 대한 연구를 활발히 시도하고 있다. 이러한 국내의 문화유산의 디지털화 연구 사례들 중 몇 가지를 살펴보려고 한다.

19) 그림 출처 <http://www.romereborn.virginia.edu/gallery-current.php>

◎ 디지털 문화원형 사업

디지털 문화원형 사업은 (구)한국문화콘텐츠진흥원에서 2002년부터 5년간 문화원형 디지털 콘텐츠화 사업을 추진하였다.²⁰⁾ 이 사업은 창작 인프라 구축과 문화원형 콘텐츠를 개발, 활용하는 것이 목적이었다. 이 사업과제를 통하여 생성된 디지털 문화원형은 문화콘텐츠닷컴 유통센터²¹⁾에서 이미지, 동영상, 오디오, 텍스트, 기획콘텐츠 분야로 나누어 제공하고 있다. 여러 문화유산 콘텐츠가 있지만 건축문화유산에 관련된 것을 살펴보면 다음과 같은 것이 있다.

사이버 전통 한옥마을 옛집²²⁾은 조선시대 한옥과 구조물 150여 채를 3D로 구현하고, 한옥의 구조, 서원여행, 향교여행 등 여러 건축문화유산에 대한 것을 제작한 콘텐츠이다. <그림 10>은 소개 콘텐츠 내 여러 항목 중에서 한옥의 구조에 대하여 소개하고 있는 것이다.



<그림 10> 사이버 전통 한옥마을 옛집-한옥의 구조 콘텐츠²³⁾

디지털 한양²⁴⁾은 19세기 조선시대 한양의 모습을 7대 대표공간을 선정하여 3D로 복원한 것이다. 디지털한양 콘텐츠의 경우 영화 “왕의 남자” 제작에 일부가 활용되기도 하였다. <그림 11>는 디지털한양 콘텐츠 내용 일부이다. (a)는 디지털한양 뷰어를 보여주고 있고, (b)는 경복궁의 3차원 복원 모델 중 위에서부터 광화문과 경희루를 보여주고 있다.

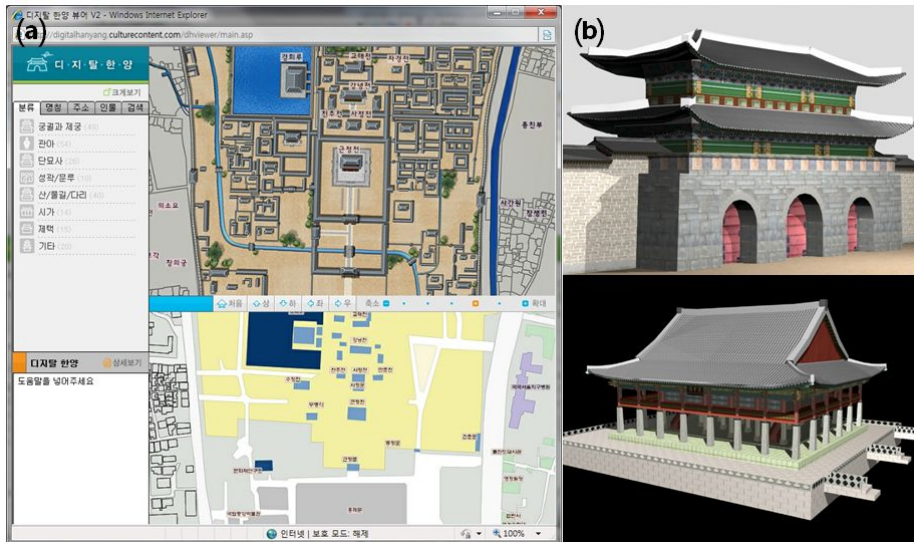
20) 한국콘텐츠진흥원 홈페이지 <http://www.kocca.or.kr/> (구)한국문화콘텐츠진흥원은 현재 한국콘텐츠진흥원으로 변경되었다.

21) 문화콘텐츠닷컴 유통센터 홈페이지 <http://www.culturecontent.com/>

22) 사이버 전통 한옥마을 옛집 소개 웹사이트 <http://yetzip.culturecontent.com/KcrcMemberMain.jsp>

23) 그림 출처 <http://yetzip.culturecontent.com/KcrcMemberMain.jsp>

24) 디지털 한양 소개 웹사이트 <http://digitalhanyang.culturecontent.com/>



<그림 11> 디지털 한양 콘텐츠²⁵⁾

서울 근대공간 디지털 콘텐츠²⁶⁾는 1930년대를 기준으로 종로, 남대문, 태평로/육조거리, 정동 및 기타 여러 1930년대 서울의 대표적인 건축물들을 디지털화 하여 소개하고 있다. 건축물 소개에서는 3D 모델과 건축물이 현존한다면 현재의 모습을 볼 수도 있다. 또한 전차관광체험VOD는 가상으로 구축된 서울 거리를 전차를 타고 이동하면서 보여주는 콘텐츠 이다. <그림 12>는 전차관광체험 VOD 장면으로 태평통 1정목 항목이며 서울시청 앞을 지나고 있다. 이 콘텐츠는 비록 우리의 전통목조건축물을 디지털 구현한 것은 아니지만 근대건축문화유산의 모습을 비교적 잘 보여주고 있다.

25) 그림 출처 (a) <http://digitalhanyang.culturecontent.com/dhviewer/main.asp>

(b) <http://digitalhanyang.culturecontent.com/>

26) 서울 근대공간 디지털 콘텐츠 <http://modernseoul.culturecontent.com/>



<그림 12> 서울 근대공간 디지털 콘텐츠 전차관광체험 VOD²⁷⁾

◎ 황룡사 디지털 복원

황룡사 디지털 복원은 경주시와 국립문화재 연구소와 함께 황룡사 복원을 위한 기본계획을 수립하고 그 동안의 건축학적 연구 성과와 발굴을 통한 고고학적 증거자료를 종합하여 이루어졌다. 2000년 경주문화엑스포에서는 단계별로 증축 되었던 황룡사를 3차 가람이 형성된 시점을 중심으로 디지털 복원하여 전시하였다. 그리고 2006년에는 국립문화재연구소가 주최한 황룡사국제학술대회에서 황룡사의 중심이라고 할 수 있는 황룡사 9층 목탑을 디지털 복원하여 공개하였다. 이를 통해 2007년 실제 황룡사를 복원하기 위한 기본 계획과 방향을 수립하고, 복원 타당성 검토와 복원 후 활용 방안이 논의 되었다.²⁸⁾

27) 그림 출처 http://modernseoul.culturecontent.com/swf/tram_tour.asp

28) 문화유산연구지식포털 황룡사복원국제학술대논문집 웹사이트

http://portal.nricp.go.kr/kr/data/mkr/original/view.jsp?page=1&id=1176&subject=7&con2=911&content_s=5

2. 사례분석을 통한 건축문화유산 구현 방법

앞에서 해외와 국내의 문화유산을 디지털화하고 활용하는 사례들에 대하여 살펴보았다. 문화유산 디지털화 방법은 크게 두 가지 종류로 볼 수 있다. 레이저 스캐너를 사용하여 얻어진 데이터 값을 처리하여 3D 모델로 구축하는 것과 3D 모델을 직접 만드는 방법으로 나누어 볼 수 있다. 3D 모델을 직접 만드는 것은 3D 모델 제작 툴을 사용하기도 하지만 OpenGL, VRML/X3D, XML 등 컴퓨터 그래픽을 표현해 낼 수 있는 컴퓨터 그래픽 언어로도 제작이 가능하다. 앞서 소개한 사례들 중 다비드 조각상이나 Bayon 사원을 보면 레이저 스캐너를 사용하여 디지털로 구현한 것이 원형의 모습을 가장 높게 재현하고 있다. 그러나 3D 모델을 직접 제작한 방법은 원형을 모습 재현에 있어 레이저 스캐너를 사용하는 방식 보다는 낮지만 제작 방식 접근성이 높고 다른 디지털 콘텐츠로 활용이 용이하다.

즉 원형 재현율만 보자면 레이저 스캐너를 사용하는 방식이 가장 좋은 디지털 구현 방식이라고 할 수 있지만, 문화유산을 디지털로 구현할 때마다 레이저 스캐너를 사용한다면 막대한 자원과 전문 인력이 투입 되어야 한다. 그리고 레이저 스캐너는 비교적 작은 형태나 규모를 가진 문화유산에 사용된 사례가 대부분이다. Bayon 사원의 경우 예외적으로 사원 전체를 디지털 복원했지만, 이를 위해 사원을 여러 부분으로 나누어 스캔하였으며, 높이가 높거나 큰 것의 경우 FLRS를 개발하여 사용하였다. 또한 FLRS를 사용하여 얻어진 3D 모델은 왜곡되어 나타났기 때문에 왜곡된 3D 모델을 정상적으로 수정하기 위해 많은 연구를 필요로 하였다. 이러한 이유로 건축물 규모의 문화유산을 레이저 스캐너를 사용하여 디지털 구현하는 것이 어렵다고 할 수 있다. [표 1]은 두 가지 복원 방법에 대한 장점과 단점 적용 가능한 문화유산에 대하여 정리한 것이다.

[표 1] 레이저 스캐너 사용 방식과 3D 모델 제작 방식 비교

복원 방법	레이저 스캐너 사용 방식	3D 모델 직접제작 방식
장점	• 원형 모습 재현율이 높음 • 문화유산 훼손 되었을 때 복원 참고자료로 유용	• 디지털 방법으로 접근성이 높아 참여기회가 높음 • 적은 재원으로 연구 가능 • 다른 형태의 디지털 콘텐츠 활용이 용이
단점	• 고가의 레이저 스캐너 장비 • 스캔 데이터 보정 작업이 복잡하고, 관련 인력 부족	• 문화원형 재현율이 낮음 • 3D 모델 제작 인력 수준에 따라 제작시간과 제작품질이 달라짐
적용 가능한 문화유산	• 작은 크기에 적합 • 건물과 같은 규모에 적용한 사례가 극히 적음	• 거의 대부분의 문화유산에 적용 가능

우리나라의 건축문화유산을 디지털로 구현한 사례들을 살펴보면 레이저 스캐너를 사용하는 방법이 아닌 3D 모델을 직접 제작한 것들이 많음을 알 수 있다. 레이저 스캐너를 사용한 우리나라의 건축문화유산이 없는 것은 아니다. 국립 중앙박물관은 KAIST 문화기술 대학원과 함께 석굴암을 레이저 스캐너로 계측하여 디지털 구현한 사례도 있으며, 서울 남대문 화재 이후 불에 타지 않는 건물부재들을 남대문 복원 자료로 활용하기 위하여 레이저 스캔 작업을 한 사례도 있다. 그러나 이러한 사례들은 특정 기관의 지원과 레이저 스캐너 장비를 보유하고 있어야 가능한 것으로 우리나라의 건축문화유산을 디지털 복원하기 위한 보편적인 방법이라고 하기 어렵다.

우리나라의 건축문화유산은 수많은 목조부재들이 복잡하게 조립되어진 형태이고 외부에서 그 복잡한 구조가 노출되어 있다. 이러한 우리나라의 건축문화유산을 레이저 스캐너를 사용하여 스캔한다면, 외부의 형태는 표현이 가능하지만 조립되면서 가려진 많은 부재들은 스캔할 수 없다. 완벽하게 레이저 스

캔을 하기 위해서는 해당 건축문화유산을 해체하여 각 부재별로 처리해야 가능하다. 그러나 디지털 구현을 하기 위해서 온전한 건축문화유산을 해체하는 것은 도리어 그것을 훼손 하는 것이라 할 수 있다. 이에 반해 3D 모델을 직접 제작하는 방식은 건축문화유산을 해체할 필요 없이 각 건물부재들의 3D 모델 제작이 가능하다. 또한 정확하게 제작된 목조부재 3D 모델은 건축문화유산이 건축되는 과정대로 건축 할 수 있기 때문에 전통목조건물의 제작 과정에 대한 디지털 콘텐츠 제작으로도 활용할 수 있다.

이러한 이유로 3D 모델을 직접 제작하는 방식이 우리나라의 건축문화유산을 디지털로 구현하는데 있어 가장 적합한 방법이라고 할 수 있다. 일반적으로 3D 모델 제작으로 가장 많이 쓰이는 것은 3Ds Max 툴이나 Maya 툴이 있다. 이 중에서 3Ds Max 툴은 건물 부재나 건축물 3D 모델 제작에 가장 적합하기 때문에 우리나라의 건축문화유산 디지털 구현에 가장 많이 사용되었다. 또한 3Ds Max 툴은 3D 모델 데이터를 VRML97 형식으로 변환저장을 지원하기 때문에 가상현실로 구현하기에도 용이 하다고 할 수 있다. 본 논문에서는 현재 건축문화유산의 디지털 구현에 가장 많이 사용되고 있고, 내부 구조를 표현할 수 있으며 제작 후 활용이 용이한 3Ds Max 툴을 이용하여 건축문화유산 디지털 구현을 하고자 한다.

제 3 장 건축문화유산의 디지털 구현 방안 및 방법

본 장에서는 앞에서 우리나라의 건축문화유산을 디지털로 구현 할 때 적합한 방식인 건물부재를 3D 모델로 직접 제작하여 구현하는 방안 및 방법에 대하여 설명하고자 한다. 우리나라의 건축문화유산은 목재를 다듬어서 조립하는 거대한 조립식 목조공예품 이라고 할 수 있다. 우리나라의 건축문화유산은 목조부재 간의 다양한 맞춤과 이음으로 결구되어 있으며, 이러한 것은 전통목조 건축물의 구조체계를 형성하는 근간이 된다. 맞춤과 이음과 같은 조립을 통한 건축은 부재들을 모듈화 할 수 있으며, 3D 모델 방식으로 디지털 구현 할 때 용이한 방법이다.²⁹⁾

제 1 절 디지털 건축문화유산의 필수사항과 제작구조

본 절에서는 건축문화유산을 디지털로 구현하기에 앞서 유념해야 할 사항을 알아보고 제작과정이 원활 할 수 있도록 제작 단계별 계획과 제작구조를 정리하였다. 디지털 건축문화유산은 <그림 13>과 같이 네 가지 필수적인 사항이 충족되면서 구현되어야 한다. 이것은 디지털 제작 후 활용될 경우까지 감안한 것이다.



<그림 13> 디지털 건축문화유산의 필수사항

29) 이강훈, 조세홍 “전통목조건축물 내부 구조의 3D 구현,” [멀티미디어학회논문지], 제13권, 제2호, pp.332-340. 2010

첫 번째, 건축문화유산에 대한 다양한 정보가 필요하다. 기본적으로 디지털로 제작을 하기위한 건물정보 이외에 향후 디지털 콘텐츠로 활용 되었을 때 이용자로 하여금 관심을 유도하고 필요한 정보를 보여주기 위함이다.

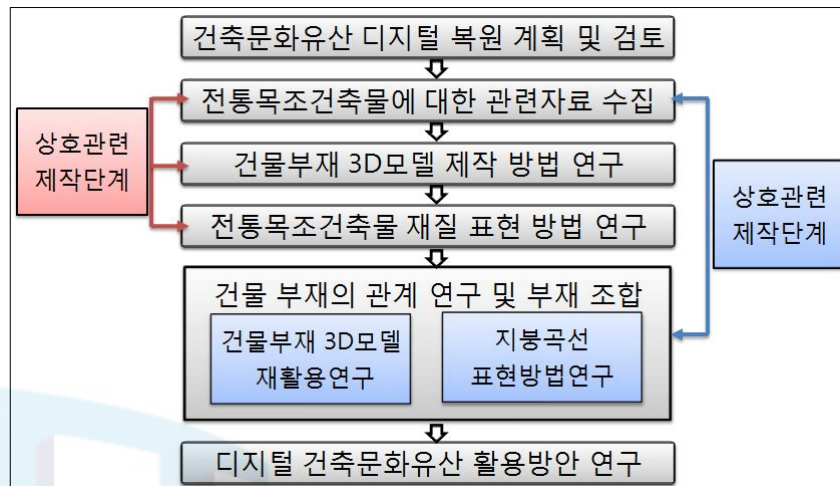
두 번째, 디지털 건축문화유산이 디지털 콘텐츠 변환되어 활용되었을 때 그것을 이용하는 이용환경을 고려해야 한다. 인터넷이나 키오스크 단말기 형태로 해당 콘텐츠 활용할 때 디지털 건축문화유산의 품질을 높일 경우 이것을 이용자의 컴퓨터 시스템이 제대로 처리하지 못하는 경우가 발생할 수도 있다. 이러한 점을 고려하여 디지털 건축문화유산을 제작 할 때 적절한 수준의 표현과 품질을 먼저 정해야 한다. 손쉬운 가공이 용이할 수 있도록 하는 것도 포함된다고 할 수 있다. 예를 들자면 PC게임을 들 수 있다. PC게임 제작사는 컴퓨터 그래픽 기술을 최대한 적용하여 화려한 그래픽으로 게임유저들의 관심을 끌어야 하지만, 그래픽 수준이 높은 게임은 이용자의 높은 컴퓨터 사양을 필요로 한다. 즉 높은 컴퓨터 사양을 필요로 하게 된다면 대부분의 이용자들은 자신의 컴퓨터 사양을 높이기보다는 해당 게임을 하는 것을 포기한다. 그래서 PC게임 제작사는 그래픽 수준을 적절하게 높이거나 조절하면서 보다 많은 게임이용자가 생길 수 있도록 개발하고 있다. 이러한 점은 문화유산을 디지털화 하여 인터넷이나 키오스크를 통해 활용되어 질 때도 동일하게 적용되어 진다고 볼 수 있다. 디지털 건축문화유산의 이용환경 고려에 대한 것은 기존에 소개되고 있는 디지털 건축문화유산보다 그래픽 표현 수준은 높으면서 이용환경을 고려하여 제작되어야 한다는 것이다.

세 번째, 디지털로 구현한 건축문화유산의 사실성이 높아야 한다. 일부 디지털 건축문화유산을 보면 간단하게 3D 모델로 제작하여 소개하고 있는 것이 있다. 이러한 것은 단순히 이러한 디지털 콘텐츠가 있다는 점 이외에 건축문화유산에 대한 이해와 활용가치가 낮다고 할 수 있다. 그리고 건축문화유산을 디지털로 복원할 때 해당 건축문화유산이 건축되었을 때의 시대와 건축양식을 조사하여 올바르게 디지털로 복원하여야 한다.

네 번째, 기존의 디지털 건축문화유산과 차별화가 필요하다. 빠르게 발전하는 멀티미디어 기술을 접해본 이용자들의 높아진 눈높이에 맞출 수 있는 디지털 건축문화유산 제작이 이루어 져야 한다. 기존의 디지털 건축문화유산을 소

개하는 형태가 아닌 다른 형태로 소개할 수 있는 방안을 모색하여야 한다.

앞에서 제안한 건축문화유산을 디지털 복원할 때 고려해야할 사항을 충족시키면서 복원을 하기위해서는 다음과 같은 제작단계에 대한 정리가 필요하다. <그림 14>은 본 논문을 통해 건축문화유산을 디지털 복원 할 때 시행했던 디지털 복원 단계이다.

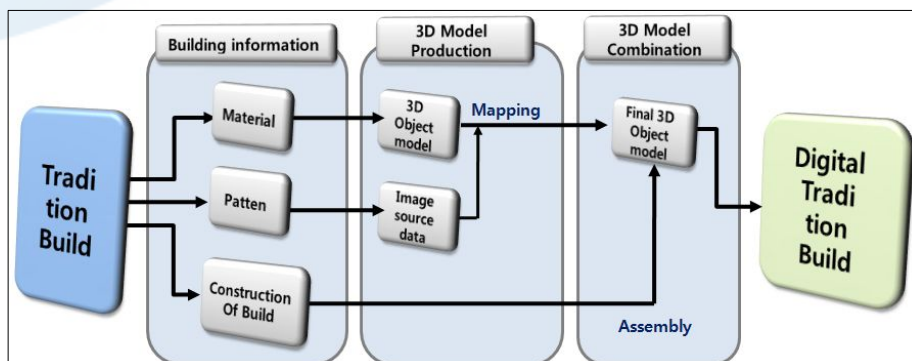


<그림 14> 건축문화유산 디지털 복원 단계

첫 번째, 건축문화유산을 디지털로 복원하기 위한 계획 및 검토이다. 이 단계에서는 디지털로 복원할 건축문화유산의 선정과 어떠한 방법으로 복원할 것인가에 대하여 논의하고 필요사항을 점검 하는 준비단계이다. 두 번째, 전통목조건축물에 대한 관련자료 수집이다. 사실성 높은 디지털 복원이 이루어지기 위해서는 관련 건축정보에 대한 자료수집이 필수적이다. 사진이나 일반관련서적 이외에 문화유산 관리를 담당하는 정부기관에서 발간한 문화재 수리 및 실측 보고서와 같은 도면과 수치정보, 건축과정에 대한 전문적인 내용이 담긴 것을 주 참고자료로 하여야 한다. 본 단계에서 수집 정리된 자료는 이 후 단계에서 이루어질 복원 작업에 많은 영향을 미치므로 필요한 정보를 잘 파악하고 분류하여 정리해야 한다. 3D 모델 제작을 할 때 필요정보의 누락으로 자료수집을 다시하게 되는 번거로움과 효율적인 작업을 위해서도 중요하다. 세 번

째, 전통목조건축물을 구성하는 건물부재의 3D 모델을 제작하는 단계이다. 앞서 수집한 건물부재에 대한 자료를 바탕으로 실물의 형태를 최대한 반영하면서 Low-polygon 3D 모델 제작 방법을 연구하여야 한다. 본 단계에 관한 것은 제 2 절에서 자세히 다룰 것이다. 네 번째, 전통목조건축물의 재질에 대한 표현 방법 연구이다. 궁궐이나 관청, 사찰의 경우에는 심미성과 일반 건물과 다른 품격을 위해 단청채색을 하였다. 디지털 복원하려는 건축물이 단청채색이 되어 있다면 단청을 조사하여 건물부재 3D모델에 적용할 수 있도록 준비해야 한다. 본 단계에 관한 것은 제 3 절에서 자세히 다룰 것이다. 다섯 번째, 건물 부재의 관계 연구 및 부재의 조합이다. 본 단계에서는 다수의 건물부재 3D 모델을 목조건축물 구조와 형태에 따라 배치하고 조합하는 것이 진행된다. 또한 제작된 건물부재 3D 모델을 재이용 하기위한 방법을 연구하고, 우리나라 건축문화유산의 지붕곡선 제대로 표현하기 위한 지붕곡선 표현방법 연구가 진행되었다. 본 단계에 관한 것은 제 4 절에서 자세히 다룰 것이다. 여섯 번째, 디지털로 구현된 건축문화유산을 활용하기 위한 연구이다. 본 논문에서는 증강현실 기술을 이용한 활용연구를 하였다. 본 단계에 관한 것은 제 4 장에서 자세히 다룰 것이다.

<그림 15>는 전통문화유산 디지털 복원 단계를 구조도로 표현한 것이다. Building Information, 3D Model Production, 3D Model Combination으로 분류된 구조도는 앞서 설명한 제작단계에 대한 여러 과정의 흐름을 잘 알 수 있다.



<그림 15> 건축문화유산 디지털 구현 과정 구조도

제 2 절 건물부재 3D 모델 제작

본 절에서는 디지털 건축문화유산을 구현하기 위하여 건축물을 구성하는 각종 부재들의 3D 모델 제작이 이루어졌다. 실제 3D 모델 제작에 앞서 디지털로 구현하려는 건축문화유산에 대한 자료가 필요하다. 디지털 구현에 관한 연구를 위해 다른 전통목조건축물에 비하여 건축당시 높은 수준의 건축기법 적용되어 건축되었으며, 많이 알려져 있고 상징성이 높은 것을 선정 조건으로 하였다. 그리고 가장 중요한 조건인 건물부재에 대한 자료와 구조에 대한 자료가 풍부한 것을 선정하였다. 이러한 조건을 충족시키는 건축문화유산으로 선정한 것은 경북궁 근정전과 창덕궁 인정전이다. 두 건축물은 경북궁과 창덕궁의 정전으로서 조선 후기의 전통목조건축 양식으로 시공되었기 때문에 건물 내부 구조가 동일하고 그 형태가 약간의 크기의 차이만 있을 뿐 거의 동일하다. 경북궁 근정전과 창덕궁 인정전에 대한 자료는 (구)문화재청에서 발행한 ‘근정전 실측조사 보고서’³⁰⁾, 와 ‘인정전 실측조사 보고서’³¹⁾를 주 참고자료로 이용하였다. 또한 전통목조건축물의 구조 및 관련 건축정보를 얻기 위해 ‘경북궁 근정전’³²⁾과 ‘목조’³³⁾ 책을 참고 하였다. 건물부재 3D 모델 제작은 3Ds-Max 툴을 사용하여 진행하였다.

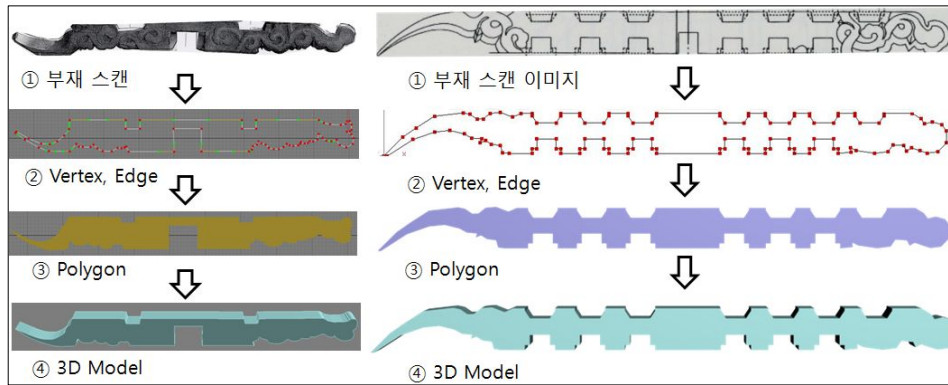
건물부재 3D 모델은 건물부재 형태가 기둥이나 초석 같이 간단한 형태로 이루어진 것은 3Ds Max 툴에서 제공하는 원통이나 정사각형 등으로 수치와 약간의 변경만 해주면 쉬운 제작이 가능했다. 그러나 공포부분에 사용된 건물부재의 경우 그 형태가 다소 복잡하기 때문에 효율적으로 제작을 위한 3D 모델 제작 방법이 필요하다. 또한 구현된 디지털 건축문화유산이 외관의 모습뿐 아니라 해체 하지 않으면 볼 수 없는 내부의 형태도 보여 줄 수 있도록 내부의 건물부재 형태도 표현 가능해야 했다. 제작과정은 먼저 만들려는 건물부재의 상세도가 필요하다. 부재 상세도는 실측조사 보고서의 도면을 스캔하여 참고하거나 부재 사진을 참고하기도 하였다.

30) (구)문화재청 [근정전 보수공사 및 실측조사 보고서] (상), (하) 2003.

31) (구)문화재청 [인정전 실측조사 보고서] 1998.

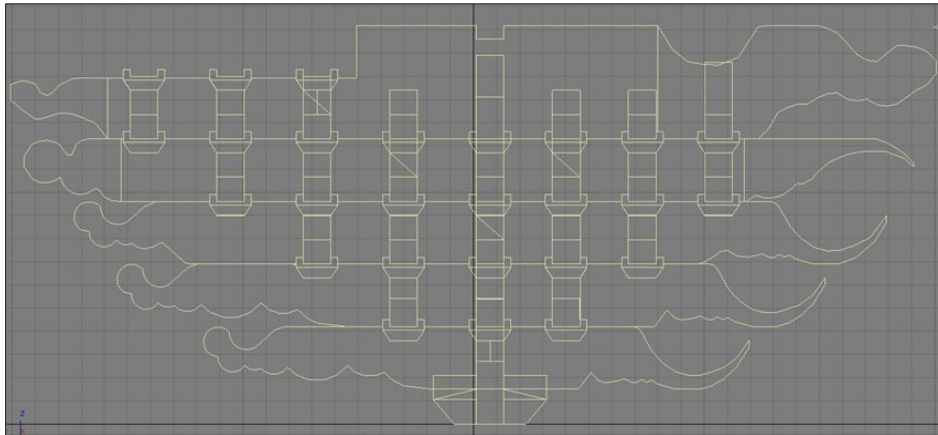
32) 신웅수, [경북궁 근정전] 현암사, 2005.

33) 장기인, [목조] 보성각, 1998

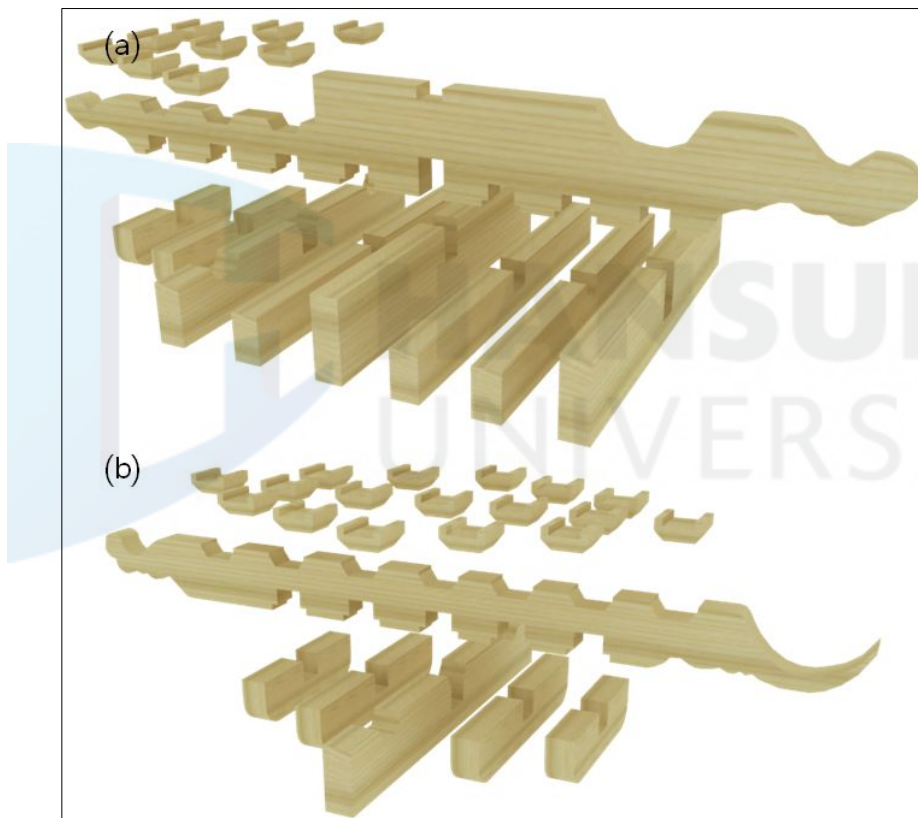


<그림 16> 건물부재 3D 모델 제작과정

<그림 16>의 왼쪽은 경복궁 근정전 공포부분의 1제공을 모델링한 과정이고, 오른쪽은 창덕궁 인정전 공포부분 4익공을 모델링한 과정이다. 배경에 부재사진이나 도면을 배치하여 Vertex 와 Edge를 배치하여 부재의 외형을 그려준다. 외형을 다 그렸다면 면과 선으로 이루어진 내부를 Polygon으로 채우고, 2차원 Polygon에 두께를 주어 3차원 3D 모델형태로 만드는 것으로 공포부재의 3D 모델 제작이 마무리 된다. 이 외에 다른 건물부재들은 간단한 형태로 약간의 수정만 해주면 보고서 도면상의 부재와 거의 동일하게 만들 수 있다. 제작 시간을 단축하기 위해서 공포를 구성하는 부재중 제공이나 익공은 대부분 외부에서 보이는 부분만 세밀하게 표현하고 외부에서 안 보이는 부분은 간단하게 제작하는 경우가 있으나, 본 논문의 디지털 구현은 내부의 모습도 볼 수 있는 디지털 구현을 위해 부재의 모든 부분을 세밀하게 표현 할 수 있도록 제작하였다. <그림 17>은 근정전 공포 측면의 모습을 선으로 보여주는 것이다. <그림 18>의 (a)는 공포부재의 5운공과 5운공과 조립되는 부재들의 3D 모델을 보여준다. (b)는 공포부재의 3제공과 3제공과 조립되는 부재들의 3D 모델을 보여준다.



<그림 17> 공포부재 측면모습



<그림 18> 공포부재 3D 모델 (a)5운공부분, (b)4익공부분

제 3 절 건축문화유산의 재질 표현

건축문화유산은 나무나 단청의 형태로 채색이 되어 있다. 디지털 건축문화유산 또한 디지털로 구현하려는 건물의 나무나 단청의 재질이 표현되어야 한다. 단청의 문양과 채색은 건물마다 조금씩 다른 모양을 하고 있기 때문에 디지털로 구현하려는 단청의 문양과 채색을 조사하여야 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 단청에 관련한 서적으로 “한국의 단청”³⁴⁾과 “단청도감”³⁵⁾에서 기본적인 단청에 대한 자료를 얻었다. 단청에 관련한 자료들은 포토샵 툴에서 편집하여 3D 건물부재 모델 재질 매핑에 알맞은 형태로 가공 하였다.

재질 매핑 방법은 건물부재에 어떠한 단청이 어떻게 채색된 것인가에 따라서 여러 가지 매핑 방법을 사용하였다. 단청은 건물부재의 형태나 배치되는 위치에 따라 거의 동일한 단청무늬가 채색되어 있다. 이러한 차이점을 유념하여 단청 이미지 소스를 제작하여야 한다. <그림 19>는 “인정전 실측조사 보고서”³⁶⁾에 수록된 인정전 창방 건물부재에 사용하였던 단청의 일부 이미지를 포토샵 툴로 건물부재의 크기에 알맞은 크기로 제작한 것이다. 전면의 6개의 기둥 위에 5개의 창방이 놓여있는 것을 볼 수 있다. 같은 단청무늬를 사용하더라도 건물부재의 배치 위치에 따라 단청 이미지 크기와 단청 조합이 다르다는 것에 유념하여 단청 이미지 소스 제작을 해야 한다.



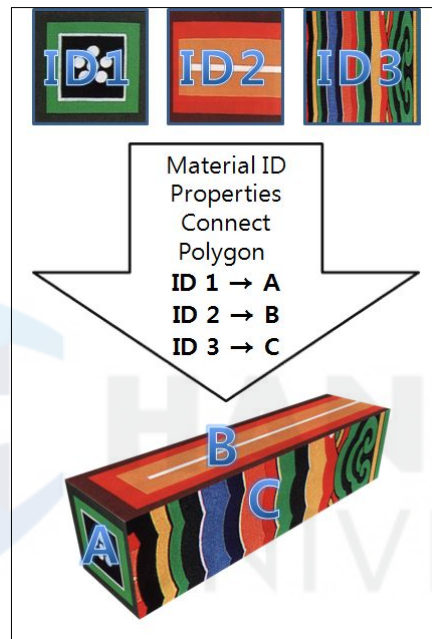
<그림 19> 부재 길이에 따른 다른 길이의 단청 이미지

34) 광동해, 김동현, [한국의단청], 학연문화사, 2002.

35) 김한옥, [단청도감], 현암사, 2007.

36) (구)문화재청, [인정전 실측조사 보고서], 1998.

건물부재의 각각의 면에 다른 단청이 채색되어 있다면 다른 매핑 방법이 필요하다. 첫 번째, 방법으로는 3D 모델의 해당 면을 분리하여 각기 다른 두 단청을 매핑하는 기법이 있다. 그러나 이 기법은 면을 분리하였을 때 점과 선이 증가된다. 두 번째, 방법으로는 Multi Sub-Object 기법이 있다. 이 기법은 매핑하려는 단청 이미지에 각각의 ID를 부여하고 3D 건물부재의 원하는 면에 Polygon Properties를 위해 SetID를 선택하는 방식으로 이루어진다.³⁷⁾ <그림 20>은 Multi Sub-Object 매핑 기법을 이용하여 지붕을 구성하는 건물부재인 부연의 재질 매핑하는 방법을 보여준다,

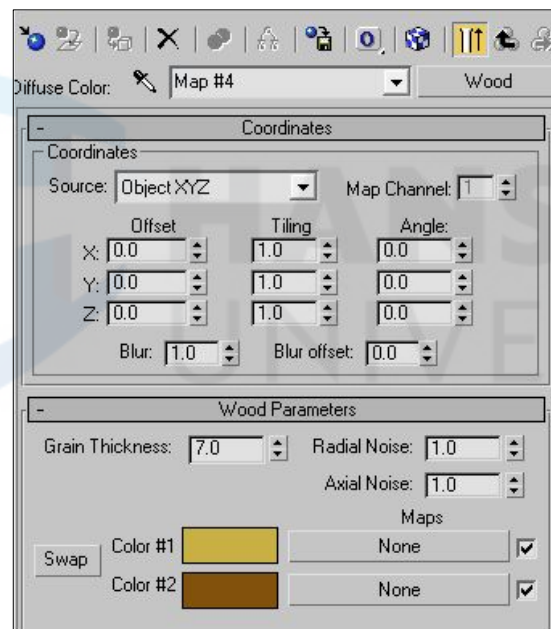


<그림 20> Multi-Object Mapping

다음은 기본적인 단청의 매핑 외에도 단청의 사실적 표현에 관한 것이다. 실제로 건축문화유산을 보면 단청이 매끄럽게 채색되어 있지 않고, 목재의 재질감과 시간의 흐름에 따라 단청이 퇴색된 자연스러운 단청을 볼 수 있다. 이러한 단청의 자연스러운 재질 표현은 디지털로 구현된 건축문화유산에 대한

37) 이강훈, 조세홍, “Parametric 모델링 방식을 이용한 전통목조건축물의 3D디지털 복원,” [멀티미디어학회], 제12권 제8호, 2009.

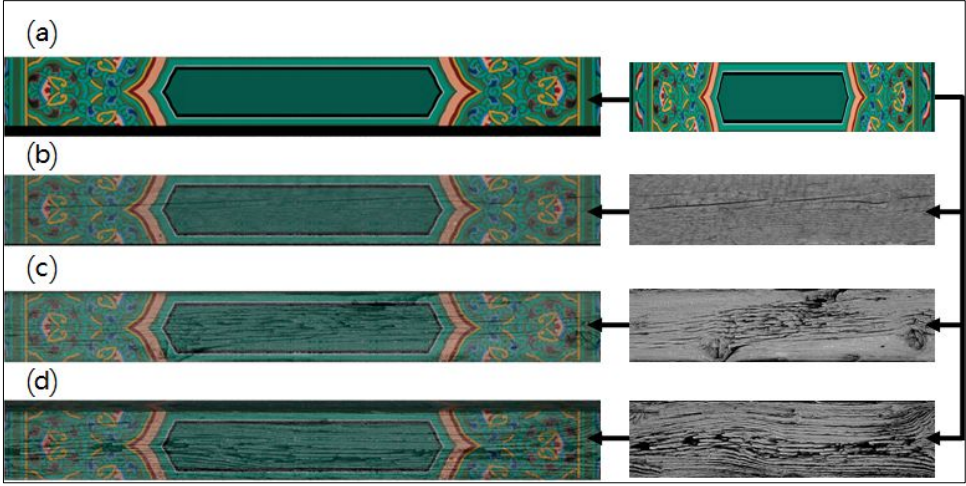
사실적인 느낌이 나도록 하는데 좋은 영향을 미칠 것이다. 목재 부재에 단청이 채색되고 퇴색되는 현상에 대한 조사를 하고 동일하게 표현하는 것은 어려운 점이 많다. 사용 목재의 수종과 어느 시대의 목재인지 알기 위해서는 목재 관련 전문가와 검출장비가 있어야 가능하기 때문이다. 이러한 이유로 부식된 목재나 단청 채색이 퇴색된 사진들을 참고로 하여 최대한 비슷하게 나타낼 수 있는 방법을 연구하였다. 본 논문에서는 퇴색된 단청 매핑 기법으로 3Ds Max 툴의 재질 편집기에서 나무 재질을 표현하는 기법을 사용하였다. 재질 편집기인 Material Editor에서 Material/Map Browser를 활성화 시키고 Wood 항목의 Wood Parameters의 수치들을 변경시키거나 매핑 소스 변경을 통하여 표현해 내는 기법을 사용하였다. <그림 21>은 Wood Parameters 설정 창 화면이다. Grain Thickness는 나무결이 되는 두께를 설정하고, Radial Noise와 Axial Noise는 수치가 높을수록 나무결 사이의 세로와 가로 폭이 좁아진다.



<그림 21> Wood Parameters 설정 창

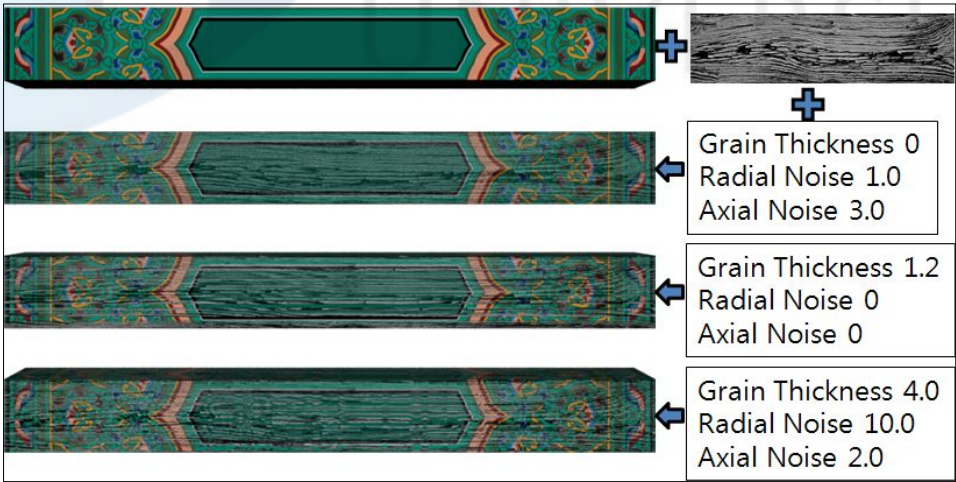
<그림 22>는 Wood Parameters 설정 창 수치에 알맞은 수치를 입력하고

각기 다른 목재 나무 이미지를 합성하여 나타낸 것이다. (a)는 제작된 단청 이미지 그대로 맵핑한 것이고, (b), (c), (d)는 단청 이미지와 각각 다른 목재의 나무결이 표현된 이미지가 합쳐져서 표현된 퇴색된 느낌의 단청 표현이다.



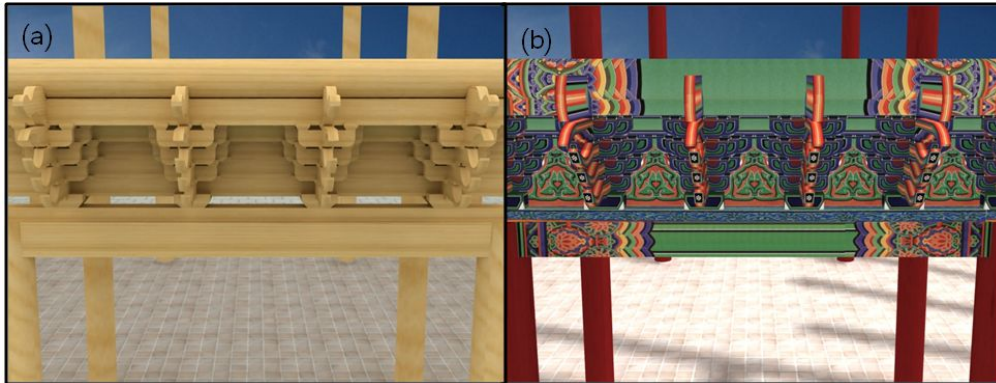
<그림 22> 다른 목재 이미지를 사용하여 표현한 퇴색된 단청

<그림 23>은 동일한 나무결이 표현된 이미지를 사용하면서 Wood Parameters 설정 수치들을 변경하여 퇴색된 단청 재질을 표현한 것이다.



<그림 23> 같은 목재 이미지에 다른 효과를 주어 표현한 퇴색된 단청

앞서 설명한 재질 표현에 대한 여러 방법들을 사용하여 건물부재 3D 모델에 재질 매핑을 하였다. <그림 24>의 (a)는 기본 나무 재질 만 표현된 디지털 건축문화유산 일부분이며, (b)는 기본적인 단청 채색이 들어간 디지털 건축문화유산이다.



<그림 24> 목재와 단청 재질 매핑 비교

본 논문에서 제안한 단청 재질 표현이 정해진 방법은 아니다. 3Ds Max 틀에서는 상당히 다양한 재질 표현이 가능하기 때문에 여러 재질 매핑 기법들을 실험하면 더 자연스러운 단청 재질 표현이 가능할 것이다.

제 4 절 건물부재 3D 모델 활용과 지붕곡선 표현

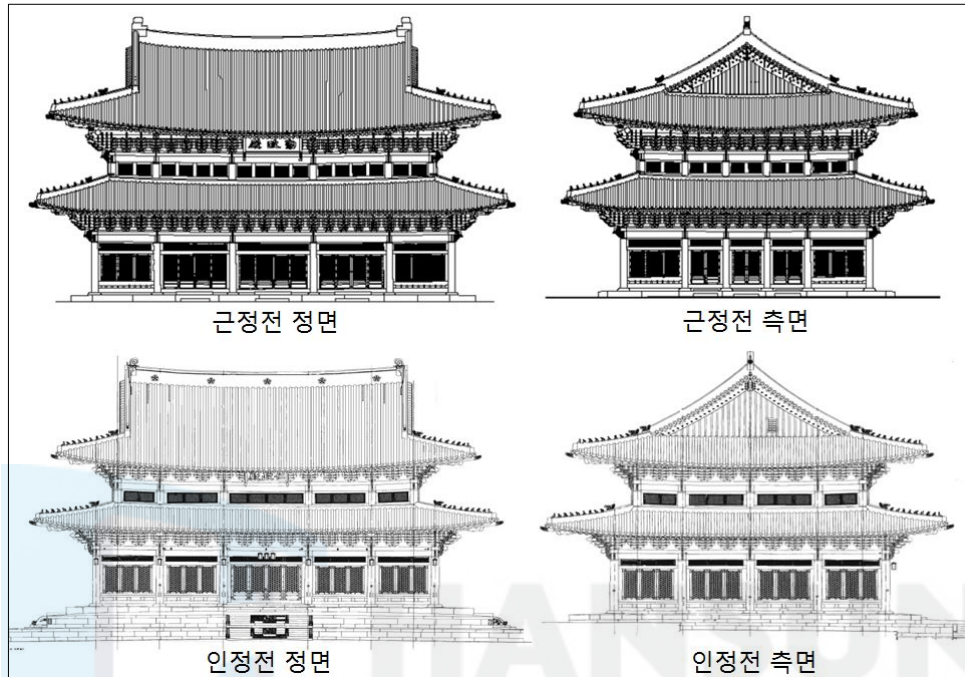
본 절에서는 제 2 절에서 제안한 방법으로 제작된 건물부재 3D 모델들을 활용하기 위한 방법과 지붕곡선을 표현하기 위한 방안을 연구하였다. 첫 번째, 하나의 건축문화유산을 디지털로 구현하기 위하여 제작된 다수의 건물부재 3D 모델은 다른 건축문화유산을 디지털로 구현할 때 재사용이 가능하다. 그러나 단순히 같은 크기의 건물부재 3D 모델을 재사용 한다면 다른 건축문화유산의 규모나 부재들의 수치들이 다르기 때문에 적절하게 재사용하기 위한 방법을 찾아야 한다. 두 번째, 우리나라 건축문화유산의 지붕곡선에 대한 디지털 표현이다. 지붕곡선을 제대로 표현하기란 어려운 부분이다. 본 논문에서는 지붕곡선을 표현하기 위한 방안으로 지붕구조를 형성하는 건물부재 3D 모델들의 적절한 배치로 건축문화유산 지붕곡선의 형태와 비슷할 수 있도록 하기 위한 방안을 제안 하고자 한다.

1. 건물부재 수치관계를 이용한 3D 모델 활용

전통목조건축물은 수 천 개의 부재들이 일정한 방식에 따라 조립되는 건축방식이다. 이러한 건축방식은 건물을 해체하여 건물부재를 다른 건물을 건축하는데 사용할 수 있다. 일제시대인 1917년 창덕궁에 화재가 발생하여 왕비의 침전인 대조전이 불타버린 사건이 발생하였다. 이 후 1920년에 같은 왕비의 침전인 경복궁 교태전을 헐고 그 건물부재로 대조전 자리에 재건축 하였다. 물론 이 경우는 해체하여 다른 곳에 옮겨진 것과 같다고 할 수 있지만, 건물부재를 재활용하는데 큰 문제가 없다는 것을 알 수 있다. 이를 통해서 건축문화유산을 디지털로 구현하면서 제작된 수많은 건물부재 3D 모델을 재사용이 가능하다고 볼 수 있다. 부재의 재이용 가능 건물부재 3D 모델의 수는 건축양식이 같은 것일수록 많다.

경복궁 근정전과 창덕궁 인정전은 두 궁궐의 정전이며, 기단위에 2층 중층 건축문화유산으로서 외형적으로 그 모습이 같게 보인다. 실제로 근정전은 1867년 조선 후기 건축양식에 따라 지어 졌으며, 인정전은 마지막으로

수리 및 지어진 것이 1804년이기에 조선 후기 건축양식에 따라 지어졌다. <그림 25>를 보면 근정전의 정면과 측면, 인정전의 정면과 측면을 비교해 볼 수 있다. 이를 통해 조선후기 다포계³⁸⁾ 건축양식이 사용된 건물임을 알 수 있다.



<그림 25> 근정전과 인정전의 정면도와 측면도³⁹⁾

인정전과 근정전 공포의 경우 외3출목, 내4출목으로 공포구조가 같기 때문에 두 공포의 시공방식과 형태가 동일하다 것을 알 수 있다. 즉 공포를 구성하는 다양한 부재의 크기와 출목 간격의 수치를 조사하면 그 수치비례에 따라 건물부재들의 크기를 수정한다면 근정전 공포를 기초로 하여 인정전의 공포를 비슷하게 만들어 낼 수 있다.⁴⁰⁾

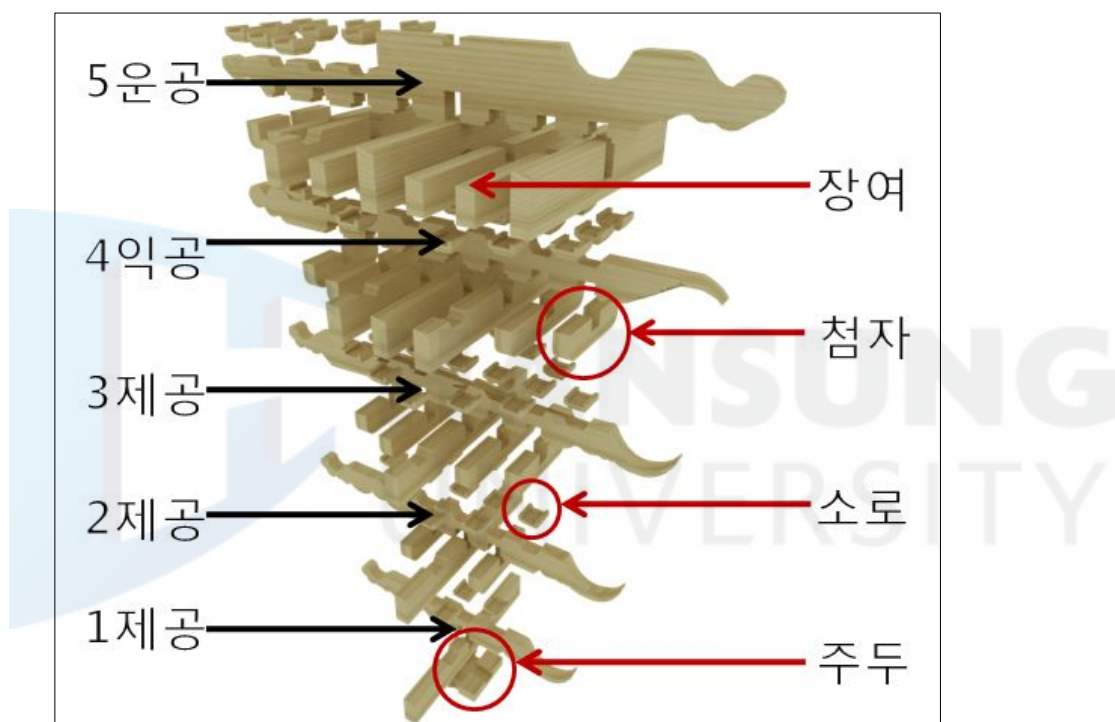
38) 다포계: 기둥 위에 공포가 놓여지고, 기둥사이에도 일정한 간격으로 공포가 배치된 건축양식

39) 그림 출처 (구)문화재청, [근정전 보수공사 및 실측조사보고서] (하), 2003. pp.251~252

(구)문화재청, [인정전 실측조사보고서] 1998. pp.247~248

40) 이강훈, 조세홍, “Parametric 모델링 방식을 이용한 전통목조건축물의 3D디지털 복원,” [멀티미디어학회], 제12권 제8호, 2009.

공포부분 뿐만 아니라 기둥이나 창방, 평방, 도리, 서까래, 부연 등 많은 건물부재 3D 모델들은 다른 건축문화유산을 구성하는 건물부재들의 수치를 비교하여 크기 수정을 한다면 재사용이 가능하다. 이는 새로운 건축문화유산을 디지털로 구현하기 위해 건물부재들을 3D 모델로 제작하지 않고도 건물부재 3D 모델의 크기 수치를 수정하여 사용할 수 있기 때문에 디지털 건축문화유산 제작소요 시간이 단축될 수 있다. 우선 기초 건물부재 3D 모델로서 경북궁 근정전의 공포를 3D 모델로 제작하였다. <그림 26>는 공포를 구성하고 있는 부재들에 대한 이해를 돕기 위해 공포 부재들을 3D 모델로 만든 후 공포 부재들을 나열한 것이다.



<그림 26> 공포를 구성하는 건물부재 3D 모델

공포의 조립은 <그림 26>의 아래 부분부터 순서대로 배치되어 조립된다. 주두와 소로의 경우 여러 종류가 사용되고 있으나, 제작의 효율을 높이기 위해 기본이 되는 형태로 가장 많이 쓰이는 형태 1개를 선정하여 제

작하여 이용하였다. 근정전 공포 3D 모델을 수치관계에 따라 같은 공포구조인 인정전 공포를 제작하기 위해 근정전의 공포 부재들의 형태와 위치들을 파악하고, 수치를 조사할 공포구성 부재들을 선정하였다. [표 2]는 근정전과 인정전의 공포를 디지털 제작하기 위하여 공포를 구성하는 부재들의 수치들을 조사한 표이다.

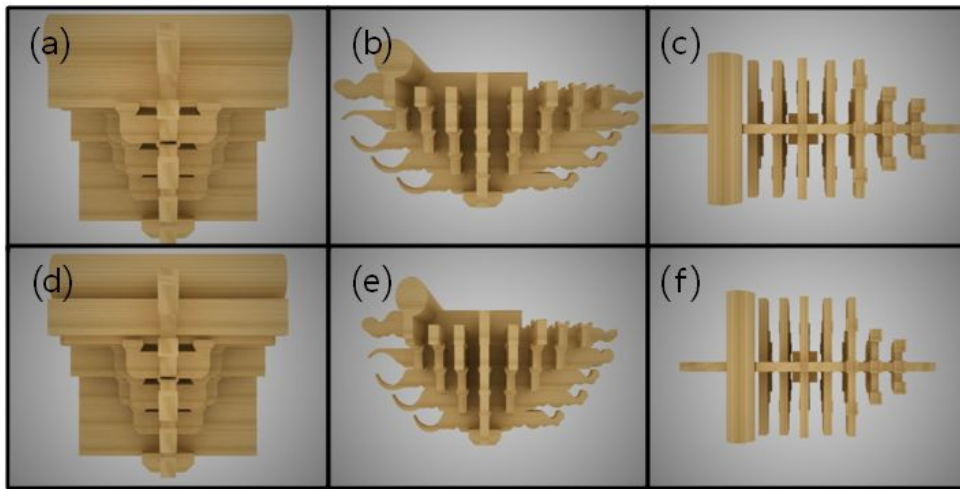
[표 2] 근정전과 인정전의 공간포 구성 부재수치⁴¹⁾

	근정전		인정전	
	길이	높이	길이	높이
1제공	7.87尺	9寸	7.29尺	8.6寸
2제공	9.9尺	9寸	9.15尺	8.6寸
3제공	11.87尺	9寸	10.76尺	8.6寸
익공	12.87尺	9寸	11.35尺	8.6寸
운공	13.38尺	9寸	10.7尺	8.6寸
대첨자	3.42尺	7寸	4尺	6.6寸
소첨자	2.42尺	7寸	2.8尺	6.6寸
주두	1.7尺	7寸	1.5尺	8寸
소로	6寸	3寸	6.1寸	3.75寸
	외부	내부	외부	내부
출목간격	1.1尺	1.25尺	1尺	0.9尺

[표 2]의 공포부재 수치에 따라 수치관계를 살펴보면, 근정전의 부재크기를 1로 보고 길이의 경우 인정전의 1제공은 0.92, 2제공은 0.92, 3제공은 0.91, 익공은 0.88, 운공은 0.8, 대첨자는 1.17, 소첨자는 1.16, 주두는 0.88, 소로는 1.02 등의 수치비율이 나온다. 실제 건물 전체 크기로 보면 근정전보다 인정전은 약간 규모가 작기 때문에 조사한 수치비율처럼 평균 90%의 크기로 축소하여 사용한다면 비슷하게 크기가 맞을 것이다. 대첨자와 소첨자는 인정전에서 크게 제작하여 사용하였다는 것을 유념해야 한다. <그림 27>은 이러한 수치비례에 따라 건물부재들의 수치를 변경하여 근정전과 인정전의 공포를 비교한 것이다. (a), (b), (c)는 근정전 공포 3D 모델의 정면, 측면, 평면의 모습이고,

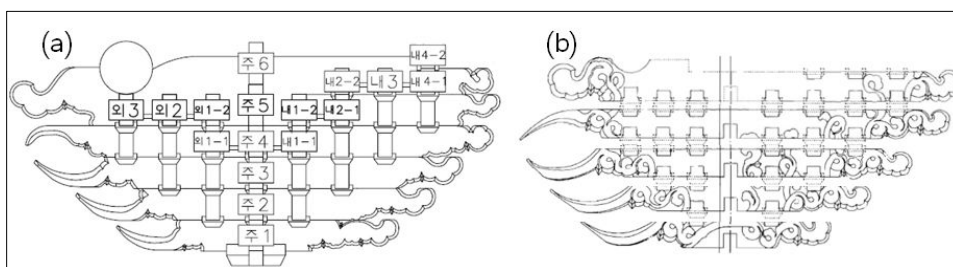
41) 신웅수, [경복궁 근정전], 현암사, 2005. pp.99~124, (구)문화재청, [인정전 실측조사보고서] 1998. pp.293~330

(d), (e), (f)는 인정전 공포 3D 모델의 정면, 측면, 평면의 모습이다.



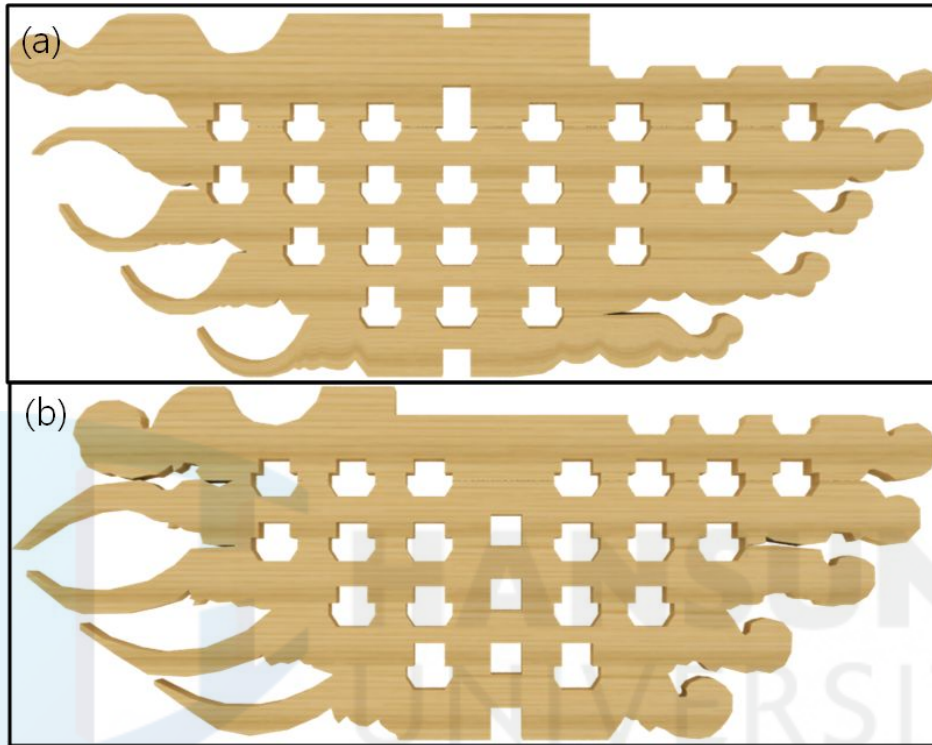
<그림 27> 수치비례에 따른 근정전과 인정전의 공포 비교

<그림 27>을 보면 아래 줄의 인정전 공포가 길이가 약간 작음을 알 수 있다. 그러나 건물부재 간의 수치비례관계를 비교하여 3D 모델을 제작한다면 일부 부재의 경우 약간 다른 형태인 것도 있다. 공포에서 가운데 축을 이루는 부재인 살미첨자의 경우 그 형태가 건물마다 조금씩 다르다. <그림 28>은 근정전과 인정전의 공포 살미첨자를 보여주는 도면이다. 그림에서 보는 것과 같이 인정전의 경우 외부로 돌출되는 살미첨자의 모양이 근정전 보다 약간 길고 모양도 다음을 볼 수 있다.



<그림 28> 공포 살미첨자 모양 비교 (a)근정전, (b)인정전⁴²⁾

이와 같은 다른 형태를 보이는 건물부재인 살미첨자는 모양을 따로 수정하여 사용하는 것이 사실성을 높일 수 있을 것이다. <그림 29>의 (a)는 근정전의 살미첨자 3D 모델이고 (b)는 [표2]와 <그림 28>을 참고로 하여 인정전 공간포 살미첨자를 재 3D 모델링 한 것이다. 장여, 첨자, 주두, 소로 등은 수치비례를 통해 그대로 사용이 가능하기에 재 3D 모델을 제작하지 않아도 된다.



<그림 29> 공간포 살미첨자 3D 모델 (a)근정전, (b)인정전

이러한 전통목조건축물의 조영원리와 수치관계를 이용하면 최초의 3D 모델의 공포 원형을 만들어 내는데 시간이 걸리나, 컴퓨터 3D 모델링을 통한 결과물을 이용하여 다른 건물도 만들어 낼 수 있다. 따라서 자료가 축적될수록 다른 건물을 모델링하는 시간은 짧아지고 자료축적의 양은 증가한다.⁴³⁾

42) 그림 출처 (구)문화재청, [근정전 보수공사 및 실측조사보고서] (하), 2003. pp.312 도면 일부 수정
(구)문화재청, [인정전 실측조사보고서] 1998. pp.304 도면 일부 수정

43)곽세희, 윤재신, “비례체계에 기초한 전통목조건축 공포부재 표현 방법에 대한 연구-창덕궁 인정

2. 곡선처리기법을 이용한 지붕곡선 표현 방안

현재 건축문화유산을 디지털로 구현하는 연구가 많이 이루어지고 있다. 디지털 구현은 연구자에 따라서 조금씩 다른 방법으로 제작되어지고 있다. 거의 모든 디지털 건축문화유산은 많은 참고자료와 해당 건축문화유산의 참고자료를 통하여 최대한 사실적으로 제작하기 위해 노력하였을 것이다. 그러나 우리의 건축문화유산의 중요부분과 특징적인 요소는 그 표현방법이 조금씩 다르다. 이러한 디지털 구현에 있어서 어려운 부분은 많이 있지만 그중에서 지붕곡선과 공포구조의 표현일 것이다. 지붕곡선은 비슷한 목조건축양식을 공유하고 있는 중국, 일본과 차별이 되는 특징적인 요소 중 하나이다. 지붕곡선의 표현은 실제 건축문화유산복원에 있어서도 많은 어려움이 있으며, 도편수의 재량과 방식에 따라 조금씩 그 모양이 다르다고 할 수 있다. 이러한 이유로 전통목조건축물의 지붕곡선 곡률에 영향이 미치는 요인들을 분석하여도 규격화된 지붕곡선 곡률을 제시하지 못하고 있다. 현재 제작되는 디지털 건축문화유산의 경우 실물 사진자료들을 보면서 눈짐작으로 대략의 지붕곡선을 표현하거나 사진자료를 비교하면서 지붕 부재인 서까래와 부연 등을 배치하여 알맞게 보이는 지붕곡선이 되도록 하여 제작하고 있다.

본 논문에서는 우리나라의 건축문화유산의 양곡⁴⁴⁾과 안허리곡⁴⁵⁾을 살펴보고 이러한 지붕곡선 형성에 영향을 미치는 알아보고자 한다. 이를 통해 디지털 건축문화유산에서 양곡과 안허리곡으로 구성되는 지붕곡선을 표현해 주는 방법을 제안하고자 한다.

양곡과 안허리곡의 곡선에 맞추어 지붕 부재들을 배치하기 위해서는 컴퓨터 그래픽 방법을 이용한 곡선 표현 방법이 필요하다. 이러한 곡선을 표현하는 방법 중에서는 곡선의 양 끝점과 그 사이에 주어진 조절점(Control point)들의 근처를 지나는 점들을 그리는 방법인 approximation 방법이 있다. 이 방법을 사용하는 곡선방법은 Bezier 와 B-Spline, NURBS 곡선방식이 있다. 본 논문에서는 곡선을 표현해 주고 곡선의 디지털 표현으로 Bezier 와 B-Spline 곡선

전 공포를 중심으로”, [대한건축학회 논문집-계획계], 제17권, 제6호, pp. 107-114, 2001.

44) 양곡: 건물의 정면 또는 측면에서 보았을 때 처마 끝이 양쪽 끝이 위로 올라가면서 생긴 곡선

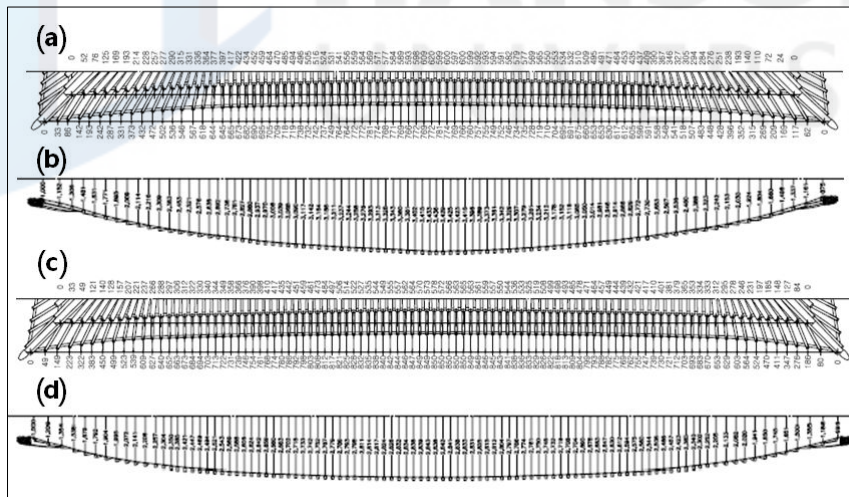
45) 안허리곡: 건물의 지붕을 위에서 내려 보았을 때 네 모서리가 바깥으로 튀어나오면서 생긴 곡선

기법이 가장 많이 사용하고 있기 때문에 본 논문에서는 Bezier 와 B-Spline 곡선기법을 응용하였다.

Bezier란 임의의 점들을 지나는 곡선의 식을 나타내는 방식이며, 기준이 되는 점을 수에 따라서 2개, 3개, 4개의 기준점을 이용해서 처음과 끝 점을 지나며 가운데 있는 점들이 꺾인 정도를 나타내도록 하는 방식이라고 할 수 있다. 그러나 Bezier 곡선이 갖는 가장 큰 약점은 패치 하나를 구성하는 점 가운데 어떤 것을 움직여도 곡선이 전체적으로 변한다는 것이다.

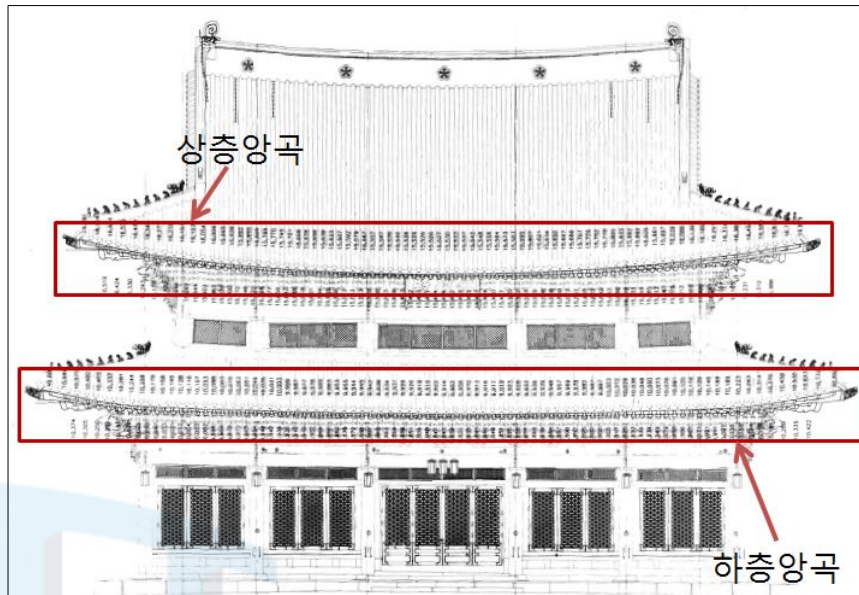
B-Spline은 Bezier 곡선의 문제점을 해결하기 위하여 드보어(de Boor), 콕스(Cox)가 제안한 방법이 B-Spline(Bezier Spline)곡선이다. B-Spline 곡선은 각 점이 일정한 범위에만 영향을 미치기 때문에 전체적으로 모양을 바꾸지 않고 원하는 부분만 조절해 줄 수 있는 장점이 있다.

두 곡선기법을 이용하여 지붕곡선을 표현하기 위해서는 양곡과 안허리곡에 대한 이해가 필요하다. 우선 양곡과 안허리곡의 형태는 <그림 30>을 통하여 볼 수 있다. (a)와 (c)도면을 통해 알 수 있는 것은 상층과 하층의 크기의 차이로 인한 미세한 안허리곡 차이 외엔 다른 특이사항은 없다. 그러나 (b)와 (d)도면의 경우 하층은 중간은 완만한 직선에서 양끝으로 갈수록 살짝 기울기가 표현되지만 상층의 경우 중간부분부터 기울기가 있음을 볼 수 있다.



<그림 30> 근정전 양곡과 안허리곡 (a)상층 안허리곡, (b)상층 양곡 (c)하층 안허리곡, (d)하층 양곡⁴⁶⁾

동일한 시대에 같은 건축양식으로 건축된 <그림 31>의 인정전의 경우 상층과 하층의 앙곡이 거의 동일하면서 상층이 약간 곡선이 크지만 근정전만큼 차이가 분명하지는 않다. 근정전 상층 앙곡은 예외적으로 앙곡이 크게 나타나도록 한 것으로 판단된다.



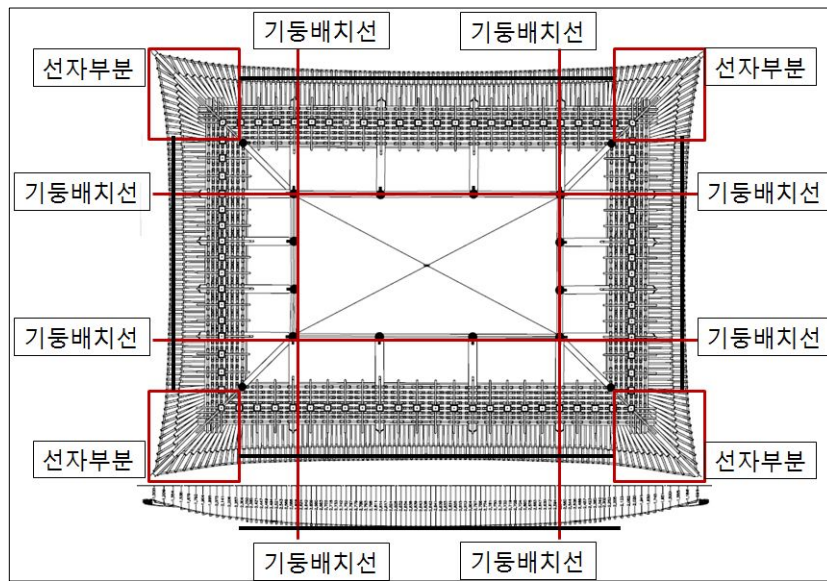
<그림 31> 인정전 안허리곡⁴⁷⁾

앙곡과 안허리곡을 보여주는 <그림 30>과 <그림 31>을 보면 지붕선의 가운데 부분은 거의 일직선이나 완만한 경사를 이루고 있지만, 선자 부분부터는 바깥으로 튀어나오거나 위로 올라가는 곡선의 기울기가 크다. <그림 32>는 근정전 하층 양시도와 하층 정면 앙곡을 비교하기위해 편집한 것이다. 양시도를 기준으로 살펴보면 지붕곡선의 기울기가 큰 부분은 선자부분이라고 적혀있는 네 모서리의 사각형임을 알 수 있다. 그리고 하층 기둥위치를 잇는 기둥배치선이 닿는 부분부터 곡선의 기울기가 시작하는 것을 알 수 있다. 이러한 것을 참고로 하여 <그림 32>에서 제시한 기둥배치선 부분부터 Bezier 와 B-Spline 곡선기법의 제어점을 시작하여 곡선의 끝을 지정한 뒤에 건물부재

46) 그림 출처 (구)문화재청, [근정전 보수공사 및 실측조사보고서] (하), 2003. pp.270~275

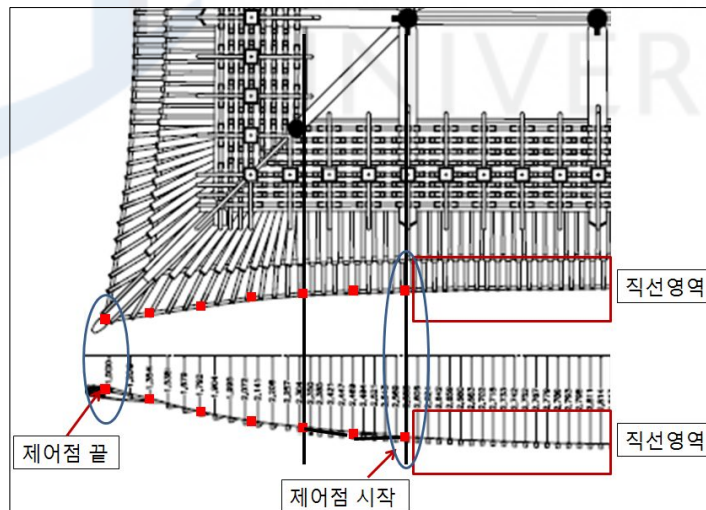
47) 그림 출처 (구)문화재청, [인정전 실측조사보고서] 1998. pp.265

3D 모델을 배치하면 지붕곡선 표현이 부드러울 것이다.



<그림 32> 근정전 하층 양시도와 양곡⁴⁸⁾

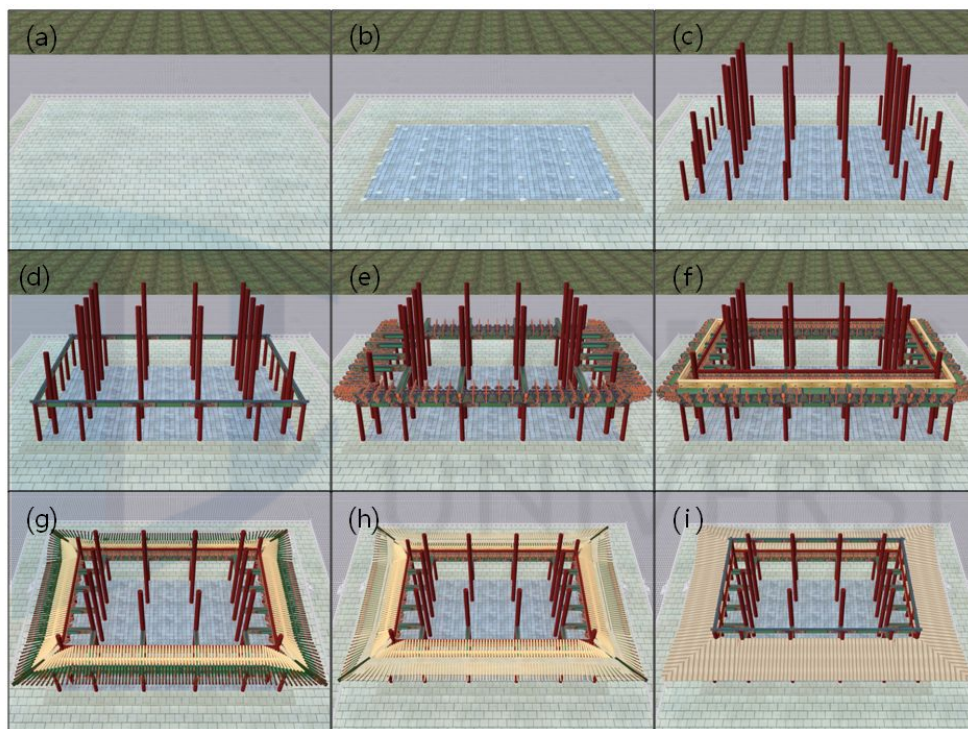
<그림 33>은 곡선기법이 사용될 부분에 대한 위치를 정하고 7개의 제어점을 위치를 표시한 것이다. 제어점을 통해 그려진 곡선에 맞추어 지붕구조에 사용되는 3D 모델들을 배치하였다.



<그림 33> 제어점 사용 위치⁴⁹⁾

48) 그림 출처 (구)문화재청, [근정전 보수공사 및 실측조사보고서] (하), 2003, pp.257~275

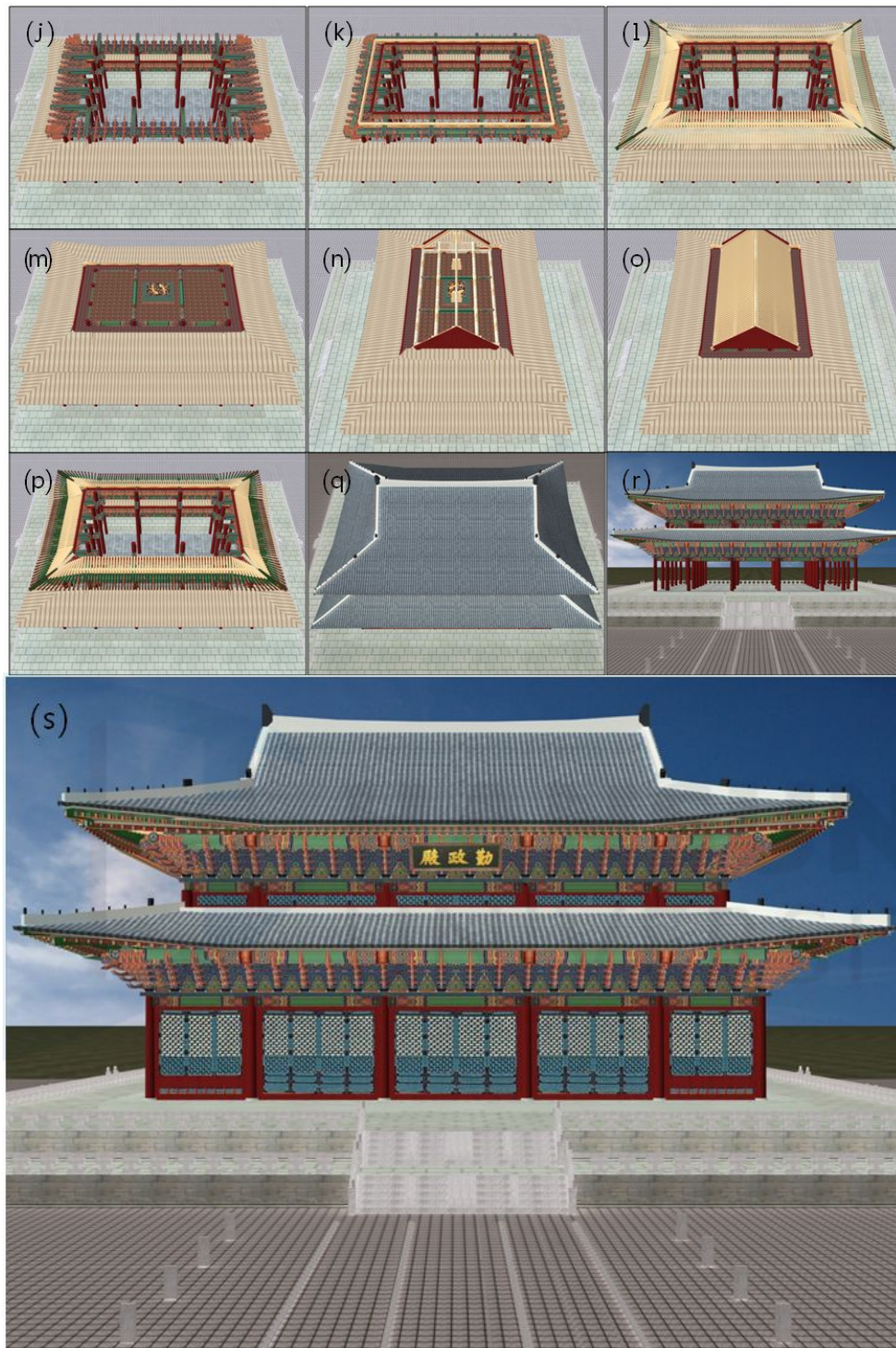
지금까지 디지털 건축문화유산 제작을 위하여 건물부재 3D 모델 제작과 재질 매핑, 건물부재 3D 모델의 활용과 지붕곡선 표현에 대하여 설명하였다. 이러한 과정을 통해 제작된 건물부재 3D 모델들을 전통목조건축물의 건축과정이 소개된 “경복궁 근정전”⁵⁰⁾를 참고로 건물부재들을 정해진 위치에 배치하여 하나의 건축문화유산으로 제작하였다. <그림 34>와 <그림 35>를 보면 디지털로 구현된 근정전의 건축과정을 알파벳 순서대로 나열한 것이다. 이와 같은 과정을 통하여 건축문화유산의 건축과정에 대한 이해를 높일 수 있었고, 건물부재 3D 모델 제작의 새로운 제작방법과, 좀 더 효율적인 재질 매핑 방법 등을 생각 할 수 있었다.



<그림 34> 디지털 근정전 건축과정1

49) 그림 출처 (구)문화재청, [근정전 보수공사 및 실측조사보고서] (하), 2003. pp.257~275

50) 신웅수, [경복궁 근정전] 현암사, 2005.



<그림 35> 디지털 근정전 건축과정2

제 4 장 디지털 건축문화유산의 증강현실 기술 활용

디지털로 구현된 문화유산은 어떻게 활용되는지에 따라 그 가치가 달라지기 때문에 활용방안에 대한 연구는 중요하다고 할 수 있다. 잘 만들어진 디지털 문화유산이 있더라도 이것을 제대로 활용하지 못한다면, 구현된 문화유산의 효용성이 적어지기 때문이다. 이는 곧 문화유산 디지털 구축에 대한 연구와 정부의 지원이 줄어들게 되는 악순환으로 이어지게 된다. 본 장에서는 디지털 구현된 건축문화유산을 활용하기 위한 관련 활용기술들을 알아보고, 디지털 문화유산 활용기술로서 앞으로 많은 연구가 진행될 것으로 생각되는 증강현실 기술을 활용하여 본 논문에서 제안한 방법으로 구현된 디지털 건축문화유산을 증강현실로 구현하였다.

제 1 절 가상현실과 증강현실

디지털 문화유산은 여러 멀티미디어 활용기술을 사용하여 우리에게 소개되고 있다. 활용기술로서 많이 사용되고 있는 것은 가상현실 기술이 있다. 가상현실은 컴퓨터로 구현된 3차원 가상공간으로 이용자가 그 세계 안에서 주변 환경과 상호작용이 가능할 수 있도록 해주는 기술이다. 몰입감이 높고, 상호작용할 수 있다는 장점 때문에 가상현실 기술은 교육, 문화유산체험, 공연전시, 의료수술, 군사훈련 등 많은 분야에서 사용되고 있다. 앞서 설명한 해외와 국내의 문화유산 디지털 복원 사례를 살펴보면 디지털 구현한 문화유산을 활용하기 위한 방안으로 가상현실 기술을 이용한 문화유산 콘텐츠가 많이 제작되었음을 알 수 있다.

문화유산을 디지털로 구현하는 이유는 보존과 복원자료로서 사용하기 위함이지만, 현재 디지털 문화유산은 문화관광 측면에서 문화유산을 알리고 소개하기 위한 목적이 더 앞서고 있는 것도 사실인 것 같다. 그 이유는 우리나라의 경우 많은 수의 문화유산이 디지털로 제작되었지만 원형 그대로의 모습을

재현할 수 있는 레이저 스캐너를 사용하여 디지털로 제작된 사례는 극히 드물기 때문이다. 앞서 소개한 The Digital Michelangelo Project를 예로 들자면 레이저 스캐너를 통해 미켈란젤로가 제작한 다비드 상을 세밀하게 복원함으로써 제작방식과 사용도구 등을 파악할 수 있었다. 문화유산을 3D 모델 기법을 사용하여 직접 제작하는 방법으로는 미세한 차이점까지 제작이 어렵기 때문에 레이저 스캐너 기법이 제공하는 것들을 유추하기 어렵다. 이러한 이유로 3D 모델을 직접 제작하는 방식으로 구현된 문화유산은 보존과 복원의 주요 참고자료로서는 다소 부족함 감이 있다고 볼 수 있다. 실제 문화유산의 보존과 복원에 활용가치가 낮을 수 있기 때문에 3D 모델을 직접 제작하는 방식으로 구현된 디지털 문화유산의 전체적인 가치가 낮다고 말하는 것은 아니다. 보존과 복원의 주요 참고자료서의 활용성이 다소 부족할 뿐 문화유산의 문화유산에 대한 소개나 교육적 목적으로는 가치가 높다. 소개나 교육을 위해 구현된 다수의 디지털 문화유산은 문화유산에 대한 관심을 높이고, 이러한 움직임은 디지털 문화유산 제작 활성화에 많은 기여를 하고 있기 때문이다. 이러한 3D 모델을 직접 제작하여 구현한 디지털 문화유산을 효과적으로 소개하고, 이용자로 하여금 관심을 끌기 위한 활용방안으로 가상현실 기술을 이용한 문화유산 콘텐츠가 많이 제작되는 것이 바람직 할 것이다.

가상현실 기술을 이용한 디지털 문화유산이 많이 활용되는 이유는 구현 기술 중에서 공개되어 사용할 수 있고 제작이 비교적 쉬운 VRML(Virtual Reality Modeling Language)⁵¹⁾로 구현되어 인터넷으로 활용이 가능하기 때문이다. VRML은 국제표준(ISO/IEC14772-1, ISO/IEC14772-2) 3차원 모델링 언어로서 인터넷 환경에서 상호작용하는 3차원 환경을 개발하기 위해 제안된 HTML 기반의 스크립트 언어이다. VRML은 상호작용과 내비게이션이 가능하고 인터넷 상의 3D 그래픽 표준으로 다양한 스크립트를 지원하며, 다른 응용 프로그램과의 호환성이 높다. 또한 3D 모델 제작 툴로 많이 사용하는 3Ds Max는 3D 모델을 VRML으로 변환하여 저장이 가능하다. 2004년에는 HTML을 대신하는 차세대 웹페이지 형식인 XML(eXtensible Markup Language)을 지원하고, 1994년에 제안된 VRML을 모체로 하는 X3D(eXtensible 3

51) VRML 기술관련 주요 웹사이트 <http://www.web3d.org/x3d/vrml/>

Dimension)⁵²⁾가 등장하였다. VRML이나 X3D로 제작된 것은 전용뷰어를 통해 가상현실 콘텐츠로 활용할 수 있다. 우리나라에서 디지털 문화유산을 가상현실로 소개하는 것 대부분은 이러한 방법을 사용하고 있다. 앞서 소개한 디지털 한양이나 서울 근대공간 디지털 콘텐츠는 VRML/X3D 뷰어인 Cortona3D⁵³⁾나 BS Contact⁵⁴⁾을 설치하여 인터넷으로 디지털 문화유산 체험이 가능한 형태이다. 현재 문화유산을 가상현실로 소개하고 있는 콘텐츠는 제작된 지 오래되거나, 가상현실 문화유산을 많이 접하게 되면서 진부하게 생각하는 이용자가 많아져서 그 관심도가 떨어지고 있다. 멀티미디어 기술은 빠르게 발전하고 있고, 인터넷으로 최신 멀티미디어 기술을 접하거나 알게 된 사람들이 늘어나면서 전체적인 눈높이 또한 높아지고 있다. 디지털 문화유산을 가상현실로 이용하는 것 이외에 진보되고 새로운 기술로 디지털 문화유산을 접하고 싶어 하는 이용자의 성향을 반영하여 다른 방식으로 소개할 수 있는 활용방안을 모색할 필요가 있다.

최근 멀티미디어 기술 중 하나인 증강현실(Augmented Reality)이 주목받고 있다. 가상현실 기술이 순수하게 가상의 공간에 구축하는 것을 말한다면, 증강현실은 현실에 가상의 형태를 구현하여 보여주는 것을 말한다.

Ronald Azuma는 증강현실에 대한 정의를 다음과 같이 말하고 있다. 1) Combines real and virtual: 현실과 가상의 결합은 현실에 가상의 이미지나 Rendering 된 3D 모델을 투영시켜 주는 것을 말함. 2) Interactive in real time: 실시간 상호작용은 증강현실에서 상호작용에 대한 의미와 같음, 이용자의 조작 및 행동에 따라 바로 반응을 보이는 것을 말함. 3) Registered in 3-D: 이 말은 3차원의 공간 안에서 존재해야 한다는 의미임.⁵⁵⁾ Ronald Azuma의 증강현실에 대한 정의는 가상현실과의 차이를 구분하는데 있어서 기준이 된다고 할 수 있다. 즉 일반 모니터나 HMD(head Mounted Device)등과 같은 디스플레이에서 모든 것이 가상으로 구현되어 보여준다면 가상현실이고, 실제의 어떠한 물체 위에 투영장치를 통해 가상의 물체를 보여준다면 가

52) X3D 기술관련 주요 웹사이트 <http://www.web3d.org/x3d/>

53) Cortona 3D 뷰어 홈페이지 <http://www.cortona3d.com>

54) BS Contact 뷰어 홈페이지 <http://www.bitmanagement.com>

55) Azuma, Ronald T., "A Survey of Augmented Reality," Teleoperators and Virtual Environments, Vol.6, No.4, pp.355-385, 1997

상현실이라고 할 수 있는 것이다.

증강현실 기술은 기본적으로 컴퓨터에 연결된 카메라가 내부 초점거리와 외부 위치 값을 계산하고, 컴퓨터그래픽 시스템에서 모델링된 가상물체나 정보를 현실 영상에 카메라를 통해 계산된 수치 값에 따라 합성하여 중첩되게 보여주는 것을 말한다. 현재 증강현실은 다양한 분야에서 활용되고 있다. 증강현실은 카메라가 어떠한 것을 인식하는 것에 따라 세분화 되는데, 소개하는 활용사례는 마커인식형 증강현실 이다.

우선 상업적으로 제작되어 시판되었던 것을 살펴보면, 첫 번째, 소니 플레이스테이션3 게임으로 제작된 The Eye of Judgment⁵⁶⁾가 있다. 이것은 증강현실 기반 보드게임으로 PS3에 연결한 카메라와 전용 보드판과 카드를 가지게 게임을 하면 카드에 인쇄된 마커들을 카메라가 인식하여 디스플레이에서 보면 실제 보드와 카드 위에 각각의 다른 3D 캐릭터들이 나타나서 다른 카드위의 3D 캐릭터와 전투를 벌이는 모습을 볼 수 있다. <그림 36>



<그림 36> The Eye of Judgment 이용 장면⁵⁷⁾

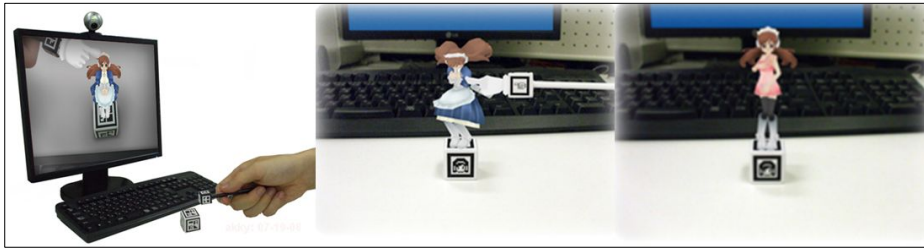
두 번째, 증강현실 Figure인 Cyber Maid Alice⁵⁸⁾가 있다. 이 제품은 마커가 인쇄된 정육면체 모양의 박스와 조작용 지팡이로 구성되어 있다. 카메라 앞에 박스를 놓으면 가상 Figure가 <그림 37>에 보이는 것과 같이 박스 위에 생성된다. 이 증강현실 Figure는 조금씩 움직이기도 하고 음성으로 말을 하기도 한다. 또한 조작용 지팡이를 박스가 아닌 3D Figure에 접근시키면 지팡이 끝

56) The Eye of Judgment 소개 웹사이트 <http://us.playstation.com/search/index.htm?id=The Eye of Judgment>

57) 그림 출처 <http://us.playstation.com/games-and-media/games/the-eye-of-judgment-ps3.html>

58) Cyber Maid Alice 홈페이지 <http://www.geishatokyo.com/jp/ar-figure/>

에 달린 다양한 마커에 따라 말을 하며 여러 행동을 하고, 옷을 갈아입힐 수도 있다.



<그림 37> Cyber Maid Alice 이용 장면⁵⁹⁾

웹에서 적용한 사례로 유명한 것으로 BMW MINI AR⁶⁰⁾이 있다. 이것은 자사의 자동차 한 모델을 증강현실 콘텐츠로 제작하여 일반인에게 마케팅 광고이다. 인식하기 위한 마커는 잡지에 <그림 38>에 보이는 마커가 그려진 인쇄물을 광고 내보내면서 잡지를 보는 이가 웹페이지에서 3D-Plug-ins를 설치하고 카메라에 잡지광고를 비추면 BMW MINI 자동차의 모습이 화면 안에 나타나게 된다. 이것은 기업의 새로운 홍보 마케팅 방법으로서 주목 받았다. 이후 이러한 홍보 마케팅 방식을 이용한 다양한 홍보용 증강현실 콘텐츠가 제작되었다.

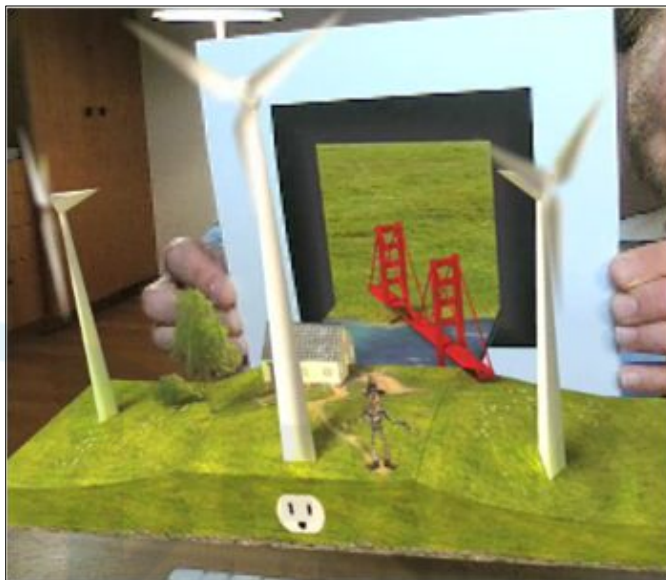


<그림 38> BMW MINI AR 이용 장면⁶¹⁾

59) 그림 출처 <http://gizmodo.com/5027038/cyber-figure-alice-creates-interactive-virtual-peepshow-right-on-your-desk>

60) BMW MINI AR 홈페이지 <http://mini-cabrio.ar-live.de/main.html>

기업 캠페인 프로모션으로 제작되어 소개하는 것으로 GE-ecomagination⁶²⁾가 있다. 최근 GE는 환경을 중요시 하는 기업으로 홍보하기 위하여 많은 노력을 기울이고 있다. 이러한 환경 캠페인으로 GE-ecomagination 웹 사이트를 개설하여 차세대 전력망인 스마트 그리드를 소개하면서 Wind Turbine 과 Solar Energy 두 개의 증강현실 콘텐츠를 제공하고 있다. <그림 39>를 보는 것과 같이 Wind Turbine 증강현실 콘텐츠의 경우 마이크에 바람소리를 내면 풍력발전기가 돌아가는 기능을 포함하고 있다.



<그림 39> GE-ecomagination Wind Turbine AR 이용 장면⁶³⁾

마지막으로 증강현실 기술을 교육용으로 활용한 사례로서 광주과학기술원 문화콘텐츠기술연구소⁶⁴⁾는 저작도구로 ARtalet 툴을 개발하고, 홍길동전을 Digilog Book 으로 새롭게 만들었다. 기존의 종이책으로 전래동화를 읽기만 하는 것이 아닌 화려한 컴퓨터 그래픽과 증강현실 기술을 접목시켜서 Digilog

61) 그림 출처 <http://mini-cabrio.ar-live.de/video.html>

62) GE-ecomagination 홈페이지 http://ge.ecomagination.com/smartgrid/#/landing_page

63) 그림 출처 http://ge.ecomagination.com/smartgrid/#/augmented_reality

64) 광주과학기술원 문화콘텐츠기술연구소 홈페이지 <http://ctrc.gist.ac.kr/>

Book의 페이지를 넘기면 각 페이지마다 인쇄된 마커와 같은 그림이나 패턴을 인식하여 책 위에 3D 캐릭터나 배경들이 나타난다.⁶⁵⁾ 이와 같은 Digilog Book은 교육적 활용을 위해 제작된 것이지만 디지털 문화유산으로 가치가 높다고 할 수 있다. <그림 40>



<그림 40> Digilog Book 시연 장면⁶⁶⁾

증강현실을 이용한 콘텐츠는 앞서 소개한 기업이나 대학연구소 이외에도 많은 분야에서 제작되고 있다. 구글이나 유튜브에서 검색어로 증강현실이나 Augmented Realty 입력하면 수 많은 증강현실 구현 콘텐츠가 검색이 되고 있다. 또한 일반인들도 자신이 만들고 싶은 대로 3D 모델을 만들어 자신만의 증강현실 콘텐츠 제작하여 소개하는 사례들도 있다. 이와 같이 많은 이들에게 주목받고 제작되어지는 증강현실을 문화유산에 적용한다면 이전의 가상현실 콘텐츠 보다 많은 관심을 유발 할 수 있을 것이다.

65) 하태진, 이영호, 우운택, “상호작용형 증강현실 기반 디지로그 북의 연구 동향 및 전망,” [멀티미디어학회지], 제13 권, 제3호, pp. 89-98, 2009.

66) 그림 출처 http://ctrc.gist.ac.kr/CTL_Artalet.htm

제 2 절 디지털 건축문화유산의 증강현실 구현

본 절에서는 디지털로 구현된 건축문화유산을 활용하기 위한 방법 중 하나로 마커인식형 증강현실 기술의 활용을 제안을 하고자 한다. 이를 위하여 앞 절에서 살펴본 증강현실 활용 사례들과 소개하지 못한 다수의 활용 사례들을 참고하고, 증강현실 제작을 위한 연구를 진행하였다.

증강현실을 구현하기 위한 대표적인 증강현실 툴로는 ARToolkit⁶⁷⁾⁶⁸⁾이 있다. ARToolkit은 증강현실을 구현하는데 사용되는 대표적인 툴로 C++을 기반으로 개발된 오픈소스이다. ARToolkit을 JAVA로 구현하고자 할 때는 JarToolkit이 있고, ARToolkit의 다른 버전으로 플래시 Action Script를 통해 웹으로 구현하기 위하여 개발된 FlarToolkit⁶⁹⁾등이 있다.

ARToolkit을 이용한 증강현실 시스템은 다음과 같다. 먼저 컴퓨터와 연결된 카메라를 통하여 실시간 3차원 영상을 받으면, 영상 데이터를 binary image로 변환시킨다. binary image에서 사각 범위안의 마커 패턴을 캡처한다. 캡처한 마커 패턴을 저장되어 있던 마커 패턴과 비교하여 어떠한 마커 패턴인지를 결정한다. 마커를 인식하였다면 마커의 위치와 카메라와의 3차원 공간상의 거리를 계산하여 3D 모델이 Rendering 되어 생성될 위치를 측정한다. 이러한 과정을 마치면 처음 카메라에 입력된 3차원 영상에 3D 모델을 합성하여 보여주는 시스템이다.

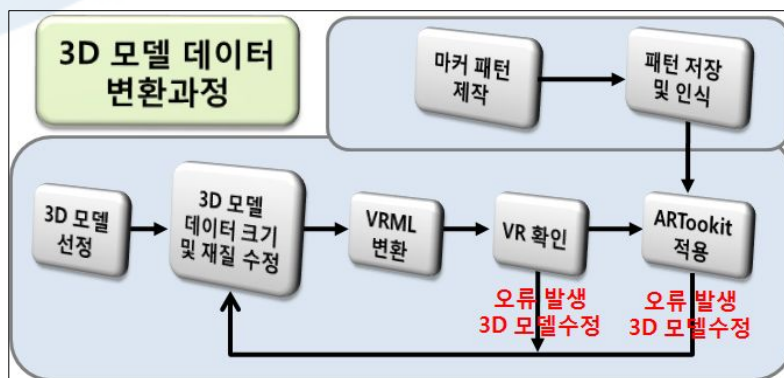
ARToolkit의 단점은 마커 전체가 카메라로 보여주지 못하면 마커를 인식하지 않는다는 점이다. 또한 패턴이 작거나 멀리 있는 경우, 복잡한 경우, 조명 환경에 영향을 받는 경우에도 인식하지 못한다. 이러한 ARToolkit은 마커 패턴 인식율이 불안정한 단점이 있지만, 기본적인 프로그래밍과 카메라 인식에 대한 이해를 하고 있으면 비교적 쉽게 3D 모델을 증강현실로 구현해 볼 수 있다. 이러한 장점 때문에 많은 대학에서 증강현실 구현 연구에 이용하고 있다.

67) ARToolkit 기술지원 웹 사이트 <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit>

68) H.Kato and M. Billinghurst, "Marker Tracking and HMD Calibration for a video based Augmented Reality Conferencing System", IWAR99, October. 1999.

69) FlarToolkit 기술지원 웹 사이트 <http://www.libspark.org/wiki/saqoosha/FLARToolKit/en>

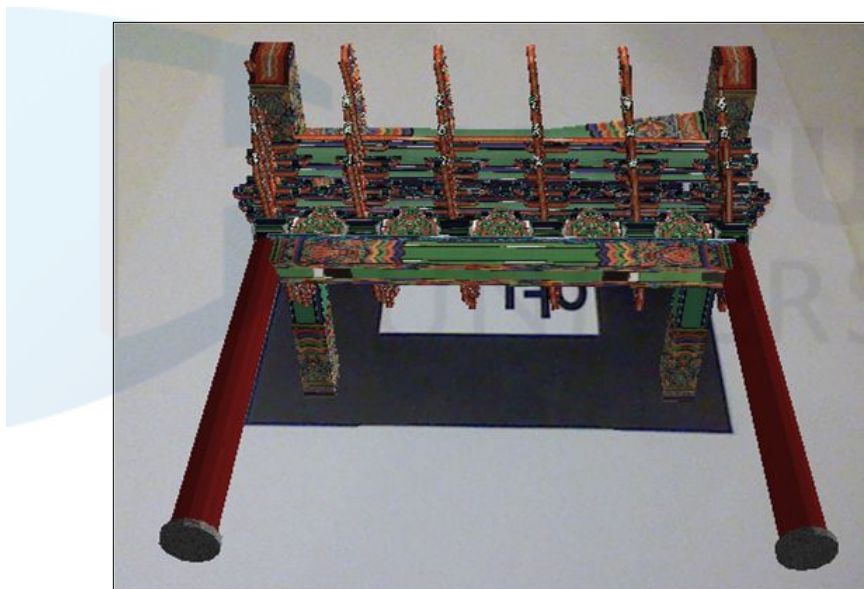
본 논문에서는 ARToolkit을 이용하여 디지털로 제작된 건축문화유산을 증강현실로 구현하고자 한다. ARToolkit을 이용하여 3D 모델을 증강현실로 구현하기 위해서는 먼저 3D 모델 데이터를 VRML이나 X3D에서 사용되는 파일 확장자인 wrl 파일 형식으로 변환하여야 한다. wrl 파일로 변환하기 위하여 3Ds Maxs 툴의 저장 파일형식 중 하나인 VRML97형식을 지원하는 wrl 파일 형식으로 저장하였다. wrl형식으로 변환되어 저장된 3D 모델 파일을 VR뷰어로 제대로 변환 되었는지를 확인한다. 이는 wrl로 변환되면서 일부 3D 모델에 이상이 생기거나, 재질 매핑이 제대로 안된 상태일 수도 있기 때문이다. 이럴 경우 이전 단계로 돌아서 다시 3D모델을 확인해야 한다. 이러한 과정을 마치고 나면 카메라가 인식할 마커를 제작해야 한다. 마커제작이 완료 되었으면 마커 패턴을 저장하고 ARToolkit을 실행시킨다. ARToolkit이 실행도중 멈추거나 오류가 발생할 경우 3D 모델의 데이터 크기가 크거나 재질 정보를 많이 담고 있기 때문에 과부하로 인한 오류가 발생할 가능성이 높다. 정상적으로 실행될 수 있도록 3D 모델을 수정하고, 다수의 3D 모델이 사용되었다면 불필요한 3D 모델을 삭제하고 수정하여 ARToolkit을 실행 할 때 데이터 크기로 인한 오류가 발생하지 않도록 해야 한다. ARToolkit이 정상적으로 실행 가능한 3D 모델 데이터 크기 수준을 파악하기 힘들기 때문에 처음부터 건물전체가 구현된 3D 모델로 시작하지 말고 작은 부분부터 조금씩 테스트 하는 것이 전체 작업 시간을 줄일 수 있다. <그림 41>은 3D 모델 데이터 변환과정을 표현한 것이다.



<그림 41> 3D 모델 데이터 변환과정

본 논문을 통하여 디지털로 제작된 건축문화유산은 많은 수의 Polygon으로 제작이 되었다. 이러한 경우 3D모델이 다른 형태로 변환된 후 증강현실에 적용되어 보여주기 위해서는 많은 Rendering 과정이 이루어진다. Rendering 처리할 3D모델 데이터가 클수록 과부하로 인한 오류가 생기고 추적 시스템의 지연, 통신상의 지연, 프레임 버퍼로부터 특정 영상을 만들고 디스플레이 하는데 걸리는 지연 등 동적인 오류가 발생한다.⁷⁰⁾ 이러한 문제점을 보완하기 위하여 전통건축물을 3D로 제작할 때 유념해야 할 것으로 첫 번째, 최대한 건물 부재 3D 모델의 수를 줄여야한다. 두 번째, 3D 모델의 polygon 수를 줄이는 방향으로 3D 모델 제작해야 한다. ARToolkit은 3D 모델이 크거나 많을 경우 제대로 구현되지 못하기 때문에 두 가지 사항을 중요하게 생각하여야 한다.

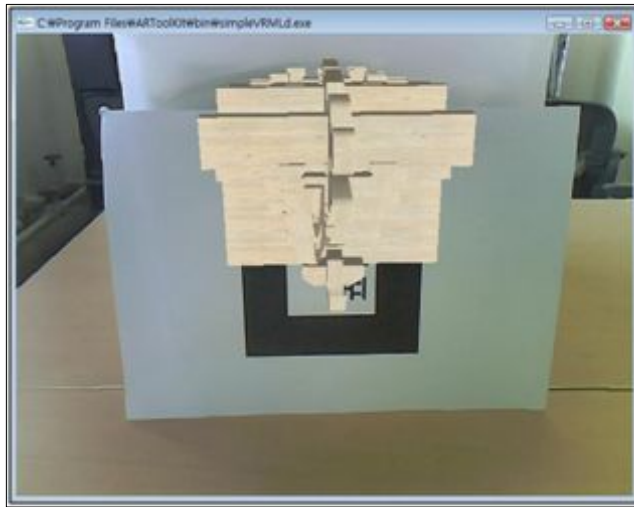
ARToolkit을 이용하여 디지털로 구현된 건축문화유산 전체 3D 모델을 증강현실로 구현하지 않고 일부 부재와 공포부분을 증강현실 구현하였다. <그림 42>는 증강현실로 구현된 건축문화유산의 전면 일부분을 보여주고 있다.



<그림 42> 증강현실로 구현된 건축문화유산 일부분

70) 윤용인, 김진태, 최종수, “증강현실 구현을 위한 기본 기술과 카메라 모델링,” [멀티미디어학회지], 제 10권, 제2호, pp.1-8, 2006.

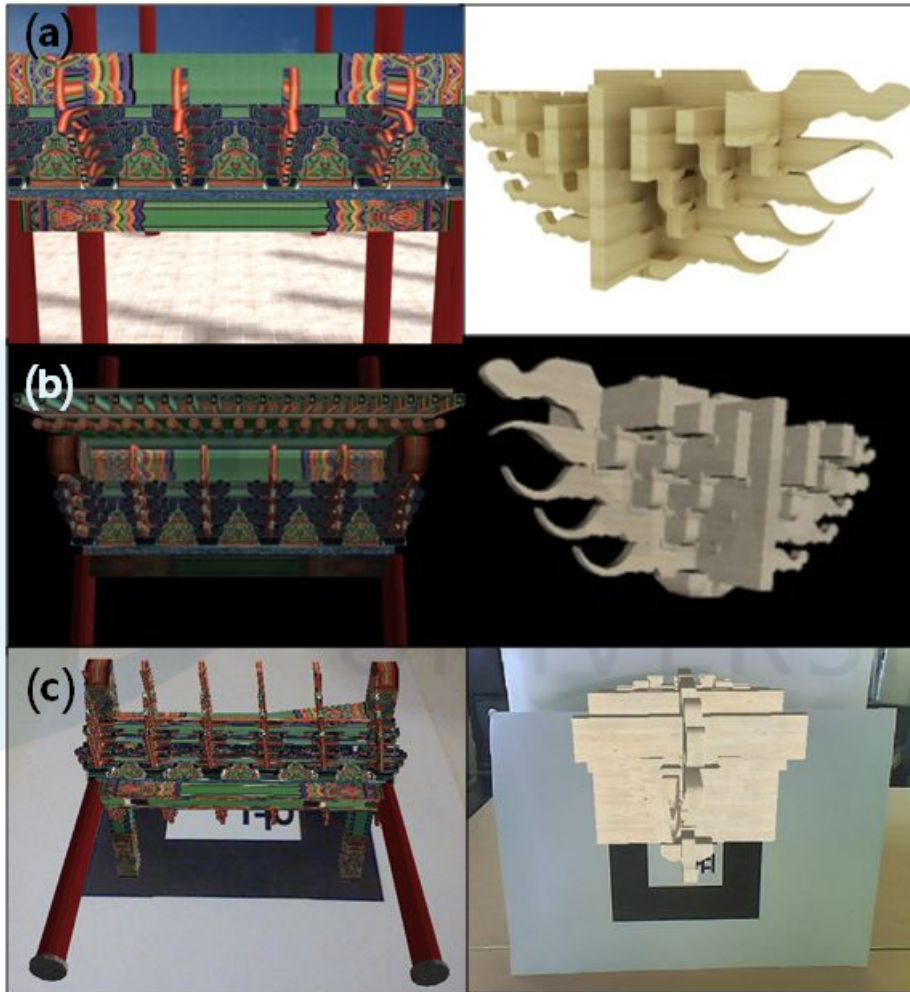
<그림 43>은 건축문화유산에서 중요한 부분인 공포부분을 증강현실로 구현한 것이다.



<그림 43> 증강현실로 구현된 건축문화유산 공포부분

끝으로 디지털 문화유산을 세 가지 활용방법으로 분류하고 비교분석 하였다. 첫 번째, 일반적으로 많이 사용되는 사진이나 동영상 형태의 경우 사실성이 높고 고품질의 콘텐츠를 제공 할 수 있다. 그러나 조작성이 불가능하기 때문에 제작과정에서 정한 방향 이외에 다른 방향은 볼 수가 없으며, 단방향식이다. 두 번째, 가상현실은 동영상이나 사진을 출력하기 위해 제작된 디지털 문화유산의 형태를 가상현실 콘텐츠로 활용하기 위하여 VRML형식으로 변환하여 보여줄 수 있다. 가상현실에서는 3D모델의 모습을 잘 표현해 줄 수 있지만, 재질매핑에 있어서는 동영상보다 낮은 그래픽 품질을 보여준다. 그렇지만 가상현실은 가상현실 뷰어를 통하여 조작성을 할 수 있고 원하는 방향에서 살펴볼 수 있다. 그러나 일반적으로 사용되는 가상현실 뷰어에서는 익숙하지 않으면, 방향전환과 이동에 있어 민감하게 움직이기 때문에 조작성이 다소 어려움점이 있다. 세 번째, 증강현실은 가상현실 콘텐츠처럼 이용자가 원하는 시점에서 3D 모델을 살펴볼 수 있다. 가상현실에서는 사용자가 마우스나 키보드를 이용하여 조작성을 해야 하지만 마커 인식 증강현실에서는 마커가 인쇄된 종이 위에

3D모델을 보여주기 때문에 마커가 인쇄된 종이의 위치와 방향만 움직이면 이용자는 실제물체를 살펴보는 것과 같은 조금 더 편한 조작이 가능하다. 이를 통하여 건축문화유산의 경우 가상현실 보다는 증강현실로 구현되어 제공하는 것이 사용자가 원하는 정보를 제공하기에 용이하다고 할 수 있다. <그림 44>는 디지털로 구현된 건축문화유산의 세 가지 활용방법으로 제작한 것을 보여준다. (a)는 영상이나 사진, (b)는 가상현실, (c)는 증강현실 등으로 활용한 것이다.



<그림 44> 디지털 건축문화유산의 세 가지 활용방법 비교 (a)영상이나 사진, (b)가상현실, (c)증강현실

제 5 장 결 론

본 논문은 건축문화유산을 디지털로 구현하고 이를 활용하기 위한 연구이다. 선행연구로 진행하였던 해외와 국내의 문화유산 디지털 보존 및 복원 프로젝트들에 대한 사례와 활용 기술들에 대하여 조사하면서 세계 주요 나라에서는 문화유산에 대한 중요성을 일찍 깨닫고 디지털 구현 및 활용기술에 대해서 많은 연구가 진행되고 있음을 알 수 있었다. 또한 타국의 문화유산도 디지털로 구현함으로써 다양한 문화유산에 대한 디지털 구현 노하우를 축적시키고 있었다. 사례분석을 통하여 건축문화유산을 디지털로 구현하는 방법으로 가장 이상적인 것은 레이저 스캐너를 사용하는 것이지만, 현실적으로 이러한 장비를 운용하기 위하여 많은 재원과 전문 인력이 투입되어야 한다. 이러한 점을 고려하였을 때 건축문화유산을 디지털로 구현하는 방법으로 가장 많이 사용되고 있는 방식인 3D 모델을 직접 제작하는 방법을 선택하였다.

디지털 구현 방식을 결정한 다음에는 구현 대상을 선정하였다. 디지털 건축문화유산이 갖추어야 할 필수사항들을 체크해 가며 건축물에 대한 상세한 자료조사를 하였다. 제안한 건물부재 3D 모델방법으로 수 천 개의 건물부재들을 제작하였다. 이를 활용하고 재사용하기 위하여 경복궁 근정전과 창덕궁 인정전 공포 부분을 구성하는 부재들의 수치 정보를 조사 비교하여 Parametric 모델링 방식을 제안하였다. 이는 하나의 전통건축물의 디지털 구현이 다른 전통건축물의 구현에 바탕이 될 수 있음을 말해주고 있다. 또한 중국과 일본의 건축문화유산과 차별되는 특징인 지붕곡선을 표현하기 위한 관련연구를 하였다. 지붕곡선에 맞춰 3D 건물부재를 배치하기 위한 곡선표현 방식으로 많이 사용하는 Bezier와 B-Spline 곡선기법을 활용하여 지붕곡선을 표현하기 위한 방법을 제안하였다. 디지털로 구현된 건축문화유산을 활용하기 위하여 최근 여러 분야에서 주목 받고 있는 증강현실 기술로 건축문화유산 가상현실 콘텐츠를 시험 제작하였다.

우리나라의 건축문화유산을 디지털로 구현하고 활용방안에 대한 연구를 진행하면서 도출된 문제점들은 미래 연구 과제로 남겨두고자 한다. 첫 번째, 우

리나라는 급성장한 IT산업 경쟁력을 앞세워 선진국에 비해 뒤쳐진 문화유산 디지털화에 대한 지원과 연구를 진행하였지만, 장기적인 안목을 가지고 계획을 세워 진행하기 보다는 단기적으로 많은 성과를 위한 진행이 되어 부족함이 많았다. 앞으로 문화유산 디지털화에 대한 지원과 연구는 많은 성과물보다 활용가치가 높은 방향으로 진행되어야 할 것이다. 두 번째, 유럽의 건축 문화유산을 보면 석재로 쌓아 올리는 건축양식으로 간단한 벽면으로 구성이 가능하여 3D 모델 부재의 수를 줄이고, 3D 모델의 Polygon수를 줄이면서 제작이 가능하다. 그러나 우리나라의 건축문화유산은 목재가 조립되어 지어지는 방식이고, 건물의 주요 구조가 외부에 노출되어 보이는 형식이기 때문에 수많은 건물부재들을 3D 모델로 제작함이 필요하다. 향후 3D 모델의 수를 줄이면서 우리나라의 건축문화유산의 모습을 잘 표현할 수 있는 방법을 찾아야 한다. 세 번째, 증강현실 기술로 건축문화유산을 구현함에 있어서 3D 모델 데이터가 크거나 재질정보가 많을 경우 제대로 구현되지 않았다. 전체 3D 모델의 수와 3D 모델의 polygon 수를 줄여 전체 데이터 크기를 줄일 수 있는 방법을 연구해야 한다.

이와 같이 세 개의 문제점은 향후 연구를 진행하면서 하나씩 개선해 나가야 할 것으로 생각한다. 우리나라의 문화유산을 디지털로 구현하여 보존, 복원에 활용하고, 디지털 콘텐츠로 제작하여 소개하기 위한 연구를 하는 것은 우리나라의 문화 경쟁력을 높일 수 있을 것이다 또한 문화유산 디지털화하기 위한 관련 기술연구는 우리나라의 멀티미디어 기술 산업을 발전시킬 것이다. 이를 위하여 앞으로 보다 많은 디지털 문화유산에 대한 관심과 지원이 필요하다.

【참고문헌】

1. 국내문헌

곽동해 외 1인, [한국의단청], 학연문화사, 2002.

곽세희 외 1인, “비례체계에 기초한 전통목조건축 공포부재 표현 방법에 대한 연구-창덕궁 인정전 공포를 중심으로”, [대한건축학회 논문집-계획계] 제17권 제6호, pp. 107-114, 2001.

김한옥, [단청도감], 현암사, 2007.

(구)문화재청, [근정전 보수공사 및 실측조사보고서 (상), (하)], 2003.

(구)문화재청, [인정전 실측조사보고서], 1998.

신응수, [경복궁 근정전], 현암사, 2005.

윤용인 외 2인, “증강현실 구현을 위한 기본 기술과 카메라 모델링,” [멀티미디어학회지], 제 10권, 제2호, pp.1-8, 2006.

이강훈 외 1인, “Parametric 모델링 방식을 이용한 전통목조건축물의 3D디지털 복원,” [멀티미디어학회], 제12권 제8호, 2009.

_____, “전통목조건축물 내부 구조의 3D 구현,” [멀티미디어학회논문지], 제13권, 제2호, pp.332-340. 2010.

장기인, [목조] 보성각, 1998.

하태진 외 2인, “상호작용형 증강현실 기반 디지로그 복의 연구 동향 및 전망,” [멀티미디어학회지], 제13 권, 제3호, pp. 89-98, 2009.

2. 국외문헌

- Aila, T, Miettinen V. "Visualization Viewpoints Visualization and 3D Data Processing in the David Restoration," IEEE Computer Graphics & Applications, Vol.24, No.2, pp. 16-21, 2004.
- Azuma, Ronald T., "A Survey of Augmented Reality," Teleoperators and Virtual Environments , Vol.6, No.4, pp.355-385, 1997
- H.Kato and M. Billinghurst, "Marker Tracking and HMD Calibration for a video based Augmented Reality Conferencing System", IWAR99, October. 1999.
- Ikeuchi, K, Ohishi, T, Takamatsu, J. "Digital Bayon Temple - e-monumentalization of large-scale cultural-heritage Objects," Proc. ASIAGRAPH 2007, Vol.1, No.2, pp. 99-106, 2007.



3. 인터넷 사이트

The Digital Michelangelo Project 홈페이지

<http://www.graphics.stanford.edu/project/mich>

Bayon Digital Archival Project 홈페이지

<http://www.cvl.iis.u-tokyo.ac.jp/research/bayon/>

EPOCH 홈페이지

<http://www.epoch-net.org/index.html>

ARC 3D WebService 홈페이지

<http://homes.esat.kuleuven.be/~visit3d/websevice/v2/index.php>

The CityEngine 홈페이지

<http://www.procedural.com/>

Roma Reborn 홈페이지

<http://www.romereborn.virginia.edu/>

한국콘텐츠진흥원 홈페이지

<http://www.kocca.or.kr/>

문화콘텐츠닷컴 유통센터 홈페이지

<http://www.culturecontent.com/>

사이버 전통 한옥마을 옛집 소개 웹사이트

<http://yetzip.culturecontent.com/KcrcMemberMain.jsp>

디지털 한양 소개 웹사이트

<http://digitalhanyang.culturecontent.com/>

서울 근대공간 디지털 콘텐츠

<http://modernseoul.culturecontent.com/>

문화유산연구지식포털 황룡사복원국채학술대회논문집 웹사이트

<http://portal.nricp.go.kr/kr/data/mkr/original/view.jsp?page=1&id=1176&subject=7&con2=911&contents=5>

VRML 기술관련 주요 웹사이트

<http://www.web3d.org/x3d/vrml/>

X3D 기술관련 주요 웹사이트

<http://www.web3d.org/x3d/>

Cortona3D 뷰어 홈페이지

<http://www.cortona3d.com>

BS Contact 뷰어 홈페이지

<http://www.bitmanagement.com>

The Eye of Judgment 소개 웹사이트

<http://us.playstation.com/search/index.htm?id=The Eye of Judgment>

Cyber Maid Alice 홈페이지

<http://www.geishatokyo.com/jp/ar-figure/>

BMW MINI AR 홈페이지 <http://mini-cabrio.ar-live.de/main.html>

GE-ecomagination 홈페이지

http://ge.ecomagination.com/smartgrid/#/landing_page

광주과학기술원 문화콘텐츠기술연구소 홈페이지

<http://ctr.c.gist.ac.kr/>

ARToolkit 기술지원 웹사이트

<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit>

FlarToolkit 기술지원 웹사이트

<http://www.libspark.org/wiki/saqoosha/FLARToolKit/en>

ABSTRACT

Study of Digital Implementation and Application for Cultural Heritage Based on Multimedia and Augmented Reality Technologies

Kang-Hun Lee

Major in Interactive Entertainment

Dept. of Digital Cultural Technology
& Contents

Graduate School, Hansung University

Cultural heritage implies general historical aspects of a given region. While the interest in cultural heritage is currently increasing at one end, technical development in digital field such as multimedia and augmented reality is in progress on the other hand. Researches for cultural heritage using new digital technologies are continuing at universities, companies, and related organizations. This thesis presents a methodology to embody traditional wooden architectural building with the use of digital technologies. In addition, researches on augmented reality technology are processed as a mean to utilize digital traditional wooden architectural building with the presented methodology.

In this thesis, the importance and necessity of digital implementation have been explained at first. And digital preservation case studies for cultural heritage have analyzed to understand their significances. Through these analysis, it should be known that different digital technologies and embodiment processes are used for different

cultural heritage. Based on the preceding researches, this thesis studied how architectural culture heritage, which represents our national tradition, can be digitalized using multimedia and augmented reality technologies. Requirements and considerations for digitalizing traditional wooden architectural building are defined and structural progress phases are stated. For a digitalization process of traditional wooden architectural building, thousands of building components are assorted and appropriate 3D modeling method for each component is designed. For modeling of 3D building elements, dimensions of each element of wooden architectural building are measured and compared. As a following step, parametric modeling method which illustrates numerical relationships by a diagram is proposed. In addition, Bezier and B-Spline curve methods are applied to express the smooth roof curves of the Korea traditional wooden architectural building. For such, the accurate roof curve shapes are investigated, and control points' frequency, order and locations are decided from the beginning and end of curve. Lastly, studies for digitalization of "Danchung" information is conducted to express texture of the 3D digitally wooden building.

Studies for augmented reality, the recently spotlighted technology, is also simultaneously done as a mean to utilize digital architectural cultural heritage which is embodied through previous processes and researches. Nowadays, virtual reality methods are proposed and researched as a mean to effectively use digitalized cultural heritage. Virtual reality is a technology which has benefits in allowing a new way of interaction. However, it is not much used for architectural cultural heritage field because of difficulties in controlling interaction. On the other hand, augmented reality allows user to easily interact the digital cultural heritage from the point of users' view. To implement marker-based augmented reality using ARToolkit, architectural cultural heritage 3D model data is converted to appropriate format. When there is too much 3D modeling data

during rendering marker information, an error occurs as a result of rendering overload. To reduce rendering overload, a study is done to reduce the size of 3D model data. Through this process, marker-based augmented reality contents are implemented to navigate digitalized traditional wooden architectural building.

This thesis conducted cultural heritage preservation case studies, proposed the digitalization method for architectural cultural heritage, and digitally implemented the 3D wooden building with the proposed method. Also, augmented reality technology is used as a mean to utilize such studies. Korea architectural cultural heritage are exposed to outdoor which makes it easy to be damaged. Thus, digital preservation and restoration is a very important tasks for the future. Moreover, to effectively use and introduce the rapid changing technologies in digital area, more studies should be conducted on the use of technologies. If many different way of digital implementation for various Korea cultural heritage is done in the future, the achievements will bring positive impacts to Korea digital cultural technology industry development.