

# 컴퓨터그래픽스와 가상현실을 이용한 문화재의 디지털 복원 기술

## 목 차

1. 서 론
2. 영상 기반 모델링
3. 실시간 재조명 시스템
4. 문화재 가상 체험
5. 결 론

이주행 · 추창우 · 조동식  
(한국전자통신연구원)

## 1. 서 론

한국전자통신연구원(이하 ETRI)에서는 컴퓨터 그래픽스 및 가상현실 기술에 대한 다양한 연구개발 과제를 수행하면서, 국내외 문화재를 대상으로 시범 콘텐츠를 개발하여 개발 기술의 적용가능성을 실험하였다. 이는 ETRI 과제가 공익적인 측면을 갖는다는 점 외에도, 개발 기술의 우수성을 국제적으로 홍보함에 있어서 차별성을 가질 수 있다는 점, 해외 우수 연구기관의 자체 제작 모델 (스탠포드 대학교의 버니 모델, 다비드상 등)에 해당하는 ETRI 독자 모델을 확보한다는 점, 국내외 기술 수요자들로부터 기술에 친근함을 쉽게 유도할 수 있다는 점, 장기적으로는 문화재 복원이라는 고급 콘텐츠 분야를 준비하기 위한 과정이라는 점 등의 장점을 들 수 있다.

본 기고문에서는 ETRI에서 수행한 CG/VR 과제에서 그 결과물을 국내외 문화재를 대상으로 적용한 경우를 <표 1>처럼 소개하기로 한다.

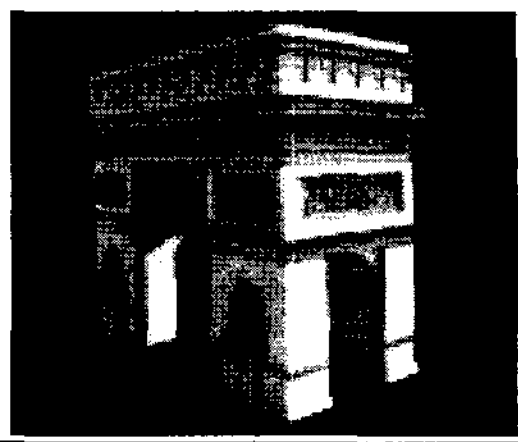

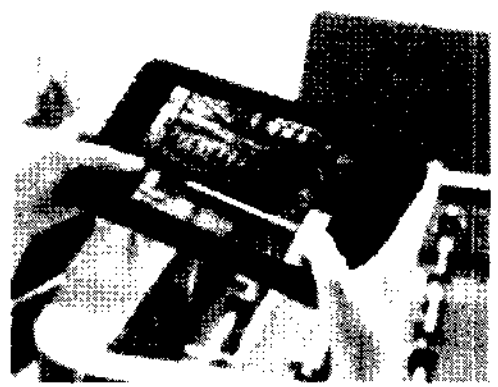
## 2. 영상기반 모델링

## 2.1 기술 분류

컴퓨터를 이용한 사실적인 영상 생성에 대한 관심은 컴퓨터그래픽스 기술의 발전을 이끌어왔으며, 하드웨어의 발전에 힘입어 실세계의 복잡한 물리현상을 사실적으로 모델링하여 표현하는 단계에 이르렀다. 실세계를 반영하려는 경향은 사실적인 렌더링 기술뿐만 아니라, 렌더링의 대상이 되는 모델의 제작에도 나타났는데, 이는 컴퓨터 비전 분야에서 활발히 연구되어 오던 3차원 복원 기술로 실제 영상 콘텐츠 제작에 많이 활용되고 있다.

3차원 복원 기술은 (그림 1(a))와 같이 접촉식과 비접촉식으로 구분할 수 있다[1]. 접촉식 3차원 복원 기술은 복원 대상 물체의 측정부위에 측정 센서를 접촉하여 3차원 좌표를 측정하는 방식으로, 고정밀의 3차원 측정 데이터를 획득할 수 있으나, 고무와 같이 압력이 가해지면 형태가 변하는 물체는 측정이 불가능하여, 이에 대한 대안으로 비접촉식 3차원 복원 기술이 많이 개발되고 있다. 비접촉식은 물체에서 반사하거나 투과되는 에너지를 측정하여 3차원 형상을 복원하

〈표 1〉 ETRI의 문화재 디지털 복원 관련 과제 수행 현황

과제제목	과제 설명	적용 기술	적용 문화재	대표 그림
실사수준의 디지털 콘텐츠 제작 S/W 개발	실사 수준의 CG 영상 콘텐츠를 제작을 위한 주연급 디지털 액터 제작, 지능형 군중 애니메이션, CG/실사 합성, 영상기반 모델링 기술 및 시범 콘텐츠 제작	영상 기반 모델링	개선문 미니어처	
기능확장형 초고속 렌더러 개발	디지털 콘텐츠 제작 및 고급 가시화를 위한 렌더링 원천기술을 개발. 특히, SW의 기능확장형 구조와 전용HW/GPU의 활용 및 병렬화 통해 속도 개선	실시간 재조명 기술	보림사 사천왕상	
가상생산기술개발, 혼합현실기반 U-체험형 콘텐츠 운용 플랫폼 개발	PC 클러스터 기반으로 구성된 반구형 디스플레이에 초고해상도 입체 영상을 가시화, 전시공간에 혼합현실, 모바일 인터페이스 등을 활용하여 체험감 증대	몰입형 디스플레이 기술, 사용자 상호작용 기술, 혼합현실 기술	불국사, 안학궁, 거북선	

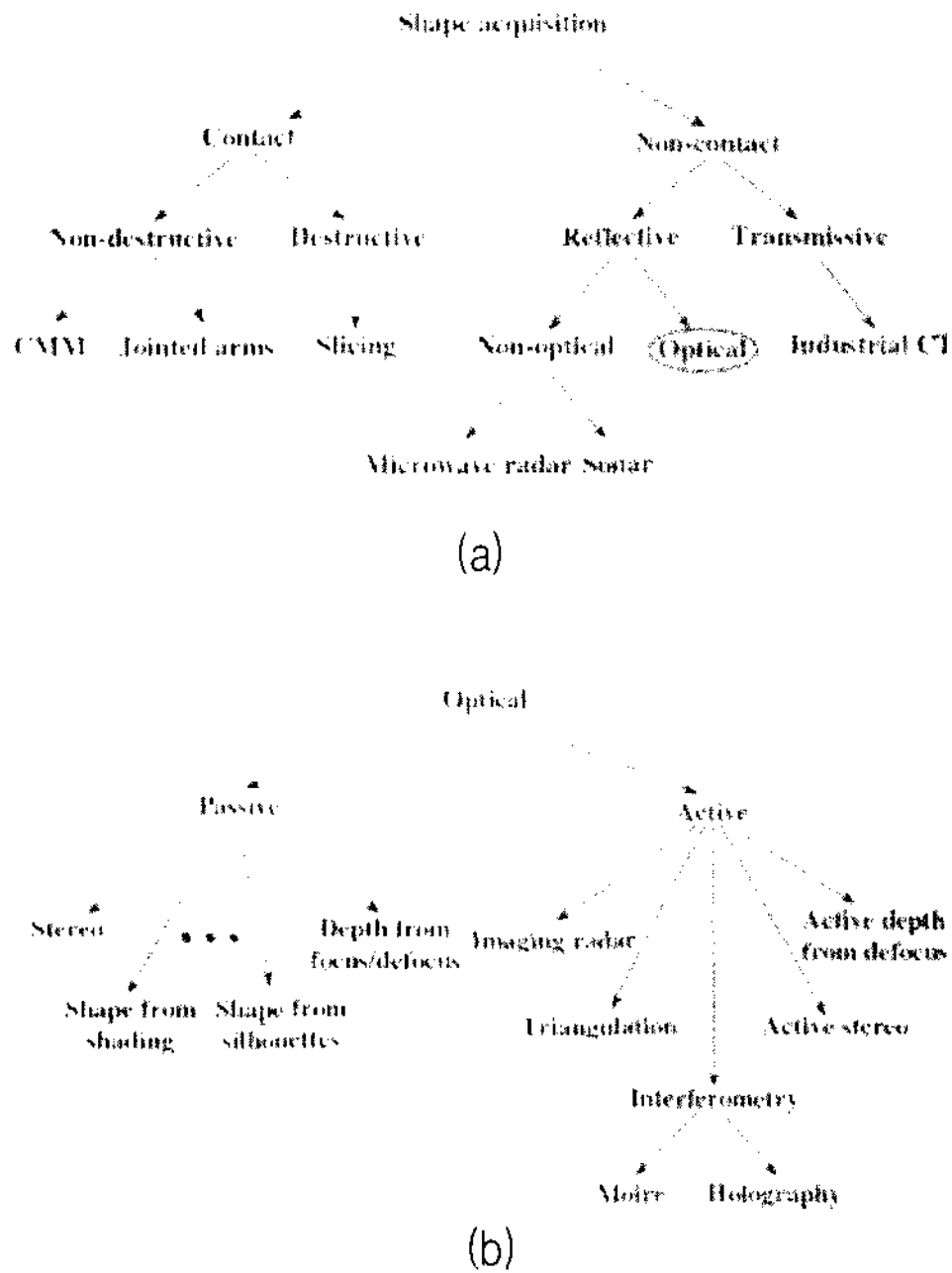
는 방법이다. 물체의 외형을 3차원으로 복원하기 위해서는 물체에서 반사되는 에너지를 측정하는데 컴퓨터 비전 분야에서는 광학식 방법을 많이 연구하고 있다. 광학식 3차원 복원 방법은 센싱 방법에 따라 (그림 1(b))와 같이 능동 방식과 수동 방식으로 분류할 수 있다[1]. 능동 방식은 미리 정의된 패턴이나 음파 등을 물체에 투사된 에너지 또는 초점 등의 센서 파라미터의 제어를 통한 변화량을 측정하여 물체의 3차원 형상을 복원하는 방식으로[2], 대표적인 방법에는 구조광(structured light) 혹은 레이저광을 물체에 투사하여 거리에 따른 위상변화를 측정하는 방식이 있다. 반면에 수동 방식은 인위적으로 물체에 에너지를 투사하지 않은 상태에서 촬영한 영상의 명암(intensity), 시차(parallax) 등을 이용하는 방식이다. 수동 방식은 특별한 하드웨어를 사용하지 않고 간편하게 3차원 복원이 가능하고, 입력 영상으로부터 텍스처를 직접 획득할 수 있는

장점을 가진 반면, 능동 방식에 비해 정밀도가 부족하다는 평가를 받아왔으나, 최근 영상에서 사용할 수 있는 다양한 특징을 이용하여 대표적인 능동 방식의 3차원 복원 도구인 3차원 스캐너에 근접한 성능을 보이는 기술이 발표되고 있다[3].

ETRI 디지털콘텐츠연구본부에서는 2003년부터 4년간 “실사수준의 디지털 콘텐츠 제작 S/W 개발”과제를 수행하였고, 그 중에 한 부분으로 영상기반 모델링 기술을 개발하였다. 영상기반 모델링 기술은 광학식 3차원 복원 방법 중 수동 방식에 속한다. ETRI에서 개발한 영상기반 모델링 S/W[4]는 사각형, 육면체, 실린더 등의 기본 폴리곤 모델을 제공하며, 모델의 편집을 통해 3차원 모델링을 수행하며, 또한, NURBS를 이용한 곡면 물체의 모델링도 가능하다.

## 2.2 요소 기술

영상기반 모델링 기술은 카메라 자기보정

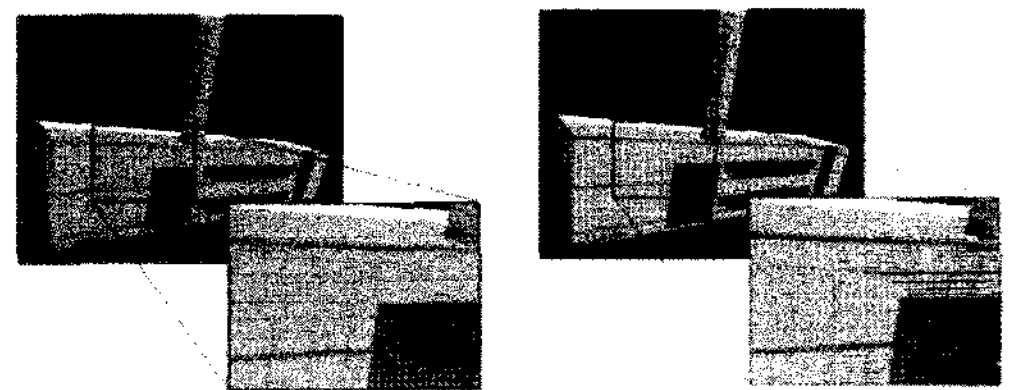


(그림 1) 3차원 복원 기술 분류

(Camera Self-Calibration) 및 폴리곤/NURBS 모델링, 텍스처 추출 과정으로 이루어진다. 카메라 자기보정은 대상 물체를 촬영한 다수의 영상 간 특징 점들의 대응관계를 이용하여 촬영 당시의 카메라의 위치와 방향으로 정의되는 외부인자와 초점거리 등의 내부인자를 복원하는 기술이다. 개발한 영상기반 모델링 S/W는 입력 영상의 특징에 따라 선택하여 사용할 수 있는 3가지 카메라 자동 보정 기술을 포함하고 있다. 영상 간 대응점과 절대 2차 원추 곡면(absolute quadric)을 이용한 카메라 내/외부 인자 추정 방법[5]을 제공한다. 이 방법은 카메라 자기보정의 가장 기본적인 방법으로 알려지고 있으나, 안정적인 결과를 위해 많은 수의 대응점이 있어야 하며, 대응관계가 한 개의 평면에 가까운 대응점들로 이루어진 경우에 카메라 보정을 할 수 없는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해, 영상에서 두드러진 평행사변형을 이용하여 간편하게 카메라 보정하는 알고리즘[6]을 추가하였다. 또한, 디지

털카메라로 촬영한 영상의 EXIF(Exchangeable Image File Format)[7] 정보를 이용하여 카메라 내부인자를 추정하고, 영상 간 대응점을 이용하여 카메라의 외부 인자를 추정하여, 절대 2차 원추 곡면을 이용한 방법에 비해 작은 수의 대응관계만으로도 안정적으로 카메라 보정을 할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

카메라 보정 결과를 이용하여 물체의 형상을 나타내는 주요한 특징 점의 3차원 좌표를 삼각법을 통해 계산할 수 있다. 개발한 영상기반 모델링 S/W에서는 폴리곤 및 NURBS 기반의 인터랙티브 3차원 모델링을 지원한다. 주요한 특징 점의 3차원 좌표를 추출하여 원, 사각형, 육면체, 실린더 등의 기본 도형을 추가하고, 면 단위의 당김(extrusion), 선형분할, 축소, 확대 등의 편집 기능을 연속적으로 적용하여 모델을 만들어 갈 수 있다. 또한, 부드러운 곡면 모델링을 위해 bilinear surface, ruled surface, skinned surface, boundary patch, surface of revolution 등의 다양한 모델링 기법을 지원한다. 이를 위해 영상 간 대응 곡선을 지정하는 인터페이스를 제공하며, 이를 이용하여 손쉽게 3차원 곡면 생성을 위한 3차원 곡선을 생성할 수 있다.

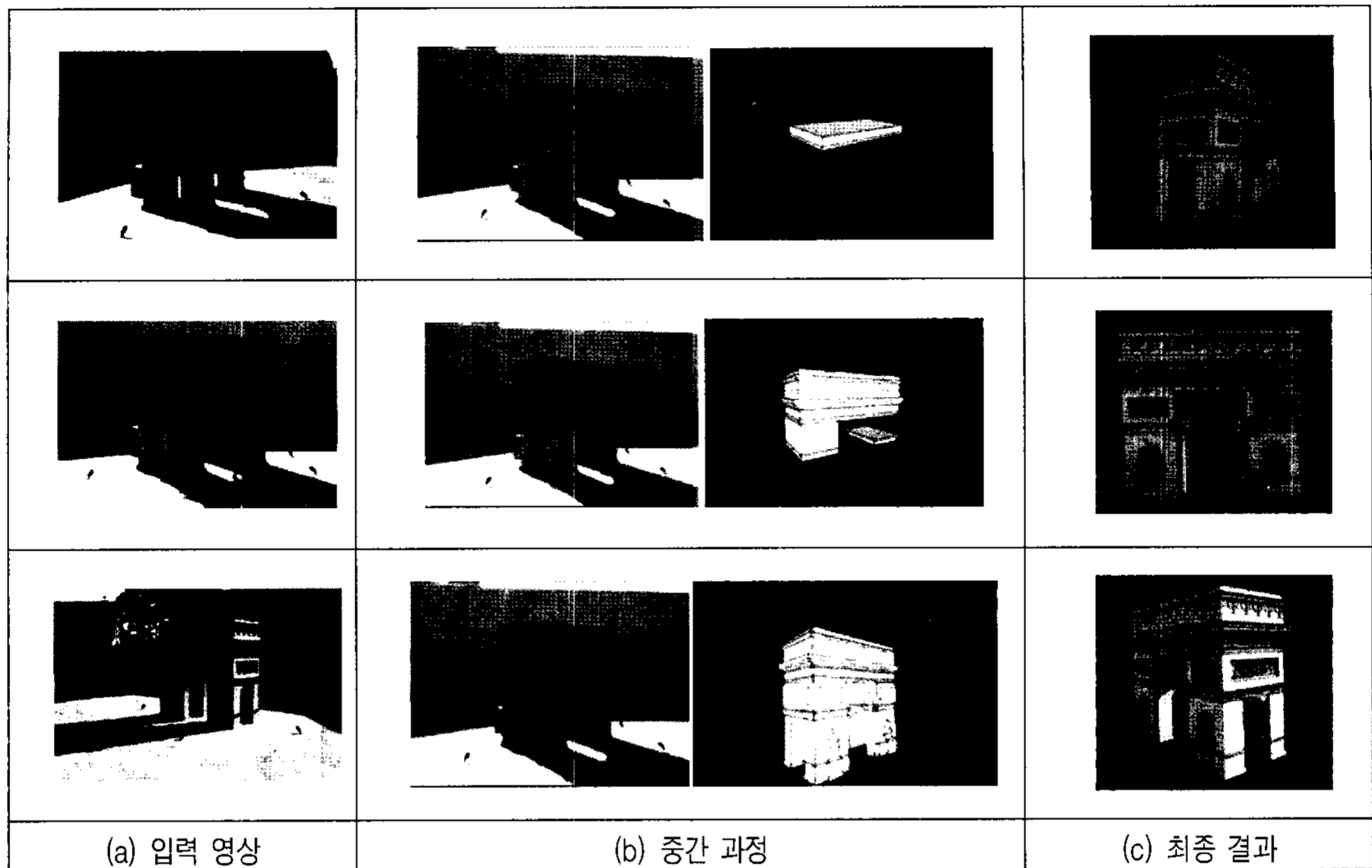


(a) 왜곡 제거 전

(b) 왜곡 제거 후

(그림 2) 원근 왜곡을 제거한 텍스처 추출

영상기반 모델링의 마지막 단계는 입력 영상으로부터 텍스처를 추출하는 것이다. 핀홀 모델을 따르는 일반적인 카메라는 영상 촬영 시 물체의 깊이 차이로 인해 원근 왜곡이 발생한다. 이런 영상의 왜곡을 보정하지 않은 상태에서 텍스



(그림 3) 개선문 모델링 과정

처를 추출하면, (그림 2(a))와 같이 왜곡이 나타남을 알 수 있다. 개발한 영상기반 모델링 S/W에서는 homography 행렬을 이용하여 직교 투영된 텍스처를 추출함으로써 (그림 2(b))와 같이 원근 왜곡을 제거한다.

### 2.3 적용 사례

개발한 영상기반 모델링 S/W의 성능을 검증하기 위해 국내 한 공원에 설치된 개선문의 미니어처를 촬영하여 3차원 모델링을 하였다. (그림 3(a))는 모델링에 사용된 6장의 영상 중 일부로, 500만 화소급의 저가형 디지털카메라로 촬영한 것이다. 영상 간 대응점과 EXIF 정보에 기반한 카메라 자기보정을 이용하였으며, 직사각형을 삽입하여, 주로 면에 대한 축소, 확대 및 당김 등의 편집 기능을 이용하여 모델을 생성하였다. 또한, 천장의 곡면 처리를 위해 일반 실린더 (general cylinder) 곡면을 활용하였다. (그림 3(b))는 인터랙티브 모델링 과정을 나타내며, (그림 3(c))는 복원한 모델에 텍스처를 입혀서 렌더링 한 영상이다.

림 3(c))는 복원한 모델에 텍스처를 입혀서 렌더링 한 영상이다.

## 3. 실시간 재조명 시스템

### 3.1 개요

ETRI 렌더링기술연구팀에서는 2006년부터 4년에 걸쳐 “기능 확장형 초고속 렌더러 개발” 과제(이하 ETRI 렌더러 과제)를 수행하고 있다. 이 과제에서는 디지털 콘텐츠 제작 및 고급 가시화 분야 적용을 위한 렌더링 원천기술을 개발하고 있는데, 특히, 기능 확장성을 제공하여 다양한 특수효과 제작할 수 있도록 하고, 전역조명 기법과 같은 고품질 효과의 고속 계산을 위해 전용 하드웨어, GPU, 멀티코어, 클러스터 등의 기법을 사용하여 속도를 개선하는 연구를 진행하고 있다. 더불어, 작업 프로세스를 가속하기 위한 사용자 편의도구 개발도 포함하고 있는데, 그 중의 하나가 실시간 재조명 시스템(real-time

relighting system)이다.

실시간 재조명 시스템은 조명에 독립적인 성분을 렌더맨과 같은 소프트웨어 렌더러를 이용하여 캐시 형식으로 미리 생성시켜 두고, 조명에 종속적인 성분을 GPU로 실시간에 계산하고, 이를 조명 독립성분 캐시와 혼합하여 조명 변경에 따른 렌더링 결과를 실시간에 보여주는 시스템이다. 실시간 재조명 시스템은 2005 SIGGRAPH에서 발표된 Pixar의 Lpics 시스템[8]을 통해 많은 공감을 얻고 있다. 하지만, Lpics는 Pixar의 인하우스 툴로 제작되어 외부에 공개가 되지 않을 예정이어서, ETRI 렌더러 과제에서는 국내 스튜디오의 경쟁력 향상을 위해 자체적으로 재조명 시스템을 개발하게 되었다.

개발된 재조명 시스템은 현재 마야와 맥스의 플러그인 형식으로 제작되어 있으며, 마야의 경우는 기본 렌더링 외에 시점 변환 및 애니메이션 장면에 대해서 실시간 재조명을 지원하고 있다. 마야는 렌더링 프리뷰를 위해 IPR 렌더링 기능을 제공하고 있는데, 실시간 렌더링이 아닐 뿐만 아니라 조명의 삭제에 대해서는 반응하지 않는 단점이 있다. 캐시 생성은 현재 모델러의 기본 렌더러를 지원하고 있으나, 렌더맨이나 멘탈레이로의 확장은 어렵지 않다.

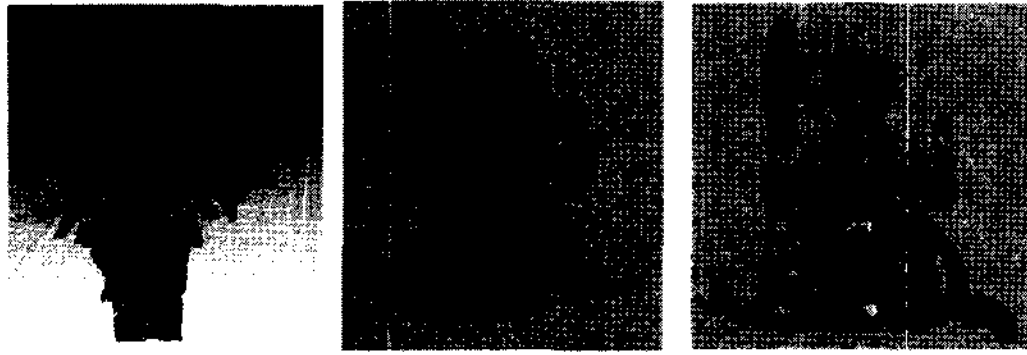
### 3.2 적용 사례

ETRI 렌더러 과제에서는 개발된 렌더링 기술을 테스트하고 HD급 시범영상을 제작하며, 추후 연구에서 활용하기 위해 과제 고유의 고품질 장면 모델을 한국 문화재 중에서 선택하여 제작하기로 했다. 먼저 대상 문화재는 다음과 같은 조건을 만족시켜야한다고 결정했다. (1) 기하학적으로 섬세하고, (2) 전역조명과 재질감 등 렌더링을 기법을 테스트할 여지가 있어야 하며, (3) 애니메이션을 위한 스토리 구성이 가능하여야 한다. 이와 같은 조건을 만족시키기 위해서는 3차원의 조형물이어야 했는데, 장신구, 장식품, 건

축물 등을 제외하고는 불상이나 사천왕상(四天王像)이 적합하다고 결론지어졌다. 불상의 경우는 종교적인 근엄함과 실물 측정이 사실상 허가되지 않아서 선택할 수 없었다. 사천왕상의 경우는 컬러와 기하학적인 면에서 섬세하면서도 복잡하고, 다양한 조명 설정이 가능하며, 기본적으로 목재의 따뜻한 재질감과 다양한 안료가 채색되어 있으며, 캐릭터 성격을 갖고 있기 때문에 애니메이션 제작이 가능했다. 이런 결정을 바탕으로 전국의 사천왕상의 사진을 담고 있는 참고 문헌[9]을 통해 대상을 결정하고 섭외를 한 결과, 전라남도 장흥 보림사의 사천왕상으로 결정되었다.

보림사 사천왕상은 현존하는 조선시대 사천왕상들 가운데 가장 연대가 오래되었을 뿐만 아니라 임진왜란 이전에 제작된 것으로는 유일하다. 제작자는 알 수 없으나 1539년 (중종 34)에 처음 조상했고 1668년과 1777년에 중수했다고 전한다. 목조이면서도 목조답지 않은 섬세함과 울동감 넘치는 뛰어난 표현 기법이 돋보인다[9]. 보림사 사천왕상은 보물 제1254호이며 높이는 각 4m 정도이다. 사천왕상은 동방의 지국천(持國天)왕, 남의 증장천(增長天)왕, 서의 광목천(廣目天)왕, 북의 다문천(多聞天)왕으로 구성되어 있는데, 과제에서는 첫 단계로 북방다문천왕과 사천왕문 일부를 장면으로 제작하였다. 더불어, 모델링과 렌더링의 품질을 시연하기 위해, 사천왕문과 사천왕상을 HD급 실사영상으로 촬영하고, 북방다문천왕 부분을 CG로 교차 편집하였으며, 마지막 장면에 사북방다문천왕에 대한 인상적인 애니메이션을 넣어 재미를 더했다. 시범 영상물은 본 영상 2분, 제작과정 1분으로 구성되어 있다.

사천왕상의 기하모델링을 위해서 VIVID 910 3차원 디지털라이저와 RapidForm 2004를 이용하였는데, 문화재 보호를 위해서 측정이 자유롭지 않았고, 모델 자체가 워낙 복잡하여 스캐닝 및 복원이 쉽지 않았다. 따라서 (그림 4)처럼 사진 및

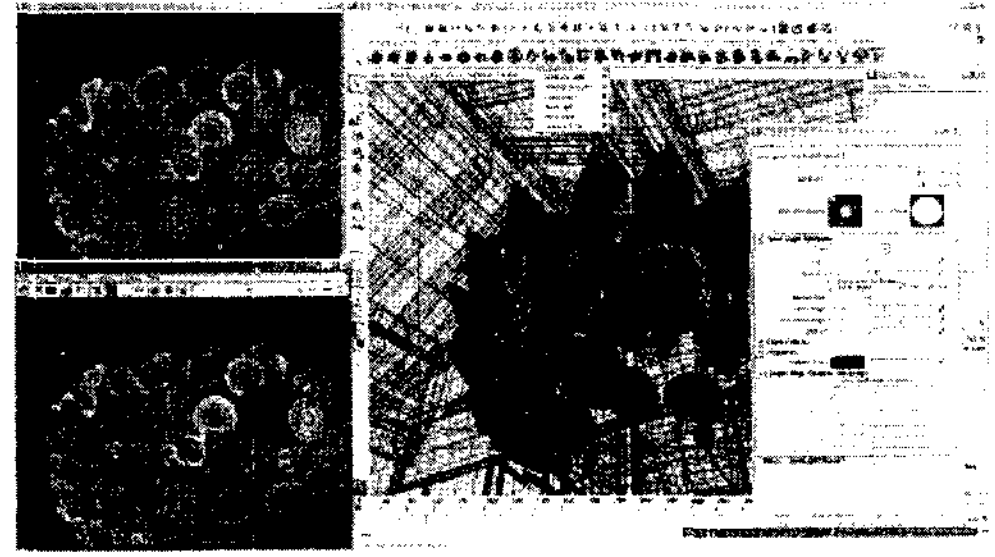


(a) 측정 및 복원 모델 (b) 완성된 형상 모델 (c) 텍스처 적용 결과

(그림 4) 복당다문천왕의 모델링 과정

동영상 촬영을 참조하여 모델링을 위한 수작업이 함께 진행되었다.

기하 모델은 실험을 위해 저해상도와 고해상도의 다각형 모델로 제작되었다. 고해상도 모델의 경우 약 250만개의 삼각형으로 구성되어 있는 복잡한 모델이다. 모델에 사용할 텍스처 제작



(그림 5) 화관부의 조명작업에 실시간 저조명 시스템을 이용하는 예

과 매핑은 사진 참조를 통해 수작업으로 진행되었으며, 모델링과 더불어서 숙련된 디자이너의 역할이 매우 중요한 단계였다.

기하 모델과 텍스처 작업이 완성되면 조명 작

모델	렌더링된 장면	실제 HD 촬영 장면

(그림 6) 모델, 최종영상 및 해당 HD 촬영 장면

업을 하게 된다. 이 때, 실시간 재조명 시스템을 사용하여 제작 공정을 매우 단축시킬 수 있었다. (그림 5)는 다문천왕의 화관부(花冠部)의 조명 작업에서 개발된 실시간 재조명 시스템을 사용하는 예를 보여 준다. 화관부는 기하 모델과 셰이더가 특히 복잡한 곳이기 때문에 조명을 설정하는데 많은 시행착오가 반복되는 부분이다. 하지만, 개발된 실시간 재조명 시스템을 이용하여, 조명의 추가, 삭제 및 속성 변경에 대해서 실시간 작업이 가능하였기 때문에 디자이너는 효율적이고 직관적인 작업이 가능하였고, 결과적으로 전체 작업 시간뿐만 아니라 최종영상물의 품질까지 개선되는 효과가 있었다. 그림 5에서 좌상단의 실시간 렌더링 결과와 좌하단의 멘탈레이 렌더링의 결과에서 차이가 나는 것은 앤티앨리어싱 유무일 뿐 빛과 그림자 효과는 동일하게 표현된다.

(그림 6)처럼 조명 작업 등이 마무리 된 후에는 다문천왕의 일부분을 CG로 제작하는 작업을 수행하였다. CG로 제작된 부분은 크게 네 부분이다. 동영상의 마지막 장면에서 다문천왕은 정지해 있는 자세에서 위엄 있는 표정으로 관람객을 바라보는 동작을 취하도록 하여 전체 장면에 CG가 쓰였다는 암시와 함께 재미를 주도록 하였다.

## 4. 문화재 가상체험

### 4.1 개요

가상현실을 이용한 문화재 체험은 지금 존재하지 않거나, 존재하지만 불완전하게 존재하거나, 비교적 온전하게 존재하는 고대문화를 디지털 복

원으로 재현하여 사용자에게 물리적으로 파괴되었거나 역사 속으로 사라진 인류의 문화를 체험하도록 제공하는 것이다. 역사적 고증을 통한 자료와 데이터를 논문 혹은 서적을 통해서만 표현이 가능했던 것을 영상산업과 디지털 콘텐츠 산업이 발전하면서 직관적으로 문화재와 역사적 사실을 3차원으로 표현하고 체험할 수 있게 되었다. ETRI 가상현실 연구팀에서는 초고해상도를 지원하는 몰입형 디스플레이인 “반구형 디스플레이” 상에서 복원된 문화재를 상호작용하면서 체험할 수 있는 운용 플랫폼을 개발하였고, 휴대형 단말기로 박물관의 문화재 콘텐츠를 학습할 수 있는 혼합현실 플랫폼을 개발하였다.

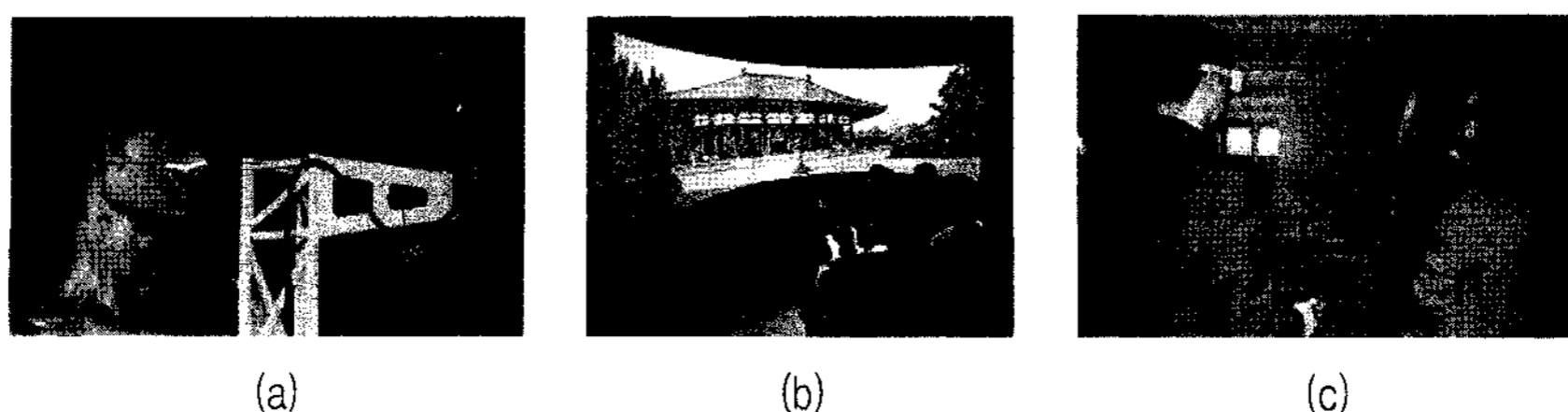
## 4.2 기술 동향

### 4.2.1 국외 기술 동향

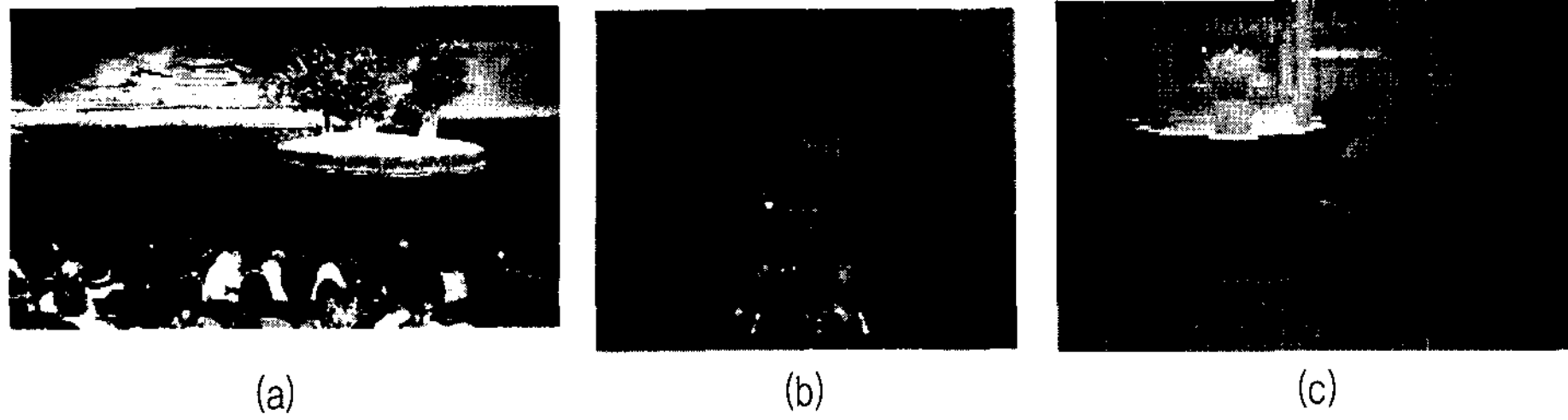
미국에서는 이태리와 공동 프로젝트로 미켈란젤로 프로젝트를 1997년 시작하였고, 23 feet의 다비드 상 및 고대 건축물 등을 스탠포드 대학과 워싱턴 대학에서 공동으로 개발한 3D 레이저 스캐닝 하드웨어를 이용하여 수밀리미터 이하로 정밀 계측하여 디지털로 복원하였다[10].

일본은 자국 문화재 외에도 세계 문화재를 포함하여 국제적인 복원을 추진하고 있으며 이집트 아부심벨 신전, 원나라 쿠빌라이칸의 궁전인 대도의 복원, 나라시의 도쇼다이지, 17세기 일본의 수도였던 교토를 가상현실로 복원 및 재현하였다[11].

유럽에서는 파르테논 신전이나 아테네 디오니소스 신전 등 그리스·로마를 디지털로 복원하



(그림 7) 다비드상 스캐닝 장면(a), 도쇼다이지의 복원과 가상 체험(b), 그리스 신전 내부 체험(c)



(그림 8) 경주세계문화엑스포 2000 안압지 체험(a), 디지털 복원한 무령왕릉(b), 경복궁 복원과 가상 체험(c)

고 있으며, 대영박물관 그리스 전시실에는 BC 479년에 페르시아인이 파괴한 파르테논 복원 영상물을 상영하고 있고, 워릭대는 아테네 디오니소스 극장, 아폴로 신전, 헤라 신전 등을 디지털로 복원하여 3차원 고고학(virtual archaeology)에 관한 연구가 활발히 진행하고 있다[12].

#### 4.2.2 국내 기술 동향

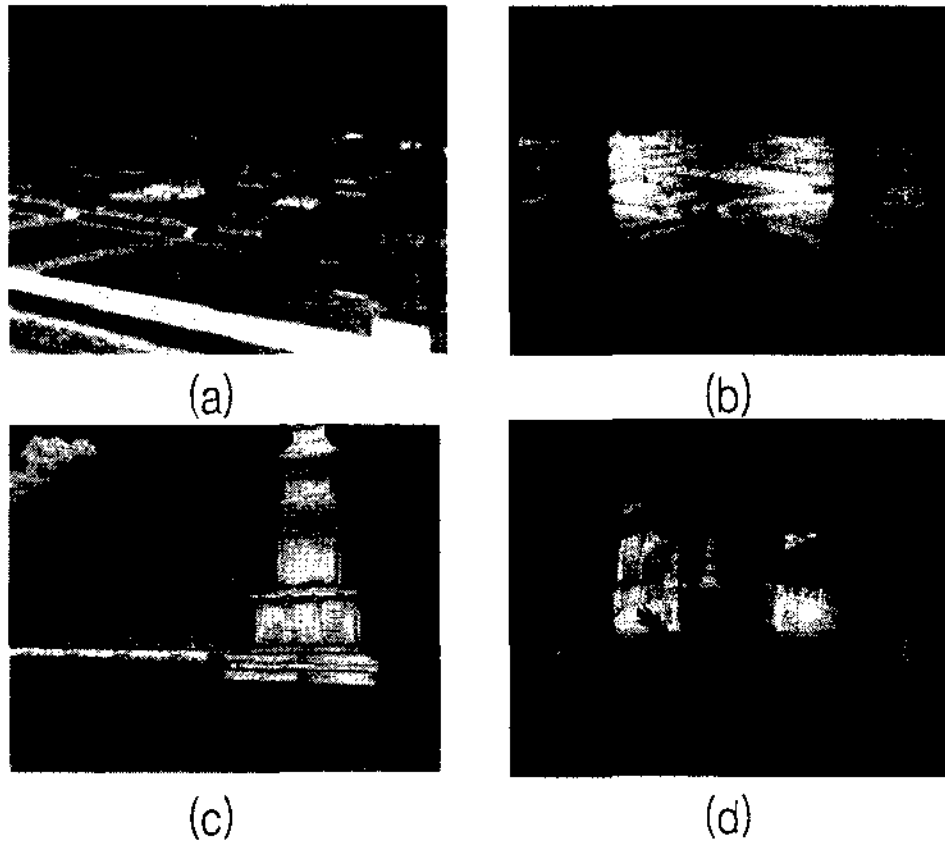
국내에서는 2000년 한국과학기술원(KIST)이 경주세계문화엑스포2000 행사에서 시연할 통일신라 서라벌의 황룡사, 월정교, 첨성대, 안압지 등의 문화재를 복원하였고, 651명을 수용할 수 있는 약 27m x 8m의 원통형으로 구성된 가상현실 전용 영상관을 설치하여 관람객들에게 통일신라 시대를 체험할 수 있도록 하였다. 또한, 관람객들에게 콘텐츠의 몰입도를 높이기 위해 시각정보 외에도 12채널의 서라운드 입체 음향을 제시하였고, 남산 장면의 솔향, 안압지의 아카시아 향 등 후각 기능과, 나비를 상하좌우로 움직일 수 있도록 참여자의 상호작용을 제공하였다[13]. 국립공주박물관에서는 백제의 무령왕릉 발굴 30주년 기념 특별전을 위해 무령왕릉의 내부 복원 도면과 발굴조사 보고서의 실측 일러스트, 무덤 내부 촬영 사진 자료를 기초로 1:1 크기의 무령왕릉을 복원하여 영상실에 프로젝터를 이용해 영상을 가시화하였고[14], 한국과학기술정보연구원(KISTI)에서는 2003년 몰입형 디스플레이인 CAVE 시스템에 경복궁을 복원하여 가시화한 사례가 있다[15].

### 4.3 적용 사례

#### 4.3.1 반구형 디스플레이 기반 문화재 체험

ETRI 가상현실 연구팀에서는 16대의 PC 클러스터와 프로젝터, 반구형 스크린을 이용한 멀티프로젝션 방식의 가상환경 시스템 구축으로 초고해상도 문화재 복원 동영상(예. 안학궁)을 가시화 하였다. 몰입형 반구형 디스플레이는 직경 3m의 후면 투사 방식으로 4x2x2 격자 배열 형태로 단일화된 영상 멀티 프로젝션이 가능하고, 4096x1536의 해상도를 가진 초고해상도 3D 입체 영상을 실시간으로 표현한다. 반구형과 같은 곡면 및 굴곡이 있는 비평면 스크린에 영상을 투영하고 초고해상도 동영상의 가시화 속도를 빠르게 위해 동영상을 분할하여 PC 클러스터에 각각의 영상을 분산하여 재생 및 영상의 동기화를 제어하고, 비평면에 투영하여 분할된 동영상의 경계에서 발생할 수 있는 끊어짐을 방지하기 위해 경계선 보정을 수행하여 왜곡된 동영상을 하나의 영상으로 제시하는 기하보정 처리를 수행하였다. 반구형 디스플레이 상에 초고해상도 동영상 가시화뿐만 아니라 사용자가 실시간으로 원하는 위치의 문화재를 조이스틱 방식의 인터페이스 장치를 통해 투어(navigation) 할 수 있도록 문화재 체험의 사용자 상호작용도 함께 구현하였고, 경주에 위치한 불국사를 현존하지 않는 연못, 다보탑의 4개 돌사자, 지붕의 건축양식 등 신라시대 형태로 복원하였다.

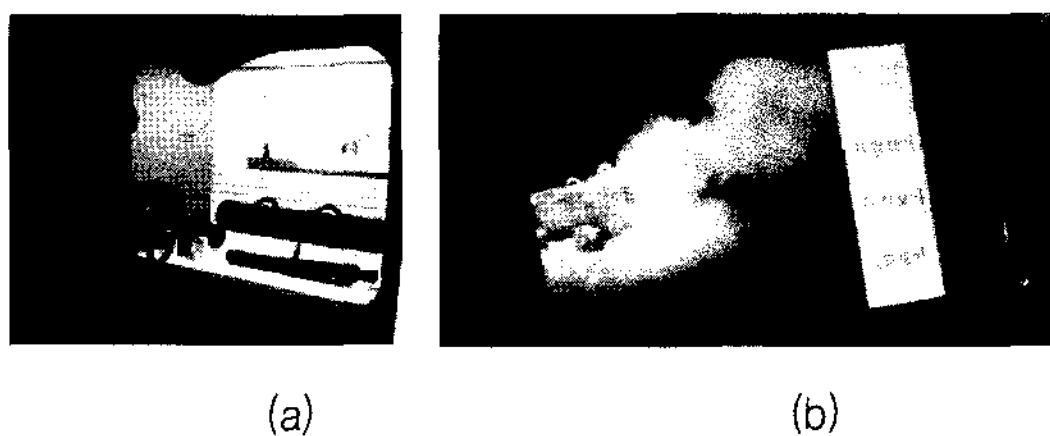




(그림 9) 고구려 안학궁의 복원(a), 반구형 디스플레이 환경에서 초고해상도 복원 동영상 투영(b), 불국사 3차원 복원 영상(c), 가상 체험(d)

#### 4.3.2 혼합현실 기반 박물관 문화재 콘텐츠 학습 플랫폼

ETRI 가상현실 연구팀에서는 기존의 전시안내 시스템을 탈피하여 박물관 문화재 전시공간에 혼합현실, 모바일 인터페이스, 상황연계 등을 활용하여 관람자의 체험감을 증대시키는 서비스를 개발하였다. 개발된 시스템을 이용하는 관람객은 서비스 지역 내의 콘텐츠에 대한 자동 설명과 서비스 지역별 시나리오에 따른 문화재 콘텐츠 체험, 남녀노소에 따른 맞춤형 콘텐츠 체험이 가능하다. 예를 들면, 조선시대 천자총통, 비격진천뢰, 거북선의 대포 등이 설치된 전시물 앞에서 혼합된 가상 영상을 이용하여 포가 발사가 되는 모습을 볼 수가 있다.



(그림 10) 휴대형 단말기를 이용하여 전시물 앞에 있는 모습(a), 그래픽으로 표현된 해당 전시물의 화포 발사 체험 장면(b)

## 5. 결론

이상에서 ETRI에서 수행한 CG/VR 과제들 중에서 개발된 기술을 문화재 복원 및 가상 체험에 활용된 경우를 중심으로 적용기술과 문화재의 디지털 복원 사례를 설명하였다. ETRI는 앞으로도 문화재의 디지털 복원을 더 적극적으로 추진할 계획이다. 예를 들어, 동적인 물체의 외형과 움직임을 동시에 복원하는 기술을 개발할 예정인데, 이는 전통무용과 같은 무형문화재의 디지털화를 가능하게 할 것이다. 외형의 경우 기하학적 형태 외에도 재질감의 재현이 중요한데, 이를 위해 재질감을 물리적으로 측정하고 문양 데이터베이스와 결합한다면 보다 사실적인 렌더링이 가능할 것이다. 이렇게 디지털화된 문화재는 실시간 체험이 가능한 콘텐츠로 제작되어 보급되는 것이 무엇보다 중요하다. 이를 위해서는 고속/대형 가시화 시스템과 혼합 현실형 인터페이스와 같은 가상현실 기술이 적극적으로 활용될 예정이다.

## 참고문헌

- [1] Brian Curless, Siggraph 2000 Courses on 3D Photography, Siggraph2000, New Orleans, Louisiana, July 2000.
- [2] Emanuele Trucco and Alessandro Verri, Introductory Techniques for 3-D Computer Vision, Prentice Hall, 1998.
- [3] <http://vision.middlebury.edu/mview>
- [4] C. W. Chu, J. C. Kim, and B. K. Koo, Implementation of 3D Structure Reconstruction System from Multiple Images, FCV 2006, Tokushima, Japan, Feb., 2006.
- [5] M. Pollefeys, R. Koch and L. Van Gool, Self-Calibration and Metric Reconstruction

in spite of Varying and Unknown Internal Camera Parameters, International Journal of Computer Vision, 32(1), 7-25, 1999.

[6] J. C. Kim, K. M. Lee, and S.U. Lee, Camera calibration using a single arbitrary parallelogram, Asian Conference on Computer 2004. Jeju, Korea, Jan., 2004.

[7] <http://www.exif.org/>

[8] Fabio, P., V. Kiril, et al. (2005). "Lpics: a hybrid hardware-accelerated relighting engine for computer cinematography." ACM Trans. Graph. 24(3): 464-470.

[9] 사천왕, 관조 사진, 이대암 글, 한길아트, 2005년.

[10] 미켈란젤로 프로젝트, <http://graphics.stanford.edu/projects/mich>

[11] 한국 문화재의 디지털 복원, CAD & Graphics, pp172~181, 2001년 3월.

[12] The pompey project: digital research and virtual reconstruction of Rome's first theatre, ACH/ALLC conference, June 2001.

[13] Audience interaction for virtual reality theater and its implementation, VRST, pp. 41~45, November 2001.

[14] 디지털 기술을 이용한 문화재 복원 사례, CAD&Graphics, 2001년 7월.

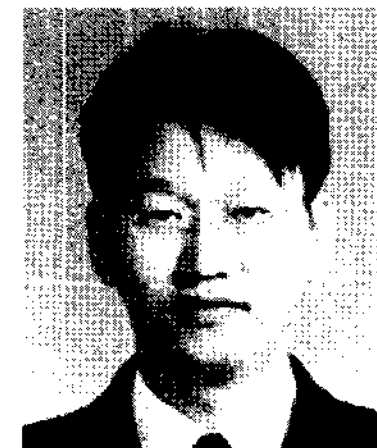
[15] CAVE 환경에서의 문화재 가상복원과 가상 협업 환경의 설계 및 구현- 가상 경복궁 1868, 한국 HCI 학회, 2004년 2월.

### 저자약력



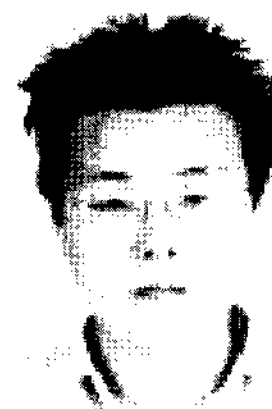
**이 주 행**

1994년 포항공과대학교 전자계산학과(학사)  
1996년 포항공과대학교 전자계산학과(석사)  
1999년 포항공과대학교 전자계산학과(박사)  
1999년~현재 한국전자통신연구원 디지털콘텐츠본부 선임연구원  
2008년~현재 과학기술연합대학원대학교 겸임교수  
관심분야 : CG, VR, CAD, 로봇틱스 분야에서 응용되는  
기하 모델링 및 영상생성 알고리즘; 지식/정보 모델링.  
이 메 일 : joohaeng@etri.re.kr



**주 상 우**

1999년 경북대학교 컴퓨터공학과(학사)  
2001년 경북대학교 컴퓨터공학과(석사)  
2001년~현재 한국전자통신연구원 디지털콘텐츠본부 선임연구원  
관심분야 : 3차원 복원, 인터랙티브 기하 모델링, 컴퓨터 그래픽스  
이 메 일 : cwchu@etri.re.kr



**조 동 식**

2001년 울산대학교 전자계산학과(학사)  
2003년 포항공과대학교 컴퓨터공학과(석사)  
2004년~현재 한국전자통신연구원 디지털콘텐츠본부 선임연구원  
관심분야: 가상현실, 사용성 평가, 고품질 렌더링, 몰입형 가시화  
이 메 일 : dongsik@etri.re.kr