

문화원형 디지털 복원기술 : 컴퓨터 그래픽스 및 영상처리를 활용한 시스템의 통합 기능을 중심으로*

문호석** · 손명호***

Techniques for Digital Restoration of Cultural Assets : Focused
on Computer Graphics and Image Processing Methods*

Ho Seok Moon** · Myung Ho Sohn***

■ Abstract ■

The industry of cultural digital contents has been regarded as the main next generation industry. Recently techniques for restoring cultural assets and the multiple usage of those have been developed in our country. Using computer graphics and image processing techniques, many cultural assets have been restored. If the focus for researches and supports to cultural assets restoration grows rapidly, we will create cultural and economical added-values and get the benefit of that technology. In this paper, we introduce the techniques for restoring cultural assets focused on computer graphics and image processing techniques.

Keyword : Digital Restoration of Cultural Assets, Image Processing, Computer Graphic,
Digital Contents

논문투고일 : 2009년 08월 17일 논문수정완료일 : 2009년 12월 12일 논문게재확정일 : 2009년 12월 14일
* 이 논문은 2006년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2006-321-B00426).
** 육군사관학교 전자정보학과 조교수
*** 명지전문대학 경영학과 교수, 교신저자

1. 서 론

1361년 고려 공민왕 시대에 홍건적의 침입으로 불에 타 사라진 만월대의 웅장한 모습이 650년 만에 디지털 영상으로 복원되었다는 보도가 2009년 8월 6일 TV 뉴스에 있었다[8]. 이 디지털 영상 복원작업은 2007년 남북한이 함께 만월대 터를 발굴 조사한 결과를 바탕으로 카이스트 연구팀이 고려왕궁 만월대를 디지털 영상으로 복원한 것이었다.

신라의 대표적인 사찰, 황룡사도 섬세한 디지털 영상으로 되살아났다[6]. 80미터 높이의 거대한 목탑과 아름다운 법당이 세밀한 영상기술로 재현됐다. 사라진 문화재 뿐 아니라 석굴암과 같은 현존하는 문화재도 정밀한 실측을 통해 만들어진 디지털 영상으로 재현되어 원형 복원과 문화재 연구에 중요한 자료를 제공하고 있다. 조상들의 혼과 열이 담긴 전통 문화재들이 첨단 디지털 기술 속에 화려하게 부활되고 있다.

문화유산의 디지털콘텐츠화 작업은 우리나라에서만 아니라 세계적으로도 많은 관심을 갖고 육성하고 있다. 우리나라에서도 2000년에 차세대 10대 성장 동력 산업중 하나로 디지털콘텐츠 산업을 선정한 이후 디지털 복원 및 재현 기술은 계속적으로 발전해 오고 있다.

문화체육관광부와 한국 소프트웨어진흥원이 함께 국내외 디지털콘텐츠 산업의 현황 및 전망을 파악하기 위하여 수행한 “2008년 디지털콘텐츠 시장조사 결과” 보고서에 따르면, 국내 디지털콘텐츠 시장의 규모는 조사를 처음 시작한 2003년 5조 7,721억 원을 기록한 이래 연평균 14.1%의 높은 성장률을 기록하며 2008년에는 11조 1,827억 원 규모였다. 이는 2007년 10조 1,390억 원에 비해 10.3% 성장한 것으로, 세계적인 경기 침체와 함께 국내 GDP 성장률, 민간 소비 성장률이 둔화되었음에도 불구하고 디지털콘텐츠 산업이

고속성장을 지속하는 미래형 산업임을 확인시켜 주고 있다. 세계 디지털콘텐츠 시장 또한 2007년 3,031억 달러에서 2008년 3,533억 달러로 16.6% 성장한 것으로 추정되며, 2013년까지 12.3%의 연평균 성장률을 기록하여 6,322억 달러에 달할 것으로 전망된다. 디지털콘텐츠 산업의 분야별 비율을 살펴보면 디지털방송과 디지털영상이 전체 디지털콘텐츠 시장의 45.8%를 차지하였으며, 게임(16.2%)과 정보콘텐츠(13.6%) 등이 그 뒤를 이었다. 문화재 콘텐츠가 포함되어 있는 디지털영상과 정보콘텐츠 분야의 비중이 아주 높다는 것을 알 수 있다[4].

이러한 문화 및 유물, 유적 자료를 디지털화하고 디지털화 된 자료를 이용하여 문화재 원형을 복원하는 기술은 지식정보화사회의 중요한 자산이며 IT기술과 융합된 서비스 산업으로 각광받고 있다. 오랜 세월 문화유산으로 간직해 온 문화재는 정신적인 중요한 가치를 지닌 자산이며 경제적으로도 무한한 가치를 지닌 자산이다. 최근의 숭례문 관련 사건에서도 사회적으로 많은 관심과 예산이 집중되었던 것들을 살펴보면 이러한 문화적이고 경제적인 가치를 가늠해 볼 수 있을 것이다.

이러한 문화재의 디지털 복원을 위해서 어떠한 과정과 기술들이 필요한 가를 아는 것은 중요하다 하겠다. 특히, 문화재 디지털 복원과 정에서 핵심적으로 사용되는 기술이 “컴퓨터 그래픽스 및 영상처리 기술에 의한 문화원형 복원 기술”인데 이에 대해서 자세히 알아보는 것이 먼저 필요하다[9]. 이 기술과 관련된 내용들이 다양한 각도에서 많은 연구자들에 의해서 다루어지고 있으나 종합적인 면에서 구체적으로 어떤 기술들이 적용되는 지에 대한 연구가 부족한 것이 현실이다. 본 논문에서는 문화재 디지털 복원 기술과 관련된 분야에 대한 전반적인 기술 소개와 핵심기술인 “컴퓨터 그래픽스 및 영

상처리 기술에 의한 문화원형 복원기술”에 대해서 중점적으로 다루고 해당되는 기술들에 대한 구체적인 사례들을 제시하고자 한다. 이를 통해서 문화원형 복원기술에 대한 전반적인 이해와 앞으로 나아갈 방향 등에서 보다 구체적으로 알 수 있을 것이다.

2. 문화재 디지털 복원관련 용어 및 기술

2.1 용어 정의

“복원(復元)”은 “원래대로 회복함”을 사전적으로 의미한다. “복원”이 문화재와 관련돼서 사용될 때는 “문화유산의 잃어버린 형태나 모습을 원래대로 되돌리는 것”을 의미한다. 즉, “복원”은 이미 훼손되었거나 사라진 문화유산에 대한 고증을 거쳐 원래의 모습이나 역사적 환경을 재구성하여 원형을 되살리는 것을 뜻한다[6].

문화재 디지털 복원이란 컴퓨터 그래픽, 3차원 공간의 가상현실, 빛이 투과되는 홀로그램 등의 다양한 미디어를 사용하여 고대 문화유산을

을 본래의 모습대로 재현하는 것이다[5].

문화재 디지털 복원에는 문화재의 실제 존재 여부에 따라 실제 세계에 존재하지 않는 문화유산을 가상공간에서 원형을 찾아 디지털 복원하는 것과 현재 남아있는 문화유산의 경우 3D 스캔 기법 등을 적용해 가상공간에 옮기려는 (일종의 디지털 복사) 디지털 재현의 두 가지 형태가 있다.

한국문화콘텐츠 진흥원에서 제시하는 문화재 디지털 복원과 관련된 문화유산 기술은 크게 <표 1>과 같이 다섯 가지로 분류해 볼 수 있다 [9]. 이 가운데 문화재 디지털 복원과 관련된 핵심기술은 “컴퓨터 그래픽스 및 영상처리 기술에 의한 문화원형 복원기술”이다. 제 3장에서는 이에 대해서 자세히 알아보겠다.

3. 컴퓨터 그래픽스 및 영상처리 기술에 의한 문화원형 복원기술

컴퓨터 그래픽스 및 영상처리 기술에 의한 문화원형 복원 기술은 <표 2>에서와 같이 3가지

<표 1> 문화재 디지털 복원 관련 주요 기술

기술 분야	내용
2D, 3D 문화원형에서 문양 및 도면 자동추출 기술	수작업에 의해 이루어지고 있는 문양 콘텐츠 및 도면정보의 구축과정을 문화유산 콘텐츠의 특성에 맞는 자동추출방법을 패키지화한 기술
컴퓨터 그래픽스 및 영상처리 기술에 의한 문화원형 복원기술	컴퓨터 그래픽스 및 영상처리 기술을 이용하여 지식정보화사회의 중요한 자산인 우리 문화 및 유물, 유적 자료를 디지털화하고 이를 이용해 문화재 원형을 복원하는데 필요한 기술
원형 복원을 위한 3차원 형상 매칭 기술	3차원 객체의 형상정보를 바탕으로 모양, 문양, 패턴 등을 대표하는 형상 특징 정보를 추출하는 3차원 형상 특징벡터 추출기술과 추출된 두 개 이상의 3차원 특징 벡터 간에 공통적이거나 차별화된 특징들을 추출하는 벡터매칭 기술을 기반으로 3차원 문화원형이 저장된 DB에서 찾고자하는 3차원 또는 2차원 형상에 가장 적합한 문화원형을 찾아주는 매칭엔진 및 이를 이용하는데 필요한 API를 개발하는 기술
실측기반 고정밀 문화콘텐츠 생성기술	적외선, X-Ray, 가시광선기반 카메라 영상 입력 기술 및 영상합성 기술과 3차원 스캐너기반 3차원 입력 및 모델링 기술개발을 통한 다양한 영상 획득 기법으로 유형 문화재를 실측하고 실측된 디지털 데이터를 기반으로 유형 문화재를 새로운 형태의 고정밀, 고품질 디지털 콘텐츠로 생성, 변환, 표시하는 기술
가상문화유산 체험관 플랫폼 기술	실시간 처리를 위한 디지털 문화유산 콘텐츠 통합 및 가공처리 기술과 가상 문화유산 체험관을 통합 운영하는 기술을 개발함으로써 대형 디지털 문화유산 체험관의 체계적이고 효율적인 운영을 가능토록 하는 기술

중분류와 8가지 세부기술로 나눌 수 있다.

〈표 2〉 컴퓨터 그래픽스 및 영상처리 기술에 의한 문화원형 복원의 세부 기술

기술 분야	세부 기술
고해상도 3D 디지털 문화재 입력 및 표시기술	문화원형 고해상도 디지털 계측 기술
	Scan Data Processing 기술
	3D Photography 기술
문화콘텐츠 영상 처리 및 복원 기술	조각난 문화재 복원기술
	문자판독 및 복원기술
문화원형 재현 기술	3D 모델링 및 데이터 압축 기술
	Point Streaming 기술
	다운로드 가속 컨포넌트 기술

세부기술에 대해서 구체적으로 정리하면 다음과 같다.

3.1 고해상도 3D 디지털 문화재 입력 및 표시기술

3.1.1 문화원형 고해상도 디지털 계측 기술

3D 스캐너를 이용하여 문화재를 측정할 경우 문화재의 특성상 원본의 형태적, 광학적, 위치적 손상 등을 고려한 여러 가지 제약조건이 수반된다. 특히 문화재를 다룰 때 세심한 주의가 요구되며 손상을 우려하여 측정 시에 문화재의 배치 및 안정성의 문제로 인한 측정이 불가능한 영역이 발생한다. 이로 인하여 완벽한 3D 형상 및 색상 정보를 측정하지 못한 미 측정 부위가 나타난다. 문화재의 측정을 위하여 접촉센서나 강렬한 빛 등을 사용하는 경우 문화재에 심각한 손상을 야기할 수 있으므로 문화재의 특성에 따라 측정방법에 제약이 따르게 된다. 일반적으로 비접촉식, 비화학적 방식을 사용하며 벽화, 고화 등과 같이 색상이 중요한 문화재의 경우 조명에 영향을 받아 퇴색 현상이 나타나게 되는 경우가 있다. 이러한 경우 자연광 기

준의 색상을 측정할 수 없는 제약이 나타나게 된다. 일반적으로 문화재의 경우 문화재가 있는 장소에서 측정을 시행한다. 탑이나 건축물 같은 대형 문화재의 경우 이동자체가 불가능하고 이동이 가능한 문화재의 경우도 분실과 이동시의 손상 등을 고려해 보관 장소에서 문화재 관리자의 참관 하에 문화재를 다루는 방법 등을 충분히 교육받은 인력에 의해 이루어져야 한다[10].

〈표 3〉 문화원형 고해상도 디지털 계측 기술

구분	내용
형상/색상 동시측정 시스템	3D 스캐너와 Color Filter 및 Color CCD를 이용하여 형상과 색상을 동시에 측정할 수 있으며, 측정된 점 데이터에는 3D 위치좌표 뿐만 아니라 색상좌표도 포함되어 있다.
True Color 측정을 위한 조명 시스템 구축 기술	3D Scanner로 문화원형의 다양한 색상과 복잡한 질감을 True Color로 획득하기 위해서는 시간의 경과에 따른 영향 없이 균일한 조건으로 대상물을 비출 수 있는 조명시스템이 필요하다.

① 형상/색상 동시측정 시스템

문화원형을 디지털 데이터화하는 방법으로는 2D 이미지 합성방식, 이미지 맵핑방식 그리고 유물의 형상/색상 동시 측정방식 등이 있다.

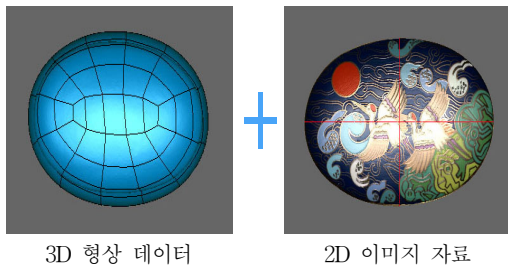


[그림 1] 2D 이미지합성방식

2D 이미지 합성방식은 여러 각도에 촬영한 이미지 자료를 프로그램 상에서 합성하여 이를

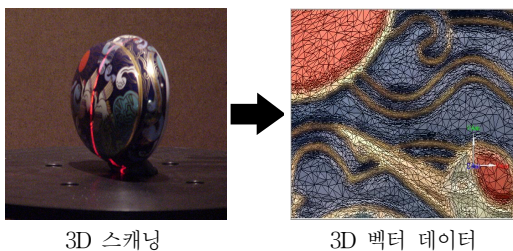
특정시점에서 보이게 하는 방법으로 비교적 단 시간에 유물의 형상을 완성시킬 수 있으나 형상데이터는 포함하고 있지 않으므로 3D 수치화는 불가능하다([그림 1]).

이미지 맵핑방식은 형상 데이터를 3D 측정후 이미지를 2D 카메라로 촬영하여 형상 데이터와 이미지를 조합하는 방법으로 촬영된 이미지를 동일 조건으로 보정해야하는 추가적인 과정이 필요하다([그림 2]). 또한 유물의 형상이 복잡해질수록 3D 형상 데이터와 2D 이미지를 오차없이 원 위치에 일치하도록 조합시키는 것은 실제적으로 불가능하며, 원형 데이터의 왜곡은 피할 수 없다.



[그림 2] 이미지 맵핑방식

유물의 형상/색상 동시 측정방식은 3D 스캐너와 Color Filter 및 Color CCD를 이용하여 형상과 색상을 동시에 측정할 수 있으며, 측정된 점 데이터에는 3D 위치좌표 뿐만 아니라 색상좌표도 포함되어 있다.



[그림 3] 3D 형상/색상 동시 측정 방식

<표 4> 3가지 디지털 데이터화 방식의 차이

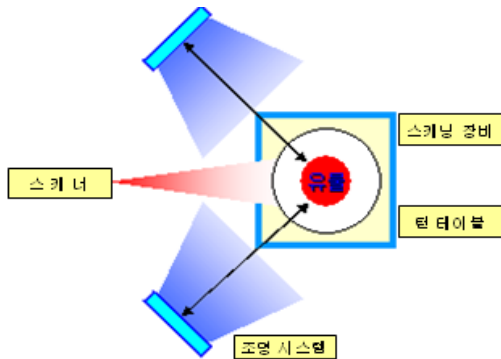
구 분	2D 이미지 합성방식	이미지 맵핑방식	형상/색상동시 측정방식
필요 장비	디지털카메라 조명장비	3D Scanner 디지털카메라 조명장비(2D 촬영용)	형상/색상동시 측정용 3D Scanner 통합조명 시스템
결과물	2D 이미지	2D 이미지 + 형상 데이터	3차원 Vector Data
데이터 입력 시간	이미지 촬영 : 48컷×30초 = 24분	이미지 촬영 : 48컷×30초 = 24분 3D Scanning : 48분	3D Scanning : 48분
데이터 후처리 시간	이미지 보정 : 120분 이미지 합성 : 30분	이미지 보정 : 120분 3D Vector Data 정합 : 240분 이미지+형상 데이터합성 : 120분	3D Vector Data 정합 : 240분

따라서 형상/색상 동시 측정방식은 2D 이미지 합성방식이나, 이미지 맵핑방식에서 나타난 문제점들을 해결할 수 있는 기술일 뿐만 아니라, 유물의 안정성과 객관적이고 정확한 데이터를 확보하기 위한 최적의 방식이다. 또한 문화원형의 복원을 위해서는 단순 이미지 자료가 아니라 수치 개념이 포함된 벡터 데이터가 필요하므로 역설계 기술을 적용한 완벽한 3D 형상/색상 데이터가 제작되어야 한다.

<표 4>에서 나타내는 바와 같이 2D 이미지 합성방식은 데이터의 입력 및 후처리에 걸리는 시간이 짧다는 장점이 있기는 하나 데이터 활용도에 제약이 있으며 3D 형상의 벡터 데이터를 확보할 수 없다는 치명적인 단점이 있다. 이와는 대조로 형상/색상 동시 측정방식은 문화재와 같이 보존 및 복원의 필요성이 절실한 대상물을 보다 정확하게 측정하고 분석하기 위한 필수적 고품질 3D 데이터를 확보할 수 있는 최적의 방식이다.

② True Color 측정을 위한 조명 시스템 구축 기술

3D 스캐너로 문화원형의 다양한 색상과 복잡한 질감을 True Color로 획득하기 위해서는 시간의 경과에 따른 영향 없이 균일한 조건으로 대상물을 비출 수 있는 조명시스템이 필요하다. 이때 색온도는 자연광과 같은 5,000~5,500°K를 지속적으로 유지해야 하며, 테이라이트(Day Light)와 같은 5,400°K가 최적의 조건이다. 주어진 조명의 조건 하에 측정하고자 하는 유물의 색상과 질감이 그대로 기록될 수 있도록 화이트밸런스(White Balance)를 조절하여 CCD(Charge Coupled Device)를 통과한 색신호(R, G, B)의 비율을 1 : 1 : 1로 보정하여야 한다.



[그림 4] 조명 시스템의 개략도

조명 시스템의 개략도는 [그림 4]와 같다. 유물의 측정을 위하여 스캐너와 유물의 중심선을 기준으로 좌우 대칭인 지점에 위에서 제안하는 조명시스템을 설치하되 각도는 45도가 최적이며, 45도보다 좁은 경우는 광량은 풍부해지나 반사표면을 갖는 유물인 경우 난반사를 일으킬 우려가 있으며, 45도 이상인 경우에는 유물 전면부에 광량이 부족해진다. 조명시스템과 측정 유물간의 거리 또한 정확한 측정을 위해 중요한 인자중의 하나이다. 조명시스템과 유물과의 거리가 멀어질수록 급격한 조도의 감소를 나타

낸다. 일반적으로 조명시스템과 유물과의 거리는 1.5m 이내가 적당하다. <표 5>는 4가지 조건에 따른 조명의 강도에 따른 조도의 변화를 나타내고 있다.

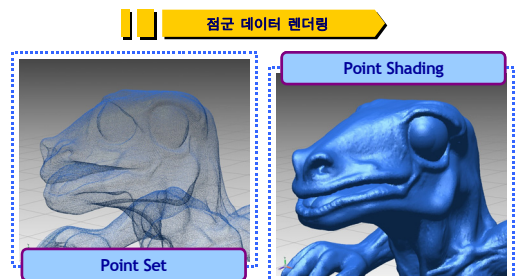
<표 5> 조명의 강도에 따른 조도의 변화

구 분	조건 1	조건 2	조건 3	조건 4	
Light 화도(W)	110	220	330	660	
Light 수	2×55W	4×55W	6×55W	12×55W	
백열광과 비교(W)	700	1,500	2,300	4,500	
조도 (Lux)	거리(0.5m)	6,500	10,500	16,000	-
	거리(1.0m)	4,700	7,700	12,000	19,000
	거리(1.5m)	3,000	5,050	7,950	12,200
	거리(2.0m)	1,300	2,400	3,900	5,400
	거리(2.5m)	920	1,750	2,850	3,950
	거리(3.0m)	550	1,100	1,800	2,500
	거리(3.5m)	200	470	820	1,250

3.1.2 Scan Data Processing 기술

① 고해상도 스캐너로부터 컬러 정보를 포함한 점군 데이터 입력 기능 향상

이렇게 얻어진 컬러 점군 데이터를 핸들링 할 수 있어야 하므로, 고해상도 스캐너로부터 얻어진 형상 정보 및 컬러 정보를 포함한 점군 데이터를 입력 할 수 기능을 갖추어야 한다. 즉, 대용량의 형상 및 컬러 정보 동시 입력이 가능하며, 입력받은 점군 데이터를 가시화 할 경우 마치 폴리곤을 셰이딩한 것과 같은 효과를 줄 수 있도록 가시화 기능이 필요하다[11].



[그림 5] 점군 데이터의 가시화

② 대용량 원시 데이터의 효율적 관리

3D 스캐너로부터 점군 또는 폴리곤 메쉬 데이터를 입력받을 때, 불필요한 노이즈 데이터나 과도하게 많은 측정 점들의 수를 필터링 기능을 이용하여 효과적으로 줄일 수 있다. 점군 데이터를 입력받으면 메쉬를 생성하는 과정을 밟아야 하며, 폴리곤 메쉬를 입력받으면 곧바로 정합 과정으로 넘어간다. 정합 과정은 공통되는 세 점을 이용한 이니셜 정합과 소프트웨어적으로 모든 점을 비교하여 보다 정확하게 위치를 맞추어주는 글로벌 정합으로 구분된다. 정합 과정이 끝난 각 셀들은 병합 과정을 거쳐서 하나의 셀로 합쳐질 수 있다. 병합 과정이 끝난 모델은 필요에 따라서 스캐닝이 안된 부분을 구멍 메우기(Hole Filling)로 채울 수 있으며, 후속 작업을 위하여 적당한 수의 폴리곤 모델을 생성하기 위한 간소화 기능을 적용한다. 스캔 데이터를 불러들일 때 각 파일을 로드(Load)하거나 언로드(Unload) 할 수 있다. 로드라 함은 모든 데이터를 실제 메모리 상에 띄워 놓는 것을 말하고, 언로드라 함은 모든 데이터를 하드디스크에 임시로 저장해 두는 것을 의미한다. 로드/언로드 메커니즘은 실제 메모리 상에 있는 데이터를 동적으로 하드디스크에 저장했다가 필요할 때 불러오므로써, 매우 큰 대용량의 데이터도 처리 할 수 있도록 한다. 데이터를 하드디스크에 저장해 놓았다가 일부분만 불러와서 작업을 수행할 수 있다. 메모리와 하드디스크를 통해서 데이터를 주고받는 시간은 매우 미미하여 계산시간에 추가되는 오버헤드는 무시할 만하다. 이를 통해서 대용량의 원시데이터를 관리하게 된다[13].

3.1.3 3D 포토그래피 기술

3D 포토그래피 기술은 e-Commerce에서부터 제조분야에 이르기까지 다양하게 활용되고 있

다. 전통적인 사진 작업에서는 필름현상 및 인화작업등을 수행했지만 3D 포토그래피 기술은 포토샵을 이용한 2D 이미지 편집 작업을 진행하듯이 3D 모델에 컬러 디자인 작업을 가능하게 하는 기술이다. 일반적으로 광학식 스캐너는 CCD 카메라에서 보이는 부분만의 데이터를 획득할 수 있기 때문에, 물체의 완벽한 3D 형상을 획득하기 위해서는 여러 시점에서 스캐닝한 데이터를 합성하는 과정이 필요하게 된다. 그런데, 여러 시점에서 스캐닝을 하게 되면, 빛이나 주변 환경의 영향으로 인해 각각의 시점에서의 스캐닝한 데이터의 색온도가 약간씩 틀려지게 된다. 따라서 최종적으로 데이터를 합성하기 전에 미묘하게 차이나는 색온도를 보정할 수 있는 기능이 필요한데 3D 포토그래피 기술이 이것을 가능케 하고 있다.

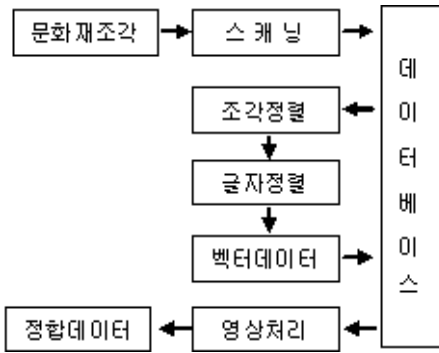
3.2 문화콘텐츠 영상 처리 및 복원 기술

3.2.1 조각난 문화재 복원기술

화염석경과 같이 문화재 표면에 글자가 새겨져 있는 조각난 문화재는 정합과정을 거쳐 복원하게 된다. 정합과정을 수작업으로 하게 되면 정합과정 간에 추가적인 문화재의 훼손이 발생할 가능성이 높다. 또한, 정합해야 될 조각의 수가 증가하게 되면 수작업에 의한 정합에는 한계가 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 기술이 조각난 문화재 복원기술이다. 조각 정합 시스템은 [그림 6]에서 보는 바와 같다[1, 2, 12]. 먼저, 문화재 조각이 3D 스캐너를 이용하여 획득된다. 문화재 조각에 새겨져 있는 글자의 특징을 이용하여 글자가 새겨져 있는 정면 부분을 찾아 정렬(이하 ‘조각 정렬’)을 하게 되면 조각 정합간 x축과 y축으로 회전되어 있는 상태를 고려하지 않아도 된다.

대부분 조각가들이 비석이나 돌에 글자를 새길 시에는 가로 세로로 큰 방향은 정해 놓고 작

업을 하기 때문에 조각의 글자 정보로 조각의 수직 방향을 찾아 정렬(이하 ‘글자 정렬’)을 할 수 있게 된다. 3D 데이터로 저장된 조각 정보는 입력 받을 때에 임의의 방향으로 입력되므로 조각 정면과 글자의 수직 배열을 찾지 않은 상태에서 정합을 하는 것은 곤란하다. 이렇게 정렬된 조각들에서 특징 벡터들을 추출하고 영상 처리를 통해 조각들을 정합한다.



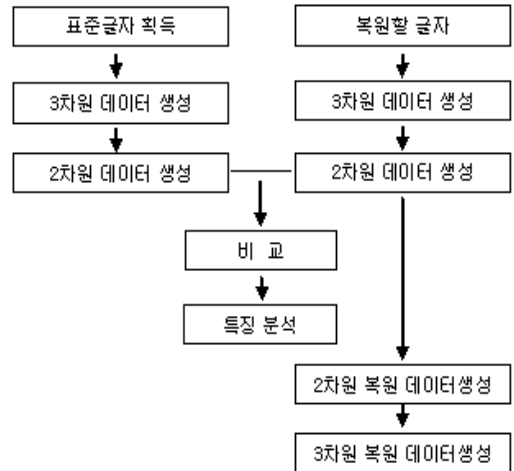
[그림 6] 조각 정합 시스템 구성도

3.2.2 문자판독 및 복원기술

[그림 7]은 비석이나 경판 등에 글자가 새겨져 있는 형태의 문화재에서 문자를 판독하여 오랜 세월을 통해서 마모된 문자들을 복원하는 기술에 대한 순서도이다. 여기서는 팔만대장경의 예를 들어서 작성한 순서도이다. 순서도 왼쪽에서 보이는 표준 글자는 팔만대장경 가운데 보존이 잘 된 글자들을 말한다. 이러한 데이터를 3D 디지털 자료화를 하고, 3D 데이터를 Z-map을 이용하여 2D 데이터로 만든다[3, 7].

[그림 7]의 순서도 오른쪽에서 보이는 복원할 글자는 글자가 마모되거나 훼손되어 복원이 필요한 글자들이다. 이 글자를 표준 글자를 2D 데이터로 변환시키는 과정과 동일하게 2D 데이터로 변환시킨다. 그리고 표준 글자의 2D 데이터와 복원할 글자의 2D 데이터를 비교하여 차이가 나는 부분의 특징을 분석한다. 이를 토대로 복

원할 글자를 표준 글자로 변환시킬 수 있는 필터를 유추해내고 이를 복원할 글자에 적용한다.



[그림 7] 문자복원 시스템 구성도

3.3 문화원형 재현 기술

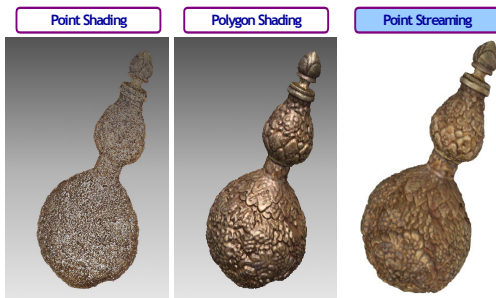
3.3.1 3D 모델링 및 데이터 압축 기술

3D 컬러 스캐너로부터 획득한 컬러 점군 데이터를 이용해서 최적화된 폴리곤 모델을 생성하는 기술이 3D 모델링 및 데이터 압축 기술이다. 이 폴리곤 모델에 텍스처 맵을 보존하여 점군 컬러 정보를 일반적인 텍스처 이미지 맵으로 전환해 줄 수 있으며, 원시 모델링 데이터를 이용하여 다양한 모델링을 수행하는 과정에서도 스캐닝 단계에서 얻어진 초기의 이미지 정보를 원시 상태 그대로 보존할 수도 있다.

3.3.2 Point Streaming 기술

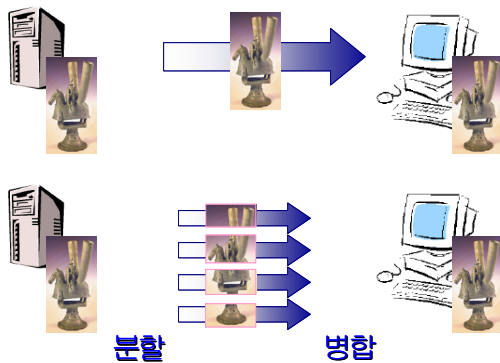
대용량의 폴리곤 모델의 경우 폴리곤이 아니라 점군 데이터로만 표현해도 차이가 없다. 따라서 점군 데이터만으로 이루어진 모델을 생성하여 그리게 되며 이는 디스플레이 속도를 향상시킬 수 있다. 이를 Point Streaming 기술이라고 한다.

점군 데이터들만으로 이루어진 모델에서 각 점들을 트리 구조 형태로 구조화시킴으로써 다중해상도 모델을 구현할 수 있다. 이는 실제 디스플레이되는 경우, 각 픽셀당 한 개 이상의 점을 그리게 되는 것은 필요 이상의 부담이므로 각 픽셀의 크기와 비슷한 해상도의 점을 그림으로써 성능을 향상시킬 수 있다. [그림 8]은 호리병 도자기를 Point Shading 방식(왼쪽), Polygon Shading 방식(중앙), Point Streaming 방식(오른쪽)으로 디스플레이한 예이다.



[그림 8] 호리병 도자기의 디스플레이 예

이 구조화된 형태의 모델은 저해상도에서부터 고해상도로 앞에서부터 기록을 하게 되면, 네트워크 상에서 전송과 동시에 받은 부분까지의 해상도로 모델을 볼 수 있는 스트리밍도 가능하게 된다.



[그림 9] 분할 다운로드 개념도

3.3.3 다운로드 가속 컴포넌트 기술

다운로드 가속 컴포넌트란 “분할 다운로드”로 다운로드 시간을 절약하는 다운로드 컴포넌트를 말하며, [그림 9]에서와 같이 “분할 다운로드”란 부피가 큰 파일을 여러 조각으로 나누어 그 각각의 조각을 여러 사이트에서 동시에 받아와서 다운로드 시간을 줄이는 것이다. 이 기술을 통해서 인터넷 사용자의 다운로드 시간을 줄이는 효과가 있다. 3D 데이터의 원활한 전송을 위해 이러한 기능을 3D 뷰어 프로그램에 적용하기 위해서는 이 기술 개발이 필요하며 이를 통해서 다양한 사용자 환경에 상관없이 인터넷 전송 성능을 향상시키게 된다.

4. 결 론

본 연구에서는 문화재 디지털 복원에 사용되는 기술을 “컴퓨터 그래픽스 및 영상처리 기술에 의한 문화원형 복원”의 통합적 기술을 중심으로 알아보았다. 본 연구에서 소개되고 제안되는 다양한 문화재 복원 기법을 통하여 문화재 디지털 복원에 핵심적으로 사용되는 기술이 무엇인지와 어떻게 문화재가 디지털로 복원되는지, 이를 위해서 어떤 과정과 기술들이 발전되고 준비되어야 하는지에 대해서 자세히 소개하였다. 본 연구에서 소개하는 기법들의 일부는 시스템으로 개발되어 있다. 향후, 이러한 개별 기법의 시스템으로 개발된 방법들을 통합하여 새로운 통합 시스템을 개발하면 문화 이미지원형 복원 작업과 동시에 문화재 글자 원형 복원작업이 하나의 시스템 안에서 동시에 이루어 질 수 있을 것이다.

세계적으로 우수한 문화재를 많이 갖고 있는 우리나라에서 이러한 문화재 디지털 복원 기술들을 적극적으로 개발하는 것을 통하여 고부가가치 산업인 문화재 디지털콘텐츠 산업을 보다 활성화

화시키고 경제적인 면에서와 문화적인 면에서 커다란 발전을 도모하게 할 수 있을 것이다.

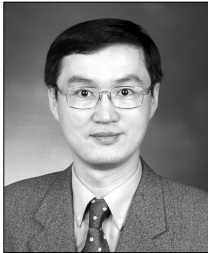
참 고 문 헌

- [1] 문호석, 손명호, “문화재 원형 복원 시스템”, 『한국경영정보학회』, 춘계 학술대회, (2005), pp.907-911.
- [2] 문호석, 손명호, “컴퓨터 그래픽스 및 영상처리를 이용한 문화 원형 복원 전문가 시스템 개발”, 『한국컴퓨터정보학회지』, 제11권, 제6호(2006), pp.269-277.
- [3] 문호석, 손명호, “Z-map과 모폴로지 필터를 이용한 문화재 문자 복원”, 『한국컴퓨터정보학회지』, 동계학술대회, 2006.
- [4] 문화체육관광부, “2008 디지털콘텐츠 시장조사 결과”, 2009.
- [5] 박소연, “문화재 디지털 복원을 통한 디지털 문화 콘텐츠 개발에 관한 연구-전주 경기전을 중심으로”, 『한국기초조형학회』, 제6권(2005), pp.487-495.
- [6] 박진호, “황룡사 디지털 연구”, 『정보처리학회지』, 제15권, 제3호(2008), pp.63-69.
- [7] 최병규, 정연찬, “Z-map을 사용한 모의 가공과 NC-code의 검증”, 『대한 산업공학학회지』, 제8권, 제3호(1995), pp.155-169.
- [8] <http://www.kbs.co.kr>.
- [9] <http://technomart.kocca.or.kr/main/main.jsp>.
- [10] <http://www.dynedigital.co.kr>.
- [11] Amenta, N., M. Bern, and M. Kamvyselis, A New Voronoi-Based Surface Reconstruction Algorithm, *Proc. SIGGRAPH*, (1998), pp.19-26.
- [12] Moon, H. S., T. W. You, H. W. Yoo, M. H. Sohn, and D. S. Jang, “A Recovery System of Broken Relics Using Least Squares Fitting and Vector Similarity Techniques”, *Expert Systems with Applications*, Vol.28(2005), pp.469-481.
- [13] Weiss, M. R., “Model-based recognition of 3D objects from single image”, *IEEE trans, Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.23(2001), pp.116-128.

◆ 저 자 소 개 ◆

**문 호 석 (bawooi@korea.ac.kr)**

고려대학교 산업시스템 정보공학과에서 박사학위를 취득하고 현재 육군사관학교 전자정보학과 조교수로 근무하고 있다. 관심 분야로는 컴퓨터 비전 시스템, 워터마크, 문화재 복원 전문가 시스템 개발, 데이터마이닝 등이 있다.

**손 명 호 (totalsol@mjc.ac.kr)**

한국과학기술원 테크노경영대학원에서 석사 학위 및 박사 학위를 취득하고 현재 명지전문대학 경영학과 교수로 근무하고 있다. 관심 분야에는 CAD/CAM, 전문가 시스템 개발, 지식 경영 등이 있다.