

# 3차원 형상정보 처리기술을 이용한 환두대도의 디지털 원형복원

## Digital Restoration of Ring-Pommeled Sword by Using Technology of 3D Shape Information Processing

김영원, 전병환

공주대학교 대학원 컴퓨터공학과, 공주대학교 컴퓨터공학부

Young-Won Kim(forever@kongju.ac.kr), Byung-Hwan Jun(bhjun@kongju.ac.kr)

### 요약

문화기술(CT)은 좁은 의미로 문화콘텐츠를 만들어내는 데 기본이 되는 기술로 각 국은 세계적 문화 공감대를 형성할 수 있는 콘텐츠를 창출하기 위한 노력을 기울이고 있다. 우리 고유의 문화유산을 응용하는 다양한 콘텐츠가 생성될 때 창의적이고 세계적인 경쟁력을 갖추게 되며, 이를 위해 문화원형 복원기술은 필수적인 핵심 기술이다. 본 논문에서는 찬란한 문화유산을 가진 백제시대 유물인 금동용봉환두대도를 3차원 형상정보 처리기술과 고고학적, 과학적 분석 자료를 토대로 디지털로 원형복원한다. 먼저, 3차원 스캐닝 작업을 통해 취득된 데이터는 샘플링과 특징추출 및 정합 과정 후 홀 채움 및 스무딩을 이용하여 보정하고, NURBS와 B-Spline 방법을 이용하여 곡면으로 모델링한다. 그런 다음, 환두대도 구성요소의 색상과 재질을 추정하여 텍스처를 편집한 후 맵핑한다. 제작되어진 원형 모델은 전문가의 검증을 거쳐 수정 보완되었다. 디지털 복원된 환두대도는 IT기술과 결합하여 디지털 박물관 구축 및 시대별, 지역별, 유형별 환두대도의 정형화 된 데이터베이스를 구축하여 손실 유물의 원형 추정에 활용할 수 있다. 또한 고고학이나 보존과학의 교육 콘텐츠 및 영화, 방송, 게임, 애니메이션 등의 문화 콘텐츠로 활용할 수 있다.

■ 중심어 : | 문화원형 복원 | 디지털 복원 | 환두대도 | 모델링 | X-선 분석 |

### Abstract

Culture Technology is the basic technology which produces cultural contents in a narrow sense. All nations do their best in order to create new contents which can form international and cultural sympathy. If a variety of contents are created by applying Korean proper cultural heritages, they will be creative and competitive internationally. Therefore, technology of original cultural restoration is an essential and crucial skill. In this paper, 'gilt bronze dragon-phoenix ring-pommeled sword', a cultural heritage of baekje age, will be restored to the original form digitally on the basis of three-dimensional shape-information processing technology and the scientifically analyzed data. First of all, data from three-dimensional scanning is revised using stuffing and smoothing methods after sampling, extracting characteristics, and align. Then, they are modeled in a curved surface with NURBS and B-Spline. Secondly, textures are edited by estimating the color of components and the quality of materials, and then they are mapped. Original form model which was made was revised and corrected by specialists' examinations. The digitally revised ring-pommeled sword was combined with information technology, and it can be used to revise damaged cultural heritages by constructing formal database of ring-pommeled sword with regard to age, area and type. It can be also used as educational contents in archaeology or preservation science and cultural contents such as movies, broadcasts, games, animations and so on.

■ keyword : | Culture Restoration | Digital Restoration | Ring-pommeled Sword | Modeling | X-ray Analysis |

\* 본 연구는 교육인적자원부 지방대학육성사업 백제문화원형복원센터(BCRC) 설립사업의 일환임.

접수번호 : #050525-001

심사완료일 : 2005년 07월 06일

접수일자 : 2005년 05월 25일

교신저자 : 전병환, e-mail : bhjun@kongju.ac.kr

## 1. 서론

문화원형복원기술은 유·무형의 문화유산을 디지털 기술을 통해 가시화된 원형으로 복원하는 기술과 디지털화된 문화원형을 이용한 디지털 콘텐츠를 원천 생성 및 그것을 이용한 문화상품을 개발할 수 있도록 하는 기술이다[1].

세계적으로 문화원형복원을 위한 디지털 신기술이 개발되고 응용되기 시작하였는데, 가장 기본적인 디지털 측정기술의 경우 최근 10년 동안 많은 발전을 이루고 있다. 측정기술의 발전에 따라 측정된 디지털 데이터의 처리와 응용을 위한 소프트웨어 기술에서도 비약적인 발전이 이루어졌으며, 이로부터 현존하는 문화원형을 디지털 데이터베이스로 구축하는 사업이 최근에 세계적으로 추진되고 있다. 하지만 더욱 완전한 디지털 자료 구축을 위해서는 측정기술에 있어서도 해상도 향상, 색상 처리, 내부 측정기술 등에 대한 연구가 필요하다. 또한 문화원형 복원을 위한 모델링 기술은 세계적으로 현재 초보적인 수준이다.

문화원형 복원을 위한 핵심 기술은 크게 문화유산을 측정하여 디지털 데이터로 변환하는 문화원형 디지털화 기술, 측정된 문화유산이 문화원형 요소로 통합 표현되고 재활용을 가능하게 하는 문화원형 모델링 기술, 훼손된 문화원형의 복구 및 문화원형의 가시화와 응용을 가능하게 하는 문화원형 재현기술로 분류된다[1]. 또한, 문화원형 복원 기술의 성능은 실제의 문화유산과 디지털화된 정보가 일치하는 지에 대한 것과 측정 가능한 정보의 종류 및 처리 속도로 평가된다.

먼저, 문화원형 디지털화 기술은 문화유산을 정확히 계측하고 계측된 자료로부터 필요한 정보를 가공하기 용이하도록 디지털화하고 이를 처리하는 기술로 3차원 형상정보 처리기술, 색상정보 처리기술, 모션정보 처리기술, 음향정보 처리기술 등이 핵심기술 분야이다. 문화원형 복원에서 가장 중요한 것 중 하나는 형상복원이다. 문화재나 유물로부터 문화원형을 대표하는 형상의 특징들을 찾아내고 이를 기반으로 새로이 발굴되는 문화재의 형태를 추정해 복원하거나 새로운 문화콘텐츠의 형상을 창조한다. 둘째, 문화원형 모델링 기

술은 디지털화된 문화원형 정보를 재사용이 가능한 형태로 표현하고 이로부터 원형 특징 정보를 추출하여 원형의 복원, 응용이 가능하도록 하는 기술로 인문과 학적 지식이 포함되어야 한다. 핵심 기술 분야는 문화원형 지식 모델링 기술, 시나리오 저작기술, 문화원형 컴포넌트 통합 모델링 기술로 구분된다. 셋째, 문화원형 재현기술은 손상, 유실된 문화원형을 복구하고 실물이나 디지털 미디어로 재현하는 기술로 주관적 견해에 영향을 받지 않도록 객관화된 문화원형 모델이 정립되어 있어야 한다. 즉, 복구기술에는 객관적 복구 기준이나 복구를 위한 고증지식이 포함되어 있어야 한다.

유적 및 유물의 디지털 복원을 위해서는 자료수집과 유물연구 등의 고고학적인 분석과 재질분석, 성분분석, 현미경분석 등의 과학적 분석이 필요하다. 고고학적 자료를 통해서만 당시의 시대상 및 유물이 가진 형태나 문양 등을 알 수 있다[2]. 또한 학자의 눈으로 유물의 속성을 추출하는 형식 분류가 가능하다. 삼국시대 지배자의 권력을 나타내는 환두대도는 철검(鐵劍)으로서 다양한 의장적 성격을 띠고 있으며, 환두에 새긴 문양과 입사(入絲) 그리고 형태에 따라서 검의 종류를 달리하여 명칭이 부여된다. 환두대도에 입사 투조한 장식적 요소를 보면 기하문, 운문 등 구름을 상징하는 여의두문, 당초문 등을 볼 수 있으며 흘러내리는 매듭이 달려 아름다운 곡선을 볼 수 있다. 이것은 당시 장검(長劍)이 보편적 무기였으나 환두대도처럼 고급스런 장식과 또한 고동(古銅)이 없다는 것은 전투용이 아닌 의장품임을 알 수 있다[3]. 과학적 분석은 유물의 성분 및 구조를 확인하기 위한 것으로 현미경분석, 화학분석, 열분석 등이 있다[4]. 과학적인 분석법을 활용하기 위해서는 다음과 같은 점을 고려해야 한다. 첫째, 분석 대상과 목적에 맞는 적절한 방법을 알아본다. 특히 유물이 손상되지 않는 방법을 선택하여야 하며 파괴 분석일 경우 학술적으로 가치가 적은 부분을 택하여야 한다. 둘째, 분석결과를 검토하고, 그 의미를 찾아본다. 셋째, 분석방법에 대한 제한점과 어려운 점 등을 검토하여 더 경제적이고 편리한 방법을 찾는다.

본 논문에서는 찬란한 백제문화의 대표적 유물 중 하나인 금동용봉환두대도를 디지털로 원형 복원하고

자 한다. 이를 위해, 비파괴방식으로 3차원 데이터를 취득하는 비접촉식 3D 스캐너를 이용하고, 발굴 자료 및 사진 등의 고고학적인 자료로 재질과 특징을 분석하며, 과학적인 X-선 분석을 통하여 손상이 심한 환두대도의 내부구조를 파악한 후 환두대도의 원형을 복원한다. 환두대도의 전반적인 복원과정은 그림 1과 같다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 환두대도의 고고학적, 과학적 분석에 대하여 설명하고, III장에서는 디지털 복원 과정을 설명하고, IV장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

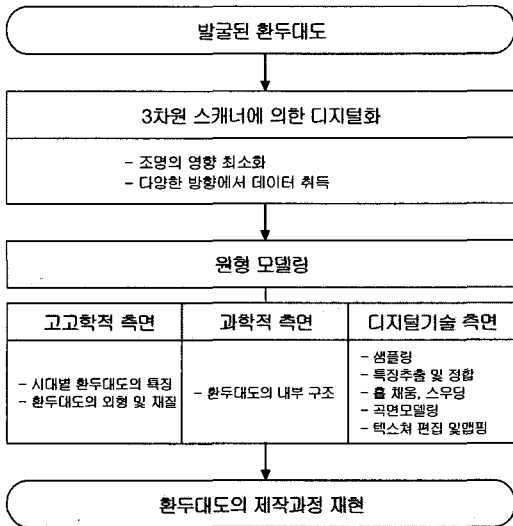


그림 1. 환두대도의 복원과정

## II. 환두대도의 분석

### 1. 고고학적 분석

본 논문에서는 백제시대 유물인 충청남도 천안 용원리 석곽묘에서 출토된 금동용봉환두대도를 복원한다. 그림 2는 석곽묘의 내부 현황도를 나타낸 것이다.

용원리에서 출토된 금동용봉환두대도는 총 길이 79cm로, 환두부는 금동으로 제작하면서 용봉으로 장식하였고, 병두(柄頭) 및 병연금구로 은판(銀板)을 사용한 것이다. 병부(柄部)에 목질 흔적이 남아 있을 뿐만 아니라, 병연금구의 아래쪽에 목질의 칼집 잔존품도 약

간 남아 있다. 환두의 표면 도금이 적지 않게 벗겨졌으나 청동으로 주조한 것이기에 본래의 형상을 남기고 있다. 환두는 기본적으로는 원형이나 너비가 5cm인데 비해서, 높이가 3.9cm로 타원형의 형상으로 병부와 리벳으로 결합한 것으로 보이나 병두금구가 감싸고 있기 때문에 정확한 현상 파악이 어렵다. 병부(柄部)는 환두부와 도신부를 장방형 철판으로 덧대어 리벳으로 연결하고 목제의 자루를 덮은 다음, 금구로 은판을 양단에 장식하였다. 병부는 너비 2.5cm에, 길이 14.5cm로 병연금구로 판단한 은판까지 계측한 것이다.

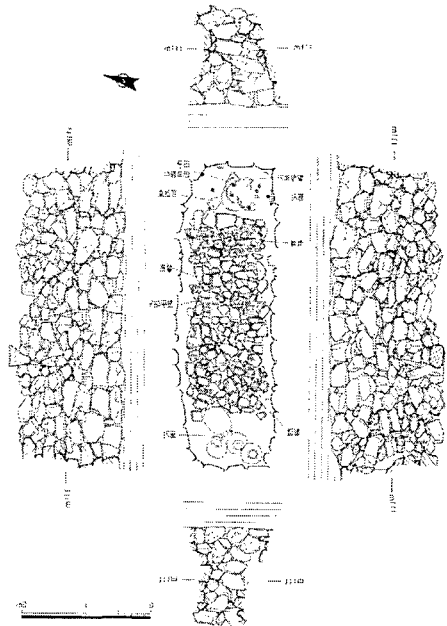


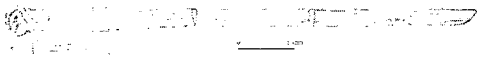
그림 2. 석곽묘 내부 현황도

은판의 금구의 경우 병두 부분은 두 점으로 모두 주름장식이 있는데 분리되어 있다. 이중에 상단의 것은 너비 1cm정도에 길이 4.3cm인데, 아래의 것은 너비 1.8cm에 길이는 4cm 정도의 것이다. 병연금구로 판단한 은판은 주름 장식이 없으며, 너비 3cm 정도의 것을 말아서 덮은 것이다. 도신은 전체 길이 65cm정도이며, 말단의 봉부(鋒部)는 2cm정도만 형상이 있다. 단면은 이등변 삼각형인데 너비 3cm내외이고, 등 부분은 0.8cm정도의 너비를 지녔다. 표면에 목질의 흔적이 많이

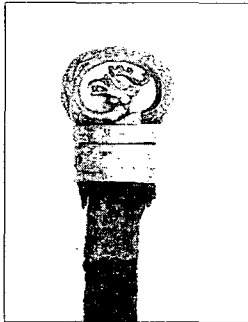
남아 있는데 칼집의 흔적으로 추정된다[5]. [그림 3]의 (a)는 발굴된 환두대도의 전신 영상이고 (b)는 전신 도면을 나타내고, (c)는 환두부 영상 (d)는 환두부 도면을 나타낸 것이다.



(a) 전신 영상



(b) 전신 도면

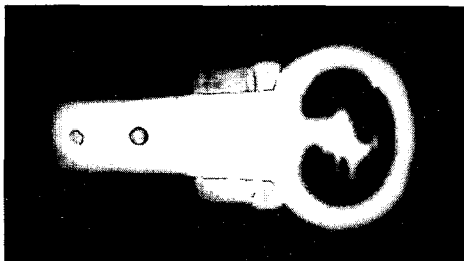


(c) 환두부 영상



(d) 환두부 도면

그림 3. 금동용봉환두대도의 영상과 도면



(a) 환두부분



(b) 병부와 도신 부분

그림 4. 금동용봉환두대도의 X-선 촬영 영상

## 2. 과학적 분석

육안조사만으로는 환두대도의 내부적 특성을 정확하게 확인할 수 없다. [그림 4]와 같이 X-선 투과 촬영을 사용하여 육안으로 파악할 수 없었던 내부 구조를 볼 수 있다. X-선 촬영 조사에서 금동용봉환두대도는 병부와 환두부, 병부와 도신부를 장방형 철판으로 연결하고 있으며 리벳구멍이 각각 2개씩 있는 것으로 나타난다[6].

## III. 디지털 원형 복원

### 1. 3차원 스캐닝

환두대도는 형상이 복잡하고 정밀도를 요구하며 손상 최소화하기 위해 비접촉 방식의 3차원 스캐너를 사용한다. 취득된 3차원 데이터에는 내·외부 형상과 색상에 대한 정보가 포함되며, 여러 각도에서 모든 면을 측정한다[7]. 본 논문에서는 측정영역 대비 높은 측정 분해능을 가지는 모아레(Moire)방식과 간결한 시스템 구성에 용이한 위상천이(PMP: Phase Measuring Profilometry)의 장점을 결합시킨 최적화된 초정밀, 고속 비접촉 방식인 방식인 지스켄사의 exyma 스캐너[8]를 이용하였다.

3차원 형상 측정기술에서 모아레 방식[9]은 측정대상물 바로 앞에 규칙적인 줄무늬격자를 두고 한쪽에서 빛을 비추면 격자의 그림자가 측정물 위에 생기게 되며, 이 그림자는 측정물의 형상에 따라 휘어지게 된다. 이런 상태에서 또 다른 한 쪽에서 측정물을 바라보면, 변형되지 않은 직선줄무늬 격자와 이 격자의 그림자가 겹쳐져서 보이면서 물결모양의 등고선 무늬를 나타나게 한다. 이 무늬는 모아레 무늬라고 하고 이는 물체의 형상정보를 가지고 있어서 이를 분석하여 높이 값을 얻게 된다. 위상측정 형상측정법[10]은 모아레에서 사용하는 위상 천이법을 주된 방법으로 측정정도를 확보하면서 광학계를 대폭 간소화시킨 측정법이다. 미세한 다수를 격자를 형성하는 빛의 밝기가 사인파(정현파)가 되도록 하여 측정물에 영상하고, 이 격자를 위상 천이시켜서 격자의 위상 값을 최대한으로 세분화하여

연고 있다. [그림 5]는 환두대도의 스캐닝 장면을 나타낸다.



그림 5. 환두대도의 3D 스캐닝 장면

3차원 스캐너를 이용하여 데이터를 취득하기 위해서는 물체와 스캐너 사이의 거리가 중요하므로, 약 800mm의 거리에 주변 조명의 영향을 받지 않도록 빛을 차단한다. 취득된 데이터에는 적어도 세 점 이상의 참조점이 추출되어야 하며, 위치상 가장 좋은 점인 참조점(reference point)을 확인한 후 샘플링을 수행한다.

## 2. 원형 모델링

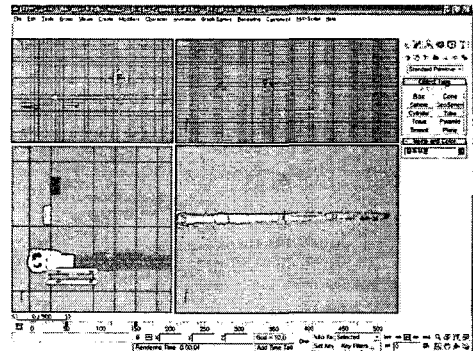
스캔 데이터를 이용하여 3차원 모델을 만들기 위해서는 스캔한 데이터를 모두 열어 모델링에 필요한 모든 데이터가 있는지 확인한다. 여러 방향에서 취득된 메쉬 데이터들의 가장자리 부분 등에서는 폴리곤을 삭제하여 좋은 데이터만 남긴다. 각각 수정된 데이터를 특징점을 이용하여 정렬(align)한다. 정렬된 메쉬 데이터에서는 가장자리 부근의 데이터 중복과 메쉬 데이터 손실, 손상이 발생한다. 중복된 부분에서는 메쉬 데이터를 삭제하고, 메쉬가 손상된 부분에서는 폴리곤을 추가하며, 손실된 부분에서는 홀 채움(hole closing)을 이용하여 메쉬 데이터를 수정한다. 완성된 스캐닝 데이터에 스무딩을 적용하여 폴리곤을 부드럽게 한다[11][12].

환두대도는 실물모형으로부터 3차원 데이터를 얻는 역설계(reverse engineering)의 과정으로 3차원 스캐닝을 통해 얻은 스캔 데이터와 과학적, 고고학적 분석에 의해 얻어진 자료를 기반으로 원형을 모델링한다. 환두대도의 환두부분은 곡선과 문양 등을 가지고 있으므로 정교하게 모델링 한다.

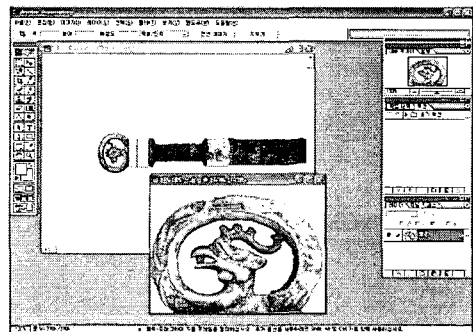
모델의 제작을 위해서는 모델링에 필요한 점들을 밝혀 곡선을 생성한다. 곡선 생성을 위해서는 NURBS(Non-Uniform Rational B-Spline)[13]와 B-spline(bi-cubic spline)[14]을 이용한다. NURBS는 베지어(Bezier) 곡선보다 더욱 일반적인 형태의 곡선 표현 방식이며, 지정한 제어점이 곡선 생성에 미치는 영향을 조정하여 보다 부드러운 곡선을 만들 수 있다. B-Spline은 곡선을 여러 부분으로 나누고, 나뉘어진 각 부분의 모양은 가장 가까이 있는 네 개의 제어 점의 영향만 받으며, 네 개의 제어 점을 가도록 나뉘어진 곡선들을 연결하여 전체적으로 부드러운 곡선을 만든다. 이렇게 만들어진 곡선을 이용하여 곡면을 생성한다.



(a) 스캐닝 데이터



(b) 3D Studio Max에 의한 모델링



(c) 텍스처 편집

그림 6. 원형 복원 과정

원형 복원을 위해서는 재질의 분석이 필요하다[15]. 본 논문에서는 텍스처 생성을 위해서 환두대도의 사진 및 고고학 자료와 X선 분석을 이용하여 환두대도를 구성하는 요소 및 문양을 분석한 후, 구성 요소와 유사한 색상과 재질을 추정하여 텍스처를 편집한다. 보다 정교한 재질 분석을 위해서는 과학적 분석 방법인 성분 분석과 조직검사를 이용하여 금속의 종류 및 미세 조직을 분석하고, 세월의 경과와 주변 환경에 따른 산화 정도를 역 추정하여 원형 색상을 복원하는 기술 등에 대한 연구가 필요하다.

[그림 6]의 (a)는 환두대도의 스캔 데이터를 나타낸다. (b)는 3D Studio Max에 의한 모델링 장면을 나타내고, (c)는 고고학적인 분석 자료와 스캐닝에 의해 얻어진 텍스처를 이용하여 텍스처를 편집하는 과정을 나타낸다. [그림 7]은 환두대도의 구성 요소별로 복원되어진 모델을 나타낸 것이다.

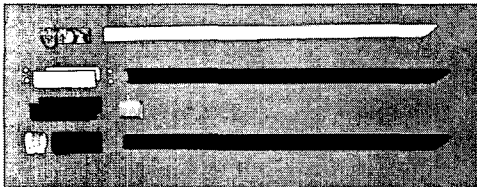
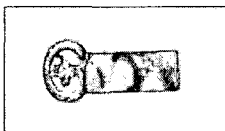


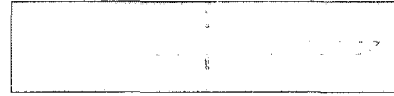
그림 7. 구성 요소별 원형 모델

### 3. 환두대도 제작과정 재현

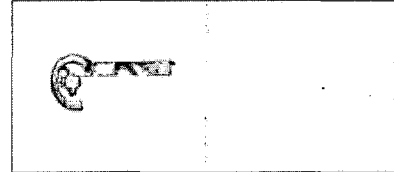
[그림 8]은 고고학적 및 과학적 분석 자료를 토대로 환두대도의 제작과정을 재현한 것이다. 복원된 환두대도 모델의 형상이나 색상 등 고유 특징과 재현된 제작 과정에 대해 수차례에 걸쳐 전문가의 검토를 거쳐 수정 보완되었다.



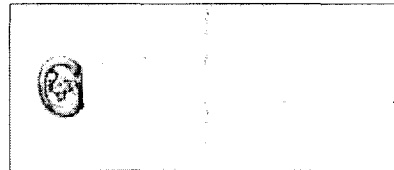
(a) 환두부



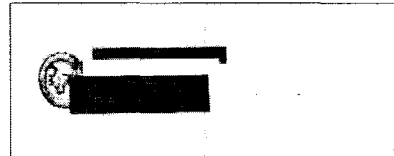
(b) 도신부



(c) 병부와 도신부를 장방형 철판으로 연결



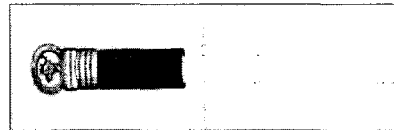
(d) 리벳으로 고정



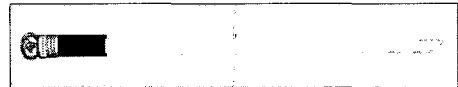
(e) 목질로 덮음



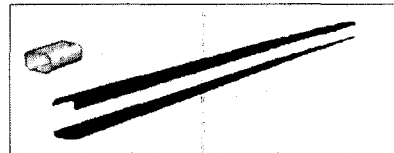
(f) 은판으로 장식



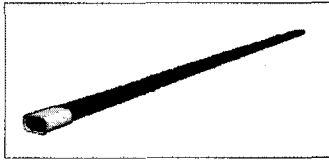
(g) 양단으로 장식



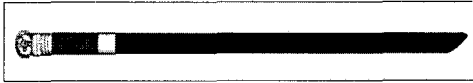
(h) 본체 복원



(i) 칼집 구성 요소



(j) 칼집 복원



(k) 환두대도 복원

그림 8. 환두대도 제작 과정

#### IV. 결론

본 논문에서는 3차원 형상정보 처리기술을 이용하여 천안 용원리에서 출토된 백제시대 유물인 금동용봉 환두대도를 디지털로 원형복원 하였다. 원형복원은 고고학적, 과학적 분석 자료를 토대로 이루어졌다. 먼저, 3D 스캐닝 작업을 통해 취득된 데이터에 대해 샘플링, 특징추출, 접합, 홀 채움, 스무딩을 적용하여 데이터를 수정 보완한 후 NURBS와 B-spline을 이용하여 곡면을 모델링 하였다. 환두대도의 구성요소와 유사한 색상과 재질을 추정하여 텍스를 편집한 후 맵핑하여 금동용봉환두대도 원형을 복원하였다. 복원되어진 환두대도는 전문가의 검증을 거쳐 수정 보완되었다. 향후에는 성분분석, 조직검사 등의 과학적 분석을 토대로 유물의 특징, 문양, 색상의 조합 등 다양한 특징 요소 추출과 세월의 경과로 원형을 찾기 어려운 색채의 경우 원형 색상을 추정하여 표현할 수 있는 색상처리 기술에 대한 연구가 필요하다.

디지털 복원된 환두대도는 IT기술과 결합하여 디지털 박물관 구축 및 시기별, 지역별, 유형별로 정형화된 데이터베이스를 구축하여 손실 문화재의 원형 복원에 활용할 수 있으며, 다양한 유물이나 유적지, 고분 등에 적용하여 고고학과 보존과학의 연구 및 교육용 콘텐츠로 활용할 수 있다. 또한 게임, 애니메이션, 캐릭터 등의 문화 콘텐츠 산업에 활용할 수 있다.

#### [감사의 글]

환두대도의 고고학적 분석을 도와주신 이남석 교수님과 과학적 분석을 도와주신 김규호 교수님께 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- [1] 과학기술부 정책총괄과, 국가기술지도, 한국교육학술정보원, 2002.
- [2] 이건무, 조현중, 선사 유물과 유적, 솔, 2003.
- [3] 이덕일, 유물로 읽는 우리 역사, 세종서적, 1999.
- [4] 윤동석, 한국 초기 철기유물의 금속학적 연구, 고려대출판부, 1984.
- [5] 이남석, 용원리 고분군, 공주대학교 박물관, 2000.
- [6] 김규호, 유물 복제 및 원형복원 기술 개발 연구, 백제문화원형복원센터, 2004.
- [7] S. Rusinkiewicz, O. Hall-Holt and M. Levoy, "Real-time 3D Model Acquisition," Proc. of SIGGRAPH2002, Vol.21, No.3, pp.438-446, 2002.
- [8] <http://exyma.com>
- [9] L. D. Acquisto, L. Fratini and A. M. Siddiolo, "A Modified Moire Technique for Three-dimensional Surface Topography," Meas. Sci. Technol., Vol.13, No.4, pp.613-622, 2002.
- [10] V. Srinivasan, H. C. Liu and M. Halioua, "Automated Phase-measuring Profilometry of 3-D diffuse Objects," Applied Optics, Vol.23, No.18, pp.3106-3108, 1984.
- [11] P. D. Lyons, M. Rioux and R.T. Patterson, "Application of A Three-Dimension Color Laser Scanner to Paleontology: An Interactive Model of a Juvenile Tylosaurus SP. Basisphenoid-Basioccipital," Palaeontologia Electronica, Vol.3, No.2, pp.154-169, 2000.
- [12] I. Kanaya, Q. Chen, Y. Kanemoto and K. Chihara, "Three-Dimensional Modeling for Virtual Relic Restoration." IEEE

Multimedia, Vol.7, No.2, pp.42-44, 2000.

[13] D. F. Rogers, An Introduction to NURBS with historical Perspective, Morgan Kaufmann, 2000.

[14] R. N. Goldman, T. Lyche and R. Goldman, Knot Insertion and Deletion Algorithms for B-spline Curves and Surfaces, Society for Industrial & Applied Mathematics, 1993.

[15] X. Li, D. Lu and Y. Pan, "Color Restoration and Image Retrieval Techniques for Dunhung Fresco Preservation," IEEE Multimedia, Vol.7, No.2, pp.38-42, 2000.

저 자 소 개

김 영 원(Young-Won Kim)

정회원



- 1997년 2월 : 한국방송통신대학 전자계산학과(이학사)
- 2001년 2월 : 공주대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)
- 2001년 3월~현재 : 공주대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정

<관심분야> : 디지털원형복원, 컴퓨터비전, 가상현실

전 병 환(Byung-Hwan Jun)

종신회원



- 1989년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
- 1991년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1996년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

- 2000년~2001년 : (주)모리아테크놀로지 연구소장
- 2003년 : 대한전자공학회 학술연구위원
- 1997년 9월~현재 : 공주대학교 컴퓨터공학부 부교수

<관심분야> : 디지털원형복원, 컴퓨터비전, 가상현실