고배 유물 도면 자동 생성 모델의 투창 영역 윤곽선 검출 개선

김동주, 반상우*
동국대학교 경주캠퍼스 전자·정보통신공학과
hepheir@gmail.com, *swban@dongguk.ac.kr

Improvement of contour extraction of pottery relics window area for automatic drawings extraction model

Dong-Joo Kim, *Sang-Woo Ban
Dept of Electronics, Information & Communication Engineering,
Dongguk University, Gyeongju

요 약

영상 처리를 기반으로 하는 발굴 유물(고배) 도면 자동 생성 모델의 성능향상을 위한 투창 영역 자동 검출과 투창 영역의 영상 정보의 특성을 반영한 윤곽선 검출을 통한 고배 유물 도면화 성능 향상 모델을 제안하고 실험결과를 통해 투창 영역의 윤곽선 정확도가 향상되었음을 보인다. 투창 영역은 형태적 특성상 고배 유물의 도면 자동 생성 과정에서 왜곡된 윤곽선 검출의 가능성이 높은 부분이어서 투창 영역 윤곽선의 정확도를 높이는 것이 중요한 요소이다.

1. 서론

문화재 조사 발굴 과정에서 발굴된 유물에 대해서는 유물에 대한 실측 도면이 포함된 발굴 결과 보고서를 2년 이내 제출해야하는 것이 매장문화재법에 명시되어 있다 [1]. 많은 시간 소요와 전문성이 요구되는 전문가의 육안 실측에 의한 도면화는 최근에 3D 스캐닝 기술과 영상처리 기술을 활용한 도면 자동생성 시도가 이루어지고 있다.

본 연구에서 다루고자 하는 고배(굽다리접시) 유물에 대한 도면 자동 생성 기술 개발이 어려운 이유는 고배 유물의 다리 부위에 있는 투창 영역의 윤곽선 검출의 정확도가 낮아 유물의 특성이 왜곡되어 표현되는 현상이 있다는 것이다 [1]. 기존의 윤곽선 검출 혹은 에지 검출 기법으로 얻은 유물의 윤곽선은 심한 잡음 및 파손흔, 물레흔 등으로부터 얻어지는 불필요한 윤곽선을 동반한다. 불필요한 윤곽선 검출을 피하기 위해 가우시안 필터, Bilateral 필터 혹은 모폴로지 연산을 이용하여 잡음을 제거할 수 있지만, 투창 영역의 윤곽선도 함께 제거가 되어 왜곡이 없는 도면화 작업이 어렵다.

본 논문에서는 잡음 제거와 투창 영역의 윤곽선 왜곡 최소화라는 두 가지 목표를 동시에 달성 할 수 있는 새로운 모델을 제안한다.

2. 제안 모델

제안모델은 유물의 3D 스캔 데이터를 도면화하는 과정 그림 1과 같다. 우선, 3D 스캔 데이터로부터 정렬된 데이터를 획득한 후 3D 깊이 기반으로 유물 영역을 분할한다. 이어, 분할된 영역 정보를 바탕으로 2D 사영을 통해 2차원 유물 영상을 획득한 후 윤곽선 검출을 통해 도면을 생성한다. 이 과정에서 2D 사영된 유물 영상에서 투창영역을 자동 검출하여 투창영역에 대해서는 투창영역 영상 특성을 반영한 윤곽선 검출 처리를 하도록 한다.

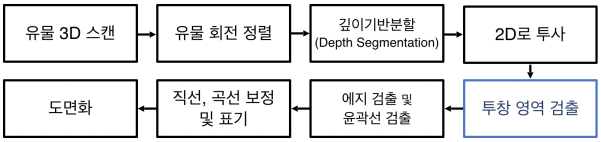

그림 1. 유물 도면 자동 생성 모델

2-1. 깊이기반분할

깊이기반분할은 3차원 유물 스캔 데이터로부터 도면화 작업에 필요한 입면과 단면을 얻기 위해 고안된 처리과정이다. 이 과정을 통해 3차원 데이터를 그림 2와 같이 3가지 영역(전면부, 단면부, 후면부)으로 분할한다. 깊이기반분할 과정에서 3차원 유물 데이터를 3가지 영역으로 나누어 표현하는 데에는 사용자가 정의한 시점벡터와 절단면이 사용된다.

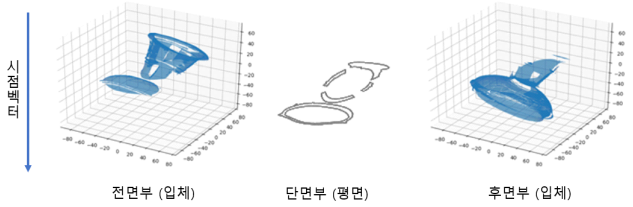

그림 2. 고배(굽다리접시) 유물 깊이기반분할 결과

사용자가 정의한 시점벡터가 임의의 축상에 존재하고, 시점

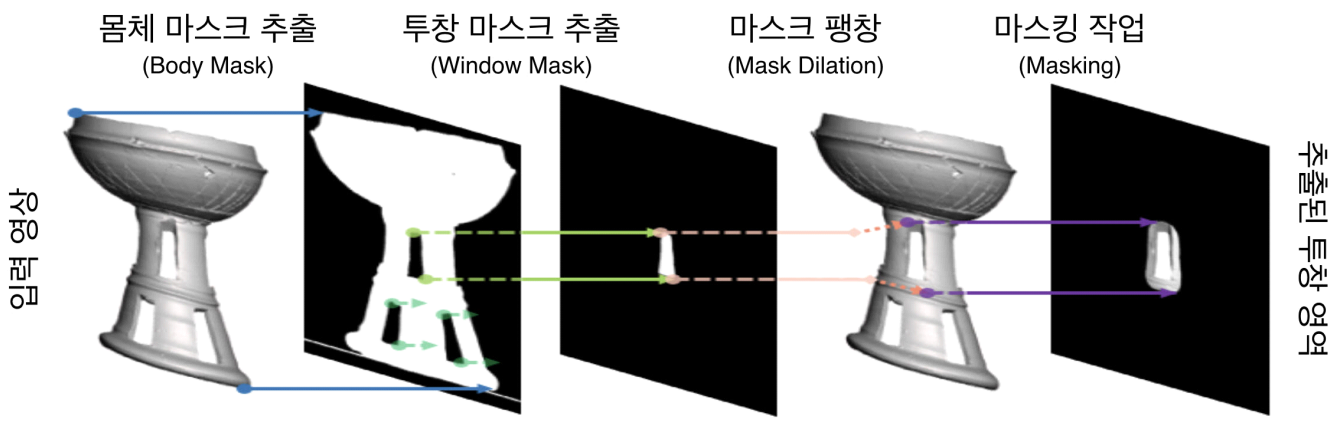

그림 3. 투창 영역 자동 검출과정
(본 연구에 사용된 고배(굽다리접시) 영상은 공동연구기관 캐럿펀트(Carrotphant)로부터 제공받았음.)

벡터에 수직인 절단면이 존재할 때, 절단면의 d좌표를 0이라고 하면, $d>0$인 집합은 전면부, $d=0$인 집합은 단면부, $d<0$인 집합은 후면부가 된다. 각 분할 영역은 입체영역(전면부, 후면부) 혹은 평면영역(단면부)이 된다.

2-2. 2D 사영

깊이기반분할 과정으로 얻어진 3차원 데이터는 (1) 상용 소프트웨어 (Meshmixer, 3DS Max 등)를 통해 2D 이미지로 캡처되거나, (2) stl2svg, svg2png의 포맷 변환 과정을 거쳐 2차원 유물 영상으로 투사되어진다 [3].

2-3. 투창 영역 검출

2D 투사되어진 유물의 이미지가 생성되어지면, 에지검출과 윤곽선검출 알고리즘을 이용하여 유물의 도면을 생성한다. 획득된 유물 영상에는 도면 생성에 불필요한 많은 잡음을 포함하고 있어 필터를 적용하여 잡음을 제거할 수 있으나, 이 과정에서 필요한 에지정보가 손실되어 투창이나 물레흔, 제작흔 등 고고학적 분석에 중요한 정보의 검출이 어려워진다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 제안모델에서는 투창 영역을 검출하여 투창 영역의 지역적 영상 특성을 고려한 처리를 적용한다. 그림 3은 투창 영역 자동 검출 과정을 나타낸 것이다.

(1) 유물의 몸체 마스크 영상 생성

2차원 유물 영상으로부터 배경제거를 통해 유물의 몸체와 배경영역을 구분하는 이진 영상을 생성한다.

(2) 유물의 투창 영역 마스크 영상 생성

(1)에서 생성한 몸체 마스크 이진 영상에서 바로 cv2.findContour() 함수를 이용하여 윤곽선을 검출한다 [2]. cv2.findContour() 함수를 통해 윤곽선들의 경로 정보와 계층 정보로부터 모든 윤곽선을 외곽선과 내곽선으로 구분할 수 있다. 고배 유물 몸체 이진 영상에서 검출된 외곽선은 몸체의 윤곽선이고, 내곽선은 투창 영역의 윤곽선이 된다. 이어서 cv2.drawContour() 함수를 이용하여 각 내곽선이 채워진 형태의 바이너리 이미지(투창 마스크)를 얻는다. 이 과정에서 파손흔으로 인해 생긴 구멍도 함께 검출되는데, 작은 파손흔의 경우 cv2.findContour() 함수 적용 전 몸체 마스크에 모폴로지 연산의 닫힘 연산(closing)을 이용하여 제거한다.

(3) 투창 영역 마스크 영상의 팽창 연산

(2)에서 생성한 투창 마스크는 투창에서의 구멍영역만 포함하는 작은 마스크이다. 투창 영역은 투창의 창, 틀, 모서리 정보까지 포함해야 하기에, 투창 마스크가 포함하는 영역을 모폴로지 팽창연산을 이용하여 확대시킨다. 팽창에 사용하는 커널의 크기는 유물 크기 및 투창 크기에 대한 사전 지식을 활용하여 결정한다.

(4) 유물 영상으로부터 투창 영역 추출

(3)에서 팽창시킨 투창 마스크를 원본 유물 이미지와 AND 연산하여, 검출된 투창 영역만 표현된 이미지를 생성한다.

2-4. 에지 검출 및 윤곽선 검출

자동 검출된 투창 영역은 잡음제거필터에 민감한 특성이 있어, 잡음제거필터를 사용하지 않고 Canny 함수를 사용하여 에지를 검출한다. 이후, cv2.add() 함수를 이용한 몸체의 외곽 윤곽선과의 결합을 통해 전체 윤곽선을 검출한다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 4는 고배 유물 영상으로부터 투창영역 자동 검출 처리를 통해 구한 투창 영역들이다.

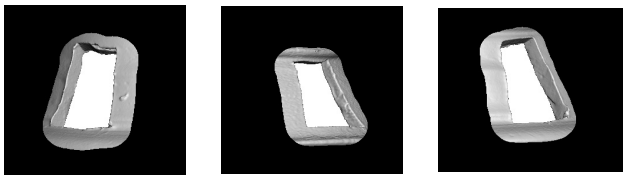

그림 4. 자동 검출 투창 영역

그림 5는 유물의 윤곽선 검출 과정에서 제안모델을 적용하지 않은 경우와 적용한 경우의 결과이다. 그림 5에서 위의 행은 전체 유물에 대한 윤곽선을 보여주고, 아래 행은 투창 영역에 대한 윤곽선을 별도로 보여주고 있다. 그림 5의 첫 번째 열의 결과처럼 전체적으로 잡음제거필터를 적용하지 않고 2차원 유물 영상으로부터 직접 Canny 에지를 구하게 되면 유물의 좌측 영역에 제작흔 및 잡음이 심하게 밀집되어 나타난다. 한편 그림 5의 가운데 열의 경우에는 전체적으로 잡음제거를 위해 가우시안 필터를 적용한 후 Canny에지를 얻은 결과로 투창 영역의 창틀 모서리 부분의 윤곽선 정보가 손실되어 검출이 되지 않은 결과를 보였다. 반면, 그림 5의 세 번째 열의 결과처럼 제안모델을 적용한 후에는 투창 영역의 창틀이 뚜렷하게 검출되었음을 확인할 수 있었다. 다만, 투창 영역에서 투창 영역과 관계없는 부분에 잡음이 생성된 것은 향후 추가 보정을 하는 후처리를 통해 개선이 필요한 부분이다.

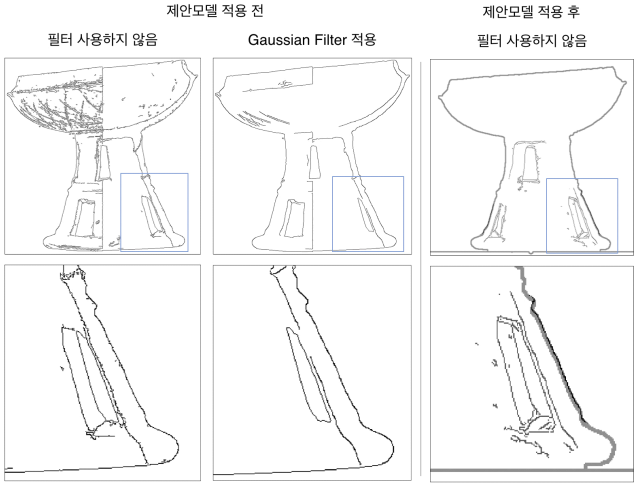

그림 5. 윤곽선 검출 결과 비교

4. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문에서는 고배 유물의 도면 자동 생성 기술 개발에서 문제가 되는 투창영역의 윤곽선 검출 성능 개선을 위한 모델을 제안하고 실험을 통해 제안 모델이 자동 생성 도면의 정확도를 향상시키는 결과를 도출하는 것을 보였다. 유물 도면 자동생성 기술 개발 공동연구를 수행하는 유물 도면화 전문가로부터 상용 소프트웨어를 활용한 유물의 윤곽선 검출은 투창영역의 윤곽선 소실 등 윤곽선 검출에 있어 한계를 보이고 있으나, 제안 모델은 투창 영역에서 윤곽선 표현의 개선 요구에 부합하는 실험 결과를 보이고 있음을 확인하였다.

제안 모델의 성능 평가를 위해서는 많은 유물 데이터를 이용한 실험 분석 연구가 필요하다. 한편, 제안한 유물 도면 자동 생성 기술은 수작업에 의한 유물 도면화 작업에 대한 수고와 비용을 최소화할 뿐 아니라 객관적인 도면화 자료를 제공하는 수단이 될 수 있다. 그리고 자동 생성 기술을 통해 획득된 도면 자료들은 데이터베이스화가 용이하여 디지털 아카이브 사업에 적용도 가능할 뿐 아니라 많은 데이터가 축적이 되면 딥러닝과 빅데이터 기술과 접목하여 유물 자동 분류 등에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 말

본 논문은 중소벤처기업부에서 지원하는 2018년도 산학연협력기술개발사업(No. S2661386)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

[1] 김동주, 허장, 반상우, “영역별 특성 기반 적응형 유물 윤곽선 검출”, 2019 한국멀티미디어학회 춘계학술발표대회 논문집 제22권 1호, 2019. 5. 17 - 18

[2] OpenCV API, https://docs.opencv.org/

[3] “Scalable Vector Graphics (SVG) 2“, W3 org, https://www.w3.org/TR/SVG2/