

특징점 자동 매칭 방법을 이용한 텍스처 매핑 기술 개발

Development of Texture Mapping using Feature Point Automatic Matching Method

은성종¹⁾ 정은영²⁾ 홍현기³⁾ 박동균⁴⁾

Sung-Jong Eun¹, Eun-Young Jung², Hyun Ki Hong², Dong Kyun Park⁴

요약

본 논문에서는 전체적인 텍스처 맵핑 시스템을 제안함과 동시에 2차원 이미지와 3차원 모델의 렌더링 이미지의 특징점을 제시함으로써 2차원 이미지와 3차원 모델의 정합에 있어 매칭점의 정확하게 추출하고, 2차원 이미지와 3차원 모델의 확대·축소 작업을 줄여 정합 시간을 단축시킬 수 있는 방법을 제안하였다. 전체 프로그램의 구조는 2차원 이미지와 3차원 모델을 로딩한 후 2차원 이미지의 그림자를 제거하고 2차원 이미지의 특징점과 3차원 모델 렌더링 이미지의 특징점을 제안하여 사용자가 매칭점을 선택하도록 하고 선택 된 후에는 2차원 이미지의 색 정보를 3차원 모델에 입력하는 구조를 제안하였다. 성능 평가 결과, 특징점 추출 정확성 평가 실험을 통해 전문가가 선택한 특징점과 제안 방법과 비교 평가를 해본 결과 제안 방법이 평균 93.8%의 정확도의 높은 결과를 도출 할 수 있었다.

핵심어: 텍스처 매핑, 특징점, 정합 행렬, 3차원 스캔, 웨이블릿 변환

Abstract

In this paper, we suggest texture mapping system and algorithm which is save the time by giving the salient point extracted from 2D image and 3D model rendering image. The algorithm doesn't need zoom in/out for selecting 2D image's and 3D Model's matching point. Texture mapping system structure is first load 2D image and 3D Model, second remove shadow from 2D image, third select the matching points in giving the salient points extracted from 2D image and 3D Model rendering image, finally using these

- 1) Health IT Research center, Gachon University Gil Medical Center, Guwol-dong, Namdong-gu, Incheon, 21565, Korea
e-mail: asclephios@naver.com (First author)
- 2) Health IT Research center, Gachon University Gil Medical Center, Guwol-dong, Namdong-gu, Incheon, 21565, Korea
e-mail: ejjung@gilhospital.com
- 3) Department of Computer Science Gachon University Sujung-Gu, Seongnam, Gyunggi-Do, 13120, Korea
e-mail: hyunki85@gmail.com
- 4) Department of Gastrointestinal medicine, Gil Medical Center, Gachon University College of Medicine, Incheon, 21565, Korea
e-mail: pdk66@gilhospital.com (Corresponding Author)

Received(May 19. 2018), Review (June 11. 2018), Accepted(June 30. 2018)

matching points reconstruct the matrix, and then transform 3D Model by the matrix, and insert material data from 2D image to 3D Model. As a result of the performance evaluation, the feature point extraction method and the proposed method were compared with each other, and the proposed method was able to obtain the high accuracy with an average of 93.8%.

Keyword: Texture Mapping, Feature Point, Coordination Matrix, 3D Scan, Wavelet Transform

1. 서론

본 논문은 위치 값만을 가진 3차원 모델에 사실적인 재질 정보를 넣어주는 방법으로 기존의 텍스처 맵핑 방식보다 빠르고 정확한 방법을 연구하고자 한다. 해당 방법은 2차원 이미지와 3차원 모델의 렌더링 이미지의 특징점을 제시함으로써 2차원 이미지와 3차원 모델의 정합에 있어 매칭점의 선택을 정확하게 만들고 2차원 이미지와 3차원 모델의 확대, 축소 작업을 줄여 정합 시간을 단축시킬 수 있는 방법을 제안하였다. 제안 방법은 2차원 이미지와 3차원 모델을 로딩한 후 2차원 이미지의 그림자를 제거하고, 2차원 이미지의 특징점과 3차원 모델 렌더링 이미지의 특징점을 자동 매칭하여 2차원 이미지의 색 정보를 3차원 모델에 입력하는 과정으로 처리된다. 본 논문에서 제안한 방법은 기존에 위치값만을 가지고 있는 3D 데이터에 사실적인 재질을 입력할 수 있도록 해줌으로써 저비용으로 원형재질을 입력할 수 있으며 그로 인한 데이터의 활용도가 높아질 것으로 기대된다.

2. 관련 연구

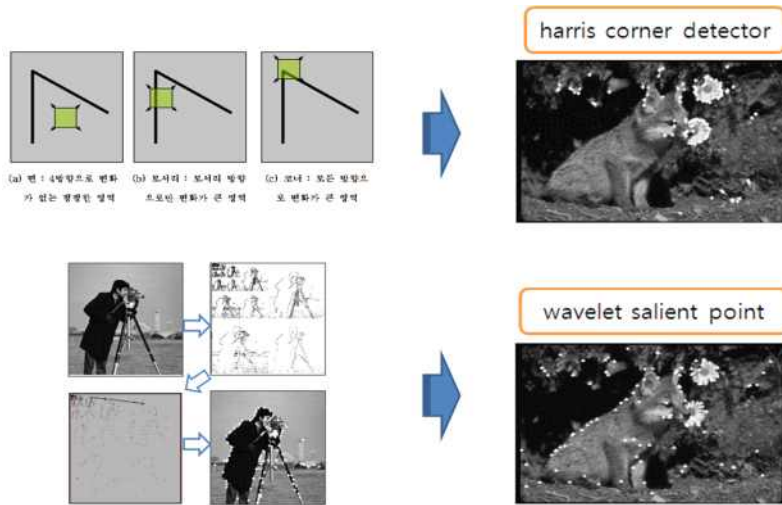
2.1 2차원 이미지와 3차원 데이터 모델의 정합

기존의 2차원 이미지와 3차원 모델의 정합 방법에 대한 연구는 크게 자동 방법과 수동 방법으로 나눌 수 있다. 먼저 자동 정합 방법을 보면 Lensch[1]이 제안한 방법으로 그림 2.5에서 볼 수 있듯이 2차원 이미지의 실루엣과 3차원 모델의 실루엣을 추출해 낸 뒤 두 실루엣 이미지의 일치도를 이용하여 일치도가 최대가 될 때까지 반복적으로 복원 행렬의 파라미터를 수정하는 방식을 제안하였다.

수동 정합 방법에는 Dornaika[2]가 제안한 방법으로 2차원 이미지에서 여섯 점 이상 3차원 이미지에서 여섯 점 이상 서로 같은 부분을 순서에 맞게 선택 해주면 총 12개의 점을 이용해 방정식을 세운 뒤 방정식을 이용하여 변환행렬을 구해낸다. 그림 2.6에서 볼 수 있듯이 점의 색에 맞게 같은 위치를 선택해 준 후 정합 후에서 볼 수 있듯이 3차원 오브젝트가 2차원 오브젝트와 같은 모습으로 변형된 것을 알 수 있다. 수동방법은 자동 방법과 같이 실루엣이 나와야 하는 경우 외에도 사용 가능하며 자동 방법보다 높은 정확도를 나타낸다. 하지만 이러한 수동 방식은 복잡한 이미지와 모델을 사용 할 경우 정확한 매칭점을 선택해 주는 부분에 많은 시간이 소요되는 문제점을 갖고 있다.

2.2 특징점 추출 기술 동향

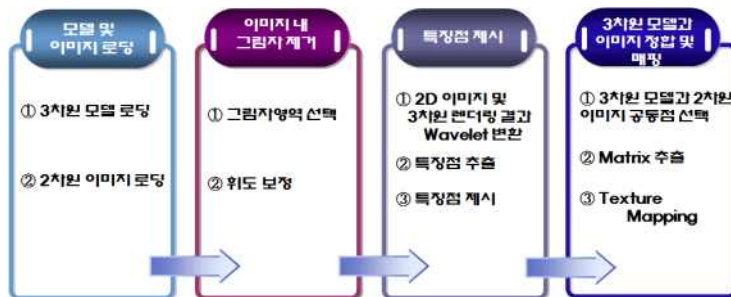
기존 특징점 추출 방법 중 자주 사용되고 있는 방법 중의 하나인 해리스 코너의 경우 코너를 특징점으로 사용한다. 코너는 엣지나 면보다 고유한 정보를 지니기 때문에 이미지의 국소 영역의 특징점으로 주로 사용된다. 해리스 코너의 경우 이미지의 전역에서 특징점을 추출함과 동시에 코너 점에서만 특징점이 나와 텍스처 맵핑에서 사용하기엔 부적합하다. 반면 Loupias [3] 이 제안한 웨이블릿을 이용한 특징점 추출은 저해상도에서 고해상도까지의 특징점을 이용하여 특징점을 추출해 낸다. [그림 1]은 해리스 코너 방법과 웨이블릿을 이용한 방법의 특징점이 추출되는 위치의 차이를 보여주는 그림이다. 그림을 보면 웨이블릿 방식이 해리스 코너에 비해 중심 오브젝트와 관련된 특징점이 많이 나오는 것을 볼 수 있다.



[그림 1] 코너 검출 방법의 비교
 [Fig. 1] Comparison of corner detection method

3. 특징점 자동 매칭 기반의 텍스처 매핑 기술 개발

본 논문에서 제안하는 시스템은 [그림 2]와 같이 크게 총 4단계인 모델 및 이미지 로딩, 이미지 내 그림자 제거, 특징점 제시, 3차원 모델과 이미지 정합 및 매핑 단계로 구성된다.



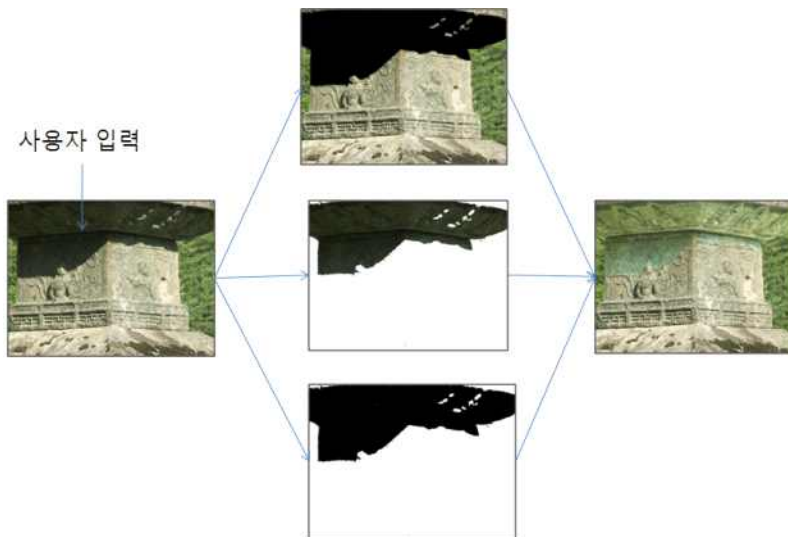
[그림 2] 제안 알고리즘 흐름도
 [Fig. 2] Flow chart of proposed method

첫째로 모델 및 이미지 로딩 단계에서는 원형재질을 포함하고 있는 이미지 데이터와 3차원 모델 데이터를 로딩 한다. 두 번째 단계인 이미지 내 그림자 제거에서는 그림자 부분을 사용자가

입력 해 줌으로써 그림자 부분의 영역을 선택하고 그림자 부분을 마스크로 생성한 후 피라미드 방식을 이용하여 다해상도로 만든 후 휘도보정을 해주고 모든 해상도를 통합해 줌으로써 그림자를 제거해 준다. 세 번째 본 논문에서 제안하는 알고리즘으로 2D 이미지와 3차원 렌더링 결과화면을 웨이블릿 변환하여 특징점을 추출한다. 2D의 경우 제시된 특징점을 바로 사용하면 되지만 3차원 모델의 경우 3차원의 정점으로 다시 복원 시켜줘야 한다. 마지막으로 3단계에서 제시된 특징점들을 선택하여 2차원 이미지와 3차원 모델을 정합하여 텍스처 맵핑을 한다. 이러한 작업으로 하나의 이미지를 이용한 텍스처 맵핑은 완료되며 맵핑하고자 하는 이미지의 수에 따라 반복된다.

3.1 이미지 내 그림자 제거

본 시스템에서는 그림자 제거 방식을 Shor[4]가 제안한 피라미드 기반의 그림자 제거 방식을 이용하였다. 사용자가 그림자의 위치를 선택해 준 후 선택점 위치를 기반으로 그림자 위치를 파악한 후 그림자 부분을 마스크로 만들고 마스크 부분을 피라미드 방식을 이용하여 그림자를 제거하였다. 이에 대한 과정은 다음 [그림 3]에 나타내었으며, 본 논문에서의 실험 데이터는 석탑 이미지와 동일한 석탑 3D 모델을 기반으로 알고리즘을 적용하였다.

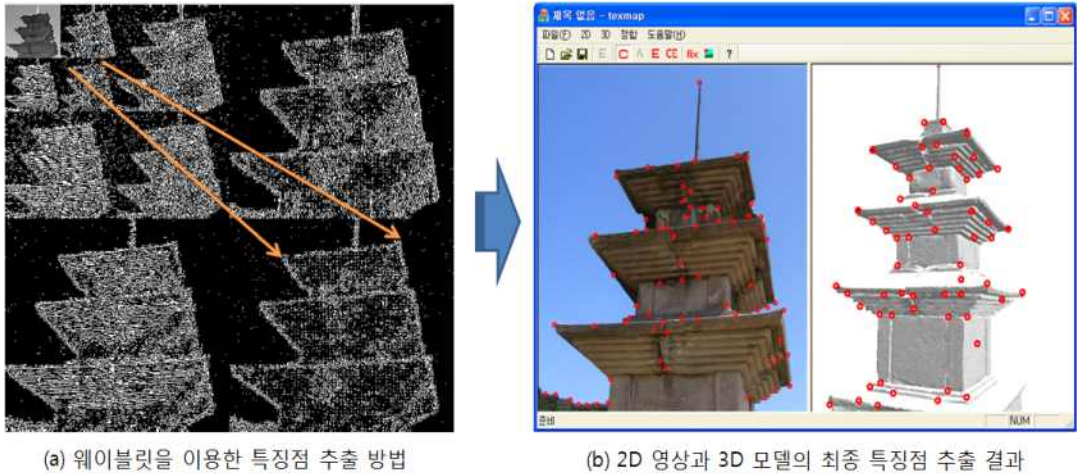


[그림 3] 그림자 제거 과정

[Fig. 3] Removal process of shadow

3.2 웨이블릿을 이용한 특징점 제시

2차원과 3차원의 매칭점을 선택 할 때 정확한 매칭을 위하여 기존의 매칭점 선택 방법에서는 2차원 이미지를 크게 확대하여 배경과 오브젝트의 경계를 확인한 후 정확한 픽셀을 선택해 주는 방식이다. 이러한 방식은 2차원 이미지를 확대.축소하는 작업에 많은 시간이 소요되었다. 확대.축소작업은 이미지의 해상도가 증가 할수록 더 많은 시간이 소요된다. 확대.축소에 발생하는 소요 시간을 줄이기 위하여 본 논문에서 제안하는 방법은 2차원 이미지와 3차원 모델 렌더링 이미지를 분석하여 특징점을 제시해 주는 방식이다. 관련연구에서 언급한 것과 같이 웨이블릿[5-8]을 이용한 특징점 추출 방법의 경우 중심 오브젝트와 관련된 특징점을 추출해 주기 때문에 정확하고 효율적인 텍스처 맵핑에 유용하다. 웨이블릿을 통해 구해진 특징점은 경계선과 배경의 구분 선에서 추출됨으로서 명확한 텍스처 매핑을 가능하게 해준다. 3차원 특징점 선택시 단순히 3차원 모델의 렌더링 화면의 위치를 이용하는 방법이 아닌 실제 3차원 모델의 정점정보를 사용해야 한다. 3차원 모델의 정점을 구하기 위하여 3차원 모델 렌더링 이미지 특징점의 화면 위치를 기반으로 3차원 그래픽스에서 주로 사용하는 면 선택 방식을 이용하여 3차원 공간에 현재 3차원 카메라의 투영을 이용하여 선을 그어 그 선과 만나는 첫 번째 면을 찾아낸 후 면에서 가장 가까운 정점을 찾아 그 정점을 매칭점으로 사용한다. 웨이블릿을 이용한 특징점 추출방법의 알고리즘을 설명하면 그림 3.6과 같이 2차원 이미지에 웨이블릿을 적용한 후 웨이블릿을 통해 나온 여러 해상도의 계수값을 기반으로 저해상도에서 고해상도로 계수값을 추적하여 남아있는 계수를 특징점으로 사용하는 방식이다. 추출된 특징점을 [그림 4]와 같이 2차원 이미지와 3차원 모델 위에 제시점을 그려주고 사용자가 선택 할 수 있도록 해줌으로써 특징점 제시 방식을 사용한다.

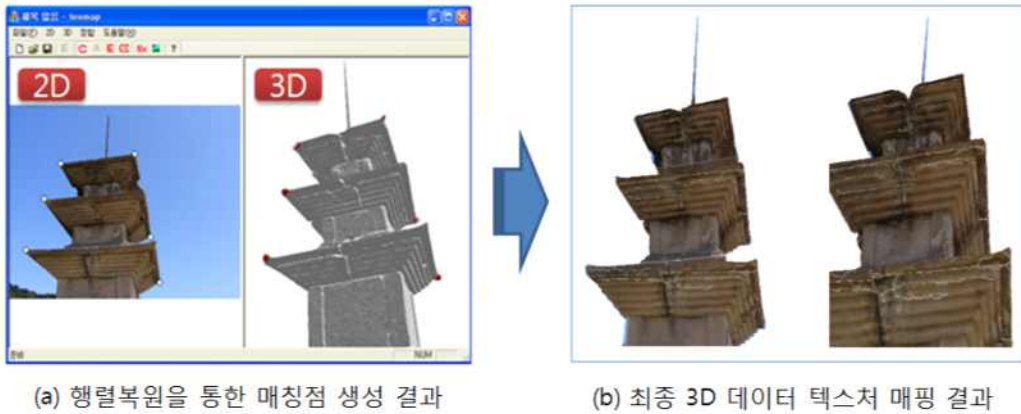


[그림 4] 웨이블릿을 통한 최종 특징점 추출

[Fig. 4] Final feature point extraction by wavelet method

3.3 2D 이미지와 3D 모델간의 정합

앞에서 선택된 2차원 이미지의 선택 점과 3차원 모델의 선택 점을 이용하여 3차원 모델을 2차원 모델의 모양에 맞게 변형하여 주고 변형된 3차원 모델의 위치에 texture 정보를 넣어줌으로써 3차원 모델에 재질 정보를 넣어준다. 이를 위해 행렬 복구 알고리즘을 2차원 이미지와 3차원 모델간의 정합 방법으로 이용하였다[9-12]. 이전 단계에서 웨이블릿을 통한 매칭점 검출 정보를 가지고 2D 이미지와 3D 모델간의 특징점 매칭 작업을 수행한다. 수행과정은 검출된 특징점의 거리차를 계산하여 가장 근접한 최종 1개의 특징점을 동일한 특징점으로 간주하여 최종 2D 이미지와 3D 모델간의 정합 매칭점을 결정하였다. 매칭점 선택 이후 Calibration을 통해서 3차원 행렬을 계산해 준 뒤 계산된 행렬을 적용한다. 2차원 이미지와 3차원 모델이 정합 됐을 경우 2차원 이미지의 색 정보를 3차원 모델에 넣어줌으로써 3차원 모델은 사실적인 표면 재질을 갖게 된다.



[그림 5] 최종 3D 데이터 텍스처 매핑 결과

[Fig. 5] Final result of 3D data texture mapping

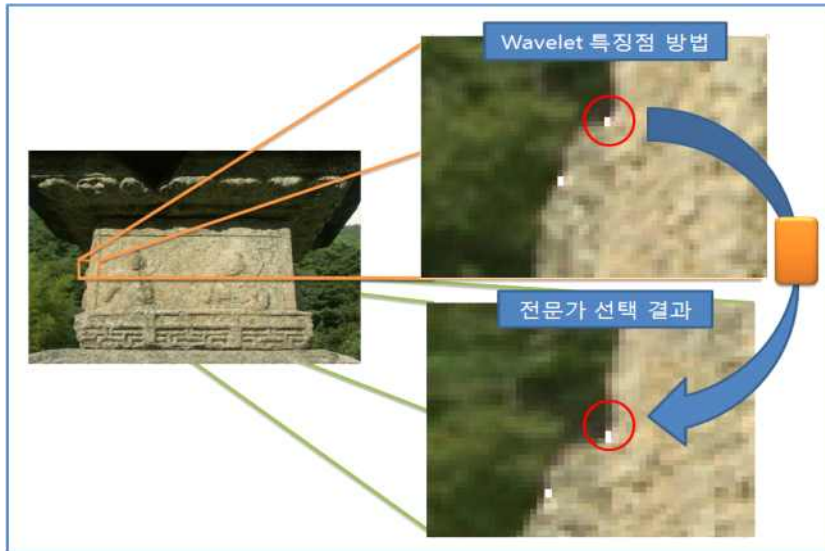
4. 성능 평가

본 장에서는 제안한 텍스처 맵핑 기술의 성능평가를 위해 특징점 제시 위치의 정확성 실험과 이를 기반으로 한 시간 단축 효과를 확인하였다. 실험에 사용된 데이터는 다음 그림과 같이 실상사 백장암 삼층석탑의 3차원 모델 데이터와 4장의 2차원 이미지를 이용하였다. 전체 데이터 셋은 해당 석탑 모델의 20개 세트의 데이터 테스트를 수행하였으며, 평가 결과는 하나의 사례로 설명하였다. 특징점 제시 위치의 정확성 실험 방법은 3차원 모델링 전문가가 수동으로 이미지를 분석하여 사용한 특징점의 위치와 웨이블릿을 이용하여 제시된 특징점의 위치의 차이를 구함으로써 평가하였다. 추가적으로 시간 평가의 경우 총 10명의 사용자의 특징점 제시를 사용한 방법의 맵핑 시간과 특징점을 제시하지 않은 방법을 이용한 맵핑시간을 각각 측정하여 제안 방법의 강점을 평가하였다.

4.1 특징점 추출 정확도 평가

특징점 추출 방식의 정확성 판단을 위하여 전문가가 수동으로 찍은 2차원 특징점 선택 위치와 특징점 추출 알고리즘이 제시해 준 특징점 위치와의 차이를 비교해 보았다. 전문가는 모든 부분

을 특징점으로 선택 할 수 있으나 영상처리에서는 조건에 맞는 경우에만 특징점으로 추출되기 때문에 전문가가 선택한 부분과 웨이블릿 특징점에서 추출된 특징점의 위치가 어느 정도 일치하는 위치의 결과를 비교하였다. 다음 [그림 6]과 같이 전문가 선택 결과의 선택 점과 웨이블릿을 이용해 찾아낸 특징점의 위치를 비교하여 웨이블릿으로 찾아낸 특징점의 정확도를 평가하였다.



[그림 5] 특징점 추출 정확도 평가 방법

[Fig. 5] Evaluation method of feature point extraction accuracy

실험데이터로 사용된 4장의 이미지에서 각 8점씩 전문가가 선택한 위치와 웨이블릿을 이용한 특징점이 비슷한 곳에 위치하는 32개의 위치를 비교하였다. 전문가가 선택한 픽셀의 x, y위치와 웨이블릿을 통해 추출된 픽셀의 x, y점의 픽셀 차이를 계산하여 일치, 불일치를 결정하였으나 전문가의 입력범위는 자유로움으로 x축과 y축으로 ± 4 이하의 차이가 날 경우 동일하다고 판단하였다. 실험 결과는 다음 [표 1]과 같이 도출되었으며 오차는 4장의 이미지에서 8개씩 추출한 총 32개의 점 모두 일치하여 특징점 제시 정확성 평가 결과 전문가의 위치선택과 93.8% 일치하는 결과를 보였다. 이를 통하여 전문가가 사용하는 특징 위치를 웨이블릿을 이용한 특징점 제시방법이 100% 포괄하고 있다는 것을 증명하였다.

[표 1] 특징점 정확도 평가 결과 샘플
 [Table 1] Sample result of feature point accuracy

구분	1번 이미지	2번 이미지	3번 이미지	4번 이미지
				
특징점 1	일치	일치	일치	일치
특징점 2	일치	일치	일치	일치
특징점 3	일치	일치	(불일치)	일치
특징점 4	일치	일치	일치	일치
특징점 5	일치	일치	일치	일치
특징점 6	일치	일치	일치	일치
특징점 7	일치	일치	일치	일치
특징점 8	일치	일치	일치	(불일치)

불일치된 특징점 결과는 전처리 작업에서 2D 이미지에서의 임펄스 잡음에 의해 웨이블릿 특징점 검출시 잘못된 지점에 특징점이 검출된 결과가 도출되었다. 해당 부분은 전처리 작업에서의 비중을 높이고, 의미있는 입력 이미지를 생성한다면 충분히 해결할 수 있는 부분으로 사료된다.

4.2 텍스처 매핑 처리 시간의 평가

본 논문에서 제안한 방법을 이용한 시간 단축효과를 평가하기 위하여 사용자에게 특징점을 제시하는 방법으로 매핑을 하고 이후 특징점을 제시하지 않는 방법으로 다시 한번 매핑하는 방식의 실험을 진행하였다. 시간평가에 정확성을 높이기 위해 사용자는 매핑이 완료된 후 매핑된 3차원 모델을 돌려보며 제대로 매핑이 됐는지 확인하는 과정을 거치도록 하여 정확도는 최대한 정확하도록 하였다.

[표 2] 시간 측정 결과
[Table 2] Time estimation result

구분	특징점 제시	특징점 미제시
실험자1	6분 18초	17분 20초
실험자2	7분 20초	20분 32초
실험자3	10분 47초	14분 27초
실험자4	8분 46초	16분 33초
실험자5	5분 9초	15분 43초
실험자6	9분 22초	19분 34초
실험자7	6분 21초	21분 23초
실험자8	8분 23초	22분 35초
실험자9	7분 55초	17분 24초
실험자10	9분 24초	17분 36초
평균	7분 58.5초	18분 36.7초

측정 결과 특징점을 제시한 방법의 평균 소요시간은 7분 58.5초 인데 반해 특징점을 제시하지 않은 방법의 경우 18분 36.7초가 걸려 평균 10분 38.7초 정도 더 많은 시간이 걸렸다. 이 결과를 기반으로 특징점 제시 방법은 약 42.6%의 시간 단축 효과가 있다는 것을 입증하였다. 특징점을 제시하지 않았을 경우 이미지의 특징점을 세밀하게 선택하기 위하여 확대, 축소가 잦았으나 특징점을 제시한 경우 앞선 특징점 제시 정확성 평가 실험에서 정확도가 입증되었기 때문에 확대 축소 없이 바로 선택 가능하여 시간 감소효과를 얻을 수 있었다.

5. 결론

본 논문은 특징점 매칭 기술 기반으로 자동으로 텍스처 매핑을 지원하는 기술을 제안하였다. 기존 방식에 비해 개선된 방법은 2차원 이미지와 3차원 모델간의 정합에 있어 웨이블릿을 이용한 영상처리를 통해 특징점을 제안해 주는 방법으로 기존 방식은 사용자가 매칭점을 선택할 때 정확한 선택을 위하여 2차원 이미지와 3차원 모델을 확대, 축소하여 정확한 위치를 선택하였으나 웨이블릿 영상처리를 사용한 특징점 제시 알고리즘을 사용함으로써 사용자는 2차원 이미지와 3

차원 모델의 확대.축소 없이 자동으로 매칭 특징점을 추출할 수 있다.

본 논문에서 제안한 방법은 실험결과 전문가가 선택하는 위치를 100% 포괄하는 특징점을 제시해주며, 배경과 오브젝트의 경계가 구분되는 특징점을 제안하여 매칭점의 정확도를 높여준다. 이를 통해 사용자는 확대 축소 없이 바로 특징점을 선택 가능해지며 이로서 확대.축소에 소요되는 시간을 줄여 기존 방법에 비해 시간 단축 효과가 있다는 것을 확인하였다.

본 논문에서 제안한 방법은 문화재의 원형재질 복원 뿐만 아니라 3차원 아바타 제작 방법에도 사용이 가능하다. 3차원 모델이 존재할 경우 사용자가 직접 촬영한 이미지를 기반으로 3차원 모델에 입힐 수 있기 때문에 동일한 3차원 모델에 재질을 변경해줌으로써 다양한 아바타를 만들 수 있다. 향후 연구과제로는 초기 검출되었던 특징점 추출의 부정확한 결과의 문제점 해결을 위해 웨이블릿 입력 이미지의 품질 향상을 위한 다양한 전처리 연구를 진행할 예정이다.

References

- [1] HPA. Lensch, W Heidrich and H.-P. Seidel, "Automated texture registration and stitching for real world models," *The Visual Computer*, 21.8-10, (2005): 619-628.
- [2] F. Dornaika and C. Garcia, "Robust camera calibration using 2d to 3d feature correspondences," *Proceedings of the International Symposium SPIE – Optical Science Engineering and Instrumentation, Videometrics V*, 3174, (1997): 123–133.
- [3] E. Loupiaz and N. Sebe, "Wavelet-based salient points: Applications to image retrieval using color and texture features," *Proceedings of Fourth International Conference on Visual Information Systems (VISual 2000)*, Lyon, France, (2000): 223-232.
- [4] Y. Shor and D. Lischinski "The Shadow Meets the Mask: Pyramid-Based Shadow Removal," *In Computer Graphics Forum*, 27, (2008): 577–586.
- [5] Y. Matsushita, K. Nishino, K. Ikeuchi and M. Sakauchi, "Illumination normalization with time-dependent intrinsic images for video surveillance," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 26.10, (2004): 1336–1347.
- [6] Y. Weiss, "Deriving intrinsic images from image sequences," *In Proc. ICCV*, (2001): 68-75.
- [7] GD. Finlayson, MS. Drew and C. Lu, "Intrinsic images by entropy minimization," *In Proc. ECCV*, 3, (2004): 582–595.
- [8] GD. Finlayson, SD. Hordley and MS. Drew. "Removing shadows from images," *In Proc. ECCV*, 4, Springer-Verlag, (2002): pp. 823–836.
- [9] 김영웅, 김영일, 전차수, 박세형 "3차원 스캐닝 모델과 2차원 이미지의 레지스트레이션과 텍스처 맵핑", *한국경영과학회 춘계학술대회논문집*, (2003)
- [10] HG. Barrow and JM. Tenenbaum, "Recovering intrinsic scene characteristics from images," *In Computer Vision Systems*, (1978): 3–26
- [11] Y. Matsushita, K. Nishino, K. Ikeuchi and M. Sakauchi, "Illumination normalization with time-dependent intrinsic images for video surveillance," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 26. 10, (2004): 1336–1347.
- [12] Y. Weiss, "Deriving intrinsic images from image sequences," *In Proc. ICCV*, (2001): 68-75.

