

Z-map과 모폴로지 필터를 이용한 문화재 문자 복원

문호석*, 손명호**

Recovering the Original Form of Ancient Relics' Letters Using Z-map and Morphological Filters

Ho Seok Moon *, Myung Ho Sohn **

요 약

본 논문에서는 글자가 새겨져 있는 마모된 문화재의 글자를 Z-map과 영상처리를 이용하여 복원하는 새로운 알고리즘을 제시한다. 문화재에 새겨져 있는 글자는 많은 탁본을 통해서 또는 세월이 흐름에 따라 마모되어 최초의 상태와 다른데, 마모된 부분을 찾고 보강하는 작업이 필요하다. 이 작업을 수동으로 하게 되면 여러 가지 문제점이 발생하게 되는데, 자동으로 복원하는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 글자 복원에 대한 구현 가능한 알고리즘을 제안하였다. 팔만대장경을 대상으로 하였고, Z-map과 모폴로지 필터가 이 과정에 사용되었다.

Abstract

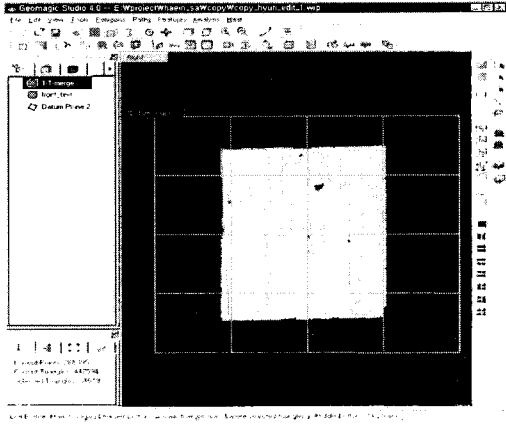
In this paper, we propose a new algorithm for recovering the broken letters of relics into an original form by using Z-map and image processing. The letters of relics may have been broken by a lot of rubbed copy and a long time and tide. They need to be restored. But the manual reconstruction is a very tedious and laborious task. Thus, it is necessary to automate the restoration process. This paper presents a realistic algorithm with an application to Tripitaka Koreana by using Z-map and morphological filter.

▶ Keyword : 복원시스템(Recovering System), Z-map, Tripitaka Koreana.

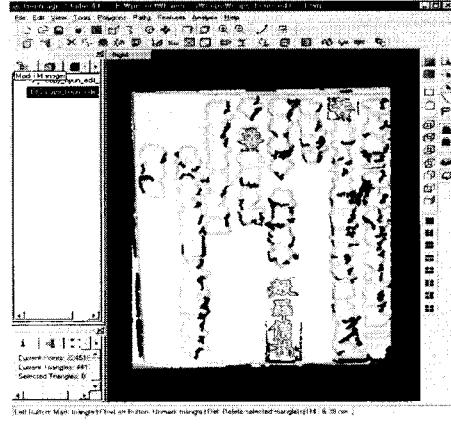
• 제1저자 : 문호석 • 교신저자 : 손명호

* 육군사관학교 전자정보학과 조교수, ** 명지전문대학 경영과 조교수

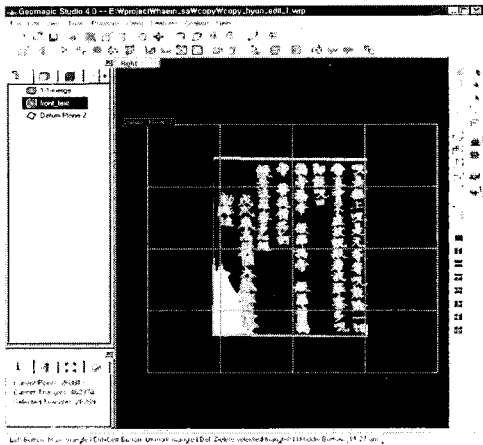
※ 이 논문은 2005년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2005-041-B00205)



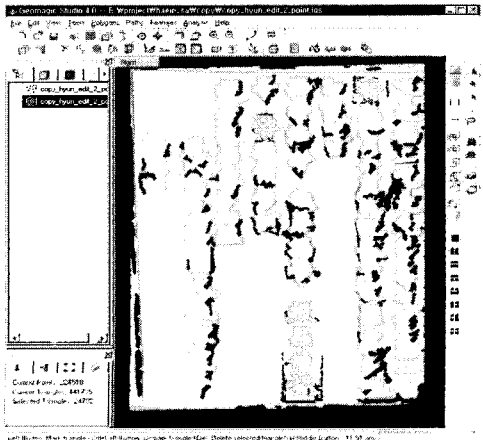
(a)



(d)



(b)



(c)

그림 2. 스캔한 팔만대장경
Fig. 2. Scanned Tripitaka Koreana

또 위의 방법은 아래와 같이 팔만대장경이 아닌 글자가 새겨져 있는 비석에는 적용할 수 없다.

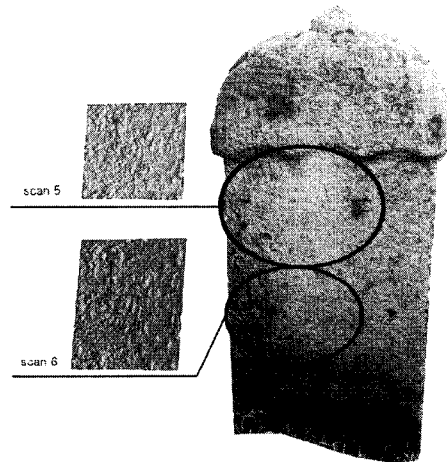


그림 3. 글자가 새겨져 있는 비석
Fig. 3. Tombstone with Letters Carved

본 논문에서는 글자가 새겨져 있는 문화재에 글자들의 원형을 복원하는 알고리즘을 제안하려고 한다. 기존 연구의 문제점을 보완하고 기존 연구에서 다루지 않았던 방법을 제안하고자 한다.

본 연구에서는 기존 연구와 달리 자동으로 문자를 복원

하는 방법을 제시하고 또한 팔만대장경 뿐 만 아니라 다른 문화재에서도 이용될 수 있는 범용적인 방법을 제시하려 한다.

본 논문은 3장에서 제안하는 알고리즘을, 결론은 4장에서 다룬다.

III. 제안하는 알고리즘

3.1 개요

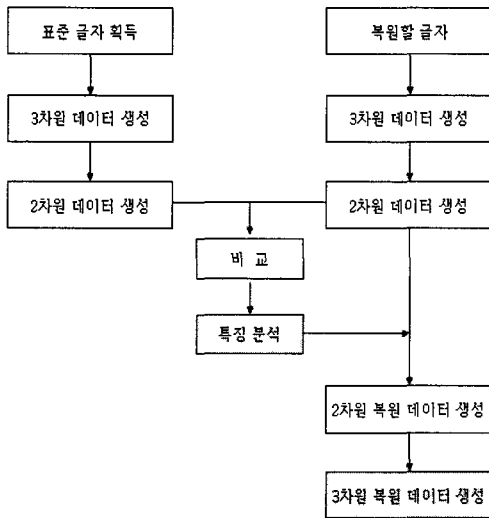


그림 4. 시스템 순서도
Fig. 4. Flow of System

그림 4는 글자 복원하는 알고리즘의 순서도이다. 팔만대장경의 예를 들어서 작성한 순서도이다. 순서도 왼쪽에서 보이는 표준 글자는 팔만대장경 가운데 보존이 잘 된 글자들을 말한다. 이 자료는 팔만대장경 대장경 연구소에서 획득하였고 3차원 디지털 자료화 되어 있다. 이 3차원 데이터를 Z-map을 이용하여 2차원 데이터로 만든다.

그림 4 순서도의 오른쪽에서 보이는 복원할 글자는 글자가 마모되거나 훼손되어 복원이 필요한 글자들이다. 이 글자를 표준 글자를 2차원 데이터로 변환시키는 과정과 동일하게 2차원 데이터로 변환시킨다. 그리고, 표준 글자의 2차원 데이터와 복원할 글자의 2차원 데이터를 비교하여 차이가 나는 부분의 특징을 분석한다. 이를 토대로 복원할 글자를 표

준 글자로 변환시킬 수 있는 필터를 유추해내고 이를 복원할 글자에 적용한다.

3.2 Z-map

Z-map 모델은 xy 평면에 정의된 일정한 간격의 격자점 (i,j)에서만 곡면의 z 값을 표현하는 방법으로 그림 5와 식 (1)이 그 개념을 보여 주고 있다(5, 6).

$$x(i) = x(0) + g * i, 0 \leq i \leq n_i$$

$$y(j) = y(0) + g * j, 0 \leq j \leq n_j \dots\dots\dots (1)$$

그림 5에서 g는 격자 간격을 나타내고 식(1)에서 x(i)와 y(j)는 시작점에서부터 i, j 크기만큼 격자간격의 차이를 두고 정의된 값이다. i,j의 개수는 대상물체의 가로 세로의 크기를 각각 격자간격으로 나누워서 나온 값으로 g의 간격에 따라 i, j가 결정된다. z(i, j)는 x(i)와 y(j)에서의 z 값이다. Z-map은 3차원 데이터를 깊이가 z인 2차원 격자 값으로 만드는 것이다.

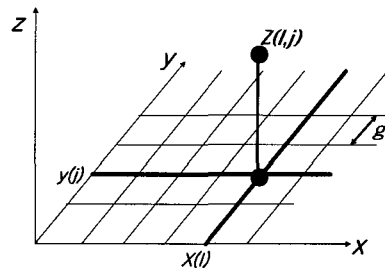


그림 5. Z-map 정의
Fig. 5. Definition of Z-map

3.3 특징 분석 및 영상처리 필터 적용

그림 6은 복원할 팔만대장경의 일부분을 3차원 데이터로 스캔한 모습이다. 그림 6에서 (a)는 팔만대장경의 3D 데이터를 보여주고 있다. (b)와 같이 높이 부분을 2D 데이터의 밝기값으로 변환하는 Z-map을 이용해서 (c)와 같은 2D 데이터를 생성한다. 그림에서 높이 값이 2D 데이터의 화소 값으로 변환되는데 이 때 2차원 흑백 데이터의 경우 0 ~ 255의 화소 값을 갖고 있는데, Z-map 값을 화소 값으로 변화시켜 주는 과정이 필요하다.

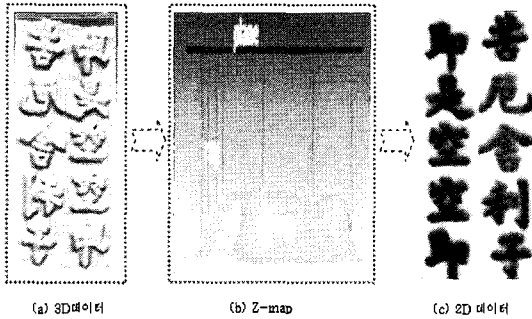


그림 6. 2차원 데이터 생성
Fig. 6. Creation of 2D Data

이 과정은 식(2)를 통해서 진행된다.

$$T_{x,y} = 255 * \frac{C_{x,y} - \min}{\max - \min} \dots\dots\dots (2)$$

식(2)에서 max와 min은 각각 Z-map 값 중에서 최대 값과 최소 값이고 C는 변환하려는 Z값을, T는 2D 데이터로 변환되는 화소 값을 의미한다. 식(2)을 이용해서 3D 데이터를 2D 데이터로 변환한다. 2D 데이터를 3D 데이터로 변환할 때는 그 반대의 과정을 적용한다.

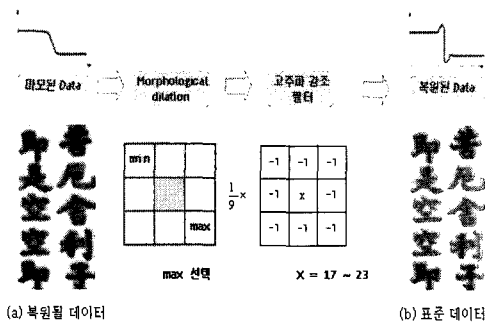


그림 7. 특징 분석
Fig. 7. Feature Analysis

그림 7의 (a)는 복원된 데이터의 2D 데이터이고 (b)는 표준 데이터로 복원된 데이터의 모습을 재구성한 것이다. 그림 7의 (a)와 (b)를 비교하여 이것을 분석하게 되면 표준 데이터로 복원된 데이터를 바꾸지 않고도 영상처리를 통해 글자들을 복원시킬 수 있을 것이다.

그림 7의 (a)와 (b)를 비교해볼 때 두 가지 특징을 발견할 수가 있다. 첫째는 표준 데이터가 복원된 데이터보다 폐곡면의 내부가 선명하다. 위의 2D 데이터들은 실제로 팔만대장경으로 탁본했을 때의 모습으로 볼 수도 있는데 폐곡

면의 내부가 선명하지 않으면 탁본 글자가 분명하지 않을 수 있는데 표준 데이터의 그림이 폐곡면이 선명하게 나온다. 둘째는 표준 데이터의 경계가 복원된 데이터보다 뚜렷하다는 것이다. 이와 같은 역할을 하는 필터에는 그림 7에서와 같이 모폴로지 확장(dilation) 필터와 고주파 강조필터가 있다. 모폴로지 확장(dilation) 필터는 데이터에 그림 7에서와 같은 마스크(윈도우)를 영상에 적용했을 때 윈도우 내의 영상 데이터 가운데 가장 큰 값을 선택하는 필터이고, 고주파 강조 필터는 그림 7에서의 마스크(윈도우)를 본 영상에 적용하게 되면 영상의 경계 부분을 선명하게 하는 필터이다.

이 두 필터를 적용한 후에 복원된 데이터에 Z-map 역변환을 하여 3D 데이터로 변환하게 되면 폐곡면이 선명해지고 경계가 뚜렷한 복원된 글자 데이터를 얻을 수 있다.

IV. 결론

본 논문은 팔만대장경의 많은 탁본과 세월로 인한 훼손된 글자를 복원하는 알고리즘을 제안하였다. 문화재 글자 복원에 대한 연구는 많이 진행되고 있는 분야는 아니었다. 기존 연구도 훼손된 글자를 표준 글자들로 교환하는 정도의 연구로 범용적으로 적용될 수 있는 것은 아니고 또 표준 글자가 없거나 대상이 다를 경우에는 적용하기가 제한되는 것이다. 본 논문에서 제안하는 방법은 이러한 부분을 보강하고 팔만대장경을 대상으로 했으나 다른 문화재에 적용할 수 있는 방법이었다.

표준 글자들과 복원해야할 데이터를 비교하기 위해서 본 논문에서는 3D로 변환된 데이터를 Z-map을 이용해서 2D 데이터로 변환한 후에 두 변환된 데이터간의 차이의 특징을 분석하여 보다 적용 가능한 영상처리 필터를 발견하였다. 이에 모폴로지 확장(dilation) 필터와 고주파 강조필터가 사용되었다. 본 논문에서는 원본 데이터의 부족과 새로운 분야의 연구로 인해서 많은 실험을 실시하지 못하고 알고리즘을 제안하는 수준이었으나 앞으로 많은 데이터를 수집하여 분석하고 실험한다면 다양한 분야에서 문화재 복원에 기여할 수 있을 것으로 본다.

참고문헌

- [1] Kong, W., & Kimia, B. B., "On solving 2-D and 3-D puzzles using curve matching," Proceedings of the IEEE Computer Vision and Pattern Recognition, Vol. 2, pp. 583-590, 2001.
- [2] Moon, H.S., You, T.W, Yoo, H.W. Sohn, M.S, and Jang, D.S., "A Recovery System of Broken Relics Using Least Squares Fitting and Vector Similarity Techniques," Expert Systems with Applications, Vol. 28, pp. 469-481, 2005.
- [3] Cultural Properties Administration, Cultural properties yearbook, Daejeon, Korea, 1991.
- [4] Ucoluk, G. and Toroslu, I. H., "Automatic Reconstruction of Broken 3-D Surface Objects," Computers and Graphics, Vol.23, No.4, pp.573-582.
- [5] 최병규, 정연찬, "Z-map을 사용한 모의가공과 NC-code의 검증", 대한산업공학회, Vol.8, No.3, pp. 155-169, 1995.
- [6] Held M., Lukacs G., and Andor L., "Pocket Machining Based on Contour-parallel Tool Paths Generation by means of Proximity Maps", Computer Aided Design, Vol. 26, No.3, pp. 189-203, 1994.

저자 소개



문 호 석

2006년 8월: 고려대학교 산업시스템 정보공학과 박사

2006년 3월 - 현재 : 육군사관학교 전자정보학과 조교수

관심분야 : 컴퓨터 비전, 워터마크, 문화재 복원 전문가 시스템



손 명 호

2003년 8월 : 한국과학기술원 테크노경영대학원 박사

2002년 3월~현재 : 명지전문대학 경영과 조교수

관심분야 : CAD/CAM, 전문가 시스템, 마케팅