영상신호처리에 의한 금석문 음각문자 판독
-샘플시료를 이용한 실험을 통하여

Image Processing in Deciphering the Letter Written in Rocks by Experiment of Sample Texts

황 재 호*

* 한밭대학교 전자공학과(전화:(042)821-1136, 팩스:(042)821-1128, E-mail : hwangjh@hanbat.ac.kr)

Abstract : 금속이나 암석에 음각(陰角)으로 각인된 문자나 그림들은 날씨나 주변 빛 환경에 따라 시각으로 입력되는 정보에 큰 차이를 보인다. 이를 이미지검출장치를 통해 읽어드려 디지털 이미지 신호로 만들고자 할 때는 더욱 그 정도가 심하여 대상체가 위치하는 빛 환경이나 검출기 특성에 각별한 신경을 써야한다. 자연광이나 전구 그리고 기후나 날씨에 의해 조성되는 빛 환경은 조도(照度), 조사각도(照射角度), 그림자 및 대상체 표면 상태 등이 중요한 결정 인자들이다.

빛 환경이 디지털 이미지 질(質)에 끼치는 영향을 최소화하기 위한 실험실 차원의 빛환경조정실을 구축하였다. 외부 유입 광선을 모두 차단하고 지향성이 있는 조명에 의해서만 대상체에 빛이 조사되도록 하고 디지털 카메라로 대상체의 이미지를 담았다. 음각 문자를 새긴 샘플석문(石文)을 제작하고 실험실 안의 정량화된 빛환경 하에서 석문의 이미지를 취득하였다. 전처리 과정을 통해 노이즈를 제거하고 이미지의 질을 향상시켰다. 처리된 이미지를 분석하여 문자영역과 바탕영역의 신호패턴을 추출한 다음 룩업 테이블, 조도 레벨 슬라이징, 중첩의 원리 및 Morphology 등의 기법을 알고리즘화하여 2진 형태의 음각문자를 판독 및 복원하는데 성공하였다.

Keywords : Image Processing, Decipherment, Epigraphy, Preprocessing, Intensity Level Slicing, Superstition, Morphology

Ⅰ. 서론

1990년 초부터 미국, 유럽 및 일본 등의 과학 기술과 항공 우주 산업이 발달했던 선진국을 중심으로 본격적으로 연구되어 온 영상신호처리 분야는 신호처리 전용 하드웨어와 다양한 소프트웨어 개발에 힘입어 급속도로 발전하고 있다. 팩스, 복사기, PC를 비롯한 일반 사무기기는 물론이고, 매스미디아의 영상처리, HDTV, 디지털 방송, 인터넷, 기상, 군사용 등 그 활용 분야가 실로 무궁무진하다.

본 연구는 영상처리 기법을 이용하여 음각이나 양각으로 처리된 금석문 문자를 판독한다. 대상 이미지는 금석문 가운데 석문 (石文)이다. 한국을 비롯한 동양의 문자 문화를 대표하는 금석문의 판독은 오랜 세월 동안 탁본에 의존해 왔다. 이를 통상 금석학이라 부르는데, 서양의 'Epigraphy'와는 기법에 있어서 차이가 있다. 탁본은 일종의 음각화로서 금석문에 각인되어 음양각을 한지 위의 흑백 이미지로 처리하는 전통적 기법이다. 그러나 이 기법은 현지에서 작업을 수행해야 할 뿐 만아니라, 물리적으로 까다롭고 또한 오랜 시간과 작업 기술 및 숙련을 요한다. 더욱이 많은 부분이 훼손된 금석문은 일반인들이 쉽게 작업하기가 쉽지 않을 뿐더러 탁본 결과도 판독하기 쉽지 않다.

수작업에 의존했던 판독작업을 영상신호처리 기법으로 접근함으로 문헌 자료의 신속한 판독과 디지털화된 자료의 보존이 필요하다. 과학적 방법과 기술을 활용한 역사적 문헌의 판독과 기록 보존은 현대를 사는 이들에게 있어서 문화 콘텐츠 개발 측면에서 매우 중요한 과제이다. 그러나 이러한 작업은 단순한 영상 데이터 취득만으로는 불가능하다. 이미 시판되고 있는 여러 종류의 영상처리/편집 소프트웨어(예, 포토샵)에서 디지털 이미지로 단순처리하기에는 입력 정보의 식별이 용이하지 않다. 금석문 판독은 단순한 색대비나 명세화 내지는 필터처리나 흑백처리 기법으로 해결하기 매우 곤란하다. 음각부분의 색상 정보나 바탕 부분의 색상 정보가 크게 다르지 않고 차별이 거의 없다. 오히려 입체 3D 영상처리에 가깝다. 데이터 취득에서부터 영상처리에까지 다각적인 접근과 종합적인 연구가 요구된다.

이를 위해서 본 논문에서는 원 금석문의 판독에 앞서 실험실 차원에서 작업한 실험 결과를 제시하였다. 실험을 위해 빛환경조정실을 구축하였다. 이 곳에서는 외부 유입 광선을 모두 차단된 가운데 지향성이 있는 조명에 의해서만 대상체에 빛이 조사되도록 하였다. 마찬가지로 음각 문자를 새긴 샘플석문(石文) 시료를 제작하고 실험실 안의 정량화된 빛환경 하에서 석문의 이미지를 일반적인 디지털 카메라로 취득하였다. 디지

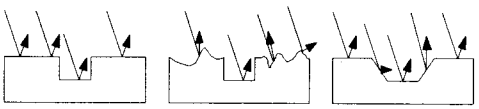
털화된 이미지는 전처리 과정을 통한 후 알고리즘화된 이미지 처리 기법에 의해 수작업 탁본과 같은 2진 형태의 복원하는데 성공하였다.

II. 석문의 음양 각인 구조와 빛에 따른 시각효과

태양이나 조명기구로부터 발산하는 빛이 물체에 조사되면 빛의 물체에 대한 반응인 반사, 투과 및 상호 간섭 등에 의해 물체에는 다양한 색채와 명암도가 나타나 물체의 시각 효과를 갖게 된다. 빛의 종류, 세기, 조도, 조사 각도, 물체의 반응 정도 및 주변 빛 환경과의 상호 간섭 등은 그 중요한 인자들이다. 물체가 놓여져 있는 공간에서의 인자간 상호 작용은 인자들의 기여도에 따라 인간의 시각으로 입력될 때에는 다양한 형태를 갖는다.

음각 구조를 갖고 있는 금석문의 경우도 예외는 아니다. 오히려 단순한 구조를 갖고 있다고 볼 수 있다. 왜냐하면 금석문은 돌출부(部突出)와 몰입부(沒入部)의 두 영역으로 나누어진다. 특히 비석이나 바위 및 돌에 각인된 문자를 갖고 있는 석문(石文)의 경우, 몰입부는 정보가 각인되는 부분으로 글씨나 그림 또는 문양이 새겨지고, 반면에 돌출부는 문자가 새겨지고 남은 바탕영역으로서 표면이 자연그대로의 상태를 갖고 있거나 거칠게 단순처리하든지 혹은 연마되어 매끄러운 형태를 갖는 것이 보통이다. 하여튼 돌출부와 몰입부는 주변 빛 환경 속에 놓이게 되고 빛의 반응 정도와 상태 차이에 의해 서로 다른 시각정보를 가지므로 인간의 눈에 몰입부가 일정한 문자 정보를 제시하는 것으로 입력된다.

바탕영역이 어떠한 표면처리구조를 갖든지, 정보영역은 거의 일정한 시각정보로 일관한다. 단지 정보영역은 바탕영역보다 그림자의 합성이 강하게 나타나는 것이 특징이다. 이 부분에 대해서는 실험을 통해 정량적으로 밝혀질 것이나 영역 이미지 정보의 일관성에 근거하여 문자 판독이 가능하다. 그림 1은 세 경우의 빛 조사(照査)에 따른 음각부와 양각부의 반응 상태를 보여준다.



(a) (b) (c)

그림 1 빛 조사에 따른 반응

Figure 1 Light response

그림 1(a) 는 두 영역이 모두 동일한 표면처리가 된 경우이고, (b)는 음각부의 이미지는 일관성이 있는 반면 양각부는 거칠게 자연 상태인 경우이며, (c)는 에지 부분이 뭉개진 경우이다. 모든 경우 음각부는 양각부에 비해 빛의 포집 현상이 나타나, 상대적으로 표면부와 차별된 영상 정보를 갖는다.

영상 정보의 차이가 모든 경우 항상 구분되거나 정확히 차별화되는 것은 물론 아니다. 영상 정보를 입력한 후에 전처리 과정과 선분석(先分析) 이 있어야 되는 이유가 여기에 있다. 이는 단지 어느 정도 가설에 불과하다. 보다 자세한 것은 다음에 소개할 실험을 통해 확인해야한다.

III. 실험 환경 구축과 시료 제작

1. 빛환경조정실 구축

두 영역 정보의 차별성을 확인하기 위해 먼저 실험 조건을 갖춘 빛환경조정실을 구축하였다. 실험실은 다음의 조건하에 조성하였다.

실험실 조건

1) 외부의 모든 빛을 차단한다.

2) 실험 Box 내부는 암막(暗幕)처리하여 모든 빛을 흡수함으로 반사파가 대상체에 비추는 것을 최소화한다.

3) 실험 Box 내부에 대상체를 위치시키고 외부에서 조명기구를 통해 빛을 조사(照査)한다.

4) 실험실에서 사용할 조명기구의 빛의 세기는 조정 가능해야 한다.

빛환경조정실에서의 실험을 통해 정보영역에서의 그림자 효과에 대한 영상데이터를 수집할 수 있다. 그림자데이터는 정보영역데이터에 합성되므로 영상블렘 과정을 통해 제거하든지 그림자와 정보영역 데이터가 상호 합성된 것을 함께 정보로 취급할 수도 있다. 실험을 통해 여러 다양한 시료들의 영상을 분석함으로 석문 정보영역의 판독과 디지털 탁본화가 가능하다.

2. 시료 제작

빛환경조정실 내에서 사용할 시료를 제작하였다. 시료는 일단 그림 1의 세 가지 조건으로 만들었으며 재질은 석고이다. 석고를 선택 이유는 다음과 같다.

첫째 음각부를 각인하였을 경우 표면부와 동일한 색패턴을 갖도록 한다. 대부분의 석문들은, 표면이 매끄럽게 연마되어 있고 정(chisel)을 통해 각인되어 깎여나간 부분은 거칠게 처리되어 두 영역의 구분이 확실하다. 실험 시료의 두 영역을 동일 색패턴을 갖게 한 것은 빛의 조사에 따른 반응 정도를 색과 무관하게 처리 하고자 함이다.

둘째, 석고의 백색이 모든 빛을 거의 반사함으로 흡수에 따른 측정 오차를 극소화 하고자 함이다.

셋째, 각인시 다루기가 쉽고 취급이 용이하다.

시료에 각인될 문자는 한글 자음 "ㅊ", "ㄱ"과 "+"로 하였다. "ㄱ"은 상하, 좌우 ∓ 90도로 빛 조사시 그리자를 처리할 수 있다. "ㅊ"은 상하, 좌우 ∓90도와 ∓45도 방향으로의 빛 조사가 가능하다. "+"은 상하,

좌우 처리가 완벽하다. 그림 2는 제작된 시료를 보이고 있다.

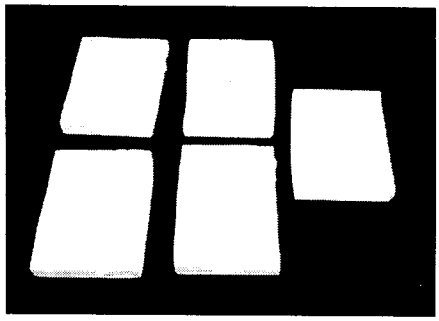


그림 2 시료
Figure 2 Test tablet

그림 2를 보면 시료 위에 새겨져 있는 문자의 식별이 어려운 것을 알 수 있다. 아직 빛에 의한 처리가 되어 있지 않기 때문이다. 빛처리가 된 영상은 음각부와 양각부가 뚜렷이 나타난다.

Ⅳ. 실험 환경 하에서의 이미지 추출과 분석

1. 이미지 추출

앞 장에서 설명한 빛환경조정실 내에서 시료에 대한 빛처리가 된 상태에서 시료의 이미지를 디지털 카메라를 통해 입력시킨다. 디지털 카메라는 시중에서 쉽게 구할 수 있는 일반적인 것으로 화소의 수도 일반적인 것으로 하였다. 이렇게 한 이유는 디지털화된 영상 정보를 취득하는 것이 주된 목적이기 때문이다. 일단 디지털화된 이후에는 영상신호처리 기법에 의해 처리하므로 입력 정보의 정확성은 현 단계에서 크게 문제가 되지 않는다. 그리고 빛처리는 정보영역에 그림자 영역이 겹치도록 하여 일반적인 석문가 유사한 효과를 갖게 했다. 그림 3은 취득한 영상정보이다.

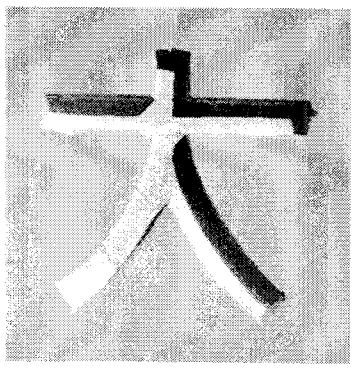


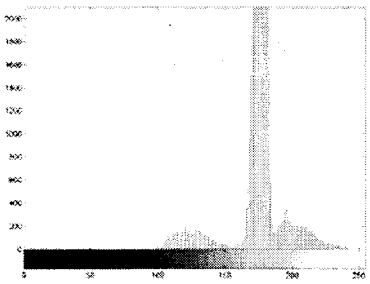
그림 3 취득 이미지
Figure 3 Object image

그림 3에 취득된 이미지의 시료는 그림 1(a)에 해당된다. 음각부와 양각부 모두 동일한 색 패턴이나 빛처리에 의해 서로 다른 음영사태를 보인다. 조명 전구는 삼색광으로 태양 빛과 유사한 스펙트럼 특성이 있는 것을 택하였다. 45도 좌상 방향에서 빛을 조사한 후 이미지를 취득하였다.

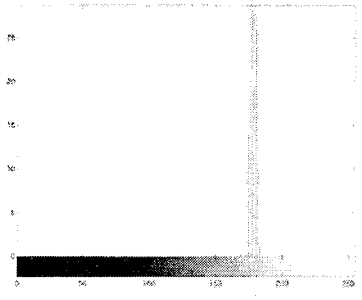
2. 전처리 과정과 이미지 분석

그림 3의 취득 이미지로부터 문자 정보를 추출하기 위하여 전처리 과정을 거친다. 일반 디지털카메라를 비롯한 입력 장비로 이미지를 입력하는 경우, 센서 노이즈와 기계전자 장치 통과에 따른 노이즈와 정보의 변형이 발생한다. 그림 3의 이미지에는 blurring 현상이 나타나고 있음을 알 수 있다. 노이즈 필터를 통해 이 현상을 제거하여 보다 원 상태에 가깝도록 하였다. 이 과정은 이미 일반화되어 있는 영상처리 소프트웨어로 간단히 처리된다.

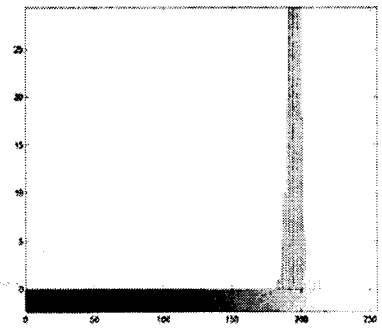
노이즈가 제거된 영상은 color 에서 grey level로 변환한다. 최종적으로 획득할 이미지는 2진 영상이기 때문이다. grey 톤으로 변환한 이미지는 다음 그림 4에서 볼 수 있는 바와 같이 정보영역에서는 각인부와 그림자합성영역, 그리고 바탕영역의 히스토그램을 구하여 각각이 차이를 고찰한다.



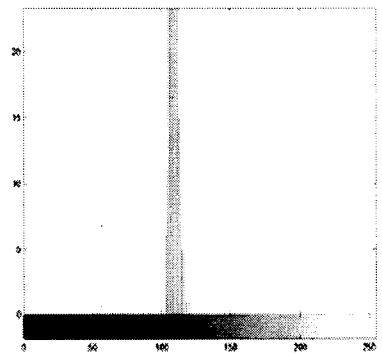
(a) 이미지 전체의 히스토그램



(b) 바탕영역의 히스토그램



(c) 정보영역 중 음각부의 히스토그램



(d) 정보영역 중 그림자 부분의 히스토그램

그림 4 두 영역의 히스토그램 분석 결과
Figure 4 Histogram

분석 결과 두 영역 사이에는 히스토그램 상의 차별이 현저함을 알 수 있다.

V. 문자 이미지 추출

두 영역 히스토그램 상에서의 레벨 차이는 두 영역의 레벨을 양 극단으로 치우치게 함으로, 원하는 문자 정보만을 검정색으로 바탕 부분을 백색으로 처리할 수 있다. 즉 입력 이미지와 출력 이미지 사이의 상호 변환이 다음 식 (1)과 같이 가능하다.

$$x_0 = T(x_i) \tag{1}$$

여기서, x_i : input grey level

x_0 : output grey level

이러한 변환을 거친 이미지를 그림 5에 보였다.

그림 5 변환을 거친 이미지
Figure 5 Transformed Image

그림 5의 이미지를 노이즈 필터와 opening 과정을 통해 매끄럽게 처리한다(그림 6).

그림 6 최종 처리된 이미지
Figure 6 Resultant Image

이 일련의 과정은 하나의 알고리즘으로 신속한 처리가 가능하다.

VI. 결론

영상신호처리 기법을 통해 음각으로 각인된 석문의 문자 이미지를 추출하였다. 실험실 차원에서 빛환경을 조성하고 시료를 제작하여 디지털화된 이미지를 취득한 후, 전처리와 분석을 통해 추출 대상 영역과 바탕 영역의 히스토그램 상에서의 차이를 알아내었다. 이러한 차이를 근거로 입출력 이미지 변환 함수를 만든 다음 흑백 양극단의 2진화된 이미지를 획득하였다. 그리고 문자가 검정색으로 처리된 디지털 탁본을 얻는데 성공하였다.

참고문헌

[1] Clogg, P. (2000). Digital image processing and the recording or rock art. Journal of Archaelogical science 27, 837-843.

[2] Awcock, G.W. , & Thomas, R. (1996). Applied image processing. The Macmillan Press.

[3] Jain, A.K. (1989). Fundamentals of digital image processing. Prentice Hall.