

Binary Watershed Algorithm을 이용한 필기체 문자 영상 향상에 관한 연구

이 호 준⁰ 최 영 규 이 상 범

단국대학교 컴퓨터공학과
enigma0b@shinbiro.com

A Study on Enhancement of Handwritten Character Image using Binary Watershed Algorithm

Ho-Jun Lee⁰ Young-Kyoo Choi Sang-Burm Rhee
Dept. of Computer Engineering, Graduate School Dankook University

요 약

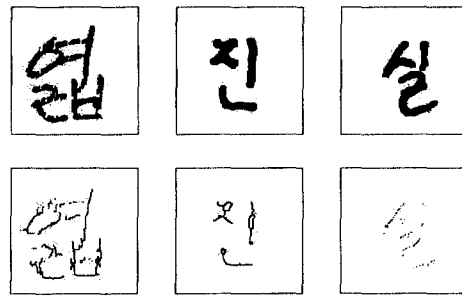
오프라인 필기체 한글 문자인식에서 대부분의 연구들은 영상획득 장비로부터 얻어진 이진영상(Binary image)을 바탕으로 이루어진다. 이 과정 중 영상에 잡음이나 영상패턴의 훼손을 가져오는 경우가 많다. 획이 끊기거나 영상 내 홀(holes)이 발생한 경우 인식에 많은 질적인 문제를 가져온다. 오프라인 필기체 한글 문자인식 과정 중 영상 내 골격을 추출하는 연구는 아직도 많은 난제를 가지고 있다. 또한 골격추출과정은 인식에 많은 영향을 준다. 잡영이 포함된 영상은 잘못된 골격선 추출에 기인한다. 본 논문에서 사용된 Binary Watershed Algorithm은 잡영이 포함된 영상개선에 사용하였고, 이 Algorithm은 많은 다양성을 가지고 있어 여러 분야의 응용에 사용되어지고 있다. 본 논문은 이러한 잡영이 포함된 영상의 개선을 통해 기존의 Morphological 세선화 방법과 Zang-Suen 세선화 방법을 통해 골격선 추출을 평가하였다. 여기에는 아직도 자소의 교차 획에 있어서 효과적인 골격선을 추출하는 문제를 가지고 있다.

1. 서 론

문자 인식에 관한 연구는 1970년대부터 시작되어, 지금 까지 계속 발전을 거듭해왔다. 그 결과 온라인 문자 인식 분야에 있어서는 많은 상용시스템들이 등장했지만 오프라인 필기체 문자인식 분야에서는 아직까지 많은 인식문제를 가지고 있다. 오프라인 필기체 문자는 필기자의 다양성과 동적 정보의 손실로 인식에 있어 어려움을 가지고 있고, 한글 문자의 방대함에 있어 많은 연구를 필요로 하고 있다.[1][2]

이러한 문제들로 인하여 오프라인 한글 문자인식 분야에서 전처리과정은 아주 중요한 부분이고, 대부분 한글의 부류수가 방대하고, 글자간의 유사성이 높기 때문에 문자를 구성하는 획(stroke)을 추출하고, 획(stroke)간의 패턴을 분석하여 인식하는 방법이 주류를 이루고 있다.

영상획득 장비나 이진화 과정 중 영상 내 끊어진 획이나 홀(Holes)이 빈번히 발생한다. 이러한 끊어진 획은 그림 1(a) 과 같이 세선화 과정에서 골격으로 제외되고, 영상 내 홀(Holes)은 그림 1(b) 와 같이 잘못된 골격추출에 기인한다. 또한 심한 잡영이 포함된 경우 획의 방향성이 상실 그림 1(c) 와 같은 세선화 결과를 가져온다.



(a) (b) (c)
그림 1 잡영이 포함된 영상의 세선화 (a) 끊어진 획 (b) Holes이 포함 (c) 심한 잡영이 포함

본 논문은 이러한 잡영이 포함된 영상에 Binary Watershed Algorithm[3] 을 수행하여, 수행된 영상의 Watershed 분석(analysis)을 통해 Morphological methods를 적용하여 개선된 영상을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다.
2장에서는 Binary watershed Algorithm[3] 의 정의 (Definition) 와 수행과정을 설명하고, 3장에서는 Binary

watershed Algorithm의 수행 결과 영상 분석에 의해 영상의 잡영의 제거 방법을 제시한다. 4장에서는 잡영이 포함된 영상의 세선화 결과와 본 논문에 의해 개선된 영상에 세선화 결과의 비교와 본 논문의 실험결과의 문제점을 제시한다. 마지막으로 5장에서는 앞으로의 연구방향에 대해 제시한다.

2. Binary watershed Algorithm

Watershed Algorithm[3]은 Lantuejoul 과 Beucher에 의해 영상분할의 목적으로 소개되었고, 그 이후로 많은 연구를 보여 왔다. 지금은 Vincent and Soille 와 Mayer에 의한 두 가지 방법으로 대표될 수 있다. Watershed Algorithm은 gray image를 주로 사용하여, 현재 X-ray 영상, 도로 표지 영상, 항공 사진 등 여러 분야에서 영상분할 연구에 사용되어 지고 있다. 하지만 이진(Binary)영상에서는 Morphology의 침식(erosions)으로 묘사되지만, Euclidean distance와 매우 유사한 형태를 취하고 있어 여러 분야에서 영상분석을 통해 연구가 이루어지고 있다.[4][5]

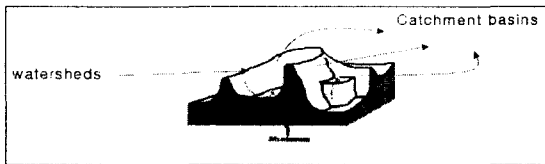


그림 2 위상학적 재구성(Topographic representation)

2.1 Definition

Binary Watershed Algorithm은 immersion simulation에 의해 정의 될 수 있다.[3][6]

그림 2와 같이 위로 물을 떨어뜨리면 가장 낮은 높이에서부터 수면의 높이를 점차로 증가시키면서, 담수지역(minimum)을 넓히는 과정이다. 만약 서로 다른 담수지역이 접하게 될 경우에는 가상의 댐(dam)을 쌓아서 담수지역(minimum)을 구분하며, 새롭게 형성되는 모든 담수지역(minimum)들을 발견한다. 경사 값이 작은 화소가 경사 값이 큰 화소보다 기존의 담수지역(minimum)에 병합되며, 또한 경사 값이 같은 경우에는 먼저 병합된 쪽에 가까운 화소가 먼 위치보다 먼저 병합된다. 그림 2와 같이 Watershed는 인접한 Catchment basin들의 영역을 분할한 것이다.[7]

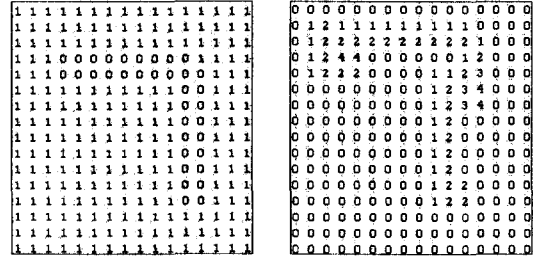
2.2 수행과정

수행과정은 아래와 같이 3단계로 제시한다.

1단계는 영상의 기울기를 계산하여 경사영상으로 재구성한다. 기울기 연산은 Sobel 기반 연산을 수행하여 평

활화의 효과도 함께 적용, 문자영상부분의 에지(edge)를 찾는다.

2단계는 에지(edge)부분 픽셀을 탐색하여 지역적 담수지역(minimum)을 찾는다. 여기서 픽셀간 8방향을 고려하여 과도한 분할을 방지한다.



(a)원영상 (b)Watershed 영상
그림 3 Binary Watershed Algorithm 수행

3단계는 탐색된 담수지역에서 분할과 병합을 수행하여 위상학적 영상으로 재구성된다. 즉 이진영상이 그림 3(b)와 같이 grayscale image로 재구성된다. 지역적 경사 값이 작은 곳(minima)에서부터 지역적 경사 값이 큰 곳(maxima)으로 수위를 높여간다. 여기서 각 화소의 밝기 값은 고도(altitude)로 표현된다.[6][8]

3. 영상 내 잡영 제거

3.1 끊어진 획의 제거

끊어진 획의 개선은 Watershed 영상과 원영상의 차에 의하여 얻어질 수 있다. 그림 3(b) Watershed 영상은 밝기 값이 1부터 4까지 나타나 있지만 실제 영상은 정확히 250에서 253까지 밝기 값으로 재구성된다. 그림 4(a) Watershed 영상도 원래 250에서 253까지 4단계의 밝기 값을 가지고 있다. 원영상과의 차는 배경의 침식(erosion)의 작용을 얻을 수 있고, 상대적으로 문자영역 부분에 있어서는 지역적인 팽창(dilation)을 보여준다. 이와 같이 Watershed 영상은 문자영역의 에지(edge)부분을 보호함으로써 획 패턴의 훼손을 방지하고, 배경의 침식효과와 문자영역의 팽창효과로 끊어진 획 패턴의 보상의 결과를 얻을 수 있다.

그러나 영상 내 홀(Holes)이 아직 잡영으로써 존재한다면 앞의 그림 1(b)와 같이 거짓 골격선을 만들어내게 된다. 따라서 다음 단계를 수행하여 영상 내 홀을 제거한다.[9]

3.2 홀(Holes) 제거

지역적인 Morphological 연산을 수행하여 영상내 홀을

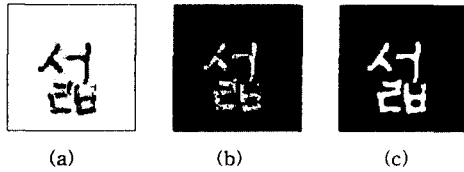


그림 4 잡영제거 (a)Watershed 영상 (b)원영상과의 차 결과 영상 (c) 홀(holes)제거

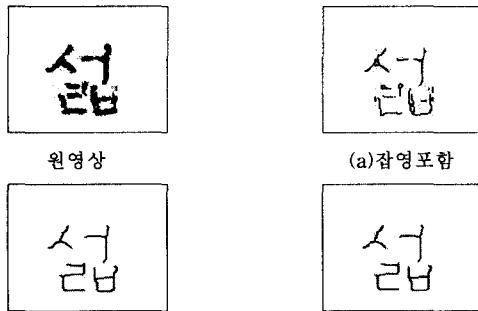
감지하고 이 부분을 주변 화소 값으로 바꾸어 줌으로써 제거할 수 있다. 본 논문에서는 배경 값에 대한 8방향 조건검사를 통해 홀을 감지하였다. 그리고 임계치를 설정을 통한 조건검사로 획 패턴의 훼손을 방지하였다. 그 결과 영상은 그림 4(c)에 나타나 있다.

4. 골격선 추출

그림 5(a)는 잡영을 포함하고 있는 영상의 골격선 추출이고, 그림 5(b)는 반복적인 Morphology를 이용하여 세선화를 수행하였고, 그림 5(c)는 Zang-Suen 세선화로 골격선을 추출하였다.[10]

본 논문의 영상개선을 통한 골격선 추출은 그림 5에서와 같이 좋은 결과를 보였다.

하지만 연구과정 중 아주 미세하게 흐려진 끝선의 경우 골격선으로 추출되는 경우가 실험데이터(PE92 필기체 문자) char0.fine부터 char100.fine까지 30%정도가 이러한 결과를 보였다. 또한 자소간에 획이 심하게 붙은 경우 골격선이 모음문자에 흡수되는 결과를 보였다.



(b)Morphology 세선화 (c)Zang-Suen 세선화
그림 5 세선화를 통한 골격선 추출

5. 연구방향

본 논문은 골격선 추출에 있어 실험데이터(PE92필기체 문자)의 좋은 결과를 보였다. 본 결과 영상을 인식기에 적용하였을 때 좋은 인식률이 기대된다. 또한 본 논문에서 제안한 영상개선에 있어 Binary Watershed Algorithm은 오프라인 문자인식의 여러 과정에서 응용이 기대된다. 그리고 획득된 문자영상을 이진화 과정 없이 직접 grayscale image에서 응용되어 이진화 과정에서의 패턴 훼손을 피할 수 있으리라 기대한다.

앞으로 Watershed 영상의 보다 나은 분석을 통하여 위에 나타난 문제점들을 해결해 나가고 문자인식의 여러 과정에서의 Watershed 영상을 분석하여 최종적으로 인식률을 높이는데 연구할 것이다.

참고문헌

[1] 이성환, 박희선, "한글 인식의 사례 연구 :최근 5년 동안의 연구 결과를 중심으로", 제1회 문자인식 워크샵 발표 논문집, 충북대학교, pp.3-46, 1993.
 [2] 김호연, 서장원, 권재욱, 김진형, "필기 한글 인식에 관한 연구:KAIST의 연구를 중심으로", 인지과학회, 제6권 4호, pp5-20, 1995.
 [3] J. Serra and L. Vincent. "Lecture notes in mathematical morphology". Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, France, 1989.
 [4] Jos B.T.M Roerdink and Arnold Meijster, "The Watershed Transform: Definitions, Algorithms and Parallelization Strategies", Institute for Mathematics and Computing Science, Report IWI 99-9-06, 1999.
 [5] E.R. Dougherty, "An introduction to morphological image processing", Optical Engineering, Volume TT9, 1992.
 [6] L. Vincent and P. Soille, "Watersheds in digital spaces: An efficient algorithm based on immersion simulations", PAMI, 13 pp583-598, 1991
 [7] Bernd Jahne, Horst Haubecker, "Computer Vision and Applications: A Guide for Students and Practitioners", Academic press, pp511-515, 2000.
 [8] Soille, P.and Vincent, L., "Determining watersheds in digital pictures via flooding simulations", In Visual Communications and Image Processing'90, Volume.SPIE-1360, pp240-250, 1990.
 [9] J. R. Parker, "Algorithms for Image Processing and Computer Vision", Wiley Computer Publishing, pp68-115, 1997.
 [10] 이성환, "영상 골격화 알고리즘의 성능 평가" 한국정보과학회 논문지 Vol .18, No.6, pp661-671, 1991.