

향상된 영상 골격화를 위한 효과적인 병렬 처리 방법

신충호[†], 오무송^{**}

요 약

골격선 추출에 대한 향상된 디지털 이미지를 획득하기 위해서 효과적인 골격화 방법을 제안한다. 제안한 방법은 임계값을 이용한 이진화를 거친 후에 본 방법을 적용하여 영상 골격화 효율을 높이고자 한다. 기존의 골격화 방법은 Rutovits, Stefabelli 그리고 그 외에 5가지 방법을 사용하였다. 기존의 방법은 많은 부분에서 팽창과 잡음가지들이 생성되어 골격화를 이루는데 어려운 점이 많았다. 그러나 제안된 방법은 수정된 병렬처리 단계를 통해서 먼저 문제점들을 제거하였고, 첨가하여 제안된 8가지 제거 조건들에 일치하면 중앙 화소를 제거하여 골격화 품질을 향상시켰다.

The Effective Parallel Processing Method for an Enhanced Digital Image of Skeleton Line

Choong-Ho Shin[†], Moo-Song Oh^{**}

ABSTRACT

In this paper, an effective skeleton method is proposed in order to obtain an enhanced digital image of skeleton line. The binary image using the threshold values is applied in the preprocessing stage and then the modified parallel processing method is applied to obtain the improved image of skeleton line. The existing skeleton methods are Rutovitz, Stefabelli and other five skeleton methods. In the digital process of skeleton line, the major problem caused by these methods is elongated lines and noise branches of the processed image. In this study, however, such noises are deleted first by the modified parallel processing step of the proposed method. Then a pixel is compared to its eight neighbor pixels. if its neighbor pixels are in one of the eight conditions, the central pixel is deleted. As a result, the quality of the skeleton is better than those produced by the existing skeleton methods.

Key words: Threshold Value(임계치), Skeleton Line(골격선), Modified Parallel Process(수정된 병렬처리), Elongation(확장), Noise Branch(잡음가지)

1. 서 론

인간의 시각기능을 흉내낼 수 있는 컴퓨터 시스템의 개발을 위한 패턴 인식에 관한 연구는 최초로 수표를 자동적으로 분류하는 시스템의 개발에 관하여 은행이 관심을 갖게 됨으로써 시작되었다.

패턴 인식에 관한 연구 초창기부터 입력 영상의 형태를 반영하면서 한 화소 두개의 선 표현인 골격선을 추출하는 영상 골격화 방법은 입력영상으로부터 구조적인 특징 추출을 위한 대표적인 전처리 기술로써 활용되어 왔으며, 1959년에 H. Sherman에 의해서 골격선 추출을 위한 최초의 방법이 개발되었다.

특히, 문자나 선 도형 같은 패턴들의 인식을 위해서는 인식 대상 패턴의 선분 두께가 인식과정에서 별로 도움이 되지 않음으로 문자인식, 지문인식, 도면 코딩 및 인식, 인쇄 회로기판의 자동검사, 정맥분석, 염색체 분류, 세포 분석, 팽물 섬유의 분류, 토양의 균열 상태 조사등을 포함한 다양한 응용분야에서

* 교신저자(Corresponding Author) : 신충호, 주소 : 광주광역시 동구 서석동 375번지(501-759), 전화 : 062) 676-6587, E-mail : sch012@nctian.com

접수일 : 2003년 3월 17일, 완료일 : 2003년 10월 14일

[†] 준회원, 조선대학교 대학원 컴퓨터공학부 박사과정

^{**} 정회원, 조선대학교 컴퓨터공학부 교수

(E-mail : mosoh@chosun.ac.kr)

골격화 방법들이 효과적으로 사용된다[1].

골격화는 원래도형의 연결성은 변화시키지 않고, 선으로 변화시키는 것이 필요하다. 골격화의 결과에서 도형의 결합 관계의 특징이 구해지므로, 글씨나 도면 등에서 선 구조를 해석하는데 불가결한 처리로 되어 있다. 골격화에서는 선의 원래 형태를 유지하는 것이 중요하다[5].

기본적인 개념은 두꺼운 선을 최 외각부터 한 겹씩 벗겨나가서 마지막에 남은 선 성분을 추출하는 것이다. 얻어진 윤곽에 다시 처리를 가함으로써 깨끗한 윤곽영상을 얻을 수 있으며, 이러한 윤곽을 조정하는 것이 골격화이다. 윤곽선 추출과 비교하여 보면 윤곽선 추출은 외각의 선들을 추출하는 반면 골격화는 가운데 선을 추출한다. 즉 영상의 본질적인 구조를 보존한 채, 선도형을 추출하는 조작이다[15].

영상 골격화의 병렬처리 방법이 영상 패턴의 전처리 과정에서 담당해 온 중추적인 역할의 결과와 그 본질적인 필요성 때문에 이의 개발에 관한 연구는 지난 30년간 매우 활발하게 진행되어 왔으며, 무려 400여편의 논문이 발표되었다. 그러나 제안된 수많은 영상 골격화의 병렬처리 방법에 대한 체계적인 연구는 거의 전무한 상태이다.

기존 7종류의 대표적인 영상 골격화 병렬처리 방법과 본 논문에서 제안한 방법을 골격선의 품질, 병렬성, 연결성의 기준에 의거하여 평가함으로써 보다 좋은 효과적인 병렬처리 방법의 개발은 물론, 추후 실용적인 구조적 패턴 인식 시스템의 개발을 위한 기초자료로써 활용함을 그 목적으로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 골격화 방법들에 대해서 설명하고, 각 방법들에 대한 특성들을 체계화 시켰고 3장에서는 제안된 골격화 방법에 대해서 설명하며, 4장에서는 실험 및 결과에 대해서 분석하고, 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 골격화 방법의 관련 연구

기본적인 골격화 병렬처리 방법은 Rutovitz에 의해 제안되었는데, 이 방법에서는 다음의 필요충분 조건을 모두 만족하는 경우 화소 p 를 제거한다.

- ① $b(p) \geq 2$
- ② $x(p) = 2$

- ③ $x_1 * x_3 * x_5 = 0$
- ④ $x_1 * x_3 * x_7 = 0$

처리대상인 검은 화소 p 에 대해서 루프의 조건을 만족하면 삭제한다. 여기서, $b(p)$ 는 p 의 0이 아닌 값을 가진 이웃의 수이며, $x(p)$ 는 $x_2, x_3, \dots, x_8, x_9$ 의 정렬된 순서에서 $0 \rightarrow 1$ 천이의 횟수이다.

Stefabelli 방법은 또한 이 방법에 p 가 검은 4-이웃을 가져야한다는 것을 보장하기 위하여 조건 $b(p) \leq 6$ 을 부가하였다. 따라서 p 를 제거하더라도 구멍을 만들지 않는다. 윤곽 잡영에는 영향을 받지 않는 연결된 골격선을 만들어내지만, 심한 침식을 유발할 수 있다[1].

위의 조건을 만족하는 모든 화소를 제거한다 하더라도 대각 선분들이 단위 화소 너비로 줄어들지 않는다. 이러한 문제를 해결하고 p 가 2화소 너비의 대각 선분에 있을 때 $x(p) = 4$ 인 화소 p 를 제거할 수 있도록 하기 위하여 다른 조건이 부가되었다[2].

Deutsch 방법은 p 를 제거하기 위한 완전한 규칙들의 집합이 되기 위한 조건을 다음과 같이 제시했다.

- ① $x(p) = 0, 2$ 또는 4
- ② $b(p) \neq 1$
- ③ $x_1 * x_3 * x_5 = 0$
- ④ $x_1 * x_3 * x_7 = 0$
- ⑤ $x(p) = 4$ 이면, 조건 a)와 b)를 만족
 - a) $x_1 * x_7 = 1, x_2 + x_6 \neq 0$ and $x_3 + x_4 + x_5 + x_8 = 0$
 - b) $x_1 * x_3 = 1, x_4 + x_8 \neq 0$ and $x_2 + x_5 + x_6 + x_7 = 0$
- ⑥, ⑧은 ③부터 ⑤까지 180도 회전된 형태

이 방법에서는 또한, 2개의 부 반복단계를 사용하였는데, 첫 번째 부 반복단계에서는 조건 ①부터 ⑤까지를 만족하는 화소를 제거하고, 두 번째 부 반복단계에서는 ①, ②와 ⑥부터 ⑧을 만족하는 화소를 제거한다.

Zang과 Suen의 방법은 2개의 부 반복단계에서 조건 ①부터 ⑧까지의 부분집합을 구현한 것이다. 첫 번째 부 반복단계에서, 화소 p 는 다음의 조건을 만족하면 제거한다.

- ① $2 \leq b(p) \leq 6$
- ② $x(p) = 2$

- ③ $x_1 * x_3 * x_7 = 0$
- ④ $x_1 * x_5 * x_7 = 0$

두 번째 부 반복단계에서는 조건 ③과 ④를 180도 회전된 형태로 대체하여 적용하였다. 따라서, 첫 번째 부 반복단계에서는 북서쪽 코너 화소를 비롯하여 남쪽과 동쪽 테두리에 있는 4-단순화소를 제거하며, 두 번째 부 반복단계에서는 이와 반대 방향에 있는 화소를 제거한다. 이 방법은 간단하며 코너 잡영에 무관한 효과적인 방법이지만 그 화소 너비의 대각선은 심하게 침식될 수 있으며, 따라서 2×2 사각형은 완전히 없어질 수도 있다[4]. 이러한 문제를 해결하기 위하여 조건 ①을 $3 \leq b(p) \leq 6$ 으로 대체한 방법이 제안되었다. 그러나 이러한 수정된 방법은 관계없는 화소를 계속 유지시키는 문제를 유발했다.

Wang 방법은 조건 ①, ② 그리고 ⑧을 Deutsch 방법과는 다른 방식으로 순차적으로 구현했다[6,7].

마지막으로 Paul 방법은 Zang 방법에서 에지조건들을 변경함으로써 좋은 연결성을 보여주었다[10].

3. 제안된 골격화 방법

효과적인 병렬처리 방법은 이미지에서 개체의 향상된 인식률과 라벨링 혹은 변형과 같은 후처리에서 처리시간을 줄일 수 있기 때문에 중요하다[3]. 본 논문에서 제안한 효과적인 병렬처리 방법의 조건은 다음과 같다.

- ① $2 \leq b(p) \leq 6$
- ② $x(p) = 1$
- ③ $x_2 * x_4 * x_6 = 0$
- ④ $x_4 * x_6 * x_8 = 0$

다음 부 반복단계 기간 동안에 조건 ③, ④는 다음과 같다.

- ③ $x_2 * x_4 * x_6 = 0$
- ④ $x_2 * x_6 * x_8 = 0$

위 조건들을 만족하면 외곽선 점 p 를 삭제하기 위해 표시하며, 각각의 화소는 그림 1과 같이 8이웃으로 배열된다[9,14].

| | | |
|-------|-------|-------|
| x_9 | x_2 | x_3 |
| x_8 | p | x_4 |
| x_7 | x_6 | x_5 |

그림 1. 8이웃 화소의 배열

본 논문에서 제안한 병렬처리 방법과 결합된 방법의 제거조건들은 그림 2와 같다.

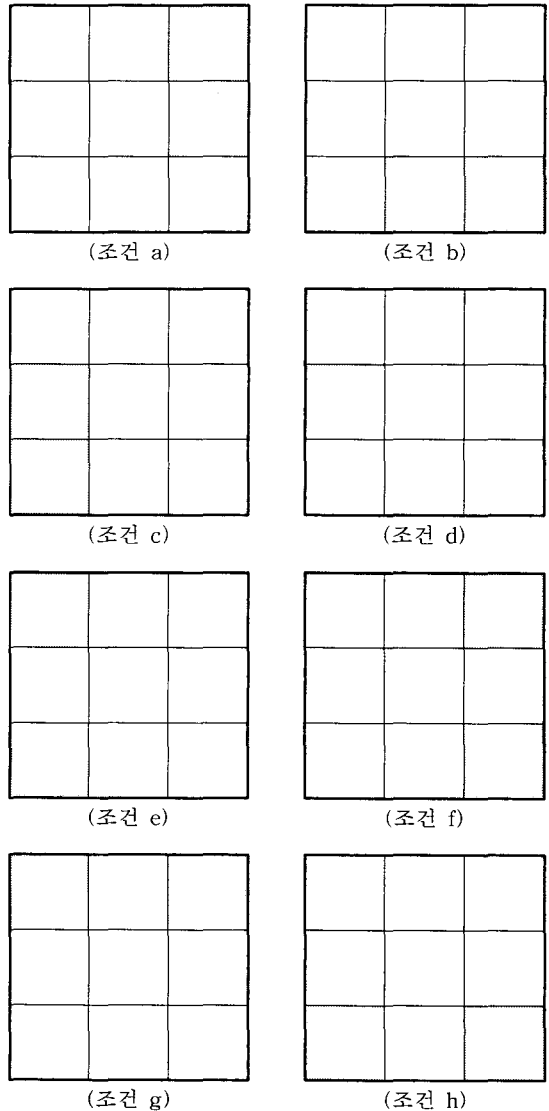


그림 2. 8가지 제거조건들

기존의 병렬처리 방법은 부 반복단계를 2 혹은 4 개를 수행하여 골격화를 이룬다. 그러나 결과적인 이미지는 입력영상에 따라서 그 결과가 다르게 도출되며, 많은 부분에서 수축과 팽창 그리고 잡음가지들이 생성되어 골격화를 이루는데 어려운 점이 많았다.

그 해결책으로 제안된 방법은 기존의 7가지 방법들을 토대로 하였으며, 서두에서 기술된 부 반복단계를 통해서 먼저 문제점들을 제거하였고, 첨가하여 그림 2에서 제안된 8가지 제거조건들에 일치하면 중앙 화소를 제거함으로써 골격선의 품질을 향상시켰다.

4. 실험 및 분석

4.1 기존 방법과 비교분석

제안한 방법은 IBM에서 비주얼 C++언어로 구현하여 실험하였고, 실험 환경에 사용한 영상의 크기는 256*256이다. 화소의 농도 값은 $0 \leq d(i, j) \leq 255$ 인 원 화상을 이용하였으며, 성능평가를 위한 실험환경은 광학영상입력장치인 EPSON의 GT-9000을 이용하였다.

그레이 영상에 대해서 기존의 7가지 방법과 본 논문에서 제안한 방법을 적용하였고, 그 결과 각 방법들에서 서로 다른 특성의 결과이미지를 보이는 경우가 있었으나 대체적으로 동일한 특성을 갖는 것으로 나타났다. 결과이미지에서 각 방법의 특성을 잘 반영한 문자이미지를 아래와 같이 실험했다[8,16].

이진화 이미지는 아주 단순하고 명쾌한 방법이며, 영상처리를 이해하는데 기본이 되는 중요한 개념이다. 그러므로 그림 3은 원본이미지에서 임계값 이진화를 적용하여 화소에 일정한 값을 비교하여 그 값에 적용되면 객체의 화소를 변화시켜서, 이진화 이미지를 획득한 이후에 기존 방법들과 제안한 방법을 적용한 결과이미지가 각각 (b), (c), (d), (e), (f), (g), (h), (i)이다.

Rutovitz 방법부터 Deutsch 방법까지 대체로 원본이미지의 수축과 왜곡이 있었으며, Zang, Wang, Paul 그리고 제안된 방법들이 원본이미지와 거의 일치되었다. 특히, Paul 방법은 수축이 많았으나, 더 오래된 기존 방법들과 비교할 때 원본이미지와 유사성이 우수했다.

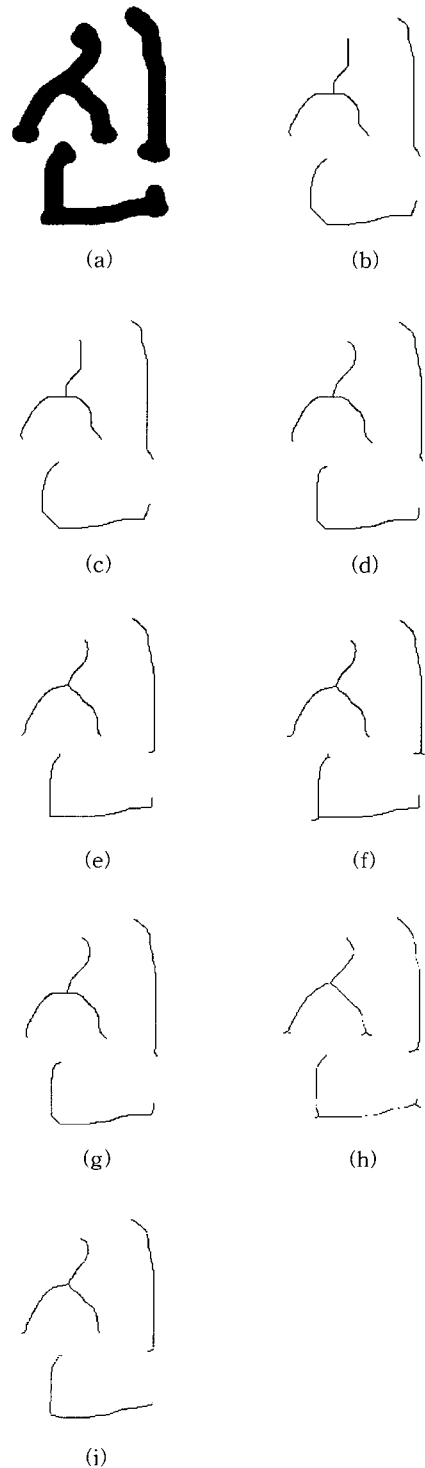


그림 3. (a)이진화이미지 (b) Rutovitz (c) Stefabelli (d) Deutsch (e) Zang (f) Wang86 (g) Wang89 (h) Paul (i) 제안된 방법

그림 3은 문자에 골격화를 시행하였으며, 그림 4에서는 동일한 방법으로 일반이미지에 적용한 결과이다. 골격화 방법은 문자 인식에서 인식률을 높이기 위한 매우 유용한 과정이며, 제안된 방법이 일반 레이 이미지에서도 유용함을 알 수 있었다.

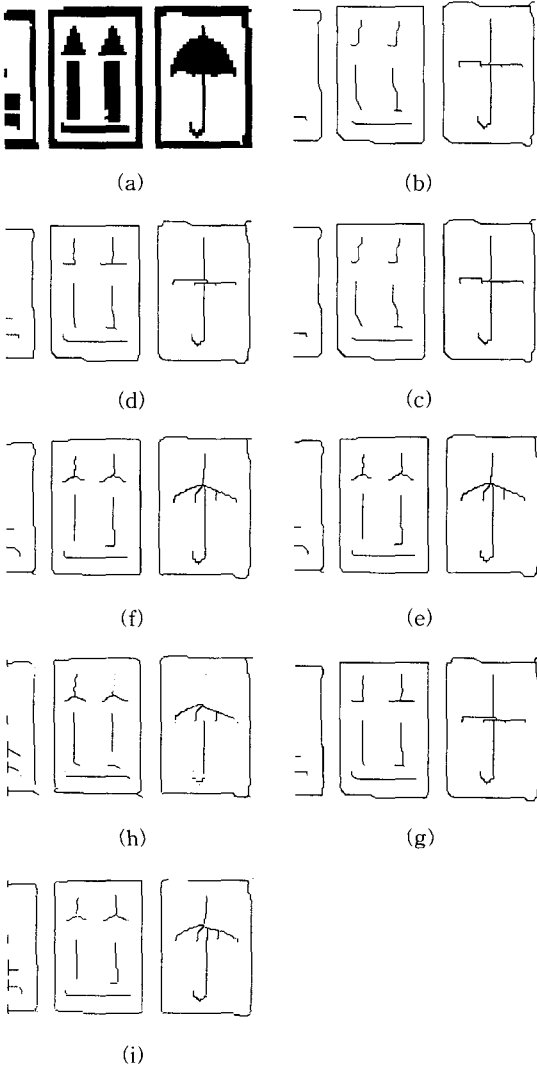


그림 4. (a)이진화이미지 (b) Rutovitz (c) Stefabelli (d) Deutsch (e) Zang (f) Wang86 (g) Wang89 (h) Paul (i) 제안된 방법

4.2 성능평가 및 분석

여러 성능 평가 기준들 가운데 가장 중요한 기준 중의 하나는 추출된 골격선의 품질에 대한 기준이다.

하지만 추출된 골격선의 품질에 대한 비교는 매우 주관적이고 응용영역에 따라 달라질 수 밖에 없다. 왜냐하면 중앙축, 잡영가지, 확장 및 수축의 개념이 아직 명확히 정의되어 있지 않기 때문이다. 그 뿐 만 아니라, 어떻게 하면 골격선이 표현하는 원본이미지의 두 가장자리의 형태를 잘 반영할 수 있는지에 대해서 명확하지 않다. 표 1은 골격선의 품질에 대한 요약된 결과이다. 본 연구에서는 3종류의 한자 문자 데이터에 대해서 8가지 병렬처리 방법을 적용하여 골격화 방법의 품질을 평가하였다[13].

표 1을 관찰해 보면, Rutovitz 방법이 평균 잡영가지의 수가 가장 많으며, 그 다음으로 Stefabelli와 Paul 방법이다. 끝점의 수축과 팽창은 Stefabelli 방법이 평균 수축과 확장이 2와 7이며, 다음으로 Rutovitz와 Paul 방법은 각각 2와 6, 4와 8이며, 제안 방법은 4와 2이다. 결과적으로 제안 방법이 Stefabelli, Rutovitz 그리고 Paul 방법에 비해서 확장가지의 수가 적음을 알 수 있으나 수축은 3가지 방법에 비해서 많다. 대체로 수축과 확장의 평균값이 차이가 적을수록 좋은 골격화 방법임을 알 수 있었다.

일반적으로 연결성의 형태는 다음과 같다[12].

- 1) 4 연결성: 모든 화소가 대각선 방향으로 연결되지 않고 상하 좌우로만 연결된 형태
- 2) 완전 8 연결성: T교차점을 제외하고 모든 화소가 대각선 방향 또는 상하 좌우로 연결된 형태
- 3) 불완전 8 연결성: 4 연결성과 8 연결성이 공존하는 형태

대부분의 병렬처리 방법의 경우, 실제로는 각 부분복단계에서 화소의 일부분을 담당하여 제거하는

표 1. 골격선의 품질

| 방법 \ 기준 | 잡영가지 | | | | 수축 | | | | 확장 | | | |
|------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 고덕 | 궁서 | 샘물 | 평균 | 고덕 | 궁서 | 샘물 | 평균 | 고덕 | 궁서 | 샘물 | 평균 |
| Rutovitz | 7 | 6 | 5 | 6 | 2 | 2 | 1 | 2 | 6 | 6 | 7 | 6 |
| Stefabelli | 6 | 4 | 6 | 5 | 1 | 3 | 1 | 2 | 6 | 7 | 8 | 7 |
| Deutsch | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 5 | 4 | 6 | 5 |
| Zang | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 5 |
| wang86 | 3 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 7 | 5 | 5 |
| wang89 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| Paul | 7 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 8 | 9 | 6 | 8 |
| 제안 방법 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 |

역할을 맡도록한다. 이상적인 병렬처리 방법의 경우 부 반복단계의 횟수는 1이다. 따라서 병렬화 정도는 부 반복단계의 수에 의하여 비교 될 수 있다.

표 2에서 각 방법에 대한 연결성 및 병렬성의 정도를 나타낸다. 표 2를 관찰해보면, Stefabelli 방법은 연결성이 완전 8로 좋은 결과이미지를 형성하였으나 부반복단계가 4로 병렬성이 나쁘다. 결과적으로 대부분의 병렬처리 방법은 부 반복단계가 2로 병렬성이 좋다고 할 수 있다.

지역에 대해서 일반화를 시키면, 다음단계에서 함수 $I_i(r, c)$ 를 아래와 같이 정의한다.

$$I_i(r, c) = \begin{cases} 1 & I(r, c) \text{ 번째 객체} \\ 0 & \end{cases} \quad (1)$$

그러므로 i 번째 객체지역은 다음과 같이 정의한다.

$$A_i = \sum_{r=0}^{N-1} \sum_{c=0}^{N-1} I_i(r, c) \quad (2)$$

주위의 길이 P는 원본이미지에서 0이웃을 갖는 1화소의 수를 카운트함에 의해서 알 수 있으며, 경계지역을 찾는다. 주위의 길이 P와 지역 A를 정의한 후에, 골격화의 정도 T를 정의한다[11].

$$T = 4\pi \left(\frac{A}{P^2} \right) \quad (3)$$

표 3은 각 방법의 주위의 길이와 골격화 정도를 측정하였고, 주위의 길이의 데이터가 크면 경계지역이 많다는 것을 알 수 있으며, 반비례해서 골격화의 정도는 적어진다. 대체적으로 표 3에서 제안방법의 골격화 정도가 우수함을 알 수 있었다.

여러 성능평가 기준들 가운데 가장 중요한 기준 중의 하나는 골격선의 품질에 대한 기준이다. 하지만 골격선의 품질에 대한 비교는 매우 주관적이고, 응용

표 2. 연결성 및 병렬성의 정도

| 방법 | 기준 | 연결성 | 부반복단계 | 분류 |
|------------|----|-------|-------|------|
| Rutovitz | | 불완전 8 | 2 | 병렬처리 |
| Stefabelli | | 완전 8 | 4 | 병렬처리 |
| Deutsch | | 불완전 8 | 4 | 병렬처리 |
| Zang | | 불완전 8 | 2 | 병렬처리 |
| wang86 | | 불완전 8 | 2 | 병렬처리 |
| wang89 | | 불완전 8 | 2 | 병렬처리 |
| Paul | | 불완전 8 | 2 | 병렬처리 |
| 제안 방법 | | 완전 8 | 2 | 병렬처리 |

표 3. 골격화의 정도

| 방법 | 주위의 길이 | 골격화의 정도 |
|------------|--------|----------|
| Rutovitz | 114 | 0.056083 |
| Stefabelli | 114 | 0.056083 |
| Deutsch | 112 | 0.057102 |
| Zang | 114 | 0.056083 |
| wang86 | 114 | 0.056083 |
| wang89 | 129 | 0.049840 |
| Paul | 114 | 0.056083 |
| 제안 방법 | 112 | 0.057102 |

(○ : 우수 △ : 보통 × : 나쁨)

영역에 따라 달라질 수 있다.

표 4는 3종류의 평가 기준에 따라서 8종류의 골격화 방법의 성능을 표 1, 표 2, 표 3를 바탕으로 주관적으로 판단한 결과이며, 결과적으로 골격화에는 만병통치약은 있을 수 없음을 알 수 있었다[13]. 그림 5는 표 1의 골격선의 품질을 기본 데이터로 각 기준별로 격은선 형으로 그래프를 표시하였고, Rutovitz 방법

표 4. 각 방법에 대한 성능평가

| 방법 \ 기준 | 골격선 품질 | 병렬성 | 연결성 |
|------------|--------|-----|-----|
| Rutovitz | △ | ○ | △ |
| Stefabelli | × | △ | ○ |
| Deutsch | △ | △ | △ |
| Zang | △ | ○ | △ |
| wang86 | △ | ○ | △ |
| wang89 | ○ | ○ | △ |
| Paul | × | ○ | × |
| 제안 방법 | ○ | ○ | ○ |

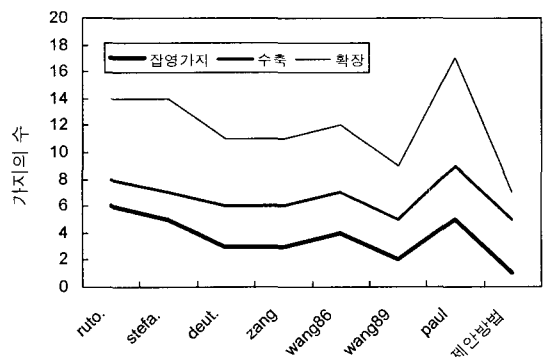


그림 5. 각 기준별 방법비교

에서 제안된 방법까지는 대체적으로 하향추세를 보였으며, 기존 방법들 중에 Zang과 wang89 방법이 각 성능기준들에서 적은 수치를 보였다. 특히, 최근 방법인 Paul 방법은 다른 방법에 비해서 높은 수치를 보였으며, 제안방법은 각 기준이 가장 낮은 형태를 보였다.

5. 결 론

본 논문에서는 각각의 그레이 화상을 임계값을 적용하여 이진화를 시킨후에 골격화를 시행했다. 골격화는 기존의 7가지 병렬처리 방법 즉, Rutovitz, Stefabelli, Deutsch, Zang, Wang, Paul방법들이며, 다음으로 제안된 병렬처리 방법을 적용했다.

수정된 병렬처리 방법과 더하여 8가지 제거조건을 이용하여 골격화를 시행하였고 다음으로 8가지 병렬처리 방법들을 체계적으로 분석하였다. 각각의 골격화 방법들을 다양한 이미지들에 적용한 이후에 골격선 품질, 병렬성, 연결성등을 기준으로 성능평가를 한 결과 기존 방법들 보다 본 논문에서 제안한 방법이 우수함을 알 수 있었다.

성능평가 결과 각각의 결과이미지들이 모두 같은 모양을 형성한다고 할 수 없으며, 입력이미지에 따라서 차이를 보였다. 그러므로 앞으로 연구과제는 다소 주관적일 수 있는 골격화 방법을 체계적인 분석을 통해서 골격화 방법의 표준안을 마련하여야겠다.

참 고 문 헌

[1] U. Eckhardt and G. Maderlechner, "A note on Rutovitz method for parallel thinning", Pattern Recognition Letters, Vol.8, pp.35-38, 1988.
 [2] E.S. Deutsch, "Thinning algorithm on rectangular, hexagonal, and triangular arrays", Comm. of the ACM. Vol.15, pp.827-837, 1972.
 [3] Paler, K., Kitter, J., "Grey level edge thinning", Pattern Recognition letters, Vol.1, No.5, pp.409-

416, 1983.
 [4] P.S.P. Wang, "A comment on a fast parallel algorithm for thinning digital patterns", Comm. of the ACM, Vol.29, pp.239-242, 1986.
 [5] R.M. Brown, T.H. Fay and C.L. Walker, "Hand-printed recognition system", Pattern Recogn., Vol.21, No 2, pp.91-118, 1988.
 [6] P.S.P. Wang and T.Y. Zang, "A fast and flexible thinning algorithm", IEEE Trans. on Computers, Vol.38, pp.741-745, 1989.
 [7] L. Lam, S.W. Lee, C.Y. Suen, "Thinning methodologies - a comprehensive survey", IEEE Trans. Patt. Recongn Machine Intell., Vol.14, No.9, pp.869-885, 1992.
 [8] M.P. Martinez-Perez, J. Jimenez and J.L. Navalon, "A thinning algorithm based on contours", Compt. Vision Graphics Image Processing, vol.38, pp.186-201, 1987.
 [9] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1992.
 [10] S. Gshal and R. Merotra, "Detection of Composite edge", IEEE Trans. Image Processing, Vol.3, No. 1, pp.14-25, 1994.
 [11] Scott E. Umbaugh, "Computer Vision Image Processing", Prentice Hall, 1999.
 [12] C.Y. Suen and P.S.P. Wang, "Thinning methodologies for pattern recognition", World Science, 2002.
 [13] 이성환, "문자인식 이론과 실제", 홍릉과학출판사, 1993.
 [14] 장동혁, "비주얼 C++이용한 디지털 영상처리의 구현", PC 어드벤스, 1999.
 [15] 국제테크노정보연구소, "C 언어에 의한 화상처리 실무", 국제테크노정보연구소, 2002.
 [16] 유숙현의 2명, "회색조 영상의 이진화 및 세션화", 한국정보과학회, Vol.28, No.1, pp.490-492, 2001.



신 충 호

1988년 2월 조선대 전산기공과
졸업(학사)

1991년 8월 외국어대 경영정보
대학원 졸업(석사)

2001년 조선대 박사과정 수료

2001년~현재 (주) 바이오피아 선
임 연구원

관심분야 : 소프트웨어공학, 영상처리, 운영체제, 데이터
베이스



오 무 송

1965년 2월 조선대 전기공학과
졸업(학사)

1968년 2월 조선대 전기공학과
대학원 졸업(석사)

2001년 2월 전남대 전기공학과
대학원 졸업(박사)

현재 조선대 전자정보공과대 컴

퓨터공학부 교수

관심분야 : 소프트웨어공학, 데이터베이스, 멀티미디어