

골격소멸현상이 없는 8-근접 연결값을 이용한 세션화알고리즘에서 침식현상 고찰

(A Consideration of Erosion Phenomenon in the Thinning algorithm using 8-Neighbors Connection Value without Skeleton Disappearance Phenomenon)

원 남 식*
(Nam-Sik Won)

요 약 8-이웃 연결값을 이용한 세션화알고리즘은 각 화소들 간의 연결성을 나타내는 연결값을 이용하여 원래의 형태에 가장 근접한 문자의 골격을 추출할 수 있다. 본 논문에서는 골격소멸현상이 없는 8-이웃 연결값을 이용한 세션화알고리즘에서 나타나는 침식현상에 관하여 고찰하였다. 제안된 세션화알고리즘은 직선선분이나 곡선선분 모두에 잘 적용 될 수 있음을 실험 결과로 나타내었다.

핵심주제어 : 세션화알고리즘

Abstract The thinning algorithms using 8-neighbors connection value can extract the skeleton of a character almost similar to the original pattern by using the connection value representing connectivity of each pixel. This paper considers the erosion phenomenon which appears in the thinning algorithm using 8-neighbors connection value without skeleton disappearance phenomenon. The experimental results show that the proposed thinning algorithm can be applied to the application of both a straight line segment and a curved line segment.

Key words : Thinning algorithm

1. 서 론

세션화 알고리즘은 영상 패턴의 특징을 파괴하지 않는 조건하에서, 배경과 인접한 경계화소(contour pixel)를 제거하는 연산 과정이다. 즉, 인식대상 영상을 양자화하여 이를 구성하는 가장 기본 요소인 화소를 다루는 작업으로서 인식대상 영상의 특징 추출에 무관한 화소를 제거하여 골격선에서 화소의 두께가 하나인 골격을 형성하는 과정이다[1].

기존의 세션화 알고리즘들은 이미지 화소를 단순히 0과 1의 상태 값으로만 변환하여 처리하므로 특징 추출을 위한 화소의 제거 작업인 지역 연산 과정(3×3

윈도우를 사용)에 많은 제약 요인이 되어 세션화 알고리즘의 복잡성과 효율 저하를 초래하게 된다.

그러므로 보다 정확한 골격선 추출을 위한 방법으로서 확장된 지역 연산[2,5,6,7,8,9]과정(3×4, 4×4, 4×5, 5×5 윈도우들을 사용)을 사용하기도 한다. 그러나 이러한 방법들이 부분적인 해결책은 되지만 완전한 해결책이 되지는 못하고 있다. 기존의 알고리즘들이 갖는 문제를 해결하기 위한 방안으로 각 화소에 대해 주변 화소들과의 연결성을 가중치로 표현한 연결값(connection value)을 이용한 세션화 알고리즘 WPTA4N[3]과 WPTA8N[4]이 제안되었고, 이 알고리즘들의 성능은 기존의 세션화알고리즘과 비교 분석하여 우수성이 입증되었다. 연결값을 이용한 세션화 알

* 경일대학교 IT대학 컴퓨터공학과 교수

고리즘으로 WPTA4N은 4-근접 연결값을 이용한 세선화 알고리즘이고, WPTA8N은 8-근접 연결값을 이용한 세선화 알고리즘이다.

세선화 알고리즘에서 침식현상은 특정 부분의 화소가 많이 제거되므로서 골격선에서 끝점(end point)에 대한 동질성 유지가 어렵고, 세선화된 골격의 유사도나 등방성에 변화를 주게 되므로 최종 골격선에 나쁜 영향을 미칠 수 있는 현상이다.

본 논문에서는 8-근접 연결값을 이용한 세선화 알고리즘에서 발생하는 골격소멸현상 제거 방법에 따라 영향을 미치는 침식현상에 대한 연구로서, 이러한 침식현상이 연결값을 이용한 세선화 알고리즘에서 발생함을 보이고, 각각에서 발생하는 침식 현상을 고찰함으로써 응용분야에 따른 적합한 알고리즘을 선택하여 사용할 수 있음을 실험 결과로 나타내었다. 또한, 알고리즘의 성능 비교를 위해 기존의 잘 알려진 병렬세선화 알고리즘으로서 T.Y.Zhang 과 C.Y.Suen이 제안한 알고리즘[ZS][10]과, Lu 과 Wang [LW][11], Wang, Hui, Fleming[WHF][12], Madalia, Pandya, Sudhaker [MPS][17], Yung-sheng Chen과 Wen-Hsing Hsu[CH][13]등이 제안한 알고리즘들을 구현하여 그 결과를 그림 6)에 비교하였다.

2. 연결값을 이용한 세선화 알고리즘 [WPTA8N]

연결값이란 주변 이웃 화소들과의 연결성을 고려한 가중치로, 8방향으로 이웃한 화소의 수의 합이 된다. 연결값을 이용한 세선화 과정은 연결값이 적은 화소부터 차례로 제거해 나감으로서 이상적인 골격선을 얻을 수 있다. 그러므로 화소 제거를 위한 우선 순위는 연결값에 의해 결정된다.

2.1. 8-근접 연결값

8-근접 연결값이란 그림 1과 같이 임의 화소(P)를 중심으로 수평, 수직, 대각의 8방향(P0 ~ P7)으로 인접하는 화소의 합을 8-근접 연결값(8-neighbors connection value: C8p)이라 정의한다.

P ₇	P ₀	P ₁
P ₆	P	P ₂
P ₅	P ₄	P ₃

Fig. 1 The window for the proposed algorithm

그러므로 모든 화소가 갖는 연결값 C8p는 0 ~ 8 값 중 하나가 된다. C8p=0 는 8방향에 화소가 하나도 없는 상태이고 C8p=8 는 8방향에 화소가 모두 있음을 나타낸다. 그림 2의 (a)를 8-근접 연결값으로 변환한 상태는 그림 2의 (b)와 같다.

$$C8p = \sum_{i=0}^7 P_i \cdot \dots \cdot \dots \quad (1)$$

* *	4 4
* * * * *	0 3 6 6 3
* * * *	7 6 2
* * * * *	3 6 6 3 2
* * * *	5 4 3
* * *	2 2
* * *	1 1

(a) (b)

Fig. 2 Conversion to the 8-neighbors connection value (a) input data (b) 8-neighbors connection value

2.2. WPTA8N 세선화 알고리즘[10]

WPTA8N의 화소 제거 조건은 골격의 연결성 유지를 위한 연결점(Connection point) 조건 세 가지와 끝점(End point) 유지를 위한 끝점 조건 하나를 갖는다. 그러므로 네 가지 조건 중 하나라도 만족되면 그 화소는 제거될 수 없다. WPTA8N에서 화소를 제거할 수 없는 네 가지 조건은 다음과 같다.

[조건 1] 연결점 조건 1

$$(P_0 \vee P_1 \vee P_7) \wedge (P_3 \vee P_4 \vee P_5) \wedge \overline{(P_2 \vee P_6)} = 1 \cdot \cdot \quad (2)$$

[조건 2] 연결점 조건 2

$$(P_1 \vee P_2 \vee P_3) \wedge (P_5 \vee P_6 \vee P_7) \wedge \overline{(P_0 \vee P_4)} = 1 \cdot \cdot \quad (3)$$

[조건 3] 연결점 조건 3

$$\sum_{i=0}^3 P_{2i} \cdot P_{(2i+2) \bmod 8} \cdot P_{(2i+5) \bmod 8} \geq 1 \dots \dots (4)$$

[조건 4] 끝점 조건

$$B(P) = \sum_{i=0}^7 P_i = 1 \dots \dots \dots (5)$$

[조건 1]의 연결점 조건은 수직 선분의 왼쪽 경사 (\), 오른쪽 경사 (/), X연결, Y연결, <, > 형태의 모든 수직의 연결 상태를 조사하여 그 연결 상태가 유지되어야 하는 화소를 보존하기 위한 조건이다.

[조건 2]의 연결점 조건은 수평 선분의 왼쪽 경사 (\), 오른쪽 경사 (/), X연결, ^, v 형태의 모든 수평의 연결 상태를 조사하여 그 연결 상태가 유지되어야 하는 화소를 보존하기 위한 조건이다.

[조건 3]의 연결점 조건은 [조건 1]과 [조건 2]에서 검출되지 않은 네 가지 형태의 연결점 화소를 검출한다. 이는 경사진 Y 패턴(tilted Y pattern) 형태의 연결점으로 Y자를 왼쪽과 오른쪽으로 45도 기울어진 형태 (b), (c)와 이를 다시 180도 회전한 형태 (d), (e)와 같은 형태의 연결점을 보존하기 위한 조건이다.

[조건 4]는 끝점을 보존하기 위한 조건이다. 이는 제거 대상 화소의 주변 화소의 합이 1일 때 만족된다.

3. WPTA8N 알고리즘에서의 골격소멸현상 제거

잡영 발생과 골격 보존간에는 서로 상충되는 관계가 있다. 대부분의 세션화 알고리즘에서는 골격소멸현상을 제거하기 위한 조건에 의해서 발생하는 잡영이 문제가 되기도 한다. 세션화 알고리즘에서 골격소멸현상은 두 화소 두께의 수직, 수평, 경사 선분에서 주로 발생하므로 제안된 알고리즘의 골격소멸현상에 대한 검토도 이와 같이 수행하였다. 그림 4)는 제안된 알고리즘 WPTA8N 알고리즘에서의 두 화소 두께의 수직, 수평, 경사 선분에 대한 골격소멸현상을 나타낸다.

WPTA8N에서 골격소멸현상은 그림 3의 b), c)에서와 같이 왼쪽 경사 선분에서 발생한다. 이러한 현상을 막기 위한 방법은 그림 1)의 윈도우에서 화소 P4, P5가 1이고 P4, P5를 제외한 모든 화소가 0일 때 그 화소를 보존하기 위한 조건을 추가한다. 이와 같은 골격소멸현상 제거 조건을 Type A로 한다. 그러나 연결값을 이용한 알고리즘에서 1 방향에 대해서만 골격소멸현상을 처리할 경우, 4 방향에서의 끝점(end point)에 대한 동질성 유지가 어렵고 세션화된 골격의 유사도나 등방성에 나쁜 영향을 미칠 수도 있다. 이러한 문

제점들은 2방향이나 4방향에서 골격소멸현상을 동시에 제거하는 조건에 의해 해결될 수 있다. Type B, Type C, Type D는 골격소멸현상 제거가 여러 방향에서 처리되는 조건들이다. Type B는 2방향에서, Type C와, Type D는 서로 다른 4방향에서 처리되는 조건이다. WPTA8N에서 골격소멸현상 제거 조건은 다음의 네 가지 형태로 구성된다. 그림 3)은 골격소멸현상이 제거된 WPTA8N 알고리즘들의 수행 결과를 보여준다.

Type A : 한 방향에서 골격소멸현상 제거 조건
다음 조건이 만족되면 그 화소를 보존한다.

$$P_4 \cdot P_5 \cdot \overline{P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_6 + P_7} = 1$$

Type B : 두 방향에서 골격소멸현상 제거 조건
다음 두 조건중 하나가 만족되면 그 화소를 보존한다.

$$P_0 \cdot P_1 \cdot \overline{P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7} = 1$$

$$P_4 \cdot P_5 \cdot \overline{P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_6 + P_7} = 1$$

Type C : 네 방향에서 골격소멸현상 제거 조건
다음 조건중 하나를 만족하면 그 화소는 보존한다.

$$P_0 \cdot P_1 \cdot \overline{P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7} = 1$$

$$P_4 \cdot P_5 \cdot \overline{P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_6 + P_7} = 1$$

$$P_0 \cdot P_7 \cdot \overline{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6} = 1$$

$$P_3 \cdot P_4 \cdot \overline{P_0 + P_1 + P_2 + P_5 + P_6 + P_7} = 1$$

Type D : 네 방향에서 골격소멸현상 제거 조건
다음 조건중 하나를 만족하면 그 화소는 보존한다.

$$P_0 \cdot P_1 \cdot \overline{P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7} = 1$$

$$P_2 \cdot P_3 \cdot \overline{P_0 + P_1 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7} = 1$$

$$P_4 \cdot P_5 \cdot \overline{P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_6 + P_7} = 1$$

$$P_6 \cdot P_7 \cdot \overline{P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5} = 1$$

4. WPTA8N 침식현상

본 논문에서는 대부분의 세션화 알고리즘에서 발생

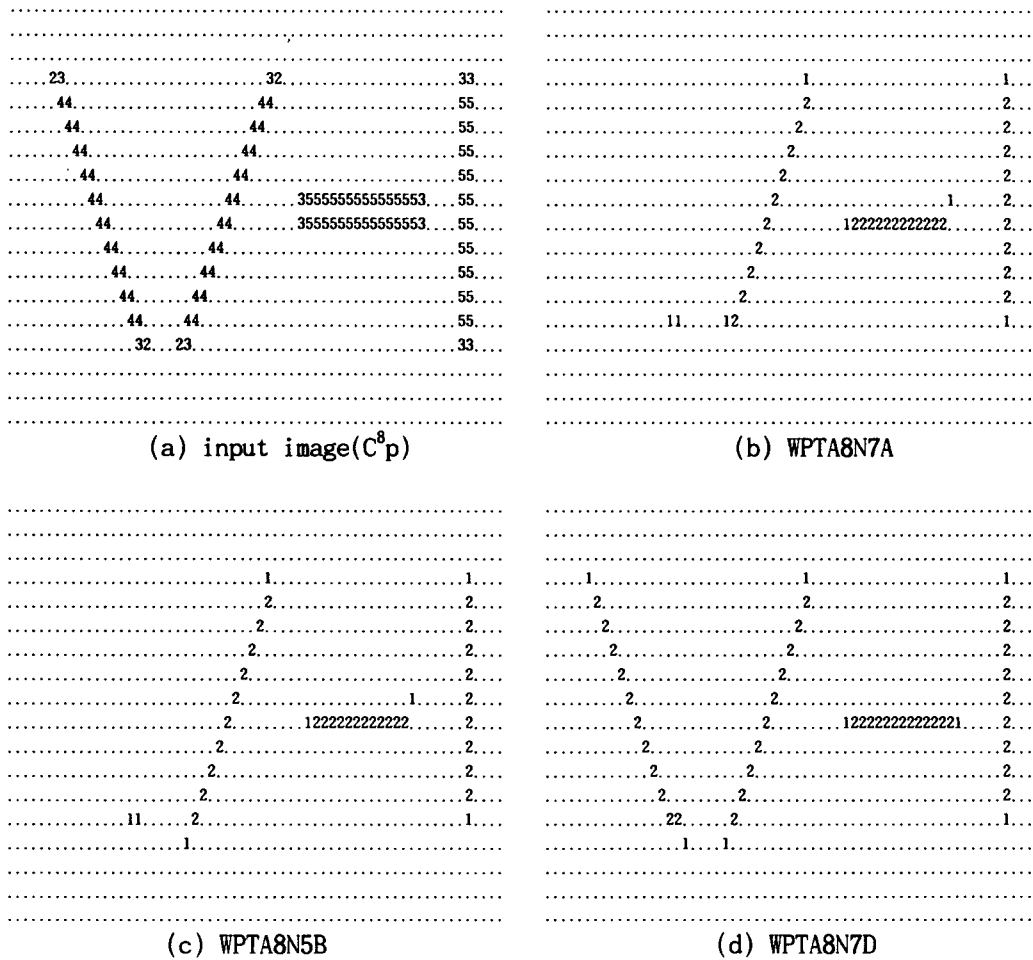


Fig. 3 The result of skeleton disappearance in WPTA8N algorithms

하는 침식현상이 연결값을 이용한 세선화 알고리즘에서도 발생함을 보이고, 골격소멸현상이 제거된 WPTA8N에서 발생하는 침식 현상을 나타내므로써 응용분야에 따라서 적합한 알고리즘을 적절히 선택하여 사용할 수 있도록 고찰하였다. 세선화 알고리즘의 응용 목적에 따라서는 직선 선분이나 곡선 선분의 특성을 잘 나타내어야 하는 분야가 서로 다른 경우가 있다.

제안된 WPTA8N 알고리즘에서 발생하는 침식현상에 관한 검토를 위해 입력 이미지의 해상도를 높여가며 세선화 과정을 수행한 결과, 대상 패턴의 선분이 두꺼울수록 가장자리 부분의 침식현상이 많이 발생하였다. 특히, 수평, 수직, 경사 선분의 직선 획이 서로 만나는 연결 부분에서 화소 제거가 많이 이루어져서, 그 결과 모서리의 직선 획이 곡선 획처럼 나타나는 경우도 있고, V자 홈이 발생하는 경우도 있다. 이러한 현상은 모든 세선화 알고리즘에서 발생하는 것으로,

침식되는 정도와 골격선의 직선 선분 추출 간에는 사용 목적에 적합한 알고리즘의 선택이 필요하다.

침식현상에 의한 곡선 부분은 문자인식 단계에서 획 선분 길이의 비례로서 해결될 수 있기 때문에, 획의 모서리 부분에서 발생하는 부분적인 침식현상은 문자를 인식하는데 심각한 영향을 주지는 않는다. 그러나 침식현상이 심한 경우에는 오인식을 유발할 수도 있다. 특히, 한글에서는 두꺼운 획 선분일 때 ‘口’, ‘ㅇ’ 등이 침식현상에 의해 오인식될 수도 있다. WPTA8N 알고리즘의 침식현상에 관한 실험을 위해 각 알고리즘을 단계별로 수행하면서 그 침식 과정을 그림 4), 5), 6)에 나타내었다.

4.1. WPTA8N 침식현상

WPTA8N에서의 침식현상은 제거 대상 화소가 갖

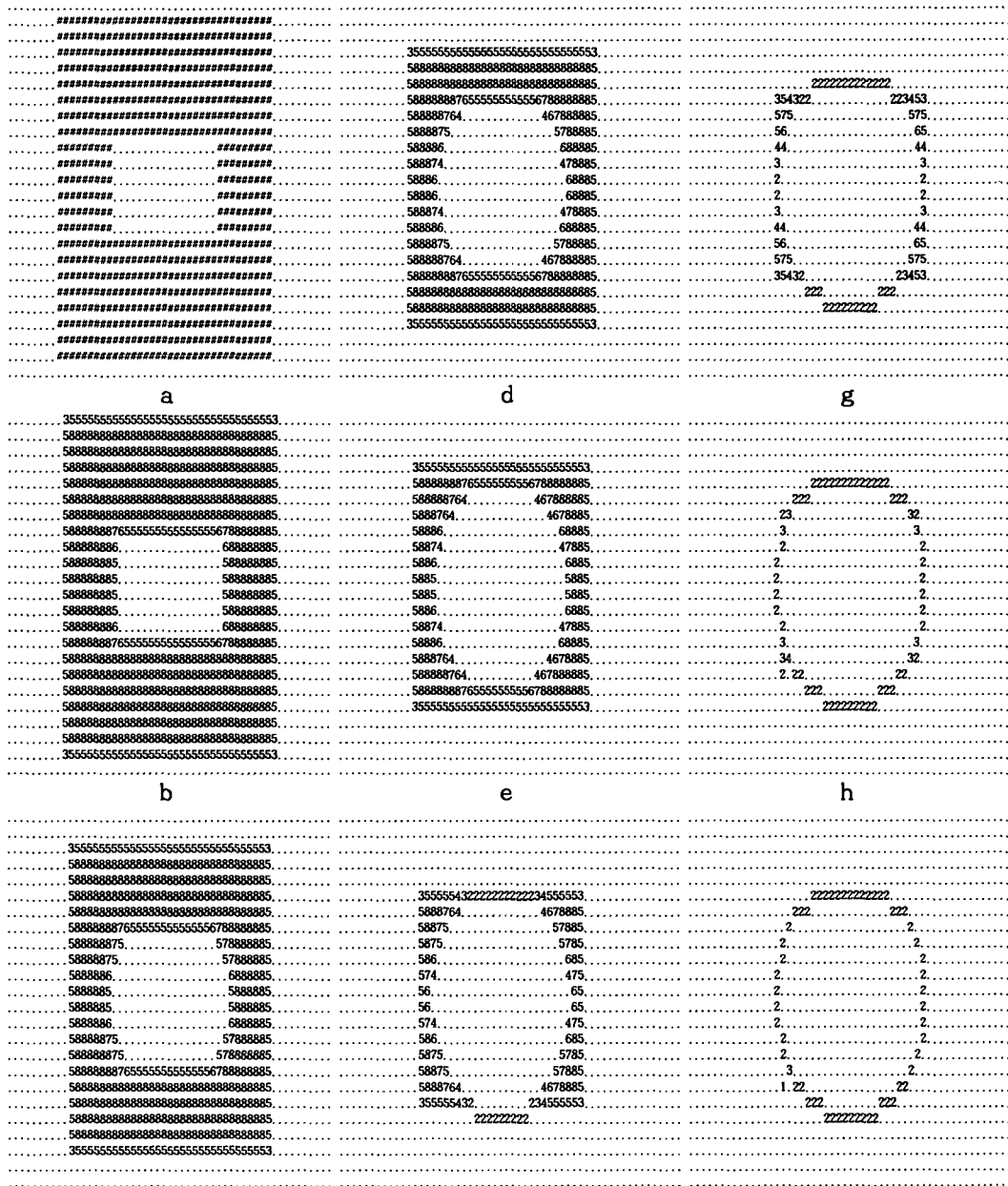


Fig. 4 Erosion of the WTA8N5B algorithm(process steps:1-9)

는 연결값의 범위를 가변 함으로 침식현상의 변화 정도를 조절할 수 있다. 즉, WPTA8N에서 제거 대상 화소의 연결값의 범위를 5에서 7까지로 나타내었고, 각 알고리즘들의 수행 결과를 WPTA8N에서 아래와 같은 골격소멸현상 제거를 위한 4가지 알고리즘을 적용하여 그림 5에서 그림 7까지 나타내었다.

WPTA8N5B: 골격소멸현상 제거가 B Type으로

수행되고, 세션화 과정에서 연결값이 0에서 5까지의 화소들을 제거하는 알고리즘.

WPTA8N6A: 골격소멸현상 제거가 A Type으로 수행되고, 세션화 과정에서 연결값이 0에서 6까지의 화소를 제거하는 알고리즘.

WPTA8N7A: 골격소멸현상 제거가 A Type으로 수행되고, 세션화 과정에서 연결값이 0에서 7까지의 화소를 제거하는 알고리즘.

WPTA8N7D: 골격소멸현상 제거가 D Type으로 수행되고, 세선화 과정에서 연결값이 0에서 7까지의 화소를 제거하는 알고리즘.

4.2. WPTA 침식현상 고찰

각 알고리즘들의 수행 결과 제거 대상 화소의 연결값의 범위를 크게 할수록 침식현상이 적게 나타남을 알 수 있었다. 이는 연결값의 범위가 클수록, 그 부분 복 단계에서 제거되는 화소수가 많아지기 때문이다.

WPTA8N5B은 그림 4)에서와 같이 두 방향에서 골격소멸현상 제거가 수행되었다. 그 결과, 잡영가지가 하나 발생하였고 침식현상이 확실히 나타났다. 이는 연결값이 5 이하인 화소를 제거 대상 화소로하여 부분 복 단계에서 제거되는 화소수가 가장 적은 경우이다.

WPTA8N6A은 연결값이 6 이하인 화소를 제거 대상 화소로하였다. 한 방향에서 골격소멸현상 제거가 수행되었고 그 결과는 그림 5)에서와 같이 WPTA8N5B에 비해 침식현상이 적게 나타남을 알 수 있었다. 그러나 이는 한 방향에서 골격소멸현상 제거가 수행되므로 인한 다른 방향에서의 골격소멸현상 제거가 완

5), 6)에서 각 알고리즘들의 수행 후 나타나는 침식 결과를 잘 보여준다. 그러므로 WPTA8N 알고리즘에서의 침식현상은 제거 대상 화소의 연결값의 범위에 따라 침식현상의 변화가 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 세선화 대상의 특성에 적합한 형태로 WPTA8N 알고리즘이 적용될 수 있음을 나타내었다. 제안된 세선화알고리즘은 직선 선분이나 곡선 선분 모두에 잘 적용될 수 있음을 실험 결과로 나타내었다.

4.3. WPTA8N과 다른 알고리즘의 수행 결과 비교

WPTA8N의 수행결과는 골격선의 끊어짐이 없이 연결성이 잘 유지되며 연결성의 형태는 완전-8 연결 형태로 된다. 또한 최종 골격선의 화소는 1에서 3까지의 수치 정보로 표현되므로 문자인식 과정에서 다양한 형태의 정보로 이용될 수 있다.

기존의 잘 알려진 병렬 세선화 알고리즘인 T.Y.Zhang 과 C.Y.Suen이 제안한 알고리즘[ZS][10]과, ZS 알고리즘의 문제점을 수정 보완한 알고리즘으로 Lu 과 Wang [LW][11], Wang, Hui, Fleming [WHF] [12], Madalia, Pandya, Sudhaker [MPS][13]에 의해 제안된

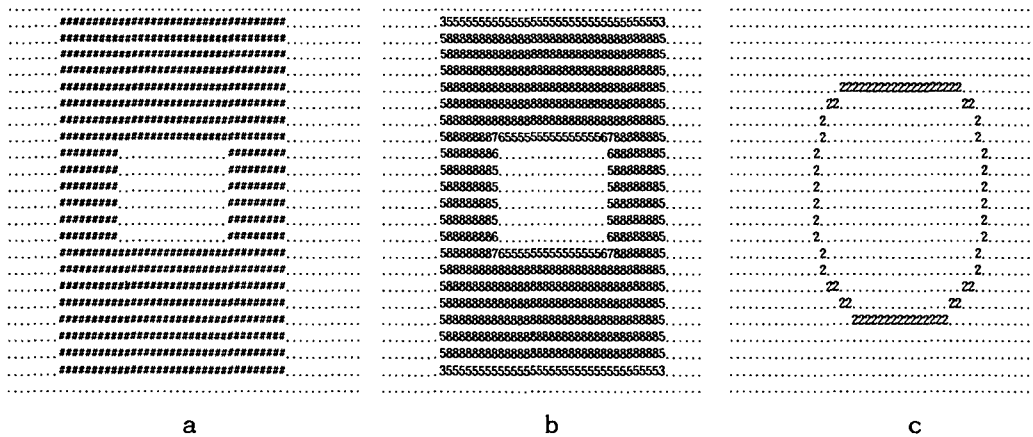


Fig. 5 Erosion of the WTA8N6A algorithm(process steps:1-3)

전하지 않은 상태가 된다. 그러므로 경우에 따라 골격 소멸현상이 발생 가능한 상태이다.

WPTA8N7A, WPTA8N7D는 연결값이 7 이하인 화소를 제거 대상 화소로하였다. 알고리즘의 수행 결과는 그림 6)에 나타내었으며 여기서는 침식현상이 거의 발생하지 않았다. 그러므로 이는 직선 선분이 잘 반영될 수 있는 알고리즘 이 된다. 이러한 결과를 그림 4),

알고리즘들을 구현하여 그 결과를 그림 7)에 비교하였다.

위의 수행 결과로서 제안된 알고리즘의 유사도와 골격선의 품질이 우수함을 입증하였다. 특히, 곡선선분이 많은 문자에서 곡선 획의 형태를 잘 나타내므로 다중 문자환경의 다양한 문자인식을 위한 세선화 알고리즘으로 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

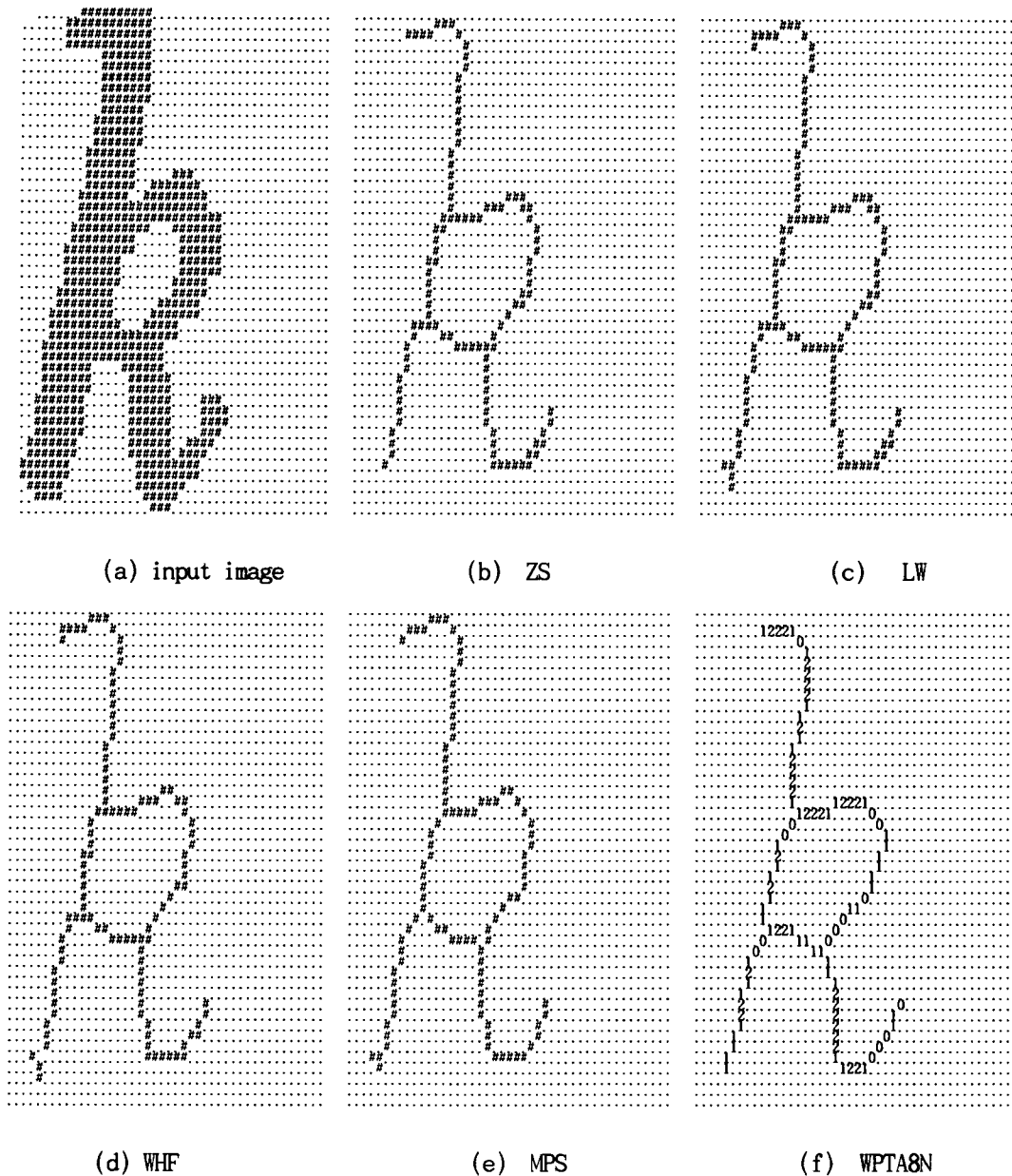


Fig. 7 Comparison of the thinning results for the ZS, LW, WHF, MPS and WPTA8N algorithm applied to the English.

나타나는 침식현상의 분석을 위해 각 알고리즘의 수행 결과를 고찰하였다. 또한, 기존의 잘 알려진 세션화 알고리즘들과 그 수행 결과를 비교하였다. 골격소멸현상을 제거를 위한 알고리즘에서 나타나는 침식현상을 보이고, 각각에서 발생하는 침식 현상을 부 반복 단계에서 제거 대상 화소의 연결값의 범위를 달리하여 나타나는 현상을 비교 분석 하였다. 그 결과로서

제안된 세션화알고리즘은 직선선분이나 곡선선분 모두에 잘 적용될 수 있음을 실험 결과로 입증하였다. 또한 응용분야에 따른 다양한 적용이 가능함을 보였다. 따라서 연결값을 이용한 세션화 알고리즘은 다중 문자, 다중 폰트 환경의 문서인식 시스템 개발에 적용할 경우, 매우 우수한 결과를 얻을수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 이성환, 박희선, "한글 인식의 사례 연구: 최근 5년 동안의 연구 결과를 중심으로," 제1회 문자인식워크샵 발표논문집, pp.3-46.
- [2] 이성환, "영상 골격화 알고리즘의 성능평가," 한국정보과학회논문집 제18권 제6호, pp.661-671, 1991년 11월.
- [3] 원남식, 손운구, "4-인접 연결값을 이용한 병렬 세선화 알고리즘," 한국정보과학회논문집 제22권 제7호, pp.1047-1056, 1995년 7월.
- [4] 원남식, 손운구, "8-이웃 연결값에 의한 병렬 세선화 알고리즘," 한국정보처리학회논문집 제2권 제5호, 1995년 12월.
- [5] L. Lam, S.W.Lee and C.Y.Suen, "Thinning methodologies- a comprehensive survey," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.14, No.9, pp.869-885, sep. 1992.
- [6] Y.S.Chen and W.H.Hsu, "A systematic approach for designing 2-Subcycle and pseudo 1-Subcycle parallel thinning algorithms", *Pattern Recognition*, Vol.22, No.3, pp.267-282, 1989.
- [7] Y.S.Chen and W.H.Hsu, "A 1-Subcycle parallel thinning algorithm for producing perfect 8-curves and obtaining isotropic skeleton of an L-shape pattern," in *Proc.Int.Conf.on CVPR*, San Diego, USA, pp.208-215, 1989.
- [8] A.Rosenfeld, "Connectivity in digital pictures," *Journal of the ACM*, vol.17, No.1, pp.146-160, 1970.
- [9] A. Rosenfeld and J.L. Pfaltz, " Sequential operations in digital picture processing," *Journal of the ACM*, Vol.13, No.4, pp.471-494, 1966.
- [10] T.Y.Zhang and C.Y.Suen, "A fast parallel algorithm for thinning digital patterns," *Communications of the ACM*, Vol.27, No.6, pp.236-239, March 1984.
- [11] Lu, H.E., Wang, P.S., "An improved fast parallel thinning algorithm for digital patterns," In *Proc. of the IEEE Conf. On Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.364-367, 1985.
- [12] Wang, P.S.P., Hui, L., Fleming Jr, T., "Further improved fast parallel thinning algorithm for digital patterns," In *Computer Vision, Image Processing and communications systems and appli.edt.by P.S.P Wang*, pp. 37-40, 1986.
- [13] A.D.Mandalia, A.S.Pandya, R.Sudhaker, "Modified fast parallel thinning algorithm for noisy handprinted characters," *92 Proceedings of the 2ND Singapore international conference on image processing* pp.7-11, Singapore, Sep. 1992.



원 남 식 (Nam-Sik Won)

1974년 2월 인하대학교 공대 전자공학
학과졸업

1983년 2월 영남대학교 공대 전자공학
학과졸업 (공학석사)

1996년 2월 영남대학교 공대 전산공학
학과졸업 (공학박사)

1976년 1월 - 1978년 1월 한국과학기술연구소

1978년 1월 - 1981년 3월 한국전자기술연구소

1981년 3월- 현재 경일대학교 IT대학 컴퓨터공학과
교수

관심분야 : 문자인식, 컴퓨터그래픽스