

방향 투영에 의한 인쇄체 한글의
기본 선소 추출에 관한 연구

김 상 운, 이 병 대, 이 규 원, 박 규 태

연세대학교 전자공학과, 한국방송통신대학 전자계산학과

A Study on Primitive Segments Extraction from Printed Korean
Characters by means of a Directional Projection

Sang Woon Kim, Byeong Ruc Lee, Gyu Won Lee and Kyu Tae Park
Yonsei University, Korea Air and Correspondence University

ABSTRACT

In this paper, we report a method for the primitive segments extraction from printed Korean characters without thinning as a preliminary stage to design an efficient recognition system. The primitive segments are defined by fundamental subpatterns which are vertical($|$), right sloping($/$), left sloping(\backslash), horizontal($-$), and circular segment(\circ). The circular segment among the five kinds of segment is different from the others in geometrical properties. Therefore, at first, the circular segment is extracted by using the closed circle of the inner boundary and the geometrical characteristics of its outer. Next, linear segments are separated from the character pattern by means of a directional coding method. Finally, primitive segments are extracted from each set of linear segments by using a projection profile which involves the fact whether the segment has branches or not. The experimental results show that this method reduces computation time and storage space in comparison with the existing methods.

1. 서론

한글 문자는 초성, 중성, 종성의 3성음으로 구성되는 조합문자로서 24개의 기본 자모를 갖는다. 이 기본 자모가 매트릭스 평면에서 조합되어 14,364자를 형성한다[1]. 그리고 기본 자모는 몇개의 기본 선소($|, /, \backslash, -, \circ$)로 구성되어 있다[2]. 따라서 한글 문자 인식의 문제는 문자 패턴을 구성하는 기본 자모를 분리 추출하여 이를 인식하는 문제이며 자모의 인식이란 결국 방향성분을 추출하여 이들의 연결관계를 알아내는 것이다.

자모를 구성하는 기본 선소를 추출하기 위하여 많은 기법들이 발표되었다[2]. 많은 기법들이 채택하고 있는 방법은 세선화[3]에 의한 방법이다. 세선화 기법은 패턴을 구성하는 화소의 연결성(connectivity)을 유지하면서 굴곡선을 추출하기 때문에 국소적인 잡음에 민감하고, 또한 선소의 연결 부분에서 패턴의 변형을 가져온다. 이러한 세선화의 문제점을 회피한 기법으로는 디지털 필터링에 의한 방법[4], 패턴 윤곽선의 모서리점을 이용하는 방법[5]이 보고된 바 있으며, 한자를 대상으로 한 및가지 기법[6,7]이 발표되었다. 본 연구에서는 패턴 경계면 상의 요철에 둔감한 방향 투영(directional projection)을 이용하여 한글 문자 패턴으로 부터 직접 기본 선소를 추출하는 한 방법을 제안한다.

2. 방향 투영

투영(projection)은 영상 패턴을 임의의 방향에서(예: $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, \dots$) 투영하여 그 투영선상에서 각 화소가 갖는 계조도(gray level)의 합계로서 정의한다[8]. 즉 투영은 위치에 따라서 계조도의 합이 어떻게 변화하는가 볼 나타내는 것으로서 단층 촬영의 영상 재생(image reconstruction)을 위해 이용된다. 투영 방향을 <그림1>과 같이 8방향을 고려한다면 방향계수 k 는 modulo-8이 되며, 이때의 투영을 8방향 투영(8-directional projection)이라 하며 식(1)로 정의한다.

$$P_k(t) = p(k,t), k=0,1,\dots,7 \dots\dots\dots(1)$$

여기서 $p(k,t)$ 는 원점에서 k 방향으로 t 만큼 떨어진 위치에서의 계조도의 합이며, $k=0$ 와 $k=4$, $k=1$ 과 $k=5$ 등에서의 투영은 기울기가 같은 투영으로서 $p(0,t)+p(4,t)$ 는 수평 투영이 되고, $p(2,t)+p(6,t)$ 는

수직 투영이 된다. 따라서 본 연구에서는 $\theta=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 를 선정하여 4방향 투영(4 directional projection)으로 식(2)와 같이 정의한다.

$$P_k^*(t) = p(k', t) + p(k'+4, t) \dots\dots\dots(2)$$

여기서 k' 은 4방향 계수로서 $k'=1, 2, 3, 4$ 이다. 식(1)의 8방향 투영에서 $t=t_0$ 의 위치에서 방향계수 k 에 따른 투영치들의 집합과 $k=k_0$ 에서 t 에 따른 투영치들의 집합은 각각 방향과 거리에 대해서 벡터를 구성한다. 이 벡터들을 패턴 f 에 대한 투영 측면도(projection profile)라 하고 식(3)으로 정의하며, 4방향 투영에 대해서는 식(4)로 정의한다.

$$P_k^* = \{ P_k^*(t) : 0 \leq k \leq 7 \}$$

$$P_k^* = \{ P_k^*(t) : 0 \leq t \leq N-1 \} \dots\dots\dots(3)$$

$$PF_k^* = \{ P_k^*(t) : 0 \leq k' \leq 4 \}$$

$$PF_k^* = \{ P_k^*(t) : 0 \leq t \leq N-1 \} \dots\dots\dots(4)$$

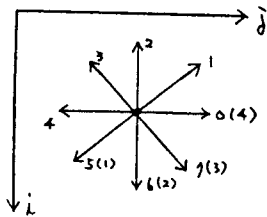


Fig.1 8-directional coefficient k.

3. 기본 선소 추출

한글 문자 패턴을 구성하는 자모는 대부분 몇개의 직선선분(linear segment)들이 방향을 갖고 연결되어 이루어진다. 단지 두개의 자음(ㅇ, ㅎ)만이 폐곡선선분(circular segment)을 포함한다. 그런데 폐곡선선분은 기하학적 특성이 직선선분과 다르다. 또한 기본 자모 24개 중 사용 빈도가 가장 높은 자모는 'ㅇ'이다. 따라서 본 연구에서는 기본 자모 24개를 구성하는 기본 선소로 네개의 직선선분 (l(Sv), / (Sr), \ (Sl), - (Sh))와 한개의 곡선선분 (ㅇ (Sc))을 정의한다.

입력 문자 패턴에서 Sc를 추출하는 과정은 내부 폐곡선 검출(inner boundary extraction), 식별자 정합(identifier matching), 그리고 곡선선분 추출(circular segment extraction)의 단계별 거친다. 곡선선분의 가장 두드러진 특징은 내부 경계선이 원형의 폐곡선을 이룬다는 점이다. 따라서 곡선선분을 추출하기 위해 해당 패턴이 내부 폐곡선을 갖는지 검출해야 한다. 그러나 내부 경계선이 추출되었다고 해도 해당 패턴을 곡선선분으로 단정할

수 없다. 왜냐하면 자음(ㅁ, ㅂ)이나 자모가 접촉된 문자(ㅍ, ㅍ) 등이 존재하며 또한, 완전한 원형의 내부 경계선을 갖는 패턴이 곡선선분이 아닐 경우도 있고 그 반대의 경우도 있다(그림2 참조).

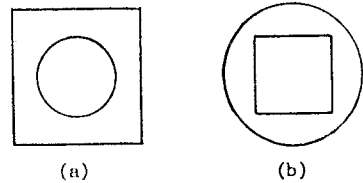


Fig.2 An example of phonemes. (a) has circular inner boundary, (b) has square one.

본 연구에서는 내부 경계선에서 외부 경계선 쪽으로 8방향 투영한 투영 측면도 PP_k^* 를 곡선선분 식별자(circular segment identifier)와 정합하여 곡선선분을 추출한다. <그림3>은 입력 문자 패턴에서 곡선선분을 추출한 예이다.

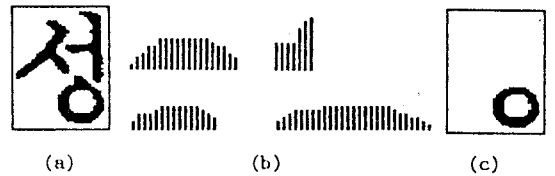


Fig.3 Example of circular segment extraction. (a) is original character pattern, (b) projection profiles to each direction, and (c) extracted circular segment.

곡선선분을 추출하고 남은 문자패턴에서 직선선분(l, /, \, -)을 추출하기 위해 방향코드화(directional coding), 방향화면 분리(directional frame divorcing), 잡음제거(noise removing), 그리고 기본선소 추출(primitive segment extraction)의 과정을 수행한다.

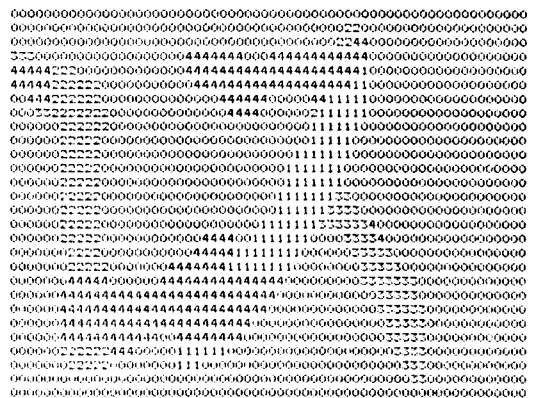


Fig.4 Example of direction coding

방향 화면 분리 단계에서는 식(6)을 이용하여 방향코드화 된 각 화소를 방향코드에 따라 네개의 방향화면으로 분리한다. 방향 화면 $d_k(t)$ 는 많은 잡음을 가지고 있다. 이 잡음을 화소 잡음과 선분 잡음으로 구분하여 이웃 화소와의 연결성 및 자모의 구조정보를 이용하여 제거한다. 방향 코드화 패턴을 방향 화면 분리와 잡음 제거 처리를 수행한 결과는 <그림5>와 같다.

$$d_k(t) = \begin{cases} 0 & : f(t) \neq k \\ 1 & : f(t) = k \end{cases} \dots\dots\dots(6)$$

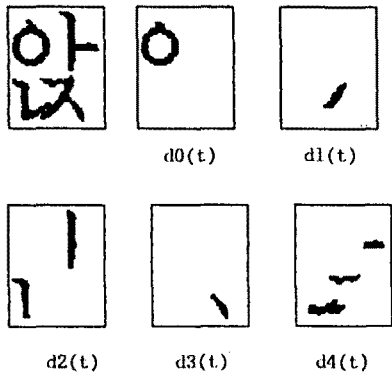


Fig.5 Result of divorcing and noise removing

<그림5>의 방향 화면 $d2(t)$ 의 수직선분은 그 중단에 다른 방향의 선분($d4(t)$ 의 선분)이 접속되어 있음에도 불구하고 단일의 선분으로 추출되었다. 따라서 방향 화면에 포함된 각 선분들의 부영 측면도를 작성하여 다른 선분이 접속되었는지의 여부를 판단하고, 접속되었을 경우 접속 부분을 절단하는 기본 선소 추출 처리를 수행한다. <그림6>은 접속 부분을 절단하기 위한 부영 측면도의 예이다.



Fig.6 Projection profile of segment

4. 실험 및 고찰

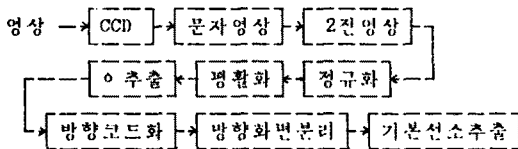


Fig.7 Process of primitive segment extraction

본 연구에서 제안한 기법의 전체 과정은 <그림7>과 같다. 명조체 한글 패턴을 CCD로 입력하여 연속

영상을 얻은 후, 디지털이저에 의해 2진 영상으로 변환하여 정규화, 평활화한 패턴을 대상으로 실험하였다. 'o'선분은 기하학적 특징이 다른 직선선분과 다르기 때문에 방향선소 추출에 우선하여 추출했다. 본 연구에서 제안한 곡선 선분 추출 알고리즘은 내부 경계선의 형상에 무관하게 'o' 선분을 추출할 수 있다. 또한 'o'선분의 크기나 저그러짐에도 무관하고 곡률 계산을 위한 실수처리가 필요 없으므로 고속 처리가 가능하다는 장점을 갖는다.

한글 패턴의 수평 모음과 사, 자, 차 등의 사선 선분들이 반드시 45° 나 135°의 기울기를 갖지 않는 경우가 있다. 따라서 Sr, Sl이 d2나 d4로 분리되는 경우가 있다. 또한 chessboard distance를 사용하므로써 Euclidean distance를 이용하는 것보다 검사 선분이 축소되는 현상이 발생했다.

제안 기법과 논문[7]의 알고리즘을 비교한 결과는 표1과 같다. 처리 결과는 <그림8>과 같다.

Table 1. Storage space and computation time

	제안기법	논문[7]	비고
기억공간	5개	13개	N*N 매트릭스
처리시간	4.25sec	8.5sec	

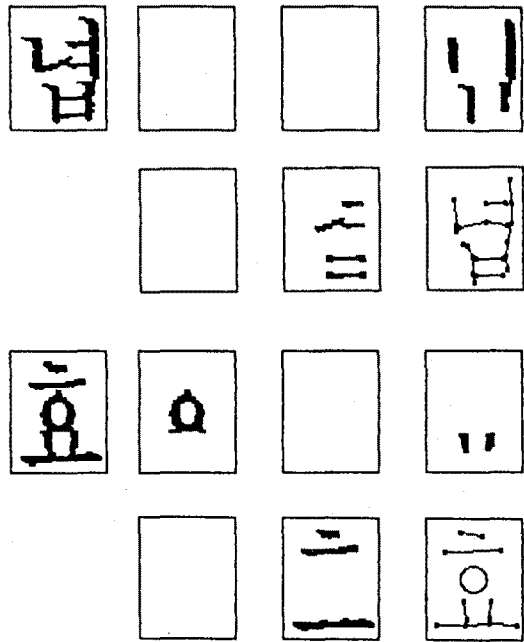


Fig.8 Examples of primitive segment extraction

5. 결론

본 연구에서는 논문[7]의 알고리즘을 보완하여 인쇄체 한글에 적용한 결과 기억 공간이 61.5% 절약되었고 처리 시간도 50% 단축하였다. 본 연구의 성과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 형상에 관계없이 'o' 선분을 추출할 수 있으며 곡률 계산을 위한 실수 계산이 필요 없다.
- (2) 문자 패턴의 경계면 요철에 영향을 받지 않고 해당 선분의 전체적인 방향에 따라 방향선분 추출이 가능하다.
- (3) 원 문자 패턴을 처리 대상으로 하기 때문에 선분의 두께 정보와 형상 정보뿐 이용하여 자소 분리의 효율을 향상시킬 수 있다.

참고 문헌

- [1] 이주근, "한글 문자의 인식에 관한 연구(IV)," 대한 전자공학회지, Vol.9, No.4, pp.197-204, 9월 1974년.
- [2] T.Agui, M.Nakajima, T.K.Kim, and E.T.Takahashi, "A Method of Recognition and Representation of Korean Characters by Tree Grammars," IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intell., Vol.PAMI-1, No.3, pp.245-251, Jul. 1979.

- [3] E.S.Deutsch, "Thinning algorithms on rectangular, hexagonal, and triangular arrays," Comm.ACM, Vol.15, No.9, pp.827-837, Sept.1972.
- [4] 오길남, 신승호, 진용욱, "2차원 디지털 필터링에 의한 한글 자모의 인식 알고리즘," 대한전자공학회지, Vol.21, No.3, pp.55-59, 5월, 1984.
- [5] 박종욱, 이주근, "Shape Pattern에 의한 필기체의 한글인식," 대한전자공학회지, Vol.22, No.5, pp.1-9, 9월, 1985.
- [6] W.S.Hsu, K.Takahashi, S.Ozawa, and H.Fujita, "Ordered stroke extraction method for printed Chinese character recognition," IRCE, Vol.J65-D, No.2, pp266-273, Feb.1982.
- [7] N.Babaguchi, Y.Kitamura, M.Shiono, H.Sanada, and Y.Tezuka, "A method of directional segments extraction from character pattern without thinning process," ICBC, Vol.J65-D, No.7, pp874-881, Jul.1982.
- [8] A.Rosenfold and A.C.Kak, Digital Picture Processing, Academic, New York, 1976.
- [9] 이병래, 김상운, 박규태 외, "균일비용 검색방식을 이용한 인쇄체 한글의 인식에 관한 연구," 대한 전자공학회 추계종합학술대회 논문집, Vol.9, No.2, 1986.