

한글 문자인식을 위한 변형된 3진 위상 SDF 필터 #

도 양희\*, 김 경우\*, 정 신일\*\*, 하 영호\*, 김 수중\*

\*경북대학교 전자공학과, \*\*부산수산대학 전자통신공학과

Modified ternary phase-only SDF Filter for Korean Character Recognition

Yang-Hoi Doh,\* Jeong-Woo Kim,\* Shin-Il Jeong,\*\* Yeong-Ho Ha\* and Soo-Joong Kim\*

\* Dept. of Electronics Eng. Kyungpook Nat'l Univ.

\*\* Dept. of Electronics and Communication Eng. Nat'l

Fisheries Univ. of Pusan

- Abstract -

For the efficient recognition of Korean alphabets, modified ternary-phase synthetic discriminant function filter with reduced resolution requirements, quantized phase levels and capable of implementing distortion tolerant pattern recognition is proposed.

필터 영역을 등심원 형태로 분할하여 각 영역이 하나의 위상값을 가지도록 하고, 이들 위상값을 3진화하여 필터 정보를 보다 쉽고 정확하게 기록할 수 있게 하였다. 필터 정보는 먼저 SDF를 도입하여 입력 패턴의 크기 변화와 자모의 조합 형태에 따른 큰 변화에 무관하게 인식할 수 있도록 하였으며 등심원 형태로 필터 영역을 분할할때 정합되는 회전 범위를 정해서 입력 패턴의 회전 변위와 자모의 작은 변화에 무관하게 인식할 수 있게 하였다.

I. 서론

비슷한 형태의 자모가 근접해 있는 한글의 인식에 있어서 전통적인 정합 필터는 푸리에 영역에서 진폭 정보와 위상 정보를 모두 포함하는 형태로써 상관 첨두치의 값이 작고 상관 본포의 sidelobe가 커서 이들을 분리하여 식별하기가 어렵다. 이 문제점은 높은 상관 첨두치와 상관본포의 sidelobe가 작은 위상 필터(phase-only filter;POF)<sup>1)</sup>를 사용하여 부분적으로 해결할 수 있으나 이는 연속적인 위상 정보를 갖고 있어 쉽게 제어하기 어려우며, 입력 패턴이 필터를 만든 기준 패턴과 동일한 경우에만 적용될 수 있다.<sup>2)</sup>

본 논문에서는 효율적인 한글 문자 인식을 위하여 변형된 3진 위상 SDF (synthetic discriminant function) 필터(modified ternary phase-only SDF filter;MTPOF-SDF)를 제안하였다. 제안된 필터는

II. 제안된 변형된 3진위상 SDF 필터(MTPOF-SDF)

본 연구에서는 해상도가 낮은 필터 매체를 사용하여 각종 변형된 한글 문자를 효율적으로 인식하기 위하여 필터의 위상 정보를 양자화한다는 전제 아래 SDF 필터<sup>3)</sup> 개념 과 변형된 위상 필터<sup>4)</sup>(Modified Phase-only Filter;MPOF)의 개념을 도입한다. 이때 고려된 입력 패턴의 변형은 크기 변화, 회전 변화 및 자모의 결합 형태에 따른 변형이며, 크기 변화 및 자모의 결합 형태에 따른 큰 변화('가'의 '>'과 '구'의 'ㄱ'와 같은)는 SDF 필터 개념을 도입하여 해결하였고, 회전 변위 및 자모의 결합형태에 따른 작은 변화는 MPOF의 개념을 도입하여 해결하였다. SDF 필터 개념만 이용하더라도 모든 자모의 변형을 고려한 필터를 만들수도 있지만 고려해야 할 입력 패턴의 변형이 N개이면 필터 정보를 계산할때 그 시간이 2<sup>N</sup>배로 늘어나기 때문에 가능하면 적은 수의 변형만을 고려하는 것이 좋기 때문이다.

# 본 연구는 1987년도 한국학술진흥재단이 지원한 연구의 일부임

1. SDF 필터 개념의 도입

인식할 입력 패턴을  $f_n(x,y)$ 로, SDF 필터를  $h_s(x,y)$ 로 나타낼때 입력과 필터와의 상관치는 다음과 같이 나타낼수 있다.

$$f_n(x,y) * h_s(x,y) = \delta \quad (1)$$

여기서 SDF 필터  $h_s(x,y)$ 는 입력 패턴들의 선형 조합으로 구성될 수 있으며

$$h_s(x,y) = \sum a_m f_m(x,y) \quad (2)$$

로 나타낼수 있다. 여기서 필터 계수  $a_m$ 은 필터를 만들때 사용된 입력 패턴들의 위상 성분만의 상관도를 constraint vector 에 역으로 풀어 얻을 수 있다. 즉 식 (2)를 (1)에 대입하면

$$f_n(x,y) * \sum a_m f_m(x,y) = \sum a_m f_n(x,y) * f_m(x,y) = a_m r_{nm} = \delta \quad (3)$$

이 된다. 이를 compact form 으로 표시하면 식 (4)와 같다.

$$R \mathbf{a} = \mathbf{u} \quad (4)$$

여기서 R 행렬의 요소는 자체 상관도 ( $m=n$ ) 와 상호 상관도 ( $m \neq n$ ) 로 구성되어 있으며 constraint vector  $\mathbf{u}$ 의 요소는 원하는 입력인 경우에는 1, 원하지 않는 입력인 경우에는 0으로 둔다. 식 (4)로 부터 구한 필터 계수  $\mathbf{a}$ 를 식 (2)에 대입하면 원하는 SDF 필터를 구할 수 있다.

2. 변형된 위상 필터 (MPOF) 개념의 도입

설계된 SDF 필터에 MPOF 개념을 도입해 MPOF-SDF를 설계하였다. MPOF는 입력 패턴의 회전 변위를 인식할 수 있으며 필터 제작시 해상도 (resolution) 를 줄여줄 수 있어 해상도가 낮은 필터 매체를 이용하여 정보를 정확한 기하학적 위치에 기록할 수 있다. 입력의 회전 변위에 무관한 인식을 위해서 필터가 주파수 영역에서 원점을 중심으로 거리  $r$  에만 관계하고  $\theta$  에는 무관한 형태가 되도록 한다. 결국 필터는 동심원 형태가 되나 한글 인식의 경우에는 입력이  $45^\circ$  이상 회전될 경우 다른 문자로 인식될 우려가 있으므로 인식 가능한 회전 변위의 범위를 정해줄 필요가 있으며 그 최대치는  $45^\circ (\pm 22.5^\circ)$  로

한다. 따라서 각각의 동심원들은

$$L = 2\pi / \Theta = 2\pi / 45^\circ = 8 \quad (5)$$

로 나뉜다. K 개의 동심원과 L 개의 섹터로 나뉘어진 제한된 범위의 회전에 무관한 인식을 행할 수 있으며, 여기서 K 는 필터 영역에서의 Nyquist rate 를 만족해야 한다. k 번째 동심원의 l 번째 섹터  $S_{k,l}$  의 위상은

$$\phi_{k,l} = \tan^{-1} \frac{\iint_{S_{k,l}} |H(u,v)| \sin(u,v) du dv}{\iint_{S_{k,l}} |H(u,v)| \cos(u,v) du dv} \quad (6)$$

로 주어지며 영역  $S_{k,l}$  내에서는 동일한 전달특성을 갖는다. 결국 제안된 MPOF-SDF의 필터 함수는

$$H_{M\&L} = \exp(j\phi_{k,l}) \quad (7)$$

와 같이 쓸 수 있다.

3. 변형된 3진 위상 SDF 필터 (MTPOF-SDF)

이렇게 설계된 MPOF-SDF의 위상 정보를 제어하기 용이한 형태로 양자화한것이 MTPOF-SDF이며 필터 함수는

$$H_{T\phi} = \begin{matrix} 0, & -\pi/3 \leq \phi_{k,l} < \pi/3 \\ (-1+j\sqrt{3}), & \pi/3 \leq \phi_{k,l} < \pi \\ (-1-j\sqrt{3}), & -\pi \leq \phi_{k,l} < -\pi/3 \end{matrix} \quad (8)$$

와 같이 쓸 수 있다. 여기서 필터의 위상 정보를 2진 위상으로 양자화 할수도 있지만 이진 위상 필터는 대칭적인 입력 패턴을 구별하여 인식하지 못하므로 한글 문자 인식에는 부적합하다. 즉 제안된 필터는 POF 고유의 높은 광 효율과 선택도를 유지하면서 입력의 각종 변형된 형태를 인식할 수 있을 뿐 아니라 위상 정보를 3진화하고 필터의 해상도를 줄여 줌으로써 광 - 디지털 복합 시스템에 적합하도록 하였다.

III. Simulation 결과 및 고찰

제안된 MPOF-SDF 및 MTPOF-SDF의 성능을 평가하기 위하여 그림 1의 입력 패턴들에 대하여 기존 패턴 '7'과의 상관도를 POF를 사용한 경우와 비교하였다. 이 필터들의 상관 특성은 최대 상관첨두치 ( $r_{max}$ )와 Horner에 의해 정의된 SNR 및 자기 상관 최대치와 상호 상관 최대치의 차 ( $\Delta$ )에 의해 비교된다. 그림

1.(a)를 입력으로 선택한 이유는 'ㄱ'의 기준 패턴, 크기가 1.25배 커진 패턴, 10°회전된 패턴 및 자모의 결합 형태에 따라 달라진 패턴을 포함하므로 각종 변형된 입력 패턴에 대한 각 필터의 특성을 검토할 수 있기 때문이다. 그림 1.(b)의 '관'을 입력으로 선택한 이유는 'ㄱ'과 'ㄴ'이 서로 구별되어 인식되는지, 'ㅅ'의 좌측 부분과 'ㄴ'의 좌측 부분에 의해 생기는 'ㄱ'이 'ㄱ'으로 오인식 되지 않는지를 검토하기 위함이다.

그림 2,3 및 4는 그림 1.(a)의 입력 패턴에 대한 POF, MPOF-SDF 및 MITPOF-SDF의 상관 분포이며 표 1에 각 위치에서의 상관 첨두치를 나타내었다. POF는 변형된 입력을 인식하지 못하는 반면 MPOF-SDF 및 MITPOF-SDF는 변형된 입력을 잘 인식함을 보여준다. 그림 5 및 6은 회전되지 않은 입력 패턴 '관'에 대한 MPOF-SDF 및 MITPOF-SDF의 상관 분포이며 표 2에 그 상관 특성을 나타내었다. 그림 7 및 8은 회전된 입력 패턴 '관'에 대한 MPOF-SDF 및 MITPOF-SDF의 상관

분포이며 표 3에 그 상관 특성을 나타내었다.

이상의 결과에서 MPOF-SDF 및 MITPOF-SDF는 변형된 입력 패턴을 잘 인식할 수 있음을 알 수 있고 MITPOF-SDF의 경우 위상 정보를 3진화한 효과로 인해 변형된 입력을 인식하는 능력은 다소 저하되지만 비슷한 자모를 구별하여 인식하는 능력은 오히려 증가됨을 알 수 있다. 한편 회전된 입력 패턴에 있어 그 특성이 다소 저하되는 것을 볼 수 있는데 이는 회전 변위된 입력 패턴을 생성할 때 입력 평면의 낮은 해상도로 인해 생기는 오차에 기인하며 실제 광학 시스템에 적용될 경우 그 오차는 생기지 않으므로 특성의 저하는 훨씬 줄어들 것으로 기대된다.



그림 1. 'ㄱ'의 각종 변형된 입력 패턴과 '관'의 회전되지 않은 입력 패턴과 회전된 입력 패턴

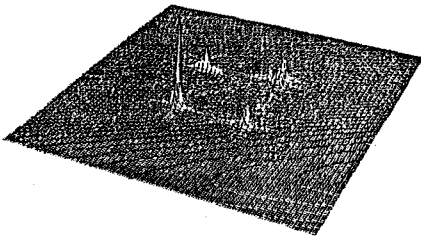


그림 2. 'ㄱ'의 각종 변형된 입력 패턴에 대한 POF의 상관 분포

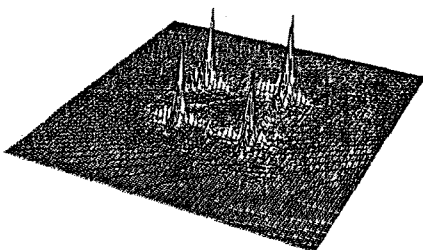


그림 3. 'ㄱ'의 각종 변형된 입력 패턴에 대한 MPOF-SDF의 상관 분포

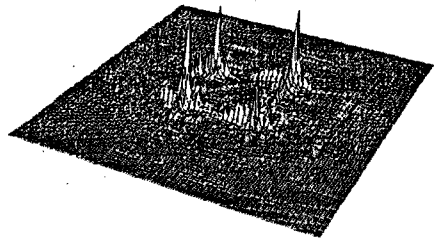


그림 4. 'ㄱ'의 각종 변형된 입력 패턴에 대한 MITPOF-SDF의 상관 분포

표 1. 각종 변형된 입력 패턴 'ㄱ'과 기준 패턴에 대한 각 필터의 상관 최대치

	ㄱ	ㄱs	ㄱr	ㄱ
POF	23.8	7.0	4.9	6.96
MPOF-SDF	8.7	9.1	7.06	8.7
MITPOF-SDF	6.96	6.2	4.26	5.54

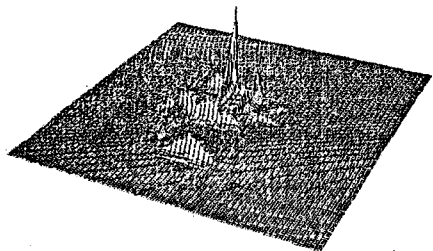


그림 5. 회전되지 않은 입력 패턴 '관'에 대한 MPOF-SDF의 상관 분포

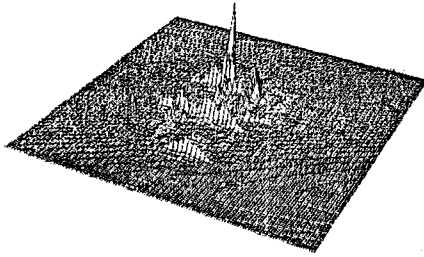


그림 6. 회전되지 않은 입력 패턴 '판'에 대한 MIPOF-SDF의 상판 분포

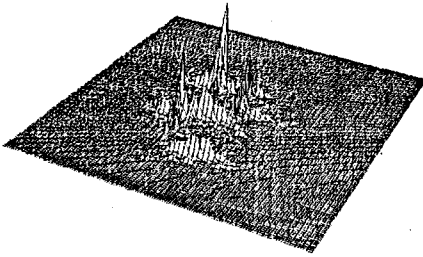


그림 7. 회전된 입력 패턴 '판'에 대한 MPOF-SDF의 상판 분포

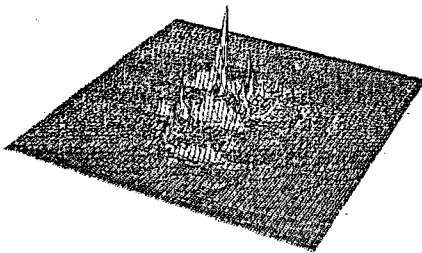


그림 8. 회전된 입력 패턴 '판'에 대한 MIPOF-SDF의 상판 분포

표 2. 회전되지 않은 입력 패턴 '판'에 대한 각 필터 특성

	Rmax	SNR	$\Delta$ (%)
MPOF-SDF	14.36	16.9	-58
MIPOF-SDF	12.64	15.9	-67

표 3. 10° 회전된 입력 패턴 '판'에 대한 각 필터 특성

	Rmax	SNR	$\Delta$ (%)
MPOF-SDF	10.0	14.15	-31
MIPOF-SDF	9.1	13.5	-54

#### IV. 결 론

전통적인 정합 필터보다 우수한 선택도와 높은 광 효율을 가지는 변형된 3진 위상 SDF 필터를 제안하고 그 특성을 이용하여 한글 문자의 각종 변형에 무관한 인식을 행하도록 하였다.

각종 변형된 형태의 입력 문자를 인식하기 위한 필터정보는 먼저 SDF 개념을 도입하여 입력 문자의 크기 변화와 자모의 조합 형태에 따른 큰 변화에 무관하게 인식할 수 있도록 하였으며, MPOF 개념을 도입하여 입력 문자의 회전 변위와 자모의 작은 변화에 무관하게 인식할 수 있게 하였다. 또한 제안된 필터는 동심원 형태로 나뉘어진 각 영역이 하나의 위상값을 가지므로 해상도가 낮은 필터 매체를 사용하더라도 정확한 기하학적 위치에 정보를 기록할 수 있게 하였다. 또한 각 영역에 기록되는 위상 정보를 3진화 함으로써 위상 필터보다 용이하게 필터 정보를 제어할 수 있도록 하여 보다 쉽고 정확하게 위상 정보를 기록할 수 있게 하였다.

#### 참 고 문 헌

1. J.L.Horner and P.D.Gianino, "Phase-only matched filtering," Appl. Opt., Vol. 24, No. 6, p.812, Mar., 1984
2. 도 양희, 이 재철, 정 신일, 김 수중, "한글문자의 회전불변적 인식을 위한 변형된 위상필터," 추계 종합학술대회 논문집, Vol.10, No.1, p.653, nov., 1987
3. D. Casasent and W. A. Rozzi, "Computer-generated and phase-only synthetic discriminant function filters," Appl. Opt., Vol. 25, No. 20, p. 3767, Oct., 1986
4. J. Rosen and J. Shamir, "Distortion invariant pattern recognition with phase-only filters," Appl. Opt., Vol.26, No. 12, p.2315, Jun., 1987