

한글문자 인식을 위한 수정 3 치 위상SDF필터*

(Modified Ternary Phase-Only SDF Filter for Korean Character Recognition)

都良會*, 金正雨#, 鄭信一|,***河永浩,** 金秀重**

(Yang Hoi Doh, Jeong Woo Kim, Shin Il Jung, Yeong Ho Ha, and Soo Joong Kim)

要 約

한글 문자 인식을 위한 수정 3 치 위상SDF필터를 제안하였다. 제안된 필터는 한글문자를 구성하는 각 자모를 비슷하거나 대칭인 모양을 갖는 다른 자모 및 일부분으로 포함되는 다른 자모와 구별하여 인식할 수 있으며, 동일 자모일지라도 초성, 중성 및 종성의 결합 형태에 따라 변화한 다양한 모양을 동일 자모로 인식할 수 있게 하였다. 또한 각 자모의 크기 변화 및 회전변위에 무관하게 인식할 수 있게 하였다. 제안된 필터는 문자의 특징을 잘 보존하도록 위상 정보만을 이용하되, 이를 3 치 위상으로 양자화하여 쉽게 제어하도록 하였다. 아울러 공간 광변조기 등의 해상도가 낮은 필터 매질을 이용하더라도 정확한 기하학적 위치에 필터 정보를 기록할 수 있도록 하였다.

Abstract

For the efficient recognition of Korean characters, a modified ternary phase-only synthetic discriminant function filter (MTPOF-SDF) is proposed. MTPOF-SDF can not only discriminate the true class patterns and the similar, symmetric, or patially included false ones but also recognize the diverse variations in true class patterns due to combinatorial form as the same ones. And scale and rotation-invariant recognition is achieved. To preserve the features of the characters, phase information should be used. And to control phase information easily, ternary quantization of the phase is preferred. Also low resolution requirement is achieved for compatibility with low resulation devices such as spatial light modulators.

*正會員, 濟州大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Cheju Nat'l Univ.)

#準會員, **正會員, 慶北大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Kyungpook Nat'l Univ.)

***正會員, 釜山水産大學 電子通信科

(Dept. of Elec. and Comm. Eng., Nat'l Fisheries Univ. of Pusan)

接受日字: 1988年 8月 22日

(※ 이 논문은 1987년도 학술진흥재단 자유공모과 제 연구의 일부임.)

I. 서 론

광 상관기를 이용한 광학적 문자인식에서 널리 사용되는 공간정합필터로 한글문자를 인식할 경우, 대부분의 연구는 각 자모를 분리하여 인식한 뒤 이들을 조합하여 문자를 인식하는 공통점이 있다.¹⁻³ 한글 문자를 구성하는 각 자모는 서로 비슷하거나 대칭인 모양을 갖거나 다른 자모를 일부분으로 포함하는 경우가 많으며, 동일 자모일지라도 초성, 중성 및 종

성의 결합형태에 따라 변화한 다양한 모양을 갖는다. 또한 각 자모는 크기 변화 및 회전 변위된 모양을 가질 수 있어 이들을 정확하게 분리 인식하기 위한 필터가 필요하다. 아울러 필터는 필터 매질의 해상도가 낮더라도 정확한 기하학적 위치에 필터 정보를 기록할 수 있어야 하며, 필터 정보를 쉽게 제어할 수 있어야 한다.^[4]

본 논문에서는 한글과 같이 인식대상 내에 각 자모가 여러가지 형태로 근접하여 존재하고 있을때, 이들을 효율적으로 인식하기 위한 수정 위상SDF 필터(modified phase-only SDF filter; MPOF-SDF)를 제안하고, 이의 위상 정보를 3치로 양자화 하여 수정 3치 위상SDF 필터(modified ternary phase-only SDF filter; MTPOF-SDF)를 만들었다. 즉 SDF(synthetic discriminant function) 필터^[5]의 개념을 이용하여 입력 문자의 크기 및 자모의 결합 형태에 무관하게 각 자모를 인식하도록 하였고, 수정 위상필터(modified phase-only filter; MPOF)^[6] 개념을 적용하여 특정 범위안에서 회전 불변 인식과 동시에 학습표본(training set)의 수를 줄였다. 아울러 필터 매질의 해상도가 낮더라도 정확한 기하학적 위치에 필터 정보를 기록할 수 있도록 하였다. 그러나 MPOF-SDF의 위상 정보가 연속적이므로 이를 제어하기 쉽도록 양자화 하여 MTPOF-SDF를 만들었으며, 특히 대칭성을 갖는 한글 자모를 인식할 수 있도록 3치로 양자화 하였다. MTPOF-SDF는 위상 정보가 양자화 되어 있어도 인식능력에서는 연속적인 위상 정보를 갖는 MPOF-SDF에 뒤지지 않는다. 또한 필터의 인식능력에 영향을 주지않고 위상 정보를 양자화할 수 있으므로 인접영역의 위상 정보가 동일한 값을 가질 확률이 커지며, 필터 제작시 요구되는 해상도도 MPOF-SDF의 경우보다 더 줄일 수 있다. 한글 문자를 인식대상으로 하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안된 필터들의 인식능력이 우수함을 확인하였다.

II. 제안된 수정 3치 위상SDF 필터 (MTPOF-SDF)

1. 수정 위상SDF 필터(MPOF-SDF)의 제안

입력 패턴의 크기, 회전 및 자모의 결합 형태에 따른 변화에 관계없이 인식할 수 있으며, 필터 제작시 요구되는 필터 매질의 해상도가 낮아도 될 뿐만 아니라 높은 광 효율과 우수한 분리 인식 능력을 갖도록 SDF 필터^[5]의 특징과 MPOF^[6]의 특징을 결합한 MPOF-SDF를 제안한다. SDF 필터 개념만 적용하더라도 모든 자모의 여러 가지 형태 즉, 입력 문자

의 크기 변화 및 자모의 결합 형태에 따른 큰 변화('가'의 'ㄱ'과 '구'의 'ㄱ' 등)와 회전 변위 및 동일 집단내의 작은 변화(부분적인 회전변위) 등에 관계없이 인식할 수 있지만 고려해야 할 학습 표본의 수가 너무 많아지므로 MPOF 개념과 결합하였다. 아울러 MPOF 개념의 도입은 필터 제작시 요구되는 필터 매질의 해상도가 낮더라도 정확한 기하학적 위치에 필터 정보를 기록할 수 있는 장점을 얻게된다.

SDF 필터는 기준 입력문자의 크기변화 및 자모의 결합 형태에 따른 큰 변화('가'의 'ㄱ'과 '구'의 'ㄱ' 등)를 동일 집단의 학습 표본으로 선택하고, 다른 자모 집단중에서 기준 문자를 일부분으로 포함하는 다른 집단('ㄱ')을 학습 표본으로 선택하여 설계한다. 입력패턴을 $f_n(x, y)$, SDF 필터의 임펄스 응답을 $h_s(x, y)$ 로 나타내고 이들의 Fourier 변환을 $F_n(u, v)$ 및 $H_s(u, v)$ 라 할때 상관치 $r(x, y)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$r(x, y) = \mathcal{F}^{-1} [F_n(u, v) H_s(u, v)] \quad (1)$$

여기서 SDF 필터의 전달함수 $H_s(u, v)$ 는 입력패턴 $f_n(x, y)$ 의 Fourier 변환의 선형 조합으로 구성한다.

즉

$$H_s(u, v) = \sum_m a_m F_m(u, v) \quad (2)$$

로 표현하고 여기서 필터계수 a_m 은 필터를 만들때 사용된 입력 패턴들의 상관도를 제한 벡터에 역으로 곱해 얻는다. 따라서 식(2)를 식(1)에 대입하면

$$\begin{aligned} & [F_n(u, v) \{ \sum_m a_m F_m(u, v) \}] \\ &= \sum_m a_m \mathcal{F}^{-1} [F_n(u, v) F_m(u, v)] \\ &= \sum_m a_m r_{nm} \end{aligned} \quad (3)$$

이 된다. 이를 간결한 행렬 형태로 표시하면

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

이다. 여기서 행렬 \mathbf{R} 의 요소 r_{nm} 은 입력 패턴간의 자기 상관도($m=n$)와 상호 상관도($m \neq n$)들이며, 제한 벡터 \mathbf{u} 의 요소는 동일한 집단으로 인식하고자 하는 입력인 경우에는 '1', 다른 집단으로 인식하고자 하는 입력인 경우에는 '0'으로 한다. 식(4)로부터 필터계수 \mathbf{a} 를 구하여 이를 식(2)에 대입하면 SDF 필터의 전달함수의 $H_s(u, v)$ 를 얻게 된다.

$$H_s(u, v) = |H_s(u, v)| \exp \{-j\phi_s(u, v)\} \quad (5)$$

와 같이 표현하고, 이에 MPOF 개념을 적용하여 MPOF-SDF를 만든다.

MPOF는 필터 영역을 동심원과 부채꼴 형태로 나누어 각 영역내에서는 동일한 위상 정보를 갖게 한 것으로 필터 제작시 요구되는 필터 매질의 해상도를 낮추어 줄 수 있으며 특정한 범위의 회전 변위 안에서는 입력 영상을 동일한 것으로 인식할 수 있다. 입력 $f(x, y)$ 를 인식하기 위한 MPOF의 전달함수 $H_M(u, v)$ 의 응답은

$$r(x, y) = Q [F(u, v); H_M(u, v)] \quad (6)$$

로 쓸 수 있고, 여기서 Q 는 임의의 연산자다. $H_M(u, v)$ 가 식(6)을 어느 정도 만족한다면 해상도는 큰 제약조건이 되지 않으며, 주변의 화소를 적당히 조합하여 하나의 값을 갖도록 하여 하여 해상도를 줄일 수 있다.⁷⁾ 입력의 회전 변위에 무관한 인식을 위해서는 필터가 주파수 영역에서 왔점을 중심으로 거리 r 에만 관계하고 θ 에는 무관한 형태로 되어서 식(6)을 만족하면 된다. 결국 $f(x, y)$ 를 인식하기 위한 MPOF의 전달함수 $H_M(u, v)$ 는 동심원 형태로 되고, 높은 광효율과 선택도를 가지기 위해서

$$H_M(u, v) = \exp \{-j \phi_M(u, v)\} \quad (7)$$

와 같은 위상필터 (phase-only filter ; POF)¹⁸⁾의 형태로 만든다. 이때 주파수 영역에서 위상은 Nyquist 판정 기준을 만족하도록 표면화 되어야 한다. 동심원들로 구성된 필터는 입력 문자를 임의의 특정 범위의 회전 변위에 무관하게 인식할 수 있지만, 한글 문자 인식의 경우에 45° 이상 회전 변위된 입력 패턴은 다른 자모가 되므로 이를 피하기 위해 인식 가능한 회전 변위의 특정 범위의 최대치를 45° ($\pm 22.5^\circ$)로 한다. 따라서 각각의 동심원들을

$$L = 2\pi / \theta_{\max} = 360^\circ / 45^\circ = 8 \quad (8)$$

개의 부채꼴로 나눈다. k 개의 동심원과 l 개의 부채꼴로 나누어진 필터는 제한된 범위(45°)의 회전에 무관한 인식을 행할 수 있다.

k 번째 동심원, l 번째 부채꼴의 영역 S_{kl} 에서 MPOF-SDF의 위상 ϕ_{Mskl} 은 SDF 필터의 전달함수 $H_s(u, v)$ 로 부터

$$\phi_{Mskl} = \tan^{-1} \frac{\iint_{S_{kl}} |H_s(u, v)| \sin \phi_s(u, v) du dv}{\iint_{S_{kl}} |H_s(u, v)| \cos \phi_s(u, v) du dv} \quad (9)$$

와 같이 구해지며 MPOF-SDF의 전달함수는

$$H_{Mskl} = \exp(j \phi_{Mskl}) \quad (10)$$

로서 그 영역내에서 동일한 전달특성을 갖는다. 제안된 MPOF-SDF는 한글 문자와 같이 한 자모가 여

러가지 형태를 갖는 대상을 인식하는데 매우 적합한 특성을 갖는다.

2. 수정 3 차 위상SDF필터(MTPOF-SDF)의 제안

MPOF-SDF의 연속적인 위상 정보를 3 차로 양자화하여 쉽게 제어할 수 있는 형태로 만든 MTPOF-SDF를 제안한다. 여기서 위상 정보를 양자화할 수 있는 최소 값인 2 치가 아닌 3 치로 하는 이유는 2 치 위상필터(binary phase-only filter ; BPOF)¹⁹⁾의 경우 대칭인 형태의 입력을 서로 구별하여 인식하지 못하므로 대칭인 형태의 다른 자모들이 존재하는 한글 문자 인식에는 부적합하기 때문이다.

MTPOF-SDF는 식(9)로 부터 위상정보 ϕ_{TMkl} 을

$$\phi_{TMkl} = \begin{cases} 0 & , -\pi/3 \leq \phi_{Mskl} < \pi/3 \\ 2\pi/3 & , \pi/3 \leq \phi_{Mskl} < \pi \\ -2\pi/3 & , -\pi \leq \phi_{Mskl} < -\pi/3 \end{cases} \quad (11)$$

와 같이 3 개의 대표 위상으로 부여하며, 식(10)으로부터 H_{TMkl} 은

$$H_{TMkl} = \begin{cases} 1 & , -\pi/3 \leq \phi_{Mskl} < \pi/3 \\ (-1+j\sqrt{3})/2 & , \pi/3 \leq \phi_{Mskl} < \pi \\ (-1-j\sqrt{3})/2 & , -\pi \leq \phi_{Mskl} < -\pi/3 \end{cases} \quad (12)$$

와 같이 쓸 수 있다. 이 필터는 위상 정보를 양자화했을 지라도 연속적인 위상 정보를 갖는 MPOF-SDF와 비슷한 인식 능력을 가지며 인접 영역의 위상 정보가 동일한 값을 가질 확률이 커서 필터 제작시 요구되는 해상도도 더욱 줄일 수 있다.

III. 시뮬레이션 결과 및 고찰

제안된 필터들의 성능을 평가하기 위하여 한글 문자를 대상으로 하여 컴퓨터 시뮬레이션을 행하였다. 입력영상은 그림 1의 한글 자모와 문자들이다. 그림 1(a)는 ‘ㄱ’의 동일 집단으로 선택된 ‘ㄱ’의 기준 패턴(ㄱ), 1.25배 크기의 패턴(ㄱs), 10° 회전 변위된 패턴(ㄱr) 및 자모의 결합 형태에 따라 변환 패턴(ㄱ)이며, 이들을 동일한 자모 ‘ㄱ’으로 인식할 수 있는가를 검토하려고 한다. 그림 1(b)는 다른 집단의 자모들 중에서 ‘ㄱ’성분을 부분적으로 포함하는 ‘ㅁ’, ‘ㅂ’, ‘ㄴ’ 및 ‘ㅌ’등이며, 이들이 자모 ‘ㄱ’으로 오인식 되는가를 검토할 것이다. 한편, 그림 1(c) 및 (d)의 ‘관’은 ‘ㄱ’의 대칭적인 모양인 ‘ㄴ’이 존재하고 중성 ‘나’의 좌측 부분과 중성 ‘ㄴ’의 좌측 부분에 의해 생기는 ‘ㄱ’ 등이 들어있는 경우로 이들이 ‘ㄱ’

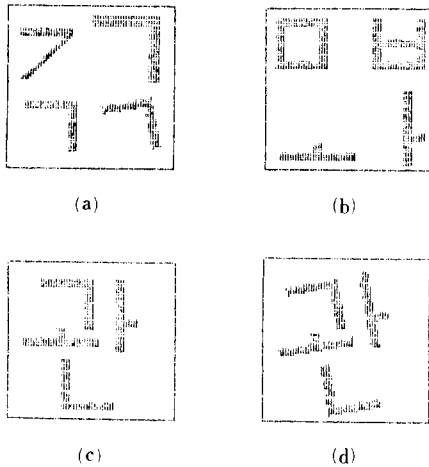


그림 1. (a) 동일 자모 '1'의 여러가지 모양, (b) '1'을 부분적으로 포함하는 다른 자모, (c) 회전되지 않은 입력패턴 '관' 및 (d) 회전된 입력패턴 '관'

Fig. 1. (a) Various true class input patterns, (b) false class input patterns, (c) unrotated input pattern '관', and (d) rotated input pattern '관'.

으로 인식 되는가를 검토하기 위함이다.

제안된 MPOF-SDF 및 MTPOF-SDF의 필터 함수는 다음의 과정을 통하여 합성하였다. SDF 개념을 적용할 때 동일 집단의 학습 표본으로 크기 및 자모의 결합 형태에 따라 변한 각 패턴들('1', '1s', '1' 등)을 선택하였으며, 다른 집단의 학습 표본으로는 동일 집단의 요소를 일부분으로 포함하는 패턴('0')을 선택하였다. 입력패턴의 회전 변위에 따른 변화는 MPOF 개념을 적용하여 인식할 수 있으므로 학습 표본으로 선택하지 않았다. MPOF 개념을 적용할 때 동심원의 수 K는 Nyquist 판정 기준을 만족하는 32개로 하고 부채꼴의 수 L은 식(8)에 따라 45° 범위의 회전 변위 이내에서 인식할 수 있도록 8개로 하여 필터 영역을 256영역으로 나누었다. 이는 원래의 필터 영역 16,384 (128×128) 화소에 비하면 그 해상도가 1/64로 줄어든다. 그림 2는 MPOF-SDF 및 MTPOE-SDF의 위상 분포로서 동심원과 부채꼴 모양으로 되어 있다.

이때 제안된 필터들의 특성은 최대 상관 첨두치 (r_{max})와 신호대 잡음비(SNR), 광효율(η_H) 및 판별력(Δ)에 의해 평가할 수 있으며 다음과 같이 정의된다.¹⁰⁾

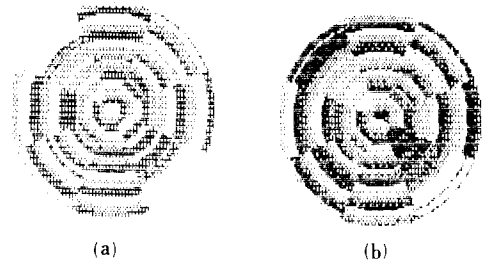


그림 2. 테스트 패턴 '1'의 (a) MPOF-SDF 및 (b) MTPOF-SDF의 위상분포

Fig. 2. Approximate representation of the phase distribution over (a) MPOF-SDF and (b) MTPOF-SDF.

- (1) $SNR = r_{max} / N_{rms}$
; 대 상관 첨두치의 50% 이하의 진폭을 갖는 신호들의 실효치
- (2) $\eta_H (\%) = [kE_n / E_t] \times 100$
k; 상관 필터의 광 투과율(위상 필터일 경우; 1)
 E_n ; 최대 상관 첨두치의 50% 이상 영역의 에너지
 E_t ; 전 상관 영역의 에너지
- (3) $\Delta (\%) = [(r_{c,max} - r_{a,max}) / r_{a,max}] \times 100$
 $r_{a,max}$; 자기 상관도(auto-correlation)의 상관 첨두치
 $r_{c,max}$; 상호 상관도(cross-correlation)의 상관 첨두치

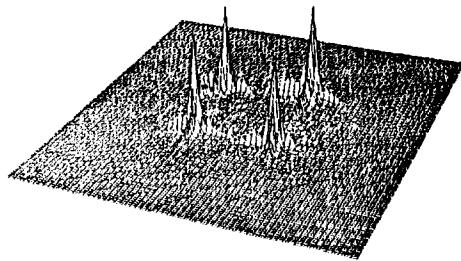
그림 1(a) 및 (b)의 입력 패턴에 대한 MPOF-SDF 및 MTPOF-SDF의 상관분포는 그림 3 및 4와 같고, 표 1에 여러가지 입력 패턴의 위치에서 생기는 상관 첨두치를 실었다. 상관 첨두치의 크기는 MPOF-SDF의 경우를 기준으로 하였다. 그림 3, 즉 MPOF-SDF의 경우 동일 집단중 SDF 개념 적용시 학습 표본으로 선택된 입력패턴에 대해서는 비슷한 크기의 큰 상관 첨두치를 갖는데 비해 10° 회전 변위된 입력에 대해서는 20% 정도 작을 상관 첨두치를 갖는다. 이는 회전 변위된 입력을 생성할 때 입력평면의 낮은 해상도로 인해 생기는 왜곡에 의한 영향이 대부분이며 실제 광학 시스템에 적용될 때는 왜곡에 의한 영향은 무시할 수 있으므로 그 차이는 훨씬 줄어들 것으로 기대된다. 그림 4, 즉 MTPOF-SDF의 경우 MPOF-SDF에 비해 상관 첨두치가 30% 이상 작고 부엽의 크기가 커지지만, 동일 집단내의 입력 패턴에 대해서는 비슷한 크기의 상관 첨두치를 가지며 다른

집단의 상관 첨두치와 차이는 오히려 15% 이상 증가하여 다른 집단을 동일 집단으로 오 인식할 확률이 줄었다. 즉 제안된 MPOF-SDF가 양자화된 위상 정보만 갖고도 연속적인 위상 정보를 갖는 MPOF-SDF에 뒤지지 않는 인식 능력을 가진다.

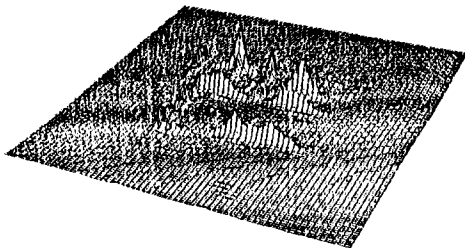
표 1. 각 필터에 대한 자모 'ㄱ'의 여러가지 모양과 기준패턴 'ㄱ'의 상관 분포특성

Table 1. Correlation results of various input patterns and reference pattern 'ㄱ' using MPOF-SDF and MTPOF-SDF.

r_{max}	ㄱ	ㄱ _s	ㄱ _r	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ	ㄱ
MPOF-SDF	8.75	8.55	7.30	8.00	4.35	3.00	1.85	2.35
MTPOF-SDF	5.53	5.50	4.50	5.25	2.00	1.75	1.10	1.65



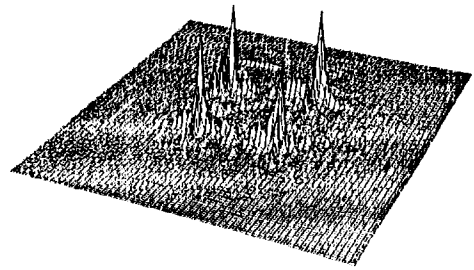
(a)



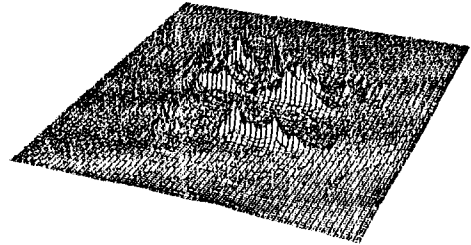
(b)

그림 3. MPOF-SDF를 이용한 (a) 'ㄱ'의 동일 자모 집단 및 (b) 다른 자모 집단에 대한 테스트 패턴 'ㄱ'의 상관분포

Fig. 3. Correlation distribution of (a) true class input patterns and (b) false class input patterns using MPOF-SDF.



(a)

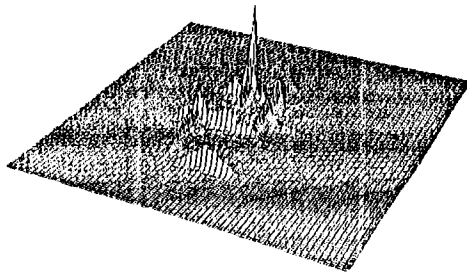


(b)

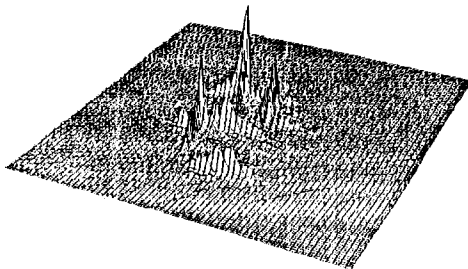
그림 4. MTPOF-SDF를 이용한 (a) 'ㄱ'의 동일 자모집단 및 (b) 다른 자모 집단에 대한 테스트 패턴 'ㄱ'의 상관분포

Fig. 4. Correlation distribution of (a) true class input patterns and (b) false class input patterns using MTPOF-SDF.

제안된 MPOF-SDF 및 MTPOF-SDF를 문자에 적용하여 자모와의 상관 특성을 조사하였다. 그림 1 (c) 및 (d)의 한글문자 '관'과 10° 회전된 문자 '관'을 인식 대상으로 'ㄱ'을 기준 패턴으로 한 MPOF-SDF 및 MTPOT-SDF의 상관 분포는 그림 5 및 6이며, 이들 상관 분포로부터 구한 r_{max} , SNR, η 및 Δ 는 표 2 및 3과 같다. 최대 상관 첨두치의 크기는 MPOF-SDF의 경우를 기준으로 하였다. 그림 3, 4 및 표 1의 결과로부터 예측되었듯이 초성 'ㄱ'의 위치에 최대 상관 첨두치가 생겨, 제안된 필터들이 위치 변위 정보를 잘 보존하여 자모를 그 위치에 따라 분리 인식할 수 있음을 보여준다. 회전되지 않은 문자에 대한 상관 분포는 서로 비슷한 형태의 상관 분포를 갖지만, 회전된 문자에 대한 상관 분포는 약간 저하되어 나타난다. 회전 변위된 입력에 대한 상관 특성이 저하되는 주요인은 왜곡된 입력의 모양에 기인하며, 실제 광학 시스템의 적용될 때는 광의 강도에 따라 평가 되므로 그 효과는 거의 무시할 수 있으므로 특성의 저하는 훨씬 줄어들 것으로 기대된다.



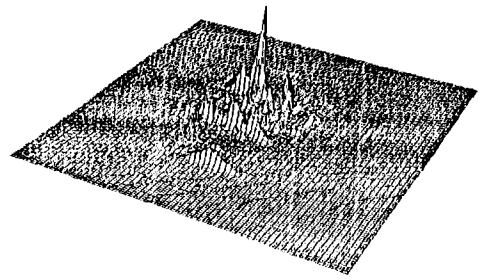
(a)



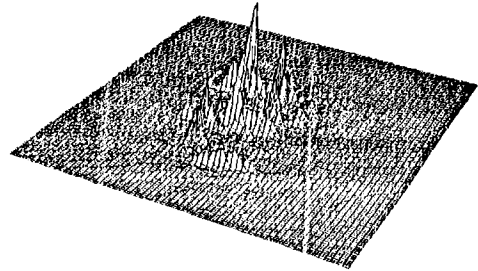
(b)

그림 5. MPOF-SDF를 이용한 (a) 회전되지 않은 입력패턴 '관' 및 (b) 회전된 입력패턴 '관'에 대한 기준 패턴 'ㄱ'의 상관분포

Fig. 5. Correlation distribution of (a) unrotated and (b) rotated input pattern '관' and reference pattern 'ㄱ' using MPOF-SDF.



(a)



(b)

그림 6. MPTPOF-SDF를 이용한 (a) 회전되지 않은 입력패턴 '관' 및 (b) 회전된 입력패턴 '관'에 대한 기준 패턴 'ㄱ'의 상관분포

Fig. 6. Correlation distribution of (a) unrotated and (b) rotated input pattern '관' and reference pattern 'ㄱ' using MPTPOF-SDF.

표 2. 각 필터에 대한 회전되지 않은 입력패턴 '관'과 기준패턴 'ㄱ'의 상관분포 특성

Table 2. Correlation results of unrotated input pattern '관' and reference pattern 'ㄱ' using MPOF-SDF and MPTPOF-SDF.

	Γ_{max}	SNR	η_H (%)	Δ (%)
MPOF-SDF	9.83	16.8	3.56	-58
MPTPOF-SDF	8.19	15.3	3.82	-64

표 3. 각 필터에 대한 회전된 입력패턴 '관'과 기준패턴 'ㄱ'의 상관분포 특성

Table 3. Correlation results of rotated input pattern '관' and reference pattern 'ㄱ' using MPOF-SDF and MPTPOF-SDF.

	Γ_{max}	SNR	η_H (%)	Δ (%)
MPOF-SDF	6.89	14.1	5.10	-26
MPTPOF-SDF	5.46	12.6	6.26	-51

MPOF-SDF 및 MPTPOF-SDF의 상관 분포를 서로 비교해 보면 MPTPOF-SDF의 경우가 비슷한 형태의 자모를 더욱 뚜렷이 구별하여 인식할 수 있음을 보인다. 필터의 인식능력은 초성 'ㄱ'부분에서 생기는 상관 침투치와 중성 '나'의 좌측 부분과 중성 'ㄴ'의 좌측 부분에 의한 'ㄱ' 형태에서 생기는 상관 침투치의 차이로 표시되는 Δ 값에 의해 판정되며, Δ 값이 특정한 문턱치 보다 큰 값이면 동일 자모로 인식하고 작은 값이면 동일 자모로 인식하지 않는다. 각 필터의 Δ 값은 MPOF-SDF의 경우 -55~-26%인 반면, MPTPOF-SDF의 경우 -64~-51%에 달해 'ㄱ'을 'ㄴ'으로 인식할 확률이 낮다. 그러나 SDF 개념 및 MPOF 개념에 의해 고려된 동일 집단 내의 여러가지 변화를 동일 집단으로 인식하는 능력은 다소 저하됨을 예상할 수 있다.

종합적으로 고찰해 보면 MPOF-SDF의 경우 동일 집단의 여러가지 형태의 입력을 다른 집단의 비슷한 자모와 잘 구별하여 인식하였고, 위상 정보를 3치화한 MPTPOF-SDF의 경우 위상 정보의 3치화

과정에서 SDF 개념 및 MPOF 개념의 적용 효과가 감소하여 동일 집단의 여러가지 입력에서 다소 낮은 상관값을 갖지만 비슷한 다른 자모를 구별하는 능력이 증가하였다. 한편 MPOF 개념 적용시 K값은 Nyquist 판정 기준을 만족하도록 결정하여야 하고, L값은 인식하고자 하는 회전 변위의 범위에 의해 결정된다. 본 연구의 경우 K를 32, L을 8로하여 필터 영역에서 요구되는 해상도를 1/64로 줄인 상태에서 효율적인 인식을 할 수 있었다.

IV. 결 론

한글 문자와 같이 인식 대상내에 같거나 비슷한 자모가 여러가지 형태로 근접하여 존재하고 있을 때, 이들을 정확하게 분리 인식하기 위한 수정 위상SDF필터 (MPOF-SDF)와 이의 위상 정보를 양자화 시킨 양자화 3차 위상SDF필터(MTPOF-SDF)를 제안하였다.

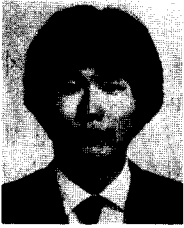
MPOF-SDF는 필터 제작시 요구되는 필터 매질의 해상도가 크게 줄며, 문자를 구성하고 있는 자모들을 크기 및 결합 형태에 따라 여러가지로 변화한 모양에 무관하게, 그리고 학습 표본의 수를 증가시키지 않고 45°범위 이내의 회전 변위에 무관하게 인식하였다. 그러나 필터의 위상 정보가 연속적이므로 이를 필터 매질에 정확히 기록하기가 어려우며, 공간 광 변조기 등을 이용한 실시간 인식이 불가능하다. MTPOF-SDF에서는 MPOF-SDF의 위상 정보를 3차로 양자화하여 위상 정보를 매우 쉽게 제어하도록 하였으며, 인접 영역의 위상정보가 동일한 값을 가질 확률이 크므로 필터 제작시 요구되는 필터 매질의 해상도는 더욱 줄어든다. 이 필터에서는 위상 정보 양자화의 영향으로 MPOF-SDF에 비해 여러가지 형태의 동일 자모를 인식하는 능력은 약간 감소되나 비슷한 형태의 다른 자모를 구별하여 인식하는 능력은 오히려 증가하였다. 즉, MTPOF-SDF는 양자화된 위상 정보만 갖고도 MPOF-SDF에 뒤지지 않는 특성을 가져, 액정TV 등을 이용하여 실제로

제작할 수 있을 경우 광-디지털 복합 시스템에 의한 실시간 한글 인식이 가능하리라 본다.

參 考 文 獻

- [1] 이주근, "한글 문자의 인식에 관한 연구" 전자공학회지, vol. 9, no. 4, p. Sep. 1972.
- [2] 백응기, 이상수, "최적 공간 필터법에 의한 한글의 유형인식," 한국물리학회지: '새 물리', vol. 17, no. 4, p. 189, Dec. 1977.
- [3] 도양희, 이재철, 정신일, 김수중, "4진 변형 위상 필터를 이용한 한글문자의 회전불변적 인식," 전자공학회 논문지, vol. 25, no. 7, p. 836, Jul. 1988.
- [4] 도양희, "한글문자 인식을 위한 양자화 위상 SDF필터," 경북대학교 공학박사 학위논문, Jun. 1988.
- [5] 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.
- [6] J. Rosen and J. Shamir, "Distortion invariant pattern recognition with phase-only filters," *Appl. Opt.*, vol. 26, no. 12, p. 2315, Jun. 1987.
- [7] J. Shamir, H.J. Caufield and J. Ben-Haim, "Pattern recognition using reduced information content filters," *Appl. Opt.*, vol. 26, no. 12, p. 2311, Jun. 1987.
- [8] J.L. Horner and P.D. Gianino, "Phase only matched filtering," *Appl. Opt.*, vol. 24, no. 6, p. 812, Mar. 1984.
- [9] J.L. Horner and J.R. Leger, "Pattern recognition with binary phase only filters," *Appl. Opt.*, vol. 24, no. 5, p. 609, Mar. 1985.
- [10] J.L. Horner and H.O. Bartelt, "Two-bit correlation," *Appl. Opt.*, vol. 24, no. 18, p. 2889, Sep. 1985. *

著者紹介



金正雨(正會員)

1964年 5月 10日生. 1987年 2月 경북대학교 전자공학과 공학사 학위 취득. 1989年 2月 경북대학교 대학원 전자공학과 공학석사 학위 취득 1989年 3月~경북대학교 전자공학과 박사과정 재학중. 주관심 분야는 광신호처리 및 패턴인식 등임.

都良會(正會員)

1959年 12月 10日生. 1982年 2月 경북대학교 전자공학과 졸업 공학사학위 취득. 1984年 2月 경북대학교 대학원 전자공학과 석사학위 취득. 1988年 8月 경북대학교 대학원 전자공학과 박사학위 취득. 현재 제주대학교 전자공학과 전임강사. 주관심분야는 광신호처리 및 패턴인식 등임.

鄭 信 一 (正會員) 第25卷 第7號 參照

현재 부산수산대학 전자통신공학과 부교수.

金 秀 重(正會員) 第25卷 第7號 參照

현재 경북대학교 전자공학과 교수.

河 永 浩 (正會員) 第25卷 第10號 參照

현재 경북대학교 전자공학과 조교수.