

위상필터를 이용한 한글문자 인식

이 재철, 도 양희, 하 영호, 김 수중
 경북대학교 공과대학 전자공학과

Korean Alphabet Recognition using Phase-only Filter

Jae-Cheol Lee, Yang-Hoi Doh, Yeong-Ho Ha and Soo-Joong Kim
 Dept. of Electronic Eng. Kyungpook National Univ.

Abstract

The phase-only filter (POF) to the classical matched filter is compared for the criteria of discrimination, correlation peak, and optical efficiency in Korean alphabet. In addition, logarithmically scaled POF is presented to improve the recognition efficiency and this shows the superior performances in English alphanumeric characters to Korean.

I. 서론

한글은 형태적으로 비교적 단순한 24개의 기본 자모들로 이루어져 있으나 이들 각 자모는 모아쓰기라는 구조적 특수성으로 인하여 14,364자에 이르는 서로 다른 문자를 구성한다.⁽¹⁾ 이와같은 한글이 갖는 독특한 성질로 인해 한글 인식은 대부분의 연구가 자모의 분리 식별을 통하여 글자 단위로 인식한다는 공통점을 가지고 있다.

공간 정합 필터(Spatial matched filter)를 사용한 광학적 패턴 인식 방식에서는 입력 패턴과 기준 패턴과의 상관도의 값을 읽어서 두 패턴의 유사 정도를 판정한다. 그러나 한글의 경우 서로 유사한 패턴들로 인해 상호 상관도(cross-correlation)의 값이 커져서 자체 상관도(auto-correlation)의 값과 구별하는 것이 힘들게 된다.⁽²⁾ 따라서 광학적 패턴 인식에서 발생하는 오인식을 줄이기 위해 상호 상관도를 억제하는 방안이 요구된다.

본 논문에서는 종래의 정합필터와 달리 위상정보만 가지는 정합필터(phase-only filter)⁽³⁾를 사용함으로써 오인식을 줄일수 있었다. 또한 공간 주파수 영역(spatial frequency domain)을 log scale로 변환시켜 자체 상관도의 값을 크게하고 상호 상관도의 값을 억제하여 인식율을 높일수 있었다.

II. 위상 필터(phase-only filter)

위상필터는 상호상관정리(cross correlation theorem)를 기본으로하는 Vander Lugt 형 광상판기로 알려져 있다. 상호상관정리에 의하면 입력신호 $g(x,y)$ 와 필터함수 $h(x,y)$ 의 상관도는 각각의 mutual power spectrum의 역 Fourier 변환이다. 즉,

$$g(x,y) \otimes h(x,y) = F^{-1} \{ G(\xi,\eta) H^*(\xi,\eta) \} \quad (1)$$

여기서 \otimes 는 상관연산자, F 는 Fourier 변환 연산자이며 ξ, η 는 두 공간주파수를 나타낸다.

일반적으로 $H(\xi,\eta)$ 는 다음과 같이 나타낼수 있는 복소함수이며

$$H(\xi,\eta) = |H(\xi,\eta)| \exp(i\phi(\xi,\eta)) \quad (2)$$

또한 위상필터는 다음과 같이 정의한다.

$$H(\xi,\eta) = H |H|^{-1} = \exp(i\phi(\xi,\eta)) \quad (3)$$

여기서 위상필터는 위상만의 함수로 되어있으므로 이론적으로는 에너지를 소모하지 않기때문에 적은 power를 가지는 laser로서도 상관첨두를 용이하게 관찰할수 있게한다. 또한 함수 $|H|^{-1}$ 은 high pass filter와 같으므로 위상필터 역시 high pass filter의 특성을 갖게된다. 결과적으로 저주파 성분을 억제 함으로서 상관신호의 첨두치가 커지게 되어 비슷한 패턴의 인식에 유용하며, sidelobe의 값이 거의 존재하지 않으므로 여러개의 패턴이 복잡하게 섞여있는 경우에도 인식이 쉽게되고 또한 잡음에도 강한 특성을 나타낸다. 이러한 특성은 자모음의 패턴이 비슷하고 모아쓰기라는 구조적 특성때문에 여러패턴이 가까이 붙어있는 한글의 경우에 자모음을 분리인식하는데 적합하다.

III. Log scale 된 위상 필터

위상필터의 인식효율을 개선 하기 위해 식 (3)에서 정의된 위상 필터의 좌표를 다음과같은 형태로 바꾸어 보았다.

$$H(\xi', \eta') = \exp(i\phi(\xi', \eta')) \quad (4)$$

$$\begin{cases} \xi' = \ln(r) \cos\theta \\ \eta' = \ln(r) \sin\theta \\ r = (\xi'^2 + \eta'^2)^{1/2} \\ \theta = \tan^{-1}(\eta'/\xi') \end{cases}$$

즉 위상 필터의 함수를 원점에서의 거리(r)에 대해서 자연대수(log) 함수로 좌표를 scaling 한후 입력 신호의 Fourier spectrum $G(\xi, \eta)$ 도 $G(\xi', \eta')$ 형태로 바꾸어 주면 저주파 영역의 정보는 본산되고 고주파 영역의 정보가 집중됨으로서 자체 상관도의 값을 더욱 크게하고 상호 상관도의 값을 감소시킴으로써 자체 상관도와 상호 상관도의 비율 크게하여 인식을 용이하게 할 수 있었다. 그러나 한글의 경우와 같이 자모가 모아쓰기로 된 형태로부터 자모를 분리해서 인식해야 할 경우에는 각 자모의 shift 된 영향이 각각 다르게 나타나므로 오히려 인식효율이 저하되었다. 그렇지만 자모가 단독으로 존재하는 경우나 영문자와 같은 경우에는 인식효율을 개선시킬수 있었다.

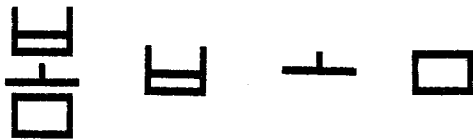


그림 1. Simulation 에서 사용된 'ㅍ', 'ㅍ', 'ㅍ', 'ㅍ' 의 실제모양

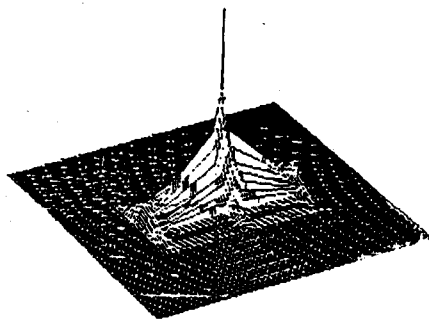


그림 2. 종래의 정합필터를 사용한 'ㅍ' 의 자체 상관 분포

IV. Simulation 결과 및 고찰

Simulation 대상은 'ㅍ', 'ㅍ', 'ㅍ', 'ㅍ' 의 패턴에 대한 자체 상관도 및 상호 상관도를 위상필터와 종래의 정합필터를 사용한 경우에 대해 비교해 보았다. 이들 특성은 Honer 에 의해 정의된 SNR (신호대잡음비), η_H (Honer efficiency) 와 Δ (%)에 의해 비교된다.

(1) $SNR = R(x,y)_{max} / N_{rms}$
 $R(x,y)_{max}$: 상관도 최대치
 N_{rms} : 상관도 최대치의 50% 이하되는 영역의 rms 값

(2) $\eta_H = \frac{\sum_A |R(x,y)|^2}{\sum_A |R(x,y)|^2}$
 A : 전체 상관도 영역
 A' : 상관도 최대치의 50%이상 되는 영역

(3) $\Delta(\%) = \frac{(R_{c,max} - R_{a,max})}{R_{a,max}} \cdot 100$
 $R_{c,max}$: 상호 상관도 최대치
 $R_{a,max}$: 자체 상관도 최대치
 (단, 'ㅍ', 과 'ㅍ', 의 상관도와 같은 경우 $R_{a,max}$ 은 'ㅍ' 의 'ㅍ' 부분과의 상관 첨두치이고 $R_{c,max}$ 은 'ㅍ' 에서 'ㅍ' 부분을 제외한 영역의 최대 상관 첨두치로 정의한다.)

표 1. 그림 2 및 3 에 대한 비교

	R_{max}	SNR	η_H (%)
MSF	1	13.06	8.5
POF	46.9	44.57	10.96

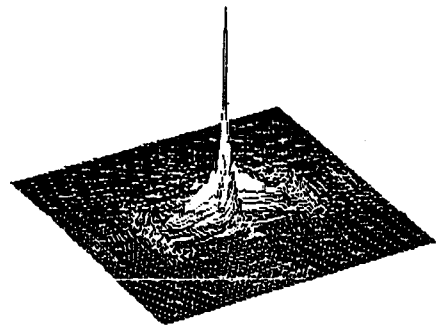


그림 3. 위상필터를 사용한 'ㅍ' 의 자체 상관 분포

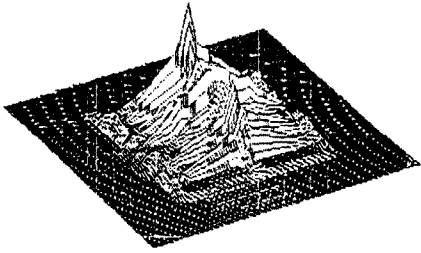


그림 4. 종래의 정합필터를 사용한 'ㅂ' 과 'ㅃ' 의 상호 상관 본포

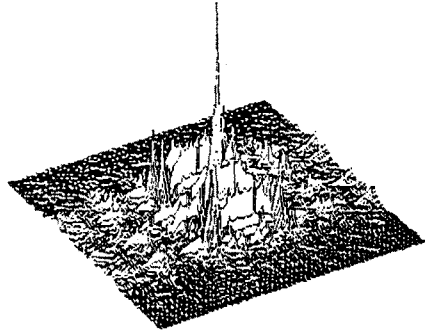


그림 6. 위상필터를 사용한 'ㅂ' 과 'ㅅ' 의 상호 상관 본포

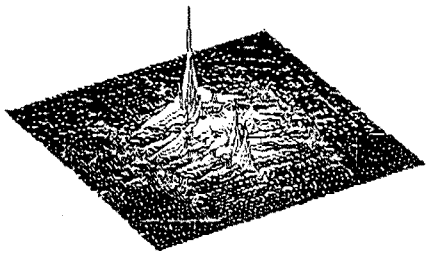


그림 5. 위상필터를 사용한 'ㅂ' 과 'ㅆ' 의 상호 상관 본포

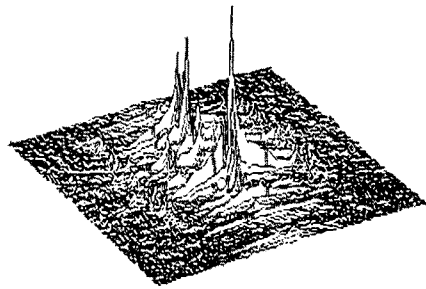


그림 7. 위상필터를 사용한 'ㅂ' 과 'ㅈ' 의 상호 상관 본포

표 2. 그림 4 및 5 에 대한 비교

	Ra.max	Rc.max	Δ (%)
MSF	1	0.48	- 52
POF	1	0.28	- 72

그림 1은 simulation 에서 사용된 'ㅂ', 'ㅃ', 'ㅅ', 'ㅆ', 'ㅈ' 의 실제 모양을 나타낸다. 그림 2 및 3 은 각각 종래의 정합필터와 위상필터에 의한 'ㅂ' 에 대한 자체 상관도를 나타내었다. 표 1 에서 보는 바와 같이 위상필터의 경우에 있어서 상관 첨두치가 40 배가 되어 인식이 용이함을 알 수 있다. 그림 4 및 5 는 'ㅂ' 과 'ㅃ' 과의 상관도를 나타낸 것이다. 표 2 에서 보는 바와 같이 위상필터인 경우 상관 첨두치의 값이 절대적으로 크며 값에 있어서도 20% 의 차이를 보여 'ㅂ' 에서 'ㅃ' 의 존재를 훨씬 용이하게 인식할 수 있다. 그림 6 및 7 은 'ㅂ' 과 'ㅅ', 'ㅂ' 과 'ㅆ' 의 상관도를 나타낸 것으로서 각자모의 분리인식이 잘 이루어지고 있음을 보여 준다. 이상에서 보는 바와 같이 위상필터는 종래의 정합필터에 비해 한글 자모의 분리인식에 훨씬 우수한 특성을 가지고 있다.

그림 8 및 9 는 log scale 된 위상 필터를 사용한 경우에 'ㅂ' 의 자체 상관도와 'ㅂ' 와 'ㅅ' 의 상호 상관도를 나타내었다. 표 3 에서 보는바와 같이 자체 상관도의 첨두치는 더욱 높아지고 상호 상관도의 첨두치는 더 낮아져서 위상필터의 경우보다 인식이 더욱 용이하다. 그러나 그림 10 에서 보는바와 같이 'ㅂ' 과 'ㅃ' 의 경우에는 오히려 상관도가 떨어져 인식이 더 어렵게 된다. 이는 입력 패턴의 자모가 shift 된 영향이 log scale 로 변환되면서 변화되기 때문이다. 즉 log scale 로 변환된 필터는 각 자모를 단독으로 인식하고자 할 때는 유용 하지만 모아 쓰기로 된 문자로부터 자모를 분리인식하기에는 부적당하다. 따라서 이런 필터는 한글보다는 영문자 등과 같이 입력에 하나의 패턴만이 존재하는 경우에 적합하리라고 본다.

한편, 한글의 자모분리 인식은 상관본포의 출력으로부터 상관 첨두치의 본포를 다음과 같은 방법으로 관찰함으로써 할 수 있다. 그림 11과 같이 각 자모의 경우 각각 A, B 및 C, D 의 영역으로 구분하고 자음의 경우 A 영역에 최대 상관 첨두치가 나타나면 초성의 자음으로 인식하고 B 영역에

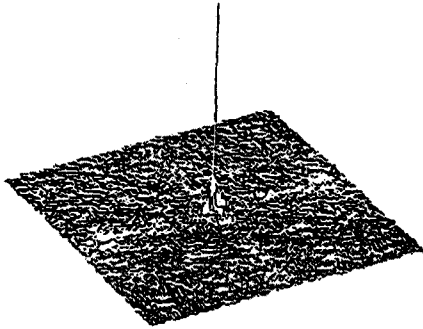


그림 8. log scale 된 위상필터를 사용한 '님'의 자체 상관 본포

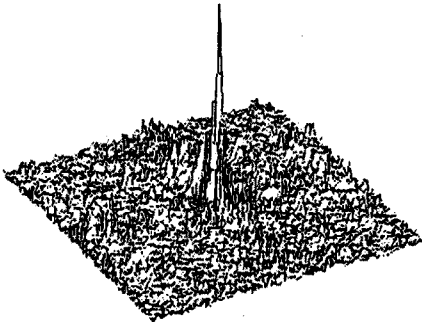


그림 9. log scale 된 위상필터를 사용한 '님'과 '으'의 상호 상관 본포

표 3. 그림 8 및 9에 대한 비교

	Ra.max	Rc.max	(%)
POF	46.9	13.5	- 72
Log scaled POF	49.9	10.5	- 79

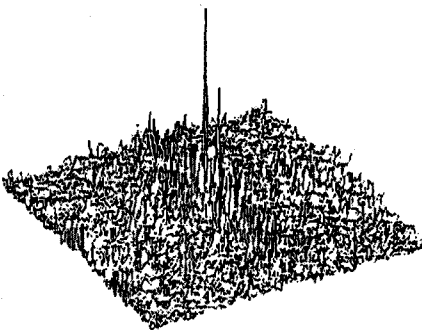


그림 10. log scale 된 위상필터를 사용한 '봄'과 '님'의 상호 상관 본포

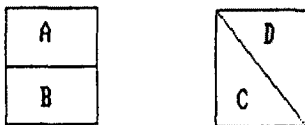


그림 11. 상관 본포 출력평면에서의 자모음의 영역 할당

나타나면 중성의 자음으로 인식한다. 모음의 경우 C 영역에 상관 첨두치가 나타나면 'ㄴ', 'ㄷ' 형태의 중성이며 D 영역에 나타나면 'ㅌ', 'ㄹ' 형태의 중성이 된다. 또한 C,D 영역에 똑같이 상관 첨두치가 나타나면 'ㄴ', 'ㄹ' 형태의 중성이 된다. 그러나 글자체가 다양하고 자모음의 결합 상태에 따라 모양이 조금씩 다른 한글의 경우 많은 수의 필터가 필요하게 되므로 결국 SDF 필터 방법으로 접근 해야한다. 따라서 본 논문에서 보여준 위상필터의 개념을 SDF 필터에 적용 한다면 보다 효율적인 한글인식을 할수 있으리라 본다.

V. 결론.

위상필터를 한글 인식에 적용 하였을때 그 우수성을 진폭과 위상 성분을 모두 갖는 종래의 정합필터와 비교 하였다. 표1 과 표2 에서 보는 바와 같이 efficiency 가 개선 되었으며 상관 첨두치의 에너지도 47 배가 되었으며 인식능력도 20% 가 좋아졌다. 또한 sidelobe 가 존재하지 않으므로 각 자모에 대한 상관첨두치를 잘 분리 시켜서 오인식을 줄일수 있었다. 결국 비록 제한된 패턴에 관해 시험해 보았지만 위상필터가 모든면에서 우수한 성질을 갖는 것을 볼수 있었다. 또한 위상필터의 인식효율을 개선하기위해 제한된 log scale 된 위상필터의 경우 영문자의 인식등에는 더욱 유용하게 적용 될수 있음을 보였다.

참고문헌

1. 이 주근: "한글 문자의 인식에 관한 연구," 전자공학 회지 Vol.9, No.4, Sep. 1972.
2. 백 용기, 이 상우: "최적 공간필터법에 의한 한글의 패턴 인식," 한국 물리학회지 '새 물리', Vol.17, No.4, pp189., Dec. 1977.
3. J. L. Horner & P. D. Gianino, "Phase-only matched filtering," Applied Optics, Vol.23, No.6, pp812. Mar. 1984
4. J. L. Horner & H. O. Bartelt, "Two-bit correlation," Applied Optics, Vol.24, No.18, pp2889, Sep. 1985
5. J. L. Honers & P. D. Gianino, "Applying the phase-only filter concept to the synthetic discriminant function correlation filter," SPIE. Vol.519, Analog Optical Processing & Computing. pp70, 1984