

NRF-SDF를 이용한 나무로부터의 한글 문자 인식*

(Korean Alphabet Recognition with Tree using NRF-SDF)

金正雨*, 都良會***, 河永浩**, 金秀重**

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

要 約

효과적인 한글 문자인식을 위해 NRF-SDF 개념이 도입된 나무구조 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 여러개의 자모음으로 구성된 부 단계를 포함한 주 단계로 구성되어 있다. 이는 기존의 알고리즘을 이용한 한글문자 인식보다 처리 시간과 인식 시간을 크게 줄일 수 있다. 제안된 알고리즘을 몇개의 입력 패턴을 사용해 시뮬레이션으로써 그의 우수성을 확인해 보았다.

Abstract

For the efficient recognition of Korean Alphabets, a tree structure discrimination algorithm employing NRF-SDF concept is proposed. This algorithm consists of several main-steps, which contain several sub-steps. Each step contains vowels or consonants for training image. This algorithm reduces processing and recognition time than any other conventional algorithms for recognition of Korean Alphabets. A simulation results indicated that this algorithm has a satisfactory performance.

I. 서 론

한글은 비교적 형태가 단순한 24개의 자모로 구성되어 있으나 모아쓰기라는 글자 구성상의 특징으로 인하여 14,000자 이상의 수많은 서로 다른 문자로 이루어져 있다. 이 모든 문자를 인식하기 위해서 각 문자에 해당하는 필터를 만들어, 이들 각 필터와 입

력 패턴(input pattern)간의 상관 분포를 이용하게 된다. 그러나 입력 패턴마다 모든 문자에 대한 필터와의 상관 분포를 구하는데는 큰 어려움이 있다. 따라서 대부분의 한글 문자 인식에 관한 연구는 각 자모를 분리하여 인식한뒤 이들을 조합하여 글자를 인식하는 공통점을 갖고 있다.¹⁾ 그러나 이렇게 분리 인식할 경우에도 각 자모에 해당하는 24개의 필터와 이들 자모들이 변형된 형태의 필터들이 필요하며 각 자모를 인식하기 위해서 24번 이상의 시행이 필요하므로 그 처리시간(processing time)이 길어진다.

이 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 NRF-SDF(nonredundant function-synthetic discriminant function)^{2)~5)}를 사용한 나무(tree)로부터 한글 문자를 인식하도록 하였다. 이러한 경우 필터를 만들 때 공간 정합 필터(matched spatial filter)¹⁾³⁾로써 필

*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, 濟州大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Cheju Nat'l Univ.)

接受日字: 1989年 5月 18日

(※ 이 논문은 한국 학술진흥재단이 지원한 1987년도 자유공모 연구의 일부임.)

터를 형성하면 출력 상관 평면상(output correlation plane)에서의 부엽(sidelobe)이 커지며 이 문제를 해결하기 위해 위상SDF(phase-only synthetic discriminant function)⁶⁻⁷ 필터를 사용하였다. 이 나무를 사용하면 한글 문자를 인식하는데 필요한 필터의 수가 18개로 그 수가 별로 줄지는 않지만 처리 시간은 기존의 광 상관기(conventional optical correlator)를 사용한 경우 보다 인식을 위한 시행 횟수가 최소 3번, 최대 6번으로 줄어든다. 이는 네개의 단계와 다시 각 단계에 여러개의 소 단계를 포함하는 형식의 나무로부터 얻을 수 있다. 이때 각 단계에서 필터를 만들때 모든 학습 표본(training image)들을 이용해 필터를 만들어 입력 패턴과의 상관치를 구하면 출력 상관 평면상에서의 부엽이 상당히 커서 입력 패턴의 각 자모를 분리하여 인식하기가 어려우며 오 인식이 될 수 있다. 그래서 각 단계에서 상관 행렬, 즉 VIP(vector inner product) 행렬을 만들때 위상 분포나 이진 위상 분포를⁸ 이용해 필터를 만들어서 학습 표본의 수를 많이 줄였고 또한 출력 상관 평면상에서의 부엽이 감소되어 자모의 분리 인식에 유리하다. 그리고 각 단계에서 필터를 만들때 수정 양자화 위상 SDF 필터(modified quantized phase-only synthetic discriminant function filter; QMPOF-SDF)⁸⁻¹¹나 양자화 위상 필터(quantized phase-only filter; QPOF)¹²를 사용하면 입력 패턴의 모든 변위 즉 회전 변위, 크기 변위, 모양 변위된 패턴을 인식할 수 있으며 또한 액정 TV(liquid crystal TV) 등을 이용한 실제적인 광 필터(optical filter)의 제작¹³ 등이 이루어질때 광-디지털 복합 시스템에 의해 실시간 처리(real-time processing)가 가능할 것이다.

II. SDF 필터의 종류

SDF 필터¹²⁻¹⁴는 인식하고자 하는 모든 입력 패턴과 분리하고자 하는 입력 패턴과의 선형 조합으로 구할 수 있다. 이때 입력 패턴에 곱해지는 가중치(weighting value), 즉 필터 계수(filter coefficient)는 각 입력 패턴의 자기 상관도(auto-correlation)와 상호 상관도(cross correlation)로 이루어지는 행렬과 인식과 분리를 제한해주는 제한 벡터(constraint vector)와의 곱으로 이루어진다. SDF 필터는 P-SDF(projection synthetic discriminant function) 필터¹⁵와 C-SDF(correlation synthetic discriminant function) 필터¹⁶로 나눌 수 있다. P-SDF는 학습 표본의 수가 많을 경우 출력 상관 평면상에서의 부엽의 크기가 커서 입력 패턴이 서로 근접해 있는 경우 분리 인식

이 어렵다. 한편 C-SDF의 경우 인식 하고자하는 패턴과 그의 천이된 패턴 및 분리하고자 하는 패턴과 그의 천이된 패턴을 각각 학습 표본으로 이용하며 인식하고자 하는 패턴에만 제한벡터를 '1'로 하고 그 이외의 경우에는 '0'으로 한다. 그러면 상관 평면상에서의 부엽의 크기를 P-SDF에 비해 크게 줄여 분리 인식에 도움을 줄 수 있지만, 필터를 만드는 off-line processing이 복잡하고 학습 표본의 수가 많을 경우 전 처리시간(pre-processing time)이 길게 된다. 이 C-SDF에는 exact correlation SDF - 1, least-square SDF - 2 그리고 peak-to-sidelobe ratio maximized correlation SDF - 3 등이 있다. 즉 P-SDF가 C-SDF에 비해 off-line processing이 간단하며 전 처리시간이 짧고 학습 표본의 수가 많지 않을 경우에는 상관 평면상에서의 부엽이 크지 않다. 본 논문에서는 나무를 이용해 학습 표본의 수를 줄이는 방안을 마련하였고 이에 따라 나무의 각 단계에서 사용된 학습 표본의 수가 많아야 8개이므로 P-SDF를 이용해 필터를 만들었다.

1. P-SDF

1) ECP(equal correlation peak)SDF

하나의 class에 포함되는 모든 패턴을 동일 패턴으로 인식하고자 할 경우 사용된다. 입력 패턴을 $f(x, y)$ 로 할때 필터 함수(filter function) $h(x, y)$ 는

$$h(x, y) = \sum a_n f_n(x, y) \quad (1)$$

로 나타낼 수 있으며 필터 계수 a 는

$$a = R^{-1} u^T \quad (2)$$

로 표현된다. 여기서 VIP행렬 R 은 필터를 만드는데 사용된 학습 표본의 자기 상관도와 상호 상관도로 구성되며 제한 벡터 u 는 모든 요소가 '1'인 단위 벡터(unit vector)이다. 식(2)에서 구한 필터 계수를 식(1)에 대입해 필터 함수를 구한다.

2) MOF(mutual orthogonal function) SDF

두개 또는 하나의 class에 포함되는 패턴을 분류 인식 할 경우 사용된다. 입력 패턴을 $f(x, y)$ 로 할 경우 필터 함수 $h(x, y)$ 는 식(1)과 같은 형태이며 필터 계수는 (2)식과 같이 표현된다. 여기서 제한벡터 u 는 각 요소의 값이 인식 하고자 하는 패턴인 경우 '1', 분리 하고자하는 패턴인 경우는 '0'인 제한 벡터이며, VIP 행렬 R 과의 곱으로 부터 필터 함수를 구한다.

3) NRF(nonredundant function) SDF

여러개의 class에 포함되는 패턴을 분류 인식 할 경우 사용된다. 입력 패턴을 $f(x, y)$ 로 할 경우 필터

함수 $h(x, y)$ 는 식 (1)과 같은 형태이며 필터 계수는 (2)식과 같이 표현된다. 여기서 제한벡터 u 는 만약 입력에 분류 인식하고자 하는 패턴이 새가지가 있을 경우 각 요소의 값이 '1', '2', '3'으로된 제한 벡터이며, VIP 행렬 R 과의 곱으로 부터 필터 함수를 구한다.

4) K-tuple SDF

NRF-SDF와 같이 여러개의 class에 포함되는 패턴을 분류 인식할 경우 사용된다. NRF-SDF의 경우 분류 인식할 패턴의 수가 많을 경우 하나의 필터를 사용해서 출력 상관 평면상에서의 상관치를 구분 하면 정확한 분류가 어려워진다. 이와 같이 분류 인식할 패턴의 수가 많을 경우 K-tuple SDF를 사용하면 각 패턴을 정확하게 분류 인식할 수 있게된다.

위에서 살펴본 P-SDF의 네 종류중에서 본 논문에서는 인식에 사용되는 필터의 수를 줄이고 상관 평면상의 부엽의 크기를 줄여줄 수 있는 NRF-SDF를 사용하였다.

III. NRF-SDF를 이용한 나무 알고리즘

한글 문자를 자모 단위로 분리 인식하기 위해 표 1에서와 같이 네가지 단계의 나무로 구성하였다. 표 1에 나오는 제한 벡터는 출력 상관 평면 상에서의 최대치를 제한해주는 요소로, 제한 벡터가 '1', '2'가 있을 경우 '2'인 경우의 패턴에 대해서는 최대 상관치를 갖게하고 '1'인 경우의 패턴에 대해서는 '2'인 경우의 최대 상관치의 반이 되게하는 것이다. 그리고 VIP 행렬 R 은 단계 I과 단계 II의 2에서는 출력 상관 평면상에서의 부엽의 크기를 줄이기 위해 이진 위상필터¹⁾로 구한 상관도로부터 구하였다. 이진 위상필터의 특성이 대칭인 패턴을 같은 물체로 인식하는 장점을 갖기 때문이며 이의 필터 함수는

$$H_{b*}(u, v) = \begin{cases} 1; & \text{Re}[\exp\{j\phi(u, v)\}] \geq 0 \\ -1; & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

와 같이 나타낼 수 있다.

먼저 단계 I에서는 자음 'ㄱ'만으로도 'ㄱ'과 비슷한 'ㅋ', 대칭인 자음 'ㄴ', 'ㄴ'과 비슷한 'ㄷ', 'ㄷ', 'ㄱ', 'ㄱ'을 같은부류의 자음으로 인식하며 자음 'ㅅ'만으로도 'ㅅ'과 비슷한 'ㅈ', 'ㅈ'을 같은 부류의 자음으로 인식하게 된다. 따라서 자음 'ㄱ', 'ㄴ', 'ㅅ', 'ㅇ', 'ㅇ', 'ㅇ'만으로도 14개의 모든 자음을 거의 비슷하게 같은 부류의 자음으로 인식하도록하여 제한 벡터를 1로 한다. 또한 모음 'ㅡ'만으로도 'ㅡ'와 비슷한 'ㅏ', 'ㅑ', 'ㅓ', 'ㅕ'를 같은 부류의 모음으로 인식하며, 'ㅣ'만으로도 'ㅣ'와

표 1. 각 단계의 학습 표본, 제한 벡터와 모든 인식 패턴

Table 1. Training images, constraint vectors and all recognition pattern in each step.

단계	학 습 표 본	제한벡터	대 상 문 자
I	ㄱ, ㄴ, ㅅ, ㅇ, ㅍ, ㅎ ㅡ, ㅣ	1 2	모 든 자 음 모 든 모 음
	II	1 ㄴ, ㅍ ㅅ, ㅈ, ㅎ	3 2 1
2			1 2
III	1 ㄴ, ㄷ, ㅌ, ㅍ, ㅎ	1 2	ㄱ, ㅋ ㄴ, ㄷ, ㅌ, ㅍ, ㅎ
		2	1 2
	4	3 2 1	ㄴ, ㄷ ㅓ, ㅕ ㅡ
		5	3 2 1
	IV	1 ㅋ	1 2
2			3 2 1
3		3 2 1	ㄴ ㄷ ㅌ
		4	1 2
5		2 1	ㅅ ㅈ
		6	1 2
7		1 2	ㅏ ㅑ
		8	1 2
9		1 2	ㅓ ㅕ
		10	1 2

비슷한 ‘ㅏ’, ‘ㅑ’, ‘ㅓ’, ‘ㅕ’를 같은 부류의 모음으로 인식해 모음 ‘ㅑ’, ‘ㅓ’만으로도 10개의 모든 모음을 같은 부류의 모음으로 인식할 수 있으며 제한 벡터를 2로 한다. 결국 이 필터와의 상관 결과에서 최대상관치를 갖는 자모가 모음이고 그 반의 상관치를 갖는 자모가 자음이다. 그러나 24개의 모든 학습 표본을 갖고 필터를 만든 경우 상관 평면상에서의 부엽의 크기가 위의 나무를 사용한 경우보다 크게 나타났으며, 제한 벡터에 의해 한정해 준 자음과 모음에 대한 상관치가 원하는 만큼의 비율로 나타나지 않아 자음과 모음의 정확한 분류가 어렵다. 이의 비교를 입력 패턴 ‘관’을 갖고 시뮬레이션한 결과를 그림 1 및 2에 나타내었다. 단계 II의 2는 단계 I의 모음인 경우와 비슷하게 ‘ㅓ’만으로도 ‘ㅏ’, ‘ㅑ’, ‘ㅓ’, ‘ㅕ’를 같은 부류의 모음으로 인식할 수 있게 하나의 부류로, ‘ㅑ’만으로도 ‘ㅓ’, ‘ㅕ’, ‘ㅗ’, ‘ㅛ’를 같은 부류의 모음으로 인식할 수 있게 다른 하나의 부류로 나누어 단계 I에서 제한 벡터가 2로 된 모음을 여기서 두 부류로 나누어 분류하였다.

단계 III, IV와 단계 II의 1에서는 위상 필터(phase-only filter; POF)^{13,14}로 구한 상관도로 부터 VIP 행렬 R을 구하였는데 이는 대칭인 자모를 분리하여 인식하고, 단계 I에서와 같이 이진 위상 필터를 사용하여 ‘ㄱ’이나 ‘ㄴ’ 하나만으로 여러개의 자모를 인식할 경우 오 인식이 될 수 있기 때문이다. 위상 필터는

$$H_{\phi}(u, v) = \exp \{j\phi(u, v)\} \tag{4}$$

로 나타낼 수 있다. 먼저 단계 II의 1은 ‘ㄱ’과 ‘ㄴ’

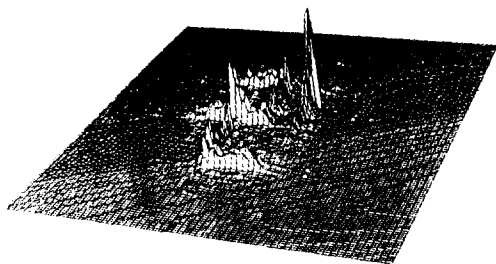


그림 1. 모든 학습 표본을 사용한 필터 패턴과 입력 패턴 ‘관’에 대한 상관분포

Fig. 1. Correlation distribution of input pattern ‘관’ and filter pattern using all training image.

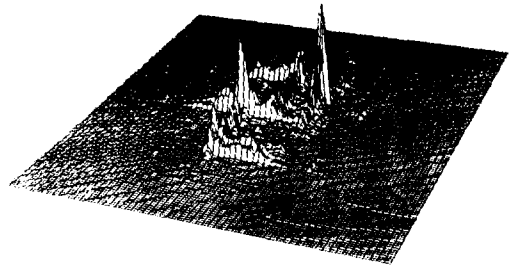


그림 2. 단계 IV의 필터 패턴 1과 입력 패턴 ‘관’과의 상관분포

Fig. 2. Correlation distribution of input pattern ‘관’ and filter pattern of 1 of step IV.

을 분리 인식하기 위해 다른 부류로 잡았으며 위상 필터를 사용하였기 때문에 ‘ㄱ’으로는 ‘ㅋ’만 비슷한 자음으로 인식이 되기 때문에 첫 부류의 학습 표본으로 ‘ㄱ’, ‘ㅋ’, ‘ㄴ’, ‘ㅇ’을 선택하였으며, 두번째 부류에서는 ‘ㄴ’으로 ‘ㄷ’, ‘ㅌ’, ‘ㅍ’을 같은 자음으로 인식하여 학습 표본으로 ‘ㄴ’, ‘ㅍ’을 선택하였다. 세번째 부류에서는 ‘ㅏ’으로 ‘ㅑ’만 거의 같은 자음으로 인식하기 때문에 학습 표본으로 ‘ㅏ’, ‘ㅑ’, ‘ㅓ’, ‘ㅕ’를 택해 단계 I에서 제한 벡터가 ‘1’로 된 자음을 여기서 다시 세부분의 자음군으로 나누어 분류하였다. 단계 III의 1,2,3은 단계 II의 1에서 분류된 자음을 세개의 소 단계로 나눈것이며 4,5는 단계 II의 2에서 분류된 모음을 두개의 소 단계로 나눈것이다. 이 단계에서는 각 소 단계에 포함되는 학습 표본의 수가 최고 5개이므로 전 학습 표본을 필터를 만드는데 모두 사용하여도 상관 평면상에서의 부엽의 크기가 별로 크지않아 분리 인식하는데 별 어려움이 없으며 자음인 경우는 다시 세개의 부류로 나누었고 모음인 경우는 두개의 부류로 나누었다. 그리고 입력 패턴에 있는 모음 ‘ㅑ’, ‘ㅓ’는 이 단계 III에서 분류되어 가장 빠른 수행에 의해 인식이 될 수 있다. 이 단계 III의 각 소 단계에 포함되는 부류를 다시 단계 IV에서 독립적인 하나의 소 단계로 나누어 그 소 단계에 포함되는 학습 표본을 최종적으로 인식하게 하였다.

그러나 이렇게 설계된 필터는 만약 입력 패턴이 변형된 경우에는 거의 인식하지 못한다. 하지만 단계 IV에서 필터를 만들때 수정 양자화 위상 필터를 사용할 경우 입력에 포함된 패턴이 변형된 경우에도 변

형되지 않은 경우와 거의 비슷한 특성을 나타냄을 볼 수 있다. 이의 비교를 10° 회전된 입력 패턴 '각'을 갖고 시뮬레이션한 결과를 그림 3과 4에 나타내었다. 그림 3을 보면 단계 IV의 1에 나타난 제한 벡터의 원하는 비율로 'ㄱ'의 위치에서 최대 상관치를 'ㄱ'의 위치에서는 'ㅋ'의 상관치의 약 반의 상관치를 나타내 'ㄱ', 'ㅋ'의 정확한 분류가 됨을 볼 수 있다. 그러나 그림 4에서는 'ㄱ', 'ㅋ', 'ㅌ'의 위치에서의 상관치가 거의 비슷하여 'ㄱ'과 'ㅋ'의 정확한 분류가 어려움을 알 수 있다. 위에서 설명한 인식 흐름을 그림 5에서 계통도로 나타내 보았다.

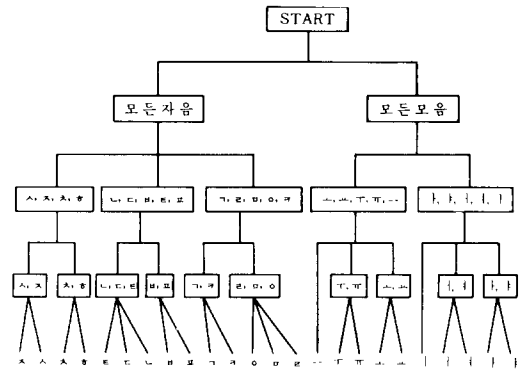


그림 5. NRF-SDF를 사용한 나무의 순서도
Fig. 5. Flow chart of tree using NRF-SDF.

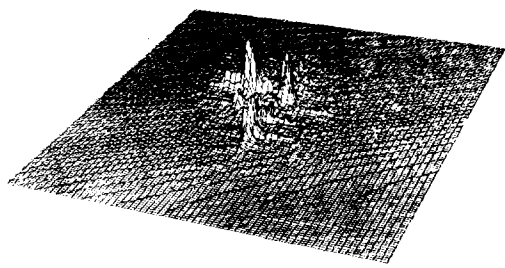


그림 3. 단계 IV의 필터패턴 1 과 회전된 입력 패턴 '각' 과의 상관분포
Fig. 3. Correlation distribution of rotated input pattern '각' and filter pattern of 1 of step IV.

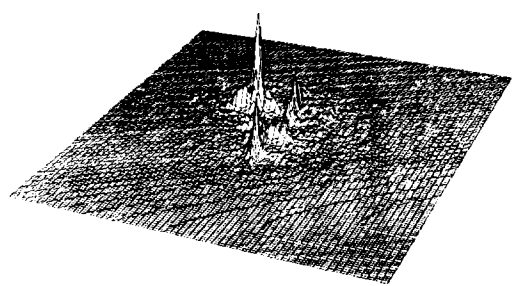


그림 4. QMPOF를 사용한 단계 IV의 필터 패턴 1 과 회전된 입력 패턴 '각' 과의 상관분포
Fig. 4. Correlation distribution of rotated input pattern '각' and filter pattern of 1 of step IV using QMPOF.

IV. 시뮬레이션 결과 및 고찰

본 논문에서는 입력 패턴을 표 1의 I 단계에서 만든 필터와의 상관치로부터 각 자모를 구분하는 단계를 거쳐서 다음 단계에서의 필터와 다시 상관치를 구하는 형식으로 IV단계까지 시행하여 입력 패턴에 있는 각 자모를 인식할 수 있게 하였다.

그림 6은 시뮬레이션에서 사용된 입력 패턴들이다.

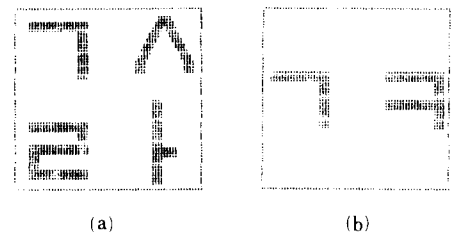


그림 6. 컴퓨터 시뮬레이션에 사용된 입력 패턴
Fig. 6. Input patten for the computer simulation.

그림 7은 그림 6(a)와 I 단계에서 만든 필터와의 상관 분포를 나타낸 것이다. 모음 부분에서 최대 상관치를 갖고 있어서 기대하는 결과를 얻을 수 있었으며 자음 부분의 상관치는 모음부분에 비해 약 절반 정도를 나타내어 자모를 잘 구별하였다. 여기서 모음 부분에 해당하는 필터의 학습 표본은 'ㅡ'와 'ㅣ'인데 BPOF의 특징으로 인해 'ㅌ'에서도 'ㅡ'에 뒤지지 않는 상관 첨두치를 갖게 되어 비 학습 표본

(non-training image)인 모음에서도 학습 표본인 모음에 비해 뒤지지 않는 상관 분포를 갖음을 알 수 있다. 그림 8은 그림 6 (a)와 두번째 단계에서 만든 필터와의 상관 분포를 나타낸것으로 자음 'ㄱ'과 'ㄷ'에서 최대 상관치를, 'ㅅ'에서의 상관치는 'ㄱ'과 'ㄷ'에 비해 약 1/2 정도를 나타내고 모음 'ㅏ'에서는 무시할 수 있는 정도의 상관치를 나타냄을 볼 수 있다. 그림 9는 그림 6 (a)와 세번째 단계에서 만든 필터와의 상관 분포를 나타낸것으로 'ㄷ'에서 최대 상관치를, 'ㄱ'에서의 상관치는 'ㄷ'에 비해 약 절반 정도의 크기를 갖고 'ㅅ'과 'ㅏ'에서는 'ㄷ'에 비해 무시할수 있을 정도의 상관치를 나타내어 두번째 단계에서 세부분으로 구별한 자음에서 한 부분을 찾아 원

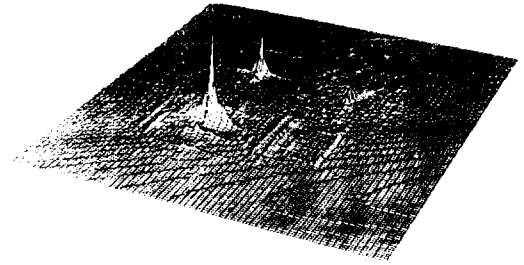


그림 9. 단계 III의 필터 패턴 1과 그림 6 (a)의 입력패턴과의 상관분포
 Fig. 9. Correlation distribution of input pattern of fig 6 (a) and filter pattern of 1 of step III.

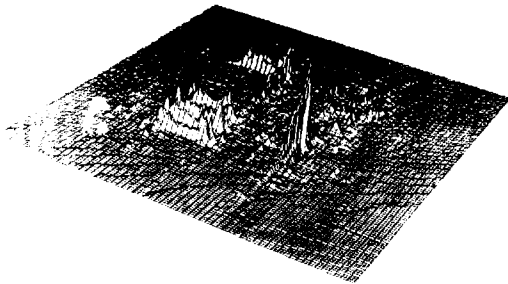


그림 7. 단계 I의 필터패턴과 그림 6 (a)의 입력패턴과의 상관분포
 Fig. 7. Correlation distribution of input pattern of fig 6(a) and filter pattern of step I.

하는 크기의 상관 분포를 나타내 자음을 잘 구별함을 알 수 있다. 그림 10은 그림 6 (a)와 네번째 단계에서 만든 필터와의 상관 분포를 나타내는 것으로 'ㄱ'의 위치에서 최대 상관치를 나타내지만 고 학습 표본에서 사용한 'ㄱ'과 'ㅋ'의 패턴을 입력 패턴에서 포함하고 있지 않아 정확한 비교가 되지않아 그림 6 (b)의 입력 패턴으로 다시 시뮬레이션을 해본 결과 그림 11에서 보듯이 'ㅋ'에서 최대 상관치를 'ㄱ'에서의 상관치는 'ㅋ'에서 비해 약 절반 정도를 나타내 좋은 인식이 되었다. 그리고 본 논문에서 제안된 필터의 장점으로 그림 10에서 보듯이 비 학습 표본의 위치에서 학습표본으로 사용한 자모와 거의 비슷한 크기의 상관치를 나타내도 앞 단계에서 인식하고자 하는 자

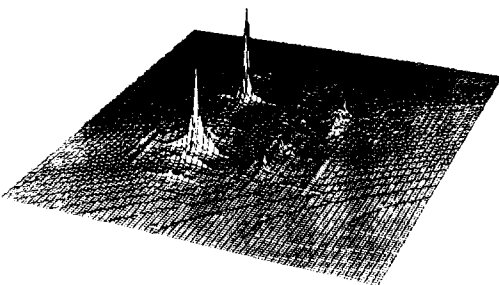


그림 8. 단계 II의 필터 패턴 1과 그림 6 (a)의 입력패턴과의 상관분포
 Fig. 8. Correlation distribution of input pattern of fig 6 (a) and filter pattern of 1 of step II.

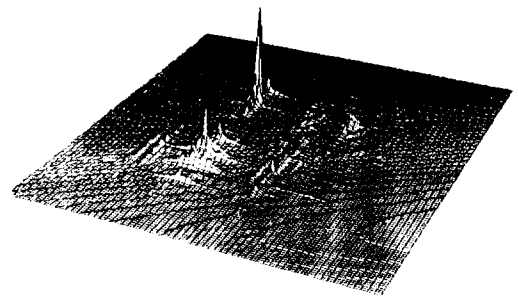


그림 10. 단계 IV의 필터 패턴 1과 그림 6 (a)의 입력패턴과의 상관분포
 Fig. 10. Correlation distribution of input pattern of fig 6 (a) and filter pattern of 1 of step IV.

V. 결 론

중래의 공간 정합 필터로 한글의 자모 24 자를 인식하려면 필터의 수가 많아 질 뿐만 아니라 인식에 필요한 횟수가 24 번으로 인식 시간이 많이 걸린다.

따라서 본 논문에서는 NRF-SDF 필터의 개념을 도입한 제안된 나무를 사용해 중래의 정합 필터보다 필터의 수를 줄이면서 인식 횟수를 최대 6 번, 최소 3 번으로 줄여 인식 시간을 많이 줄였다. 그리고 단계 I 과 단계 II 의 1 에서 인식을 위해 필요한 필터의 학습 표본의 수를 대칭인 것도 인식할 수 있는 BPOF 의 특징을 이용하여 8 개, 11 개로 줄여 출력 상관 평면상에서의 부엽의 크기를 줄여 분리 인식하는데 좋게하였다. 이렇게 설계된 필터를 사용해 한글과 같이 인식하고자하는 패턴이 모여져 있는 경우에도 잘 분리해 인식함을 시뮬레이션 결과로서 살펴보았다.

본 논문에서 제안된 알고리즘에 양자화 위상 SDF 필터 개념을 적용해 만들면 액정 TV 등을 이용한 실제적인 광 필터의 제작이 이루어질때 실 시간이 처리가 가능해지며, 수정 양자화 위상 SDF 필터를 사용해 만들면 입력의 회전 변위, 크기 변위, 모양 변위된 패턴을 같은 패턴으로 인식할 수 있음을 시뮬레이션 결과로써 알아보았다.

参 考 文 献

- [1] 백응기, 이상우, "최적 공간 필터법에 의한 한글의 패턴인식", 한국 물리 학회지: '새 물리', vol. 17, no. 4, p. 189, Dec. 1977.
- [2] D. Casasent, "Unified synthetic discriminant function computational formulation," *Appl. opt.*, vol. 23, no. 10, p. 1620, May 1984.
- [3] J.L. Horner and P.D. Gianino, "Applying the phase-only filter concept to the synthetic discriminant function correlation filter," *SPIE*, vol. 510, p. 70, June 1984.
- [4] 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.
- [5] D. Casasent, W. Rozzi and D. Fetterly, "Projection synthetic discriminant function performance," *Opt. Eng.*, vol. 23, no. 6, p. 716, Dec. 1984.
- [6] D. Casasent and When-Thong Chang, "Correlation synthetic discriminant functions," *Appl. Opt.*, vol. 25, no. 14, p. 2343, July 1986.

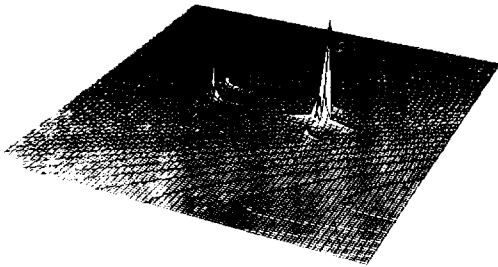


그림 11. 단계 IV의 필터 패턴 1 과 그림 6 (b) 의 입력패턴과의 상관분포

Fig. 11. Correlation distribution of input pattern of fig 6 (b) and filter pattern of 1 of step IV.

모의 위치를 알게 되므로 비 학습 표본이 있는 위치에서의 큰 상관치를 학습 표본의 상관치로 오 인식하는 경우가 발생하지 않아 좋은 인식이 됨을 알 수 있다.

표 2 는 각 그림에서의 입력 패턴과 필터와의 상관치를 나타낸 것으로 1 의 위치는 우 하단, 2 의 위치는 좌 하단, 3 의 위치는 우 상단, 4 의 위치는 좌 상단을 나타낸 것이다. 표 2 에서 보는 바와같이 입력 패턴의 원하는 위치에서 원하는 비율 만큼의 상관치를 나타내 좋은 인식이 됨을 볼 수 있다.

표 2. 각 단계에서의 필터 패턴과 그림 6 (a) 나 (b) 의 입력 패턴과의 상관 분포 결과치.

Table 2. Correlation results of input pattern of fig. 6 (a) or fig. 6 (b) and filter pattern of each step.

그림 위치	1	2	3	4
u figure 7	2 0.996	1 0.332	1 0.279	1 0.41
u figure 8	X 0.59	3 3.28	1 1.04	3 3.075
u figure 9	X 0.4	3 3.86	X 0.622	2 2.25
u figure 10	X 0.55	X 2.072	X 0.332	2 3.237
u figure 11	2 23.15	1 11.67	X 6.3	2 39.94

where u indicates constraint element and X indicates don't care.

- [7] 도양희, 김정우, 정신일, 하영호, 김수중, “한글 문자인식을 위한 변형된 3진 위상 SDF 필터” 전기·전자공학 학술대회 논문집, p. 406, Jul. 1988.
- [8] 김정우, 도양희, 정신일, 하영호, 김수중, “NRF-SDF를 이용한 나무로부터의 한글 문자 인식” 제 1회 신호 처리 합동 Workshop 논문집, p. 114, Aug. 1988.
- [9] 도양희, “한글 문자 인식을 위한 양자화 위상 SDF 필터” 경북대학교 박사학위 논문, Aug. 1988.
- [10] J.L. Horner and P.D. Gianino, “Pattern recognition with binary phase-only filters,” *Appl. Opt.*, vol. 24, no. 5, p. 609, Mar. 1985.
- [11] 이재철, 도양희, 하영호, 김수중, “4진 변형 위상 필터를 이용한 한글 문자의 회전 불변적 인식” 전자공학회 논문지, vol. 25, no. 7, p. 122, Jul. 1988.
- [12] 이재철, 도양희, 하영호, 김수중, “위상 필터를 이용한 한글 문자인식” 전기·전자공학 학술대회 논문집 (II), p. 1445, Jul. 1987.
- [13] J.L. Horner and P.D. Gianino, “Phase-only matched filtering,” *Appl. Opt.*, vol. 24, no. 6, p. 812, Mar. 1984.
- [14] A. Vander Lugt, “Signal detection by complex signal filtering,” *IEEE Trans. Infor. Theory*, vol. IT-10, p. 139, 1964.
- [15] 정신일, “액정 텔레비전의 공간적 광변조 특성 및 광상관기에의 응용” 경북대학교 박사학위 논문, Dec. 1987.

著 者 紹 介

金正雨 (準會員) 第26卷 第8號 參照
 현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정중

河永浩 (正會員) 第25卷 第10號 參照
 현재 경북대학교 전자공학과 조교수



都良會 (正會員) 第26卷 第8號 參照
 현재 제주대학교 전자공학과 전임강사

金秀重 (正會員) 第25卷 第7號 參照
 현재 경북대학교 전자공학과 교수.