

조직 이미지 분석을 위한 오리엔테이션 필터에 관한 연구

A Study on a Orientational Filter for Texture Image Analysis

유재민**, 이상신*, 박종안**

(Jai Min Yoo**, Sang Shin Lee*, Jong An Park**)

이 논문은 1992년도 조선대학교 학술 연구비의 지원을 받아 연구되었음

요 약

본 연구에서는 조직 이미지 프로세싱에서 로칼 조직의 주파수 성분과 방향각을 효과적으로 평가할 수 있는 점근적 2-D FPSS QPS 필터의 커널쌍 구성에 대하여 논의하고 이를 이용한 오리엔테이션 필터의 설계와 응용을 고찰한다.

설계된 필터 특성은 필터 길이가 주어지는 경우 대역폭, 감쇄 정도, 방향각, 그리고 변이 정도에 의존하므로 특성 세어가 용이하다. 4개의 커널쌍으로 구성된 오리엔테이션 필터에 의한 방향각 추정 오차는 최대 2.5°이며 세그멘테이션 결과도 효과적임을 보였다. 그리고 단일 방향각을 갖는 오리엔테이션 필터에 의해 조직 이미지의 특정 성분의 추출이 용이함을 보였다.

ABSTRACT

This paper describes an asymptotic FPSS QPS filter which can effectively estimate the frequency component and the orientation angle of local texture in texture image processing, and describes the design and the application of an orientational filter using the kernel pairs of the 2-D QPS filter.

It is easy to control as it depends upon the design specification of the bandwidth, the attenuation parameter, the orientational angle, and the shift parameter. The maximum estimated error of orientational angles using the orientation filter which consists of four kernel pairs is 2.5° and the segmentation result is also efficient. And it is easy to extract the specific component of texture image using the filter with one orientational angle.

1. 서 론

데이터에 대한 주파수 성분을 제한하거나 유연성을 갖도록 하는 디지털 필터링은 1차원이나 2차원 데

이터를 시간 또는 공간 영역에서 직접 조작하는 시간·공간 필터링과 주파수 스펙트럼 영역으로 변환하여 조작하는 주파수 영역필터링 방식으로 분류되고 있다.

2차원 데이터에 대한 필터링은 이미지 프로세싱에 널리 응용되고 있으며 공간 및 주파수 영역에서의 공정이 가능하다. 2차원 공간 영역 필터링은 실현상의 용이함에도 불구하고 필터 영역 크기와 계산 시간의

*울산전문대학 전자계산과
Dept. of Computer Science, Kun Sun Junior College

**조선대학교 공과대학 전자공학과
Dept. of Electronic Engineering, Cho Sun University
접수일자: 1992년 9월 22일

증대가 문제이다. 이와 관련하여 변환 영역 즉 공간 영역으로부터 주파수 변환을 행하고 주파수 스펙트럼 영역에서 필터링 조작후 역변환에 의하여 이미지를 복원하는 주파수 영역 필터 방식이 널리 이용되고 있다. 또한 최근에는 FFT 기술 발달과 함께 전문 하드웨어 장비가 개발됨에 따라 계산 시간 감소 및 경제성이 더욱 증진되어 이미지 처리를 위한 여러가지 필터 설계에 응용되고 있다. 특별히 조직 이미지에 대한 주파수 성분과 방향각 평가를 위해 시·공간 및 변환 영역에서의 여러가지 필터링 방식이 알고리즘의 개선 및 응용과 함께 폭넓게 연구되고 있다.^{1,2} 이와같이 방향성 필터링 방식이 대규모 조직을 분석하는데 있어서 강력한 도구로 사용될 수 있는 것은 대규모 이미지를 동일 로컬 영역으로 분할처리함으로써 처리 속도를 개선할 뿐만아니라 주파수 평면상에서 로컬 조직의 성분과 방향을 효과적으로 평가함으로써 직접 이미지 처리에 활용되기 때문이다. 방향성 조직 분석에 대한 필터 응용은 초기에 Gabor 필터에 의해 행하여졌으며, 그 실현성이 용이함 때문에 널리 이용되고 있으나, 강한 방향성 조직을 효과적으로 인식하기 위해서는 많은 협대역 필터를 요구하게 된다.^{3,4} 이러한 문제점을 개선하기 위해 Knutsson은 2-D QPS(quadrature polar separable) 필터 즉 푸리에 영역의 극좌표 상에서 분리 가능한 2개의 커널쌍을 이용하여 필터를 설계하는 새로운 다분리형 필터를 제안하였다.^{5,6} 이 필터는 지수 감쇄 함수로 구성된 라디얼 웨이팅(radial weighting) 함수와 명세된 필터 방향에 대한 각함수 $\cos^2 A \phi$ 의 적으로 구성되며, 강한 방향성 조직 인식에 보다 적은 수의 더 넓은 대역폭의 커널쌍이 사용될 수 있다는 것이다. 그러나 Knutsson 필터의 설계 명세 조건은 임의적이어서 이러 해가 가능하다. 이와 관련하여 에너지 손실면에서 최적인 FIR 필터 특성을 일도록 여러가지 라디얼 웨이팅 함수와 방향각 함수를 QPS의 커널쌍에 도입하고자 시도하고 있다. Wilson은 FPSS(finite prolate spheroidal sequences)를 이용하여 최적 특성을 근사화되는 필터를 제안하였다.^{7,8}

본 연구에서의 조직 이미지 분석을 위한 QPS 필터의 커널쌍은 라디얼 웨이팅 함수로서 에너지 손실면에서 최적 특성을 갖는 PSS에 대한 접근식을 이용하며, 방향각 함수로서 이에 근사화되는 지수 감쇄 함수를 이용한다. 설계된 필터의 주파수 특성은 Knutsson 필터와 유사하나 주파수 평면상에서의 제어가 용이하다. 필터의 응용을 위하여 방향각이 각각 $0^\circ, 45^\circ,$

90° , 그리고 135° 인 4쌍의 2-D QPS 커널쌍에 의해 조직 분석을 위한 오리엔테이션 필터를 구성하여 합성 조직 생성, 조직 방향각의 평가, 특정 방향각 추출, 그리고 합성 조직에 대한 세그멘테이션을 실행한다.

II. 2-D 직교극분리형 필터

일반적으로 몇개의 커널쌍과의 이미지 컨볼루션에 의해 실현되는 이미지 처리 알고리즘은 데이터의 종류에 의존하게 되며, 로컬 성분의 방향각이 중요한 조직 이미지의 경우에는 이미지에 대한 로컬 푸리에 변환 성분이 중요한 특성을 나타낸다. 즉, 소창(small window)내의 이미지가 1차원에 집약하면 변환 성분은 푸리에 영역내에 일정 섹터로 표시될 수 있는데, 이것은 창대부의 동일 방향각 성분에 대한 대부분의 에너지가 푸리에 영역내의 워셔터에 집중되기 때문이다. 조직 이미지 성분의 방향성이 강할수록 푸리에 영역내 에너지는 더욱 좁아질 것이다.⁹

그러므로 특정 푸리에 영역내의 에너지를 측정하는 방법으로 이 영역에 대한 푸리에 변환의 실수부와 허수부를 분리 추출하여 커널쌍을 설계하는 것이다. 즉 조직 이미지 분석에서 각기 다른 커널쌍으로부터의 출력을 조합함으로써 1차원 근방에 대한 방향각을 측정할 수 있는 조직 이미지 필터를 실현한다. 이러한 커널 쌍에 대한 필터 함수의 주요 제한은 커널 쌍이 유일한 응답 특성을 갖어야 하며, 그에 상응하는 필터 함수는 단봉 특성을 가져야 한다는 것이다.¹⁰

본 연구에서는 2-D QPS 필터의 커널쌍은 라디얼 웨이팅 함수로서 에너지 손실면에서 최적 특성을 갖는 PSS에 대한 접근식 $V(\rho)$ 를 이용하며, 방향각 함수도 이에 근사화되는 지수 감쇄 함수 $V_1(\phi, 1)$ 를 이용하여 식(1)과 같이 구성된다.

$$F_1(\rho, \phi) = V(\rho) \cdot V_1(\phi, 1) \quad \text{--- e. o.} \quad (1)$$

이와같은 필터의 커널쌍은 다음과 같이 설계한다.

1. 라디얼 웨이팅 함수

불확정성 원리로부터 모든 신호 함수는 시간과 대역이 동시에 제한될 수 없으므로, 그러한 문제가 제기된 때 대역 제한된 신호 함수의 에너지 손실은 최적화와 연관되며 PSWF(prolate spheroidal function)는 아나로그 함수의 에너지 손실면에서 최적 특성을 갖는다. 이와같은 PSWF는 $(-\infty, \infty)$ 구간 뿐

만약이나 주어진 유한 공간에 걸쳐 특성을 갖는 대역 제한된 함수의 집합이다. 이산 함수인 경우는 λ 가 유한 값일 때 다음 실수 해로써 정의 된다.¹¹⁾

$$\sum_{n=0}^{B-1} \frac{\text{Sin}(n-r) \pi \epsilon}{(n-r) \pi} h_n = \lambda h_n \quad n = 0, 1, \dots, B-1 \quad (2)$$

여기서 $\epsilon = B/N$, 그리고 B 는 대역 제한된 이산 함수의 차단 주파수에 상응하는 샘플링의 수이며, N 은 전 구간 2π 주파수 범위에 상응하는 동일 함수의 샘플링의 수이다. 그러므로 ϵ 는 대역 제한된 순차열의 상대적 대역폭을 나타내며 식(2)에 대한 해가 FPSS이다.

이들 함수의 해를 위한 여러가지 알고리즘이 발표되었으며,¹⁾ Lunscher는 다음과 같은 간략화 수식을 발표하였다.¹²⁾

$$S_n(c, x) = (c/\pi)^{1/4} 2^{-n/2} (n!)^{-1/2} H_n(c^{1/2}x) \exp(-cx^2/2) \quad (3)$$

이것은 $n \ll c$ 인 경우 $x < c^{-1/4}$ 을 가정하며 $H_n(x)$ 는 n 차 Hermite다항식이다. 또한 식(3)에 대한 스케일된 근사식은 식(4)와 같다.

$$\psi_n(c, x) = (\sqrt{\lambda n(c)} / u_n(c)) (c/\pi)^{1/4} 2^{-n/2} (n!)^{-1/2} H_n(c^{1/2}2x/I) \exp(-2cx^2/I^2) \quad (4)$$

여기서 $|x| < Ic^{-1/4}/2$ 인 경우이다. 그리고 차단 주파수 ω_c 와 에너지 정수 c 사이의 관계는 식(5)와 같다.

$$2c = \omega_c I \quad (5)$$

또한 $n=1$ 인 경우 $H_1(x)=2x$ 가 되며 $x = \omega I/2\omega_c$ 를 대입하여 상수를 K 라 하면 고유치 λ_1 에 따른 최적 필터에 대한 점근적 근사식은 식(6)과 같다.

$$\psi_1(\omega) = \begin{cases} K \omega^2 \exp(-c\omega^2/2\omega_c^2) & \|\omega\| < \omega_c \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (6)$$

여기서 $\|\omega\| < \omega_c c^{-1/4}$ 이며 커널 함수로 $\psi_1(\rho) = \psi_1(\omega)$ 를 사용한다.

2. 방향각 함수

필터의 방향각 변화를 나타내는 방향각 웨이팅 함수 $V_{1k\epsilon}(\phi)$ 와 $V_{1k\circ}(\phi)$ 는 라디얼 웨이팅 함수와 직

교쌍을 형성하는데, 이들은 두개의 지수 감쇄 함수 $V_1(\phi)$ 와 $V_2(\phi)$ 를 조합함으로써 식(7) 및 식(8)과 같이 주어진다.

$$V_{1k\epsilon}(\phi) = V_1(\phi) + V_2(\phi) \quad (7)$$

$$V_{1k\circ}(\phi) = V_1(\phi) - V_2(\phi) \quad (8)$$

이러한 지수감쇄 함수는 Slepian에 의해 발표된 1차 PSF에 대한 푸리에 변환의 결과인 함수 ψ_1 와 유사하며, 다음 식과 같이 주어진다.

$$V_1(\phi) = \begin{cases} e^{-kc'(\phi - \phi|_k)^2}, & \phi \leq 180 + \phi|_k \\ e^{-kc'(360 - \phi + \phi|_k)^2}, & \phi > 180 + \phi|_k \end{cases} \quad (9)$$

$$V_2(\phi) = \begin{cases} e^{-kc'(180 - \phi|_k + \phi)^2}, & \phi \leq \phi|_k \\ e^{-kc'(\phi - \phi|_k - 180)^2}, & \phi > \phi|_k \end{cases} \quad (10)$$

여기서 $\phi|_k$ 는 초기 위상이고 kc 는 필터의 방향성 대역폭을 제한하는 감쇄 정수이다.

3. 점근적 직교 극분리형 필터 설계

2개의 PSWF로 구성 되는 2-D 카테시안(cartesian) 분리형 필터가 에너지 손실면에서 최적 특성을 가지므로 설계되는 필터의 방향각 함수도 식(6)에 근사화되도록 파라미터를 구한다. 그리고 설계된 필터의 중심 주파수를 이동함으로써 라디얼 웨이팅 함수 $V_{NF}(\rho)$ 는 식(11)과 같다.

$$V_{NF}(\rho) = \begin{cases} \psi_1(\rho - \rho|_0) & \rho \geq \rho|_0 \\ 0 & \rho < \rho|_0 \end{cases} \quad (11)$$

그러므로 식(9) 및 식(10), 그리고 식(11)로 구성되는 2D 최적 QPS 필터 함수는 식(12)와 같다.

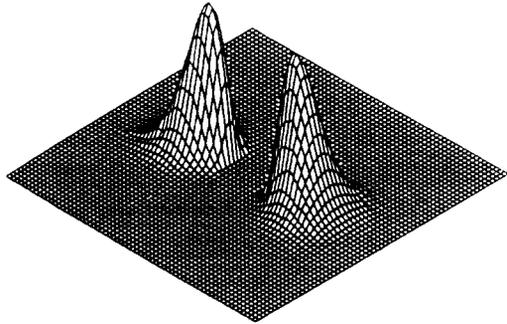
$$F_{NF\epsilon}(\rho, \phi) = V_{NF}(\rho) \cdot V_\epsilon(\phi) \quad i = e, o \quad (12)$$

이와같이 2-D QPS 필터함수는 점근적 FPSS의 최대 고유치에 상응하는 점근적 근사식과 각함수와의 상호작용에 의해 구성된다. 이들 필터의 응답 특성은 필터 길이 NF , 대역폭 HBW , 감쇄 정수 kc , 방향각 $\phi|_k$, 그리고 변이 정수 $\rho|_0$ 의 변화에 따른다.

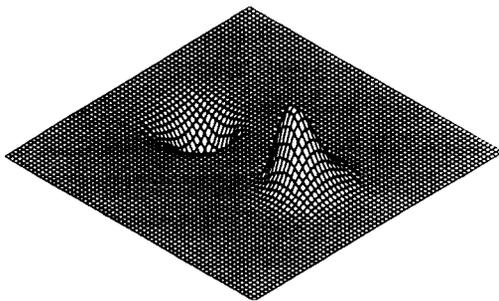
그림 1은 필터 파라미터가 $NF=48$, $HBW=\pi/2$, $kc=0.003$, $\phi|_k=0$, 그리고 $\rho|_0=5$ 인 필터 함수 $F_{NF\epsilon}(\rho, \phi)$ 와 $F_{NF\circ}(\rho, \phi)$, 그리고 진폭 응답

$Am(x,y)$ 에 대한 3-D 특성을 나타낸다.

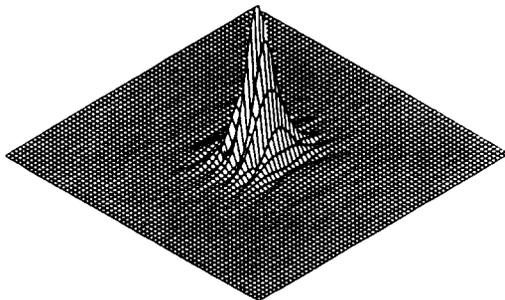
필터는 FPSS의 최대 고유치에 따라 점진적 근사식을 라디얼 웨이빙 함수로 사용함으로써 계산 속도가 빠르고 최적 특성에 근사화되며 또한 Knutsson의 임의적 지수 함수보다 논리적이다. 그리고 필터 설계는 필터 길이, 대역폭, 감쇄 상수, 방향각, 그리고 면이 정수에만 의존함으로써 재이가 용이하다.



(a) $F_{NRC}(\rho, \phi)$



(b) $F_{SIN}(\rho, \phi)$



(c) $Am(x,y)$

그림 1. 필터 함수 $F_{SIN}(\rho, \phi)$, $F_{NRC}(\rho, \phi)$, $Am(x,y)$ 의 3-D 주파수 응답

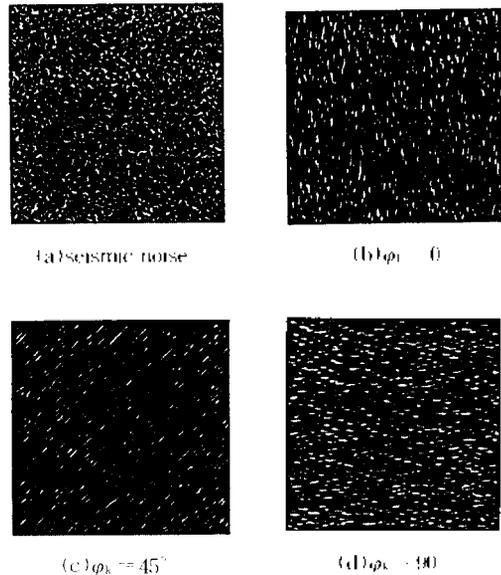
Fig 1. 3-D frequency responses of the filter function $F_{SIN}(\rho, \phi)$, $F_{NRC}(\rho, \phi)$, and $Am(x,y)$

III. 오리엔테이션 필터 설계

조직 이미지에 대한 주파수 평면에서의 로컬 성분과 방향을 평가하도록 설계된 2-D QPS 필터의 기본형 조합에 의해 오리엔테이션 필터를 구성할 수 있다. 그리고 오리엔테이션 필터의 응용으로 조직 생성, 조직 방향각의 평가, 특성 방향각 추론, 그리고 합성 조직에 대한 세그멘테이션 등은 다음과 같이 실행할 수 있다.

1. 방향성 조직 이미지 생성

랜덤 감쇠 이미지와 시진적(seismic) 데이터는 2D 방향성 힘대의 오리엔테이션 필터에 통과시킴으로써 특정 방향의 조직 이미지를 생성할 수가 있다. 그림 2은 오리엔테이션 필터의 특정 방향각 $\phi_k = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ 에 따라 생성된 조직 이미지이며 방향각과 대역폭에 따라 다양한 조직이 생성될 수 있다.



(a) seismic noise

(b) $\phi_k = 0^\circ$

(c) $\phi_k = 45^\circ$

(d) $\phi_k = 90^\circ$

그림 2. 방향각에 따라 생성 조직 이미지

Fig 2. Generated texture images according to orientational angles

2. 방향각 측정 및 세그멘테이션

오리엔테이션 필터에 의해 조직 이미지의 방향각 측정 및 합성 조직 이미지에 대한 세그멘테이션은 다음과 같이 실행할 수 있다.

1). 방향각 측정 및 합성 조직 이미지의 세그멘테이션을 위해 방향각이 각각 $\phi_k = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 인 4개의 QPS 커널쌍에 의해 오리엔테이션 필터를 구성한다. ($NF = 10, HBW = 5\pi/8, \rho_{10} = 1$, 그리고 $k_c = 0.004$). 시뮬레이션에서 커널쌍의 중요한 주파수 특성은 주파수 대역폭이 조직 이미지 생성에 사용된 필터($NF = 10, HBW = \pi/2, \rho_{10} = 1$, 그리고 $k_c = 0.003$)보다 더 넓다는 것이다.

표 1은 생성된 시험 조직 이미지의 방향각을 오리엔테이션 필터의 변이 정수와 감쇄 정수에 따라 측정된 방향각 오차를 나타낸다.

이와같은 방향각 측정 오차는 Knutsson의 QPS 필터에 의해 측정된 최대 방향각 오차 7.0° 보다 크게 감소됨을 알 수 있으며 광대역 필터에 의해서 평균 실효 오차가 작아짐을 확인할 수 있다.

2). 조직 이미지의 세그멘테이션을 실행하기 위하여 합성 조직 이미지를 그림 3과 같이 생성한다.

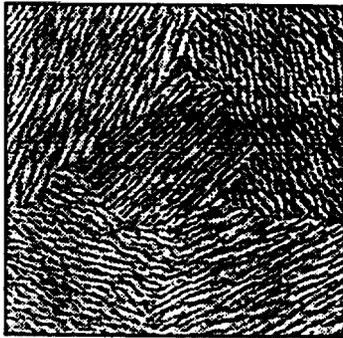


그림 3. 합성 조직 이미지
Fig 3. Synthesized texture image

3). 설계된 4개의 커널쌍으로 구성된 오리엔테이션 필터를 이용하여 합성조직 이미지를 필터링한다. 필터링된 각각의 출력 이미지는 그림 4와 같으며, 각 출력 이미지는 이용된 방향각에 따라 그의 방향 성분이 제거된 특성을 나타낸다.

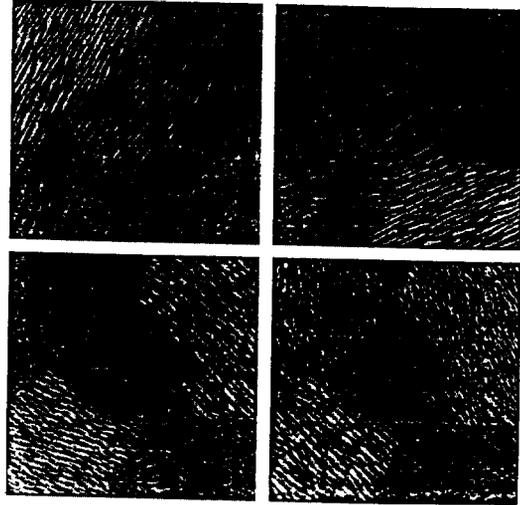


그림 4. 합성 조직 이미지의 필터링된 출력
Fig 4. Filtered outputs of synthesized texture image

4). 각 커널쌍에 의해 필터링된 4개 이미지의 픽셀 성분은 필터 출력으로부터 계산된 에너지 값을 나타내는 벡터이다.

$$f(x,y) = [f_0(x,y), f_1(x,y), f_2(x,y), f_3(x,y)]^T \quad (13)$$

$$\text{나) } f_i(x,y) = ((g(x,y) * h_{\text{set}}(x,y))^2 + (g(x,y) * h_{\text{set}}(x,y))^2)^{1/2} \quad i=0, 1, 2, 3 \quad (14)$$

Table 1. Estimated Results of texture orientation

필터 계수 방향각	$HBW = \pi/2$ $k = 0.003$	$HBW = \pi/2$ $k = 0.006$	$HBW = \pi/2$ $k = 0.008$	$HBW = 5\pi/8$ $k = 0.003$	$HBW = 5\pi/8$ $k = 0.006$
0(180)	177	178	177	179	179
22.5	21	18	16	22	21
45	45	45	45	45	45
67.5	68	72	74	65	68
90	92	93	94	91	92
112.5	116	114	113	113	111
135	135	134	134	135	137
157.5	154	155	155	157	159
평균오차	2.24	2.81	3.82	1.06	1.41

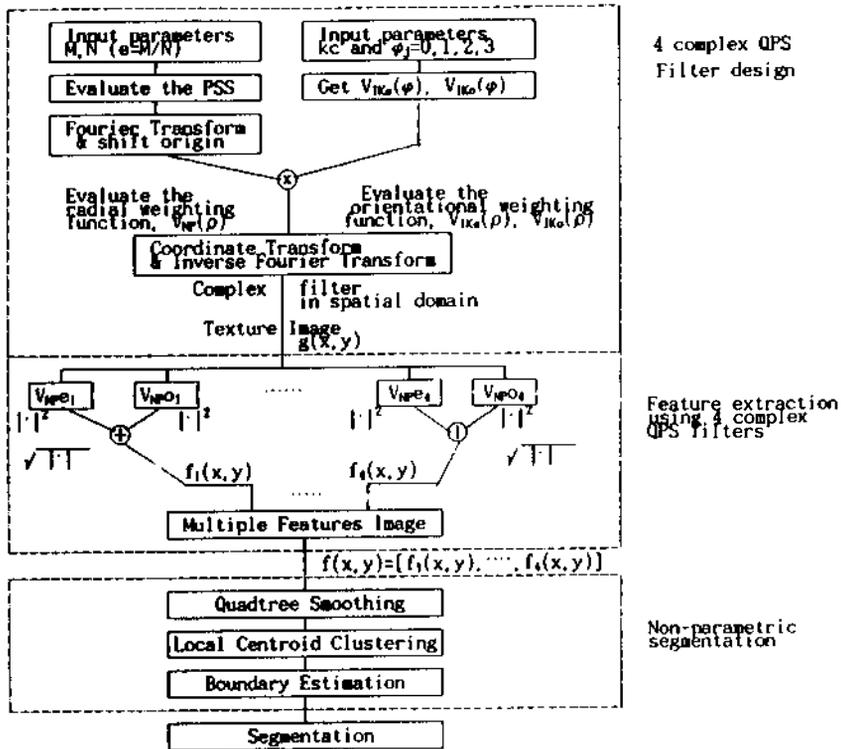


그림 5. 조직 이미지 세그멘트를 위한 순서도.
Fig 5. Flow-chart for the texture image segmentation

여기서 $g(x,y)$ 는 입력으로 주어지는 합성 조직 이미지, $*$ 는 콘볼루션, h_s 는 카테시안 좌표로 변환된 필터의 임펄스 응답이다.

7. 퀘드트리 분류 방식을 이용하여 합성 이미지를 세그멘테이션한다.¹³⁾

이와같이 2-D QPS 필터의 커널쌍을 설계하고 오리엔테이션 필터를 구성하여 조직 이미지에 대한 정보를 추출하는 순서도는 그림 5와 같다.

그림 6은 세그멘테이션 결과이며, 표 2는 이들 결과를 도표로 나타낸다. 또한 특정 방향각만을 갖는 단방향성 오리엔테이션 필터에 합성 조직 이미지를 통과시킴으로써 조직 이미지의 특정 방향가 성분을 필터링할 수 있다. 그림 7은 방향가 성분이 각기 $\phi_k = 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ$ 만을 갖는 단방향 오리엔테이션 필터를 구성하여 특정 조직 성분만을 추출한 출력 이미지이다.

이들 결과는 시험 조직 생성에서 보다 더 넓은 대역폭의 필터를 사용하는 경우에도 방향가 추상 및 세그멘테이션 결과가 정확함을 나타낸다.

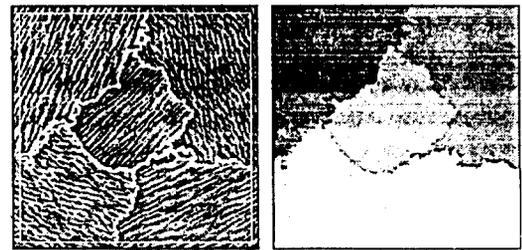
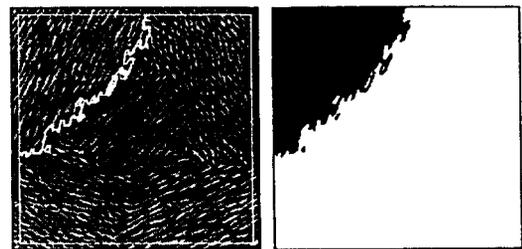
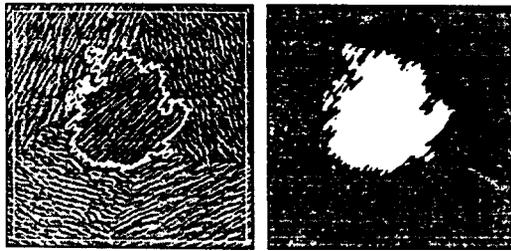


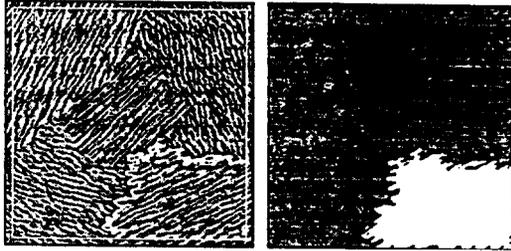
그림 6. 합성 조직 이미지 대한 세그멘트 결과
Fig 6. Segmentation results of synthesized texture image



(a) $\phi_k=22.5^\circ$



(b) $\theta_0=45^\circ$



(c) $\theta_0=67.5^\circ$

그림 7. 특정 방향각을 갖는 로컬 성분 추출

Fig. 7. Local component extraction with one specific orientational angle

IV. 결 론

본 연구에서는 푸리에 영역의 극좌표 상에서 분리 가능한 2개의 커널쌍으로 구성된 2-D FPSS QPS 필터에 대하여 논의하였고 이를 이용한 오리엔테이션 필터의 설계의 응용을 고찰하였다. QPS 필터의 라디얼 웨이팅 함수로서 에너지 손실면에서 최적 특성에 근사화되는 점근적 FPSS를 이용하였으며 방향각 함수로 지수 감쇄 함수를 도입하여 라디얼 웨이팅 함수에 근사화시키므로써 순환적 대칭 특성을 갖는 필터를 구성하였다. 필터 특성은 필터 길이가 주어지는 경우 필터의 대역폭, 감쇄 정수, 방향각, 그리고 변이 정수에 의존하므로 주파수 평면상에서의 세어가 용이하며 라디얼 웨이팅 함수로 점근적 근사식을 이용함으로 계산 속도가 빠르다. 응용으로 방향각이 각각 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$, 그리고 135° 인 4개의 QPS 커널쌍을 갖는 오리엔테이션 필터를 구성하여 생성된 조각 이미지의 방향각 추출 및 합성 조직에 대한 세그멘테이션을 실행하였다. 방향각 오차는 최대 2.5° 로 Knutsson 필터보다 크게 감소되었으며, 세그멘테이션 길과도

Table 2. Results of estimated local orientation image

size of the multiple features image				
in x axis	15			
in y-axis	15			
no of features involved :	4			
Classcount	= 5.9999999E-02			
Classav	= 13.50000			
threshold	= 0.4000000			
windw size(lc)	= 11			
Looping information				
id -- 46.9445	:	lc == 11 :	distinct pons == 225	
id == 59.6300	:	lc == 11 :	distinct pons = 207	
id - 80.1057	:	lc = 11 :	distinct pons = 158	
id = 86.3483	:	lc = 11 :	distinct pons = 90	
id 42.0353	:	lc = 11 :	distinct pons = 39	
id = 34.8716	:	lc = 11 :	distinct pons = 22	
id - 0.000000E + 00	:	lc = 11 :	distinct pons = 20	
lest consistent				
No of class found in local centroid estimation	= 20			
Consistent (after compact test) = T				
Consistent ($n/(nc + 1)$, lt, classav) = 1				
No of class after compact test of the local cluster	= 5			
class	pop	pop1	pop2	threshold
0	49	0.583273	9.93994	0.586798E-01
1	32	0.980909	9.71108	0.101009
2	29	1.10657	7.21577	0.153354
3	16	0.619162	8.55630	0.723633E-01
4	38	0.907997	9.90387	0.916811E-01

효과적임을 보였다. 그리고 단일 방향각을 갖는 오리엔테이션 필터에 의한 조직 이미지의 특성 성분 추출도 용이하였다. 다양한 방향 성분을 갖는 실조직 이미지에 대한 세그멘테이션은 필터의 커넬쌍 확장으로 주파수 평면을 세분함으로써 실용화될 것이다.

References

1. K.Deguchi and I.Morishita, "[Texture characterization and texture-based image partitioning using two-dimensional linear estimation techniques]," *IEEE Trans. Comput.*, C 27, pp.739-745, 1987.
2. A.Ikonomopoulos and M.Unser, "[A directional filtering approach to texture discrimination]," *Proc. 7th Int. Conf. Pattern Recognition*, Montreal, pp. 87-89, 1984.
3. R.Wilson and M.Spann, "[Finite prolate spheroidal sequences and their application II : image feature description and segmentation]," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.10, no.2, pp.193-203, March 1988.
4. C.W. Therrien, "[Linear filtering models for texture classification and segmentation]," *Proc. 5th Int Conf. Pattern Recognition*, Miami Beach, pp.1132-1135, 1980.
5. M.R.Turner, "[Texture discrimination by Gabor functions]," *Biol. Cybern.*, 55, pp.71-82, 1986.

6. I.Fogel and D.Sagi, "[Gabor filter as texture discriminator]," *Biol. Cub.*, vol.61, pp.103-113, 1989.
7. H.Knutsson and G.H.Granlund, "[Fourier domain design of line and edge detectors]," in *Proc IEEE Conf. Pattern Recognition, Matami*, FL, 1980.
8. H.Knutsson, "[Filtering and reconstruction in image processing]," *Ph.D.dissertation*, Linkoping University, 1982.
9. H.Knutsson and G.H.Granlund, "[Texture analysis using two dimensional quadrature filters]," in *Proc IEEE CAPADM Workshop*, CA, 1983.
10. H.Knutsson, R.Wilson, and G.H.Granlund, "[Estimating the local orientation of anisotropic 2-D signals]," in *Proc IEEE Workshop Spect Estim., Conf. Miami, FL*, 1983.
11. R.Wilson and M.Spann, "[Finite prolate spheroidal sequences and their application II : image feature description and segmentation]," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.10, no.2, pp.193-203, March 1988.
12. W.H.H.J.Lunscher, "[The Asymptotic Optimal Frequency Domain Filter for Edge Detection]," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.PAMI 5, no.6, pp.678-680, November 1983.
13. M.Spann and R.Wilson, "[A quadtree approach to image segmentation that combines statistical and spatial information]," *Pattern Recognition*, vol.18, pp.257-269, 1985.

▲柳 在 珉(正會員)

1954年 12月 12日生



1981년 2월 : 조선대학교 공과대학 전자공학과(공학사)

1986년 8월 : 조선대학교 산업대학원 전자계산학과(공학석사)

1992년 9월 ~ 현재 : 조선대학교 대학원 전자공학과 전자전공 박사과정

1985년 3월 ~ 현재 : 동신전문대학 전자계산과 조교수
※주관심분야 : 디지털 시스템 설계, 디지털 신호 처리

▲李 相 信(正會員)

1952年 8月 17日生



1982년 2월 : 조선대학교 공과대학 전자공학과(공학사)

1993년 2월 : 조선대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1993년 2월 : 조선대학교 대학원 전자공학과 전자전공(공학박사)

1984년 3월 ~ 현재 : 동신산업전문대학 전자계산과 부교수
※주관심분야 : 디지털 시스템 설계, 디지털 신호 처리

▲朴 鍾 安(正會員)

1952年 7月 7日 生



1975년 2월 : 조선대학교 공과대학
전자공학사(공학사)

1986년 2월 : 조선대학교 대학원
전기공학과(공학박사)

1983년 8월 ~ 1984년 8월 : 미국
Massachusetts 주
립대학 객원교수

1990년 3월 ~ 1991년 3월 : 영국 Surrey대학교 전기&
전자공학과 객원교수

1975년 3월 ~ 현재 : 조선대학교 공과대학 전자공학과
교수

※주관심분야 : 디지털 시스템 설계, 디지털 신호 처리