

조직 분석을 위한 최적 2차원 Quadrature Polar Separable 필터

正會員 李 相 信* 正會員 文 庸 善** 正會員 朴 鍾 安***

An Optimal 2D Quadrature Polar Separable Filter for Texture Analysis

Sang Shin LEE*, Yong Sun MOON**, Jong An PARK*** *Regular Members*

要 約

본 논문에서는 개선된 2D QPS(Quadrature polar separable) 필터의 설계와 조직 프로세싱에 대한 응용이 논의된다. 필터의 커널쌍은 이산 PSS에 근기한 라디얼 가중 함수와 방향각을 위한 지수 감쇄 함수의 적으로 구성되며, 주파수 평면상에서 쿼드러처 구분리형이 된다. 필터는 방향각 함수를 이산 PSS에 근사화시키므로 에너지 손실면에서 최적화된다. 필터의 주파수 특성은 대역폭, 방향각, 감쇄 정수, 그리고 주파수 변이 정수와 같은 설계 명세 조건에 의존하므로 제어가 용이하다.

조직 프로세싱에 대한 필터의 응용으로 조직 영상의 생성, 방향각의 평가, 그리고 합성 조직 영상의 세그멘테이션이 고찰된다. 결과는 넓은 대역폭을 갖는 필터가 강한 방향성 조직의 생성 및 식별에 사용될 수 있다는 것과, 세그멘테이션 결과도 효과적임을 보였다.

ABSTRACT

This paper describes an improved 2D QPS(quadrature polar separable) filter design and its applications to texture processing. The filter kernel pair consists of the product of a radial weighting function based on the finite PSS(prolate spheroidal sequences) and an exponential attenuation function for the orientational angle. It is quadrature and polar separable in the frequency domain. It is near optimal in the energy loss because we let the orientational angle function approximate the radial weighting function.

The filter frequency characteristics is easy to control as it depends only upon the design specifications such as the bandwidth, the directional angle, the attenuation constant, and the shift constant of the central frequency.

Some applications of the filter in texture processing, such as the generation of the texture image, the estimation of orientation angles, and the segmentations for the synthetic texture image,

* 群山實業專門大學 電子計算科
** 順天大學校 電子工學科
*** 朝鮮大學校 電子工學科
論文番號 : 92-31(接受1992. 2. 15)

are considered.

The result shows that the filter with the wide bandwidth can be used for the generation or discrimination of the strong orientational textures and the segmentation results are good.

I. 서 론

디지털 신호 처리는 음성 및 영상 처리, 수치 제어, 그리고 계측 및 의용 생체 분야 등에서 실용화되고 있으며, 그 개발과 응용에 있어서 기본적인 도구로 디지털 필터가 광범위하게 이용되고 있다.

이와같은 필터링은 샘플링이 일어나는 시간 또는 공간 영역에서나 상응하는 주파수변환 영역에서 이용될 수 있으며, 기본 동작은 데이터에 대한 주파수 성분을 제한하거나 유연성을 갖도록 하는 것이다⁽¹⁾. 데이터 성분은 1차원 신호나 2차원 신호 형태를 가지며, 2차원의 이산 신호 해석은 영상 처리에 널리 응용되고 있으며 이를 위한 2차원 디지털 필터 또한 광범위하게 연구되고 있다. 2차원 영상에 대한 필터링 조작도 디지털 화상에 직접 변환 조작을 실시하는 공간 필터링과 상응하는 주파수 스펙트럼 영역으로 변환한 후 필터링 조작을 행하는 2가지 방식 모두가 이용된다^(2,3). 그러나 공간 필터는 그 필터 영역의 크기를 결정하는 방법과 설계 명세가 임의적이다. 또한 영역의 크기가 증가하는 경우 계산 시간이 방대하게 된다는 결점이 있다. 그러므로 공간 영역으로부터 주파수 변환을 행하고, 그 주파수 스펙트럼 영역에서 필터링 조작 후 역변환에 의해 원래의 영상 공간으로 복원하는 방법이 폭넓게 이용된다. 또한 최근에는 FFT (Fast Fourier Transformation)의 기술 발달과 함께 전문 하드웨어 장비도 개발되고 있어 계산 시간 감소 및 가격면에서의 경제성이 더욱 증진되고 있다. 이에 따라 디지털 필터링에 FFT를 이용하는 여러가지 연구 결과가 발표되고 있으며, 또한 조직 분석을 위한 필터링 함수의 설계 및 응용에 대한 연구도 FFT 이용으로 활발히 진행 되고 있다.

조직 분석을 위한 필터 응용은 초기에 Gabor 필터에 의해 행하여졌으며, 이것은 시공간 및 주파수 영역에서 불확정성을 최소화하는 특성을 갖는 1-D 함수의 확장자로서 표현된다^(4,5). Gabor 필터는 그 실현성의 용이함 때문에 널리 이용되고 있으나, 강한 방향성 조직을 효과적으로 인식하기 위해서는 많은 협대역 필터를 요구하게 된다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 1983년 Knutsson은 2-D QPS(Quadrature

Polar Separable) 필터 즉 푸리에 영역의 극좌표 상에서 분리 가능한 함수쌍을 이용하여 필터를 설계하는 새로운 극분리형 필터를 제안하였다^(6,7).

이들 필터는 지수 감쇄 함수로 구성된 라디얼 가중(radial weighting) 함수와 명세된 필터 방향에 대한 각함수 $\cos^{2A} \Delta \theta$ 의 적으로 구성된다. 이 경우 강한 방향성 조직인식에 보다 적은 수의 더 넓은 대역폭 필터가 사용될 수 있다. 그러나 Knutsson 필터의 설계 명세 조건은 일반적이어서 다른 해가 가능하다. 이와 관련하여 에너지 손실면에서 최적인 FIR 필터 특성을 얻도록 여러가지 라디얼 가중 함수와 방향각 함수를 QPS의 커널쌍에 도입하는 연구가 활발히 진행 되고 있다^(8,9).

최적 FIR 비회귀성 필터는 나이퀴스트 주파수까지의 전 대역내 에너지와 연관하여 통과 대역내의 최대 에너지 집중도에 의해서 구해지는데, 이와같은 에너지 집중도는 이산 PSS(Prolate Spheroidal Sequences)에 의해서 분석된다^(10,11).

본 논문에서는 조직 영상의 프로세싱을 위하여 최적 특성에 근사화되는 2D QPS 필터를 설계한다. 이것은 라디얼 가중 함수로서 에너지 손실면에서 최적 특성을 갖는 이산 PSS를 이용하며, 방향각 함수로서 지수 감쇄 함수를 이용한다. 또한, 방향각 함수를 이산PSS에 근사화시키므로써 커널쌍이 순환적 대칭 특성을 갖도록 설계하며, 강한 방향성 조직의 프로세싱에 작은 크기의 마스크를 활용할 수 있도록 한다.

그리고, 설계된 필터에 의해 오리엔테이션 필터를 구성하여 조직의 생성, 방향각의 평가, 그리고 합성 조직에 대한 세그멘테이션등 조직 분석에 대한 응용을 고찰한다.

II. Quadrature Polar Separable 필터

일반적으로 영상 처리 알고리즘은 몇개의 커널쌍을 가지며, 영상을 콘볼루션하는 연산에 의해 실현된다. 그러므로 요구되는 커널쌍 특성은 처리하고자 하는 정보의 종류에 크게 의존한다.

영상 분석 알고리즘에서 분석 영상의 극부 성분, 특히 극부 성분의 방향이 가장 중요한 조직 영상의

경우, 영상의 국부 푸리에 변환 동작, 즉 소창(small window)내의 영상에 대한 푸리에 변환은 몇가지 중요한 특성을 나타낸다. 즉, 창내의 영상이 1차원에 접근하게되면 푸리에 영역내에 일정 섹터로 표시될 수 있는데, 그것은 대부분의 에너지가 창내의 성분과 같은 방향각을 갖는 푸리에 영역 내의 협섹터(narrow sector)에 집중되기 때문이다. 그리고, 영상 성분이 특정 방향에 가까우수록 푸리에 영역내 섹터는 더욱 좁아질 것이며 영상 성분 방향내 근방의 변화에 대한 주파수 특성을 반영할 것이다⁽⁷⁾. 그림 1은 영상에 대한 국부 공간 방향과 국부 주파수 성분사이의 변환 관계를 나타내며, 국부 푸리에 영역을 분할하여 각 부분의 에너지 분포를 고찰할 수 있다. (단 ϵ_1, ϵ_2 는 공간 좌표이고, u_1, u_2 는 주파수 평면상의 실축과 허축)

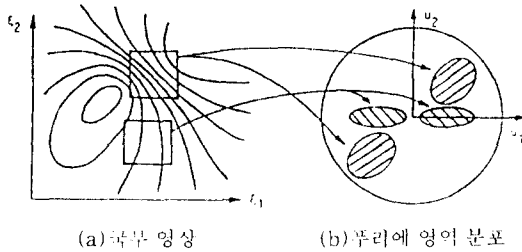


그림. 1 국부 영상과 푸리에 영역 분포

Fig. 1 Local Image and the Fourier domain distribution.

그리고, 푸리에 영역내 특정 영역에 대한 에너지를 측정하는 한가지 방법은 이 영역에 대한 푸리에 변환의 실수부와 허수부를 분리 추출하여 커널쌍을 설계하는 것이다.

이러한 커널 쌍의 필터 함수는 일반적으로 식 (1)과 같이 표시된다. (e=우수, o=기수)

$$\begin{aligned} \text{Re}(u) &= \text{Re}(-u) ; \text{Im}(\text{Re}(u)) = 0 \\ \text{Fo}(u) &= j \cdot \text{sign}[\cos(\varphi - \varphi_k)] \cdot \text{Fe}(u) \end{aligned} \quad (1)$$

φ_k 는 필터의 주 방향이고, φ 는 식 (2)에 의해 정의된다.

$$\varphi = \text{atan}\left(\frac{u_2}{u_1}\right) ; u = (u_1, u_2) \quad (2)$$

Fe와 Fo가 주파수 평면상에서 직교할때 쿼드레처(Quadrature) 필터 쌍을 형성한다. 방향성 조직을 인식하기 위한 커널쌍으로서 일반적으로 Gabor 필터가 사용되나, 강한 방향성 조직을 식별하는데 많은 협대역 필터를 요구하므로 이를 개선하기 위하여 Knutsson은 강한 방향성 조직에 보다 넓은 대역폭의 필터를 이용할 수 있는 2D QPS 필터를 제안하였다. 이것은 식 (3)과 같이 푸리에 영역의 극좌표 상에서 분리 가능한 커널 함수 쌍을 이용하여 필터를 설계하는 새로운 극분리형 필터링 방식이다.

$$F(\rho, \varphi) = wV(\rho) \cdot V(\varphi) \quad (3)$$

단, 이것은 가우시안 방식과는 호환성을 갖지 않는다.

즉, 조직 영상 분석에서 각기 다른 커널로부터의 출력을 조합하므로써 1차원 근방에 대한 방향각을 측정할 수 있는 커널쌍을 실현한다.

이러한 커널 쌍에 대한 필터 함수의 주요 제한은 커널 쌍이 유연한 응답 특성을 갖어야 하며, 그에 상응하는 필터 함수는 난봉 특성을 가져야 한다.

Knutsson은 식 (3)의 커널쌍으로서 식 (4), (5), 그리고 (6)과 같은 함수들을 사용하였으며 이들 함수 쌍에 의해 국부 방향과 국부 주파수에 대한 성분 평가를 실행하였다⁽⁸⁾.

$$\begin{cases} V(\rho) = \exp\left[-\frac{4}{\log 2} \cdot B^2 \cdot \text{Ln}^2\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)\right] \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} V_e(\varphi) = \cos^{2A}(\varphi - \varphi_k) \quad A=1, 2, \dots \\ V_o(\varphi) = V_e(\varphi) \cdot \text{sign}[\cos(\varphi - \varphi_k)] \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} F_e(\rho, \varphi) = V(\rho) \cdot V_e(\varphi) \\ F_o(\rho, \varphi) = j \cdot V(\rho) \cdot V_o(\varphi) \end{cases} \quad (6)$$

이들 함수가 극분리형 필터를 설계하는데 기준 함수가 되며, 2D QPS 필터 함수라 한다. ρ_0 변화는 스케일 변화에 상응하고, 대역폭 B는 중심 주파수 ρ_0 에 역비례한다.

그러나, 이와같은 QPS 필터의 커널쌍으로서 라디얼 가중 함수는 임의적 지수 함수에 근거하므로 에너지 손실 면에서 최적 특성을 갖는 이산 PSS의 응용이 가능하다.

III. 이산 Prolate Spheroidal Sequences

대역 제한된 신호 함수의 최소 에너지 손실은 PSWF로 분석할 수 있는데, 이와같은 PSWF는 $(-\infty, \infty)$ 구간 뿐 만아니라, 주어진 유한 구간에 걸쳐 직교 특성을 갖는 대역 제한된 함수의 집합이다. 즉, 구간 $T > 0$ 과 차단 주파수 $\omega_c > 0$ 이 주어 지는 경우, 다음 특성을 갖는 유한 실함수 집합 $\{\psi_0(x), \psi_1(x), \psi_2(x), \dots\}$ 과 양의 실수집합 $\{\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \dots | \lambda_0 > \lambda_1 > \lambda_2 > \dots\}$ 이 존재한다.

$$\lambda_i \psi_i(x) = \int_{-T/2}^{T/2} \frac{\sin \omega_c(x-s)}{\pi(x-s)} \psi_i(s) ds \quad (7)$$

식 (7)에 대한 해가 PSWF이며 일정값 λ_i 에 대해서만 해를 갖는다. 즉 각각의 λ_i 와 관련하여 단지 하나의 고유 함수 $\psi_i(x)$ 가 존재하며 각 고유치 λ_i 는 대역 제한된 함수의 에너지 비와 같다.

$$\lambda_i = \frac{\int_{-T/2}^{T/2} |\psi_i(x)|^2 dx}{\int_{-\infty}^{\infty} |\psi_i(x)|^2 dx} \quad i=0,1,2,\dots \quad (8)$$

이산의 경우에도 식 (7)과 유사하다. 즉 이산 유한 PSS는 λ_i 가 유한 값일때 다음 실수 해로써 정의 된다¹¹⁾.

$$\sum_{m=0}^{N-1} \frac{\sin(n-m)\pi\epsilon}{(n-m)\pi} h_m = \lambda_n h_n \quad n=0,1,\dots,M-1 \quad (9)$$

여기서, $\epsilon = M/N$

M은 대역 제한된 이산 함수의 차단 주파수에 상응하는 샘플점의 수이며, N은 전 구간 2π 주파수 범위에 상응하는 동일 함수의 샘플점의 수이다.

그러므로 ϵ 는 대역 제한된 순차열의 상대적 대역폭을 나타내며 식 (9)에 대한 해가 FPSS이다. 그리고 연속 함수와 유사하게 고유값 λ_n 는 그 에너지 비를 나타낸다.

$$\lambda_i = \frac{\sum_{k=0}^{M-1} |H_k|^2}{\sum_{k=0}^{N-1} |H_k|^2} \quad (10)$$

여기서 $H_k (k=0,1,2,\dots, N-1)$ 은 순차열 $h_n (n=0,1,$

$2,\dots,N-1)$ 에 대한 DFT이다.

이들 함수의 해를 위한 여러가지 알고리즘이 발표 되었으며, Slepian은 다음 행렬 형태로 FPSS에 대한 간략화된 계산 방법을 제안하였다.

$$(E - \lambda_k I) h^{(k)} = 0 \quad (11)$$

여기서 $h^{(k)}$ 는 각 고유치에 따른 벡터이며,

$$h^{(k)} = [h_0, h_1, \dots, h_{N-1}]^T \quad (12)$$

E는 식 (13)의 요소를 갖는 $N \cdot N$ 행렬이다.

$$e_{m,n} = \begin{cases} 1/2m(N-m) & n=m-1 \\ ((N-1)/2-m)^2 \cos 2\pi \omega_0 & n=m \\ 1/2(m+1)(N-1-m) & n=m+1 \\ 0 & |n-m| > 1 \\ m, n=0,1,\dots, N-1 \end{cases} \quad (13)$$

IV. 2-D FPSS QPS 필터 설계

본 논문에서의 개선된 2D QPS 필터도 푸리에 영역내 극좌표 상에서 분리 가능한 Knutsson 필터 함수에 근거하나, 필터의 커널쌍은 라디얼 가중 함수로서 최적 특성에 근사화되는 이산 PSS를 이용하며, 방향각 함수로서 라디얼 가중 함수로서 최적 특성에 근사화되는 이산 PSS를 이용하며, 방향각 함수로서 지수 감쇄 함수를 이용하여 이들의 곱으로 구성된다. 라디얼 가중 함수는 2D QPS 필터를 위한 Kuntsson 조건을 만족할 뿐만아니라 최소 에너지 손실 특성을 갖는 PSS를 사용하는데, 이것은 식 (11)의 최대 고유치에 상응하는 고유 벡터에 의해 주어지며 $V_N(\rho)$ 로 표기한다.

$$V_N(\rho) = \psi_0(\rho) \quad (14)$$

$$\psi_0(\rho) = F[\psi_0(x)] \quad (15)$$

또한, 주파수의 방향각 변화를 나타내는 방향성 가중 함수 $V_{1k}(\varphi)$ 와 $V_{1k0}(\varphi)$ 는 라디얼 가중 함수와 쿼드라췌쌍을 형성하는데, 이들은 두개의 지수 감쇄 함수 $V_1(\varphi)$ 와 $V_2(\varphi)$ 를 조합하므로써 식16 및 17과 같이 주어진다.

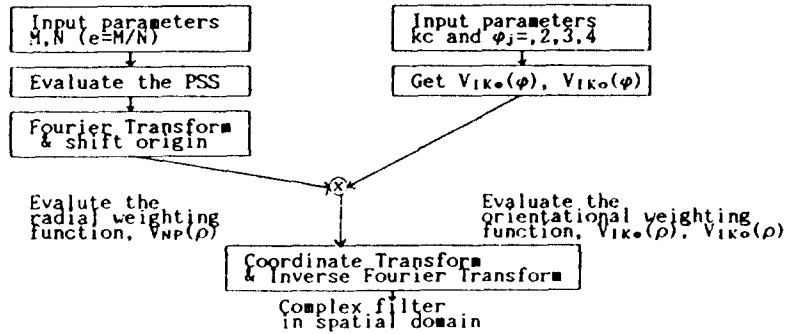


그림. 2 QPS 필터의 설계 단계
Fig. 2 Design steps of the QPS filter.

$$V_{IK_e}(\varphi) = V_1(\varphi) + V_2(\varphi) \quad (16)$$

$$V_{IK_o}(\varphi) = V_1(\varphi) - V_2(\varphi) \quad (17)$$

이러한 지수 감쇄 함수는 Slepian의해 발표된 1차 PSF(prolate spheroidal function)에 대한 푸리에 변환의 결과인 함수 ψ_1 와 유사하며, 식18 및 19와 같이 구성된다.

$$V_1(\varphi) = \begin{cases} e^{-kc \cdot (\varphi - \varphi_k)^2}, & \varphi \leq 180 + \varphi_k \\ e^{-kc \cdot (360 - \varphi + \varphi_k)^2}, & \varphi > 180 + \varphi_k \end{cases} \quad (18)$$

$$V_2(\varphi) = \begin{cases} e^{-kc \cdot (180 - \varphi_k + \varphi)^2}, & \varphi \leq \varphi_k \\ e^{-kc \cdot (\varphi - \varphi_k - 180)^2}, & \varphi > \varphi_k \end{cases} \quad (19)$$

여기서 φ_k 는 초기 위상이고 kc는 필터의 방향성 내역 폭을 제한하는 감쇄 계수이다.

그리고, 2개의 PSWF로 구성 되는 2-D 카테시안(cartesian) 분리형 필터가 에너지 손실면에서 최적 특성을 가지므로 설계되는 필터의 각함수도 라디얼 가중 함수인 식 (11)의 최대 고유치에 상응하는 PSS에 근사화되어야 한다.

또한 설계된 필터의 중심 주파수를 이동하므로써 라디얼 가중 함수 $V_N(\rho)$ 는 식 (21)과 같다.

$$V_{NP}(\rho) = \begin{cases} \psi_0(\rho - \rho_0) & \rho \geq \rho_0 \\ 0 & \rho < \rho_0 \end{cases} \quad (21)$$

식 (16) 및 (17), 그리고 식 (21)로 구성되는 2D 최적 QPS 필터 함수는 식 (22)과 같다.

$$F_{NPi}(\rho, \varphi) = V_{NP}(\rho) \cdot V_i(\varphi) \quad i=e, o \quad (22)$$

이와같은 커널쌍을 이용하여 2D QPS 필터를 설계 하는 순서도는 그림 2와 같다.

즉, FPSS로 부터 최대 고유치에 상응하는 고유벡터를 구한 다음 각함수와의 상호 적에 의해 2D QPS 필터 함수를 생성한다. 이들 필터의 응답 특성은 필터 길이 NF, 대역폭 HBW, 감쇄 정수 kc, 방향각 φ_k , 그리고 변이 정수 ROJP의 변화에 따른다.

그림 3은 필터 파라미터가 NF=48, HBW=0.5, kc=0.0056, $\varphi_k=0$, 그리고 $\rho_0=12$ 인 함수 $V_N(\rho)$, $V_{NP}(\rho)$, $V_{IK_e}(\varphi)$, $V_{IK_o}(\varphi)$ 의 응답 특성을 나타낸다.

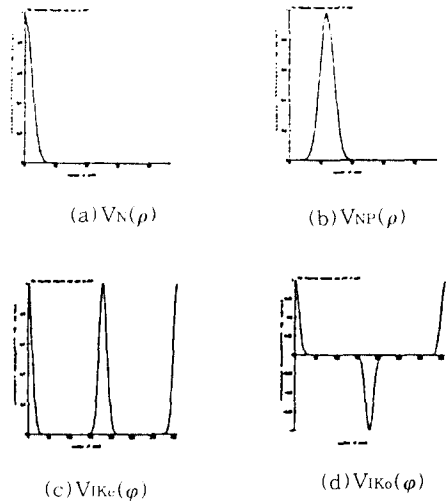


그림. 3 함수 $V_N(\rho)$, $V_{NP}(\rho)$, $V_{IK_e}(\varphi)$, $V_{IK_o}(\varphi)$ 의 특성
Fig. 3 Characteristics of the functions $V_N(\rho)$, $V_{NP}(\rho)$, $V_{IK_e}(\varphi)$, $V_{IK_o}(\varphi)$.

그리고, 그림 4는 $F_{NPc}(\rho, \varphi)$ 와 $F_{NPo}(\rho, \varphi)$ 에 대한 3D 주파수 응답이다.

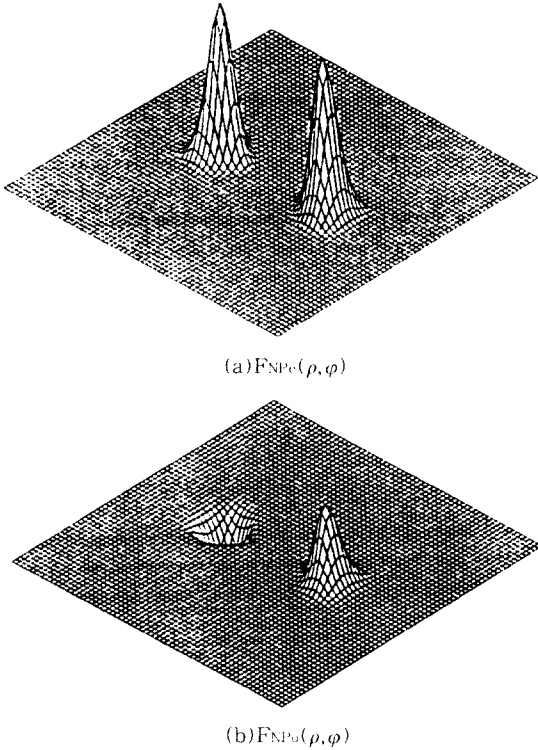


그림. 4 필터 함수 $F_{NPc}(\rho, \varphi)$ 와 $F_{NPo}(\rho, \varphi)$ 의 3D 주파수 응답

Fig. 4 3D frequency response of the filter functions $F_{NPc}(\rho, \varphi)$ and $F_{NPo}(\rho, \varphi)$.

필터는 이산 FPSS의 최대 고유치에 따른 고유 벡터를 라디얼 가중 함수로 사용하므로 에너지 손실 면에서 최적 특성을 나타내며, 필터 설계가 필터 길이, 대역폭, 감쇄 정수, 방향각, 그리고 변이 정수에만 의존하므로 제어가 용이하다. 그리고, 라디얼 가중 함수는 Knutsson의 임의적 지수 함수보다 논리적이다.

V. 응용

이상과 같이 설계된 2D QPS 필터는 조직 분석을 위한 오리엔테이션 필터를 구성하는데 이용되며, 이것은 조직 생성, 조직 방향각의 평가, 그리고 합성 조

직에 대한 세그멘테이션 등을 실행할 수 있다. 먼저, 시험 조직 생성을 위해 일정 방향각을 갖는 각각의 협대역 오리엔테이션 필터를 구성한 후 랜덤 잡음 영상으로 서스빅 데이터(Seismic data)를 이들 각각의 협대역 필터에 통과시켜 조직 영상을 생성한다.

그림 5는 랜덤 잡음 영상을 각 협대역 오리엔테이션 필터에 통과시켜 생성된 4부 조직을 합성한 시험 영상이다.

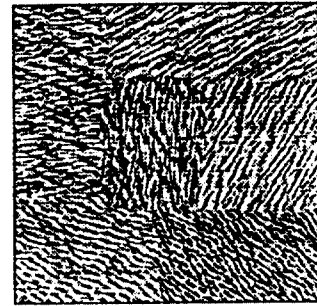


그림. 5 합성 조직 영상
Fig. 5 Synthesized texture image.

또한, 2D QPS 필터가 조직 방향과 주파수 성분에 관한 정보를 방출할 수 있으므로 다음 단계에 의해 조직의 방향각 측정 및 합성 조직 영상의 세그멘테이션에 응용된다.

1. 일련의 대역 통과 오리엔테이션 필터쌍을 구성한다. 실험에서 방향각이 각각 $\varphi_k=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$, 그리고 135° 인 4쌍의 오리엔테이션 필터를 구성하였다 (NF=10, HBW=0.3, ROJP=2, 그리고 $k_c=0.005$). 이러한 필터쌍의 중요한 주파수 특성은 시험 조직 영상의 생성을 위해 사용되는 필터에서보다 더 넓은 대역폭을 갖는다.

표 1은 생성된 시험 조직 영상을 이들 오리엔테이션 필터에 의해 측정된 방향각과 오차를 나타낸다. 최대 오차는 7.5° 이며 RMS오차는 3.464° 이다.

2. 4쌍의 오리엔테이션 필터를 이용하여 합성 조직 영상을 필터링한다. 필터링된 각각의 출력 영상은 그림 6과 같다.

3. 이때 필터링된 각 영상의 픽셀 성분은 필터 출력으로부터 계산된 에너지 값을 나타내는 다음과 같은 특성 벡터를 나타낸다.

Table. 1 Results of estimated local texture orientation.

No. of Text	1	2	3	4	5	6	7	8
True Ang.	0	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5
Esti. ang.	1	20	45	68	94	116	137	150
Error	1	2.5	0	0.5	4	3.5	2	7.5

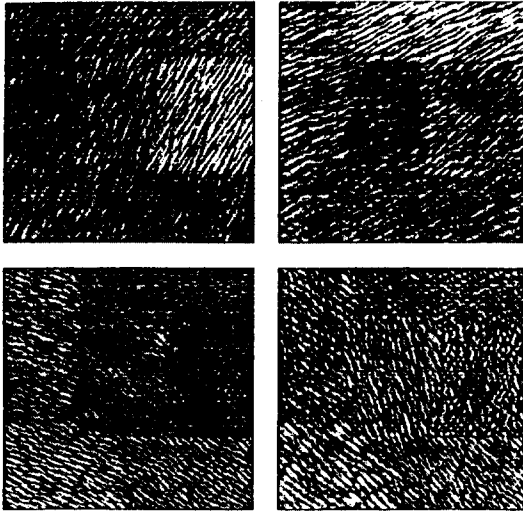


그림. 6 합성 조직 영상의 필터링된 출력
Fig. 6 Filtered outputs of synthesized texture image.

$$f(x,y)=[f_0(x,y), f_1(x,y), f_2(x,y), f_3(x,y)]^T \quad (32)$$

$$\text{단 } f_i(x,y)=((g(x,y)*h_{sc_i}(x,y))^2+(g(x,y)*h_{sv_i}(x,y))^2)^{1/2} \quad i=0,1,2,3 \quad (33)$$

여기서 $g(x,y)$ 는 입력 영상, *는 콘볼루션, h_s 는 카티시안 좌표로 변환된 필터의 임펄스 응답이다.

4. Spann & Wilson에 의해서 제안된 쿼드트리 분류 방식을 이용하여 합성 영상을 세그멘테이션한다 [10].

그림 7은 이와같은 세그멘테이션 과정을 나타내는 블록도이다.

그림 8은 이와같은 세그멘테이션 결과이다. 이들 결과는 시험 조직 생성에서 보다 더 넓은 대역폭의 필터를 사용하는 경우에도 방향각 측정 및 세그멘테이션 결과가 정확함을 나타낸다.

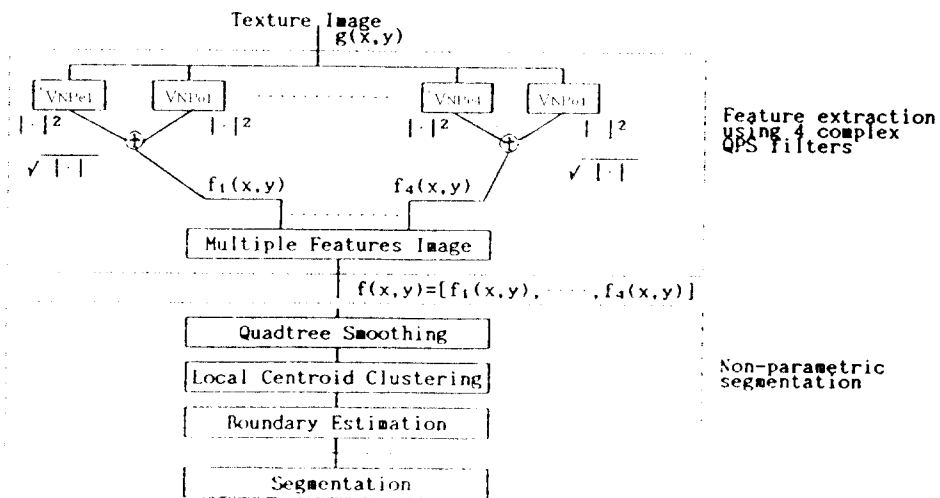


그림. 7 조직 영상 세그멘트를 위한 순서도
Fig. 7 Flow chart for the texture image segmentation.

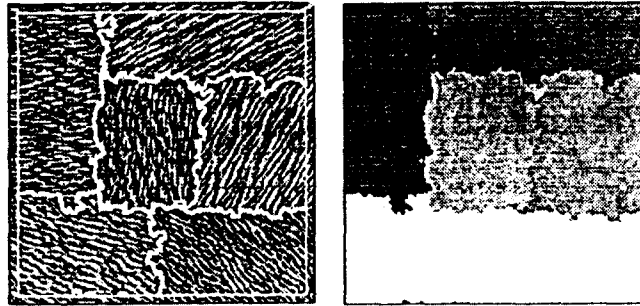


그림. 8 합성 조직 영상에 대한 세그멘트 결과
Fig. 8 Segmentation results of synthesized texture image.

VI. 결 론

조직 프로세싱을 위한 개선된 2-D QPS 필터가 논의되었다. 필터의 라디얼 가중 함수로서 에너지 손실 면에서 최적 특성을 갖는 이산 FPSS를 이용하였으며, 방향각 함수로 지수 감쇄 함수를 도입하여 라디얼 가중 함수에 근사화시키므로써 순환적 내장 특성을 갖는 필터를 설계하였다. 그리고, 응용으로서 설계된 2D QPS 필터에 의해 오리엔테이션 필터를 구성하여 방향성 조직을 생성하였고, 0°, 45°, 90°, 그리고 135°의 4개 방향의 QPS 필터 커널쌍으로부터 오리엔테이션 필터를 구성하여 생성된 조직의 방향 각 측정 및 합성 조직에 대한 세그멘테이션을 실행하였다.

필터 설계는 필터 길이가 주어지는 경우 특성이 대역폭, 감쇄 정수, 방향각, 그리고 변이 정수에만 의존하므로 제어가 용이하다. 응용에서 8개의 방향각에 대한 조직 생성 후 더 넓은 대역폭을 갖는 4쌍의 오리엔테이션 필터로 측정된 RMS 에러는 3.464°이었다. 그리고, 합성 조직이 세그멘테이션이 넓은 대역폭을 갖는 4쌍의 오리엔테이션 필터에 의해 실행될 수 있었으며, 그 결과 역시 효과적임을 보였다.

이와같은 결과는 설계된 필터가 조직 분석에 효과적인 도구로서 사용될 수 있음을 나타내며, 오리엔테이션 필터를 위한 커널쌍 확장으로 보다 다양한 방향성분의 실 조직 영상에 대한 세그멘테이션도 가능하다.

참 고 문 헌

1. J.D.Mathews, J.K.Breakall, and G.K.Karawas, "The discrete prolate spheroidal filter as a digital signal processing tool," IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. ASSP-33, no.6, pp.1471-1478, Dec, 1985.
2. D.W.Tufts and J.T.Francis, "Designing digital low-pass filters-comparison of some methods and criteria," IEEE Trans. Audio Electroacoust., vol.AU-18, pp.487-494, 1970.
3. K.S.Shanmugam, F.M.Dickey, and J.A.Green, "An optimal frequency domain filter for edge detection in digital pictures," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.PAMI 1, no.1, pp.37-49, January 1979.
4. M.R.Turner, "Texture discrimination by Gabor functions," Biol. Cybern., 55, pp.71-82, 1986.
5. I.Fogel and D.Sagi, "Gabor filter as texture discriminator," Biol. Cub., vol.61, pp.103-113, 1989.
6. H.Knutsson, "Filtering and reconstruction in image processing," Ph.D Dissertation, Linköping University, 1982.
7. H.Knutsson and G.H.Granlund, "Texture analysis using two dimensional quadrature filters," in Proc. IEEE Capaidm Workshop, CA., 1983.
8. A.Ikonomopoulos and M.Unser, "A directional filtering approach to texture discrimination," Proc. 7th Int. Conf. Pattern Recognition, Montreal, Montreal, pp.87-89, 1984.
9. R.Wilson and M.Spann, "Finite prolate spheroidal wave functions as a basis for image processing," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.PAMI 1, no.1, pp.37-49, January 1979.

- roidal 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.
10. R. Wilson, "Finite prolate spheroidal sequences and their application I : generation and properties," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. PAMI 9, no.6, pp.787-795, November 1987.
 11. D.Slepian and H.O.Pollak, "Prolate spheroidal wave function, fourier analysis and uncertainty - I, IV and V," Bell Syst. Tech.J., vol. 40, pp.43-64, 1961, vol.43, pp.3009-3057, 1964, and vol.57, pp.1371-1430, 1978.
 12. A.Papoulis and M.S.Bertran, "Digital filtering and prolate functions," IEEE Trans on Circuit Theory, vol.CT-19, no.6, pp.674-681, November 1972.
 13. D.Slepian, "Some asymptotic expansions for prolate spheroidal wave functions," J. Math. Phys. MIT, vol.44, pp.95-99, 1965.
 14. D.Slepian and E.Sonnenblick, "Eigen values associated with prolate spheroidal wave functions of zero order," Bell Syst. Tech. J., vol.44, pp.93-99, 1965.
 15. 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.

※이 논문은 1991년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모(지방대학 육성)과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음



李相信(Sang Shin LEE) 正會員

1952年 8月 17日生

1982. 2 : 조선대학교 공과대학 전자공학과(공학사)

1984. 2 : 조선대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1992. 2 : 조선대학교 대학원 전기공학과 전자전공 박사과정 수료

1984. 3~현재 : 울산실업전문대학 전자계산과 부교수

※주관심분야 : 디지털 시스템 설계, 디지털 신호 처리



文庸善(Yong Sun MOON) 정회원

1960년 1월 4일생

1983. 2 : 조선대학교 공과대학 전자공학과(공학사)

1989. 2 : 조선대학교 대학원 전기공학과 전자전공(공학박사)

1985. 3.~1992. 2 : 조선대학교 공과대학 전자공학과 조교

1998년 : 日本 東北大學 電子工學科 研究員

1992. 3~현재 : 조선대학교 공과대학 전자공학과 전임강사

※주관심분야 : 제어 및 신경회로망, 다차원 DSP, FRACTAL 이론



朴鍾安(Jong An PARK) 정회원

1952년 7월 7일생

1975. 2 : 조선대학교 공과대학 전자공학과(공학사)

1986. 2 : 조선대학교 대학원 전기공학과(공학박사)

1983. 8~1984. 8 : 미국 Massachusetts 주립대학 객원교수

1990. 3~1991. 3 : 영국 Surrey대학교 전자공학과 객원교수

1975. 3~현재 : 조선대학교 공과대학 전자공학과 부교수

※주관심분야 : 디지털 시스템 설계, 디지털 신호처리