

페이지 정보를 이용한 텍스처 영상 분할 연구

오 석*

A Study of Textured Image Segmentation using Phase Information

Suk Oh*

요 약

텍스처 영상을 표현할 수 있는 새로운 특징(feature)의 개발은 텍스처 영상 연구에서 가장 중요한 분야 중 하나이다. 모든 종류의 텍스처 영상을 표현하는 완벽한 특징의 집합을 정립하는 것은 불가능하여 텍스처 영상을 분석하는 분야에 따라 적절한 텍스처 특징을 사용하여야 하기 때문이다. 본 논문의 첫 번째 연구 목적은 텍스처 영상을 분할하는데 유용한 새로운 텍스처 특징을 찾아내는 것이다. 실험 텍스처를 통해 본 논문에서 제안하는 새로운 특징의 영상 분할에서의 유용성 검증도 제시하였다. 한편 본 논문에서 제안한 텍스처 특징은 페이지의 미분 데이터이다. 페이지 정보는 텍스처에 가버 함수를 필터로 적용한 결과 영상으로부터 구해지는데, 페이지 정보는 지금까지 텍스처 특징으로 사용하기에는 적절하지 않다고 알려져 왔으며 관련 연구도 미미한 상태이다. 그 이유는 페이지 정보를 계산하는 방법으로 역탄젠트 오퍼레이터를 적용하여 구하는데, 이렇게 구한 페이지 값은 $-\pi/2$ 와 $\pi/2$ 범위에서 정의되는 불연속 값들이기 때문이다. 이러한 불연속적인 페이지 데이터는 텍스처에 대한 정보를 적절하게 표현하지 못하고 왜곡된 정보를 만든다. 물론 불연속적인 페이지 데이터를 연속적인 페이지 데이터로 변환하는 언래핑은 이론적으로는 불연속의 문제를 해결하지만 실제적인 적용에서는 문제점을 노출시킨다. 즉 실수와 허수 부분이 모두 0인 지점을 중심으로 페이지 불연속을 해결하는 과정에 따라 상이한 페이지 데이터의 값들이 도출되어 정보가 왜곡된다. 본 논문의 두 번째 연구 목적은 이러한 단점을 근본적으로 회피하는 다른 방법을 찾는 것이다. 본 연구에서 제안하는 새로운 방법은 불연속적인 페이지를 왜곡되고 복잡한 언래핑을 거치지 않고 바로 미분함으로써 영상분할에 필요한 데이터를 도출하는 것이다. 페이지 미분 방식은 페이지 언래핑 절차를 필요로 하지 않기 때문에 언래핑의 왜곡을 회피하고, 알고리즘이 매우 간단해지며, 가버함수에 적용하는 필터도 자유롭게 선택할 수 있다는 장점을 가진다. 본 논문에서는 제시하는 방법의 유용성을 검증하기 위해 가버 필터를 적용하여 도출된 결과 영상으로부터 새롭게 제시한 방법으로 계산한 페이지로 구성된 특징 벡터를 구해 텍스처 영상의 분할에 이용하였다. 실험 결과를 통해 본 논문에서 제시한 새로운 방식이 텍스처 영상분할에 필요한 유용한 정보를 생성하는 것을 확인할 수 있었다.

▶ Keyword : 텍스처 영상 분할, 가버 필터, 텍스처 특징, 페이지 미분 방식, 특징 벡터

• 제1저자 : 오석

• 투고일 : 2010. 11. 07, 심사일 : 2010. 11. 09, 게재확정일 : 2010. 11. 16.

*명지전문대 정보통신과 부교수(Dept. of Information Technology and Communication, Myongji College)

Abstract

Finding a new set of features representing textured images is one of the most important studies in textured image analysis. This is because it is impossible to construct a perfect set of features representing every textured image, and it is inevitable to choose some relevant features which are efficient to on-going image processing jobs. This paper intends to find relevant features which are efficient to textured image segmentation. In this regards, this paper presents a different method for the segmentation of textured images based on the Gabor filter. Gabor filter is known to be a very efficient and effective tool which represents human visual system for texture analysis. Filtering a real-valued input image by the Gabor filter results in complex-valued output data defined in the spatial frequency domain. This complex value, as usual, gives the module and the phase. This paper focused its attention on the phase information, rather than the module information. In fact, the module information is considered very useful at region analysis in texture, while the phase information was considered almost of no use. But this paper shows that the phase information can also be fully useful and effective at region analysis in texture, once a good method introduced. We now propose "phase derivated method", which is an efficient and effective way to compute the useful phase information directly from the filtered value. This new method reduces effectively computing burden and widen applicable textured images.

▶ Keyword : Texture Image Segmentation, Gabor filter, Texture feature, Phase Derivated Method, Feature Vector

1. 서론

텍스처는 컴퓨터 비전 분야에서 많이 다루어지는 대상으로 텍스처 영상 분석 연구는 지난 40년 전부터 다양한 접근방식을 제안하는 수많은 논문들[1-3]이 소개되어 왔다. 특히 텍스처 영상을 다루는 문제에서 같은 텍스처를 가지고 있는 영역들끼리 구분하거나 그 경계선을 파악하는 텍스처 분할(segmentation)에 대한 연구가 가장 활발히 진행되어 왔다. 이러한 텍스처 분할에서 가장 중요한 작업 중 하나는 영상에 포함되어 있는 영역들에 대한 정보를 요약할 수 있는 의미 있는 텍스처 특징(feature)의 추출이다. 본 논문에서는 지금까지 텍스처 영상 분할에서 다루지 않았던 새로운 특징을 제안하여 인공 텍스처 영상, 브로다츠(Brodatz) 영상, 항공사진, 지도 영상 등에 적용하여 실험하였다.

본 논문은 멀티채널 필터링(multi-channel filtering)이라고 알려진 텍스처 분석 기법을 이용한다. 이 기법은 인간 시각 시스템의 초기 단계인 시각 정보 처리의 멀티채널 필터링 이론을 기반으로 한다[4]. 어떠한 환경 하에서도 텍스처를 분석하는데는 인간 시각 시스템이 기계보다 더 효과적이며 더 효율적인 시스템이라고 알려져 왔다[5]. 인간의 시각시스템

은 외부로부터 들어오는 빛을 모아 망막이라는 한 부분에 전달하여 시신경을 거쳐 머리의 뒷부분에 위치해 있는 시각피질에 이르면 이것을 대뇌에 전달하여 시각 정보를 총체적으로 종합해서 영상을 인식한다. 이 시각 정보는 시각 피질을 구성하는 17구역의 단세포에서 아주 짧은 시간에 처리되며, 이 과정이 하부레벨시각 즉 무의식 비전에 해당한다. 이들 각각의 단세포는 외부영상에 대해 하나의 필터 작용을 하며 그들의 반응이 가버(Gabor) 함수와 상당히 가깝다는 연구결과가 실험을 통해 여러 차례 증명되어 왔다[6].

입력 영상에 가버 필터를 적용하면 허수 값의 공간영역으로 변환할 수 있다. 가버 필터를 적용하여 얻은 허수 값의 결과 영상으로부터 모듈(module)과 페이즈(phase) 정보를 추출할 수 있다. 많은 논문들[2,7,8]에서 모듈 정보를 텍스처 분류나 분할 연구에 사용하여 그 유용성을 증명하였다. 그에 반해 페이즈는 텍스처 분할이나 분류에 텍스처 특징으로 적합하지 않다고 알려져 왔다. 공간영역에서의 페이즈 계산 방법은 전통적으로 역탄젠트 오퍼레이터를 적용하여 구하는데, 이렇게 구하는 페이즈 값은 $-\pi/2$ 와 $\pi/2$ 범위에서 랩핑(wrapping)되어 불연속 값을 갖는다. 불연속 값의 페이즈 정보는 텍스처에 대한 정보를 적절하게 표현하지 못하고 왜곡된 정보를 만든다. 이 문제를 해결하고자 랩핑되는 페이즈로

부터 언래핑(unwrap) 절차를 거쳐 텍스처 특징으로 유용한 지역적 페이지(local phase)를 구해 텍스처 분할에 사용하는 연구[9-11]가 있었지만, 실수와 허수 부분이 모두 0인 지점이 있는 곳에서는 구하는 방향에 따라 값들이 달라지기 때문에 정보의 왜곡 현상이 불가피하다[9-11].

본 논문에서는 같은 텍스처를 가지고 있는 영역들을 구분하는 텍스처 영상 분할에 사용할 수 있는 유용하면서 정확한 페이지 정보를 구하기 위해 페이지 미분 방식을 제안한다. 본 논문에서 제안하고 있는 페이지 미분 방식은 페이지를 계산하는 오퍼레이터인 역탄젠트 함수를 직접 미분함으로써 구한다. 가버 필터를 적용한 결과 영상으로부터 직접적으로 계산된 페이지를 텍스처 영상을 분할하기 위한 특징(feature)으로 이용하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 텍스처 분석과 관련된 인간시각시스템을 살펴보고 본 텍스처 영상 분할 시스템에 적용할 필터 설계에 대해 기술한다. 3장에서는 2장에서 기술한 가버 필터를 적용하여 얻어진 결과 영상으로부터 본 논문에서 제안하는 새로운 특징 추출 방법을 관련 이론과 함께 기술한다. 4장은 2장에서 기술한 필터와 3장에서 제시된 텍스처 특징을 기반으로 텍스처 영상을 분할하는 알고리즘을 제시하고, 실제 텍스처 영상에 실험을 통하여 얻은 결과를 포함한다. 5장에서는 논문의 결론을 제시한다.

II. 필터 설계

텍스처는 인간의 시각 능력 본질과 그 메카니즘을 규명하기 위해 이미 수세기 전부터 심리학자나 신경생리학자들에 의해 집중적으로 연구되어 왔다. 이들의 연구결과에 의하면 인간 시각은 무의식 비전(preattentive vision)과 의식 비전(attentive vision)이란 두 종류의 메카니즘으로 구성되어 있다고 가정하고 있다[5]. 무의식 비전과 의식 비전의 가장 큰 차이점은 영상을 바라보고 판단하는데 걸리는 시간 차이로 무의식 비전은 영상을 바라보는 그 즉시 파악되는 것을 말하며 이것은 시선집중을 요구하지 않는 아주 짧은 시간 동안에 일어난다. 무의식 비전에 속하는 행위로는 텍스처 영상 분할이나 바탕과 물체사이의 관계 파악 등이다. 그에 반해 의식 비전은 시선집중이 요구되며 물체를 판단하기 위해서는 어느 정도의 시간이 소요되며 사물들 사이의 관계를 결정하고 그 내용을 파악하는 등의 영상 인식이 이에 해당되는데 무의식 비전으로부터 나오는 정보를 이용한다.

텍스처 영상 분할이 이루어지는 무의식 비전은 인간 시각 시스템의 첫 번째 관문인 시각 피질을 구성하는 17구역의 단

세포(simple cell)에서 이루어지며, 이 세포는 외부영상에 대해 특별한 범위의 주파수와 방향에만 반응하는 필터의 역할을 한다. 이들 단세포의 반응이 가버 함수와 상당히 가깝다는 연구결과가 실험을 통해 여러 차례 증명되어 왔다[6].

가버 함수는 신호를 시간적 영역과 공간적 영역에서 표현하게 될 때 불확실성 관계를 고려해서 각각의 영역에 표현되는 차이, 즉 상호작용을 최소화시키기 위해 사용하도록 제시된 일종의 신호군단이다. 가버 함수는 부호만 다른 두 개의 가우시안 함수에 의해 변조되는 정현 함수로 기본 구성함수가 다음과 같이 표현된다.

$$g_c(x) = \exp\left[-\frac{(x-x_n)^2}{4\sigma^2}\right] \cos[2\pi u_m(x-x_n)]$$

..... (1)

$$g_s(x) = \exp\left[-\frac{(x-x_n)^2}{4\sigma^2}\right] \sin[2\pi u_m(x-x_n)]$$

..... (2)

이 두 신호는 공간적 주파수 $u=um$ 에 대해 $x=xn$ 의 위치를 중심으로 하여 편차 σ 에 의해 집중의 정도가 결정되는 가우시안 모양을 한다. 위의 두 함수는 가버 기본 함수로 실수 값을 갖는다. 이 두 함수를 정규화하여 허수(complex) 형식으로 표현하면 1차원 가버 함수는 수식 (3)과 같다.

$$g(x) = g_c(x) + jg_s(x) = (2\pi^2\sigma^2)^{-\frac{1}{4}} \exp\left[-\frac{(x-x_n)}{4\sigma^2} + 2\pi ju_m(x-x_n)\right]$$

..... (3)

이것은 주파수 um 을 가지는 신호를 xn 의 위치에서 σ 를 가진 가우시안에 의하여 변조된 곡선이다.

필터링을 수학적 형태로 묘사하면 영상의 디지털 값을 가지고 있는 입력 영상을 $i_0(x,y)$ 로 표기하고 필터를 $g(x,y)$ 로 표기할 때 필터링은 이 두 함수의 컨벌루션(convolution)으로 이루어진다.

$$i_1(x,y) = i_0(x,y) \otimes g(x,y)$$

..... (4)

$$= I(f_x, f_y) * G(f_x, f_y)$$

..... (5)

수식 (4)와 같은 컨벌루션 형태는 사실상 수식 (5)와 같은 형태로 다시 표현할 수 있다. 그러나 컨벌루션을 수행하는데는 시간이 많이 소요되므로 시간을 절약하기 위해 필터링을

주파수 영역에서 실행한다. 수식 (4)의 가버 함수는 공간영역에서는 허수 값을 갖는 정현곡선이지만 주파수영역에서는 가우시안 함수의 형태이다.

2차원 영상을 위한 가버 필터의 정의는 1차원 가버 함수가 주파수영역에서 가우시안 함수이므로 주파수와 방향의 2개의 매개변수를 각각 독립된 1차원 가우시안 함수로 정의하여 곱한다[11]. 이렇게 함으로써 영상의 2차원 성질을 만족하는 필터를 다음처럼 설계한다.

$$F_{\rho_{mi}, \theta_{mj}}(\rho, \theta) = F_{\rho_{mi}}(\rho) * F_{\theta_{mj}}(\theta) \dots\dots\dots (6)$$

$$F_{\theta_{mj}}(\theta) = \exp\left[-\frac{(\theta - \theta_{mj})^2}{2\sigma_\theta^2}\right] \dots\dots\dots (7)$$

수식 (6)에서 ρ 는 주파수, θ 는 방향을 의미하고 ρ_{mi} 와 θ_{mj} 는 각기 (i,j) 필터의 i번째 최적 주파수와 j번째 최적 방향을 의미한다. i와 j의 범위는 $0 \leq i \leq M-1$ 와 $0 \leq j \leq N-1$ 로 M과 N은 각기 적용할 필터의 최적 주파수 숫자와 최적 방향의 숫자를 의미한다. 따라서 적용할 수 있는 필터 집합은 주파수 M개와 방향 N개의 곱인 P개로 이루어진다.

III. 페이즈 정보

가버 필터링한 후의 결과 영상인 수식(4)의 $i_1(x,y)$ 는 모듈과 페이즈로 표현될 수도 있고 또한 실수부분과 허수부분으로도 표현할 수 있다.

$$i_1(x, y) = |\rho(x, y)|e^{j\phi(x, y)} \dots\dots\dots (8)$$

$$= Re(x, y) + jIm(x, y) \dots\dots\dots (9)$$

수식 (9)로부터 고전적인 방법을 이용하여 모듈(수식 10)과 페이즈(수식 11)를 구한다.

$$|i_1(x, y)| = \sqrt{[Re(x, y)]^2 + [Im(x, y)]^2} \dots\dots\dots (10)$$

$$\varphi_{v.p}(x, y) = \arctan\left[\frac{Im(x, y)}{Re(x, y)}\right] \dots\dots\dots (11)$$

수식 (10)를 통해 구하는 모듈은 지금까지 텍스처 특징으로 많이 이용되어 왔다. 페이즈는 수식 (11)에서처럼 전통적으로 역탄젠트를 적용해서 구하는데, 이 역탄젠트 오퍼레이터는 페이즈의 값을 $-\pi/2$ 와 $\pi/2$ 사이에만 국한시킨다.

아래 그림 2는 256*256 크기의 텍스처 영상(그림 1)에 필터의 방향이 0°인 가버 필터를 적용하여 얻은 결과 영상으로부터 수식 (11)을 이용하여 구한 페이즈 값으로 이루어진 영상이다. 이렇게 역탄젠트 오퍼레이터를 적용하여 구한 페이즈는 $-\pi/2$ 와 $\pi/2$ 의 범위에서 램핑되어 텍스처 정보로써 사용할 수 없다.

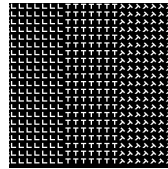


그림 1. 텍스처 영상
Fig. 1. Textured Image

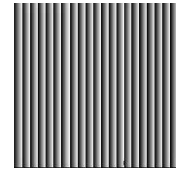


그림 2. 페이즈 영상
Fig. 2. Phase Image

수식 (11)에서 분모와 분자의 부호를 다음과 같이 이용하면 이 한정된 범위를 $(-\pi, +\pi)$ 까지 확장할 수는 있다.

$$a \geq 0, b > 0 \text{ 이면 } \arctan(a/b) = \phi_{v.p}(x, y)$$

$$a \geq 0, b < 0 \text{ 이면 } \arctan(a/b) = \pi - \phi_{v.p}(x, y)$$

$$a < 0, b < 0 \text{ 이면 } \arctan(a/b) = \pi + \phi_{v.p}(x, y)$$

$$a < 0, b > 0 \text{ 이면 } \arctan(a/b) = 2\pi - \phi_{v.p}(x, y)$$

그러나 아무리 확장을 해도 이렇게 구한 페이즈 값은 그 한계를 갖게 되며, 이것은 $\pm\pi$ 값만큼의 페이즈의 불연속을 낳게 되어 정보를 왜곡시킨다. 이러한 페이즈($\phi_{v.p}(x, y)$)를 램핑 페이즈(wrapped phase)라 한다.

반면에 왜곡되지 않은 페이즈, 즉 $(-\infty, +\infty)$ 의 범위를 갖는 수식 (8)의 $\phi(x, y)$ 를 언랩 페이즈(unwrapped phase)라 한다. 따라서 텍스처 특징으로 사용하기 위해 왜곡되지 않은 정보를 가지고 있는 유용한 페이즈를 구하기 위해서는 페이즈 언랩핑이라는 절차가 필요하다. 페이즈 정보를 텍스처 특징으로 사용한 기존의 연구들[9-11]에서는 페이즈 언랩핑 절차를 거쳐 텍스처 특징으로 사용할 수 있는 로컬 페이즈(local phase)를 구함으로써 이 특징을 이용하여 텍스처 영역의 경계선을 파악하는데 이용하였다. 특히 로컬 페이즈는 그림 3과 그림 4와 같은 텍스처 영상에서 텍스처 영역의 경계선과 텍스처 영역과는 다른 값을 갖게 된다. 이 점을 이용하여 텍스처 영역의 경계선을 찾을 수 있게 된다.

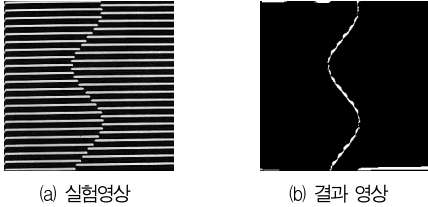


그림 3. 텍스처 영상
Fig. 3. Textured Image

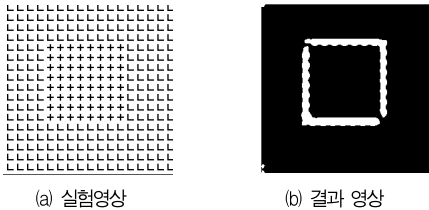


그림 4. 텍스처 영상
Fig. 4. Textured Image

로컬 페이지는 텍스처 영상에서 텍셀(texel)이 어긋난 지역의 경계선을 파악하는데 매우 유용한 특징임에는 분명하다. 그러나 로컬 페이지를 구하는데 필요한 페이지 언래핑은 실수 부분과 허수 부분이 동시에 모두 0을 갖는 영점(zero point)으로 인해 복잡하고 미묘한 문제를 안고 있다. 즉 영점이 존재하는 곳에는 방향에 따라 페이지 언래핑 값들이 달라지기 때문에 역탄젠트에 의해 구해지는 페이지처럼 역시 비슷한 정보 왜곡의 효과를 가져온다[9]. 이 영점의 문제를 해결하기 위해서는 영점이 쌍으로 나타나는 특징을 이용하여 영점의 위치를 파악해서 해결해 주어야 한다. 그러나 영점의 개수가 적을 때는 크게 문제가 되지 않지만 실험에 의하면 4*6개에서도 계산이 복잡해지고 해결이 불가능해진다[11].

본 논문에서는 페이지의 언래핑 절차를 필요로 하지 않고, 즉 실수 부분과 허수 부분이 동시에 모두 0을 갖는 영점(zero point)의 문제를 피하면서 텍스처 특징으로 유용한 페이지를 제안한다. 제안하는 페이지는 필터 처리가 된 결과 영상에서 직접적으로 계산하는, 간단하고 정밀한 페이지를 구할 수 있는 페이지 미분방식이다.

본 논문에서 제안하고 있는 페이지 미분 방식은 페이지를 계산하는 오퍼레이터인 역탄젠트 함수를 직접 미분한다. 먼저 아래의 고전적인 수학 공식을 상기해 보자.

$$\frac{d[\arctan(x)]}{dx} = \frac{1}{1+x^2} \quad \dots \quad (12)$$

수식 (12)를 이용하여 페이지를 x에 대해 미분한 수식을 (13)과 같이 정리할 수 있다.

$$\begin{aligned} \varphi_x(x,y) &= \frac{\delta[\varphi(x,y)]}{\delta x} \\ &= \frac{Im[i_1^*(x,y) \cdot i_{1x}(x,y)]}{|i_1(x,y)|^2} \quad \dots(13) \end{aligned}$$

수식 (13)에서 $i_{1x}(x,y)$ 는 결과 영상 $i_1(x,y)$ 를 x로 미분한 함수이고 $i_1^*(x,y)$ 는 결과 영상의 켤레켄지트(conjugate)이다. 따라서 우리가 제안한 텍스처 특징으로써 사용하는 페이지는 수식 (13)의 $\varphi_x(x,y)$ 과 y축으로 미분한 $\varphi_y(x,y)$ 의 합으로 필터의 방향을 θ 로 적용하면 다음과 같다.

$$D_\theta[\varphi(x,y)] = \varphi_x(x,y) \cos\theta + \varphi_y(x,y) \sin\theta \quad \dots(14)$$

따라서 본 논문에서 제안한 텍스처 특징으로 사용할 페이지 미분은 필터의 방향을 적용하여 수식 (14)을 통해 구한다.

IV. 알고리즘 및 실험결과

본 논문에서 제안한 시스템은 입력되는 텍스처 영상에 가버 함수를 필터로 적용함으로써 얻어지는 결과 영상으로부터 얻어지는 텍스처 특징을 이용하여 텍스처 영역을 분할하는 알고리즘을 제안한다. 다음은 본 시스템의 구체적 알고리즘이다.

- 1) 영상의 크기에 따라 이미 정해진 P개의 필터군을 동시에 적용해서 각각의 픽셀에 P개의 특징으로 벡터화한다.
- 2) 각 픽셀의 특징 벡터간의 유클리디안 거리를 계산하여 10개 미만의 K개의 그룹으로 분류한다.
- 3) 픽셀 주위 그룹의 종류를 파악하여 주위의 픽셀들끼리 같은 그룹을 형성하도록 하면서 비슷한 그룹들간에는 합병을 한다.
- 4) 최종 남은 그룹들에 각각 하나의 색깔을 주어 지역 분할을 한다.

본 시스템에서 가장 중요한 단계인 필터링에서 필터의 선택은 가장 큰 문제로 텍스처는 고유의 최적 주파수와 최적 방향을 가지고 있다. 일반적으로 주파수 영역에서 역울 스펙트럼의 최대점(E(ux,vy))을 이용하여 텍스처의 최적 주파수와 최적 방향은 수식 (15)에서와 같이 구한다.

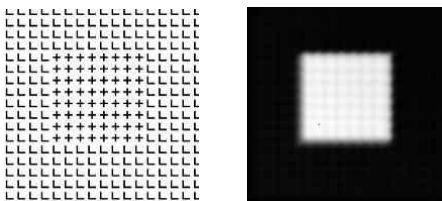
$$\rho = \sqrt{u_x^2 + v_y^2}, \quad \theta = \arctan\left(\frac{v_y}{u_y}\right) \quad \dots(15)$$

그러나 역률 스펙트럼의 최대점은 여러 개의 텍스처를 가진 영상에서도 하나 밖에 구하지 못한다는 단점이 있으며 또한 텍스처의 구성인 픽셀이 방향성이 없거나 배열이 불규칙한 경우에는 최대점이 텍스처의 최적 주파수와 최적 방향에 대한 정보를 가지고 있다고 보기에는 어렵다[11].

본 시스템에서는 영상의 크기에 비례하는 고정된 필터 집합을 지정하여 사용한다. 필터 집합에서 최적의 주파수는 영상의 크기에 비례한다. 영상의 크기가 $N \times N$ 인 경우 유용한 주파수는 $N/4$ (pixels/degree) 이내에 존재한다[12]. 또한 제일 낮은 주파수를 적용할 경우 텍스처 특징으로부터 오히려 텍스처에 대한 정보를 잃어버리기 때문에 필터 집합에서 제외한다. 따라서 영상의 크기가 128×128 픽셀인 경우 최적 주파수는 32, 16, 8 pixels/degree의 3개로 결정되고, 최적의 방향은 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 의 4개로 한정되어 12개의 필터로 구성되는 P개의 필터 집합이 된다. 따라서 입력 영상에 P개의 필터를 적용해 수식 (14)에서처럼 얻어지는 특징은 한 픽셀당 P개의 특징 벡터를 이룬다.

본 논문에서 제안한 텍스처 영상 분할 시스템의 성능 평가를 위해 실험영상으로 인공 텍스처 영상, 브로다츠(Brodatz) 영상, 항공사진, 지도 영상 등에 적용하였다. 실험한 모든 영상은 칼라 영상이 아닌 256 명암도 수치로 표현된 흑백 영상만을 다룬다. 본 논문에서 제안한 방법을 실험 영상을 대상으로 본 시스템에 적용한 결과 필터 집합에서 가장 높은 주파수만을 적용하여 얻은 결과가 모든 가능한 필터를 적용하여 얻어진 결과보다 더 좋은 결과를 보여주었다.

그림 5는 'L'과 '+'로 이루어진 텍스처 영상으로 실험 영상에 최적 주파수 64 pixels과 최적 방향 $0^\circ, 90^\circ$ 의 2개의 필터를 적용하여 결과 영상인 그림 5(b)를 얻었다.

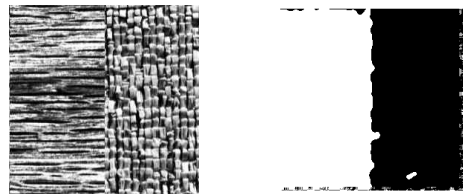


(a) 실험영상 (b) 결과 영상
그림 5. 인공 텍스처 영상
Fig. 5. Artificial Textured Image

브로다츠 사진 앨범[13]은 새로운 텍스처 분석 알고리즘

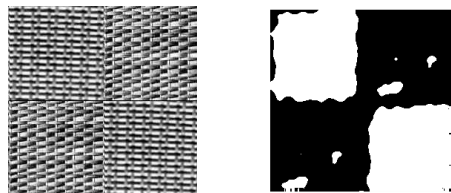
을 제안하는 논문에서 알고리즘의 성능 평가를 위해 실험 영상으로 많이 이용된다. 이 앨범에는 유사한 텍스처 들을 많이 포함되어 있고 다양한 종류의 양질의 텍스처들로 구성되어 있다. 본 시스템의 성능을 실험하기 위해 먼저 브로다츠 사진 앨범에서 실험 대상이 되는 텍스처 영상을 스캐너로 디지털화한 후 일부분을 추출하여 실험 가능하도록 영상들을 조합하였다.

아래 그림 6(a) 실험 영상은 왼쪽은 D68(wood grain), 오른쪽은 D84(raffia looped to a high pile)로 이루어진 256×256 크기의 브로다츠 영상이다. 그림 6(a)의 실험 영상에 최적 주파수 64(pixels/degree)와 두 개의 최적 방향 $0^\circ, 90^\circ$ 의 필터를 적용하여 텍스처 분할 시스템을 적용하면 그림 6(b)와 같은 최종 결과 영상으로 대부분의 2개의 그룹으로 분할되어 있음을 볼 수 있다.



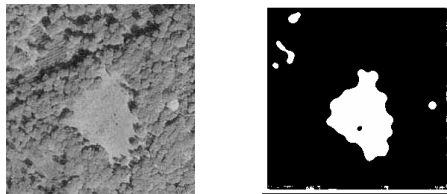
(a) 실험영상 (b) 결과 영상
그림 6. 브로다츠 앨범의 텍스처 영상
Fig. 6. Textured Image in Brodatz Album

비슷한 텍스처로 이루어진 그림 7(a)는 왼쪽 상단의 D55(straw matting)와 오른쪽 상단의 D53(Oriental straw cloth)이며 다시 하단에 서로 위치를 바꾸어 배치된 256×256 크기의 브로다츠 영상이다. 최적 주파수 64 pixels과 최적 방향 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 의 4개의 필터를 적용하여 최종 결과 영상인 그림 7(b)를 얻었다. 원본 영상이 4개의 지역으로 이루어졌으나 실제적으로 2 종류의 텍스처로 이루어져 결과 영상도 2개의 지역으로 나누어졌음을 볼 수가 있다. 비슷한 형태의 텍스처 영상이 완전히 다른 텍스처로 이루어진 실험 영상보다 훨씬 잡음이 많았다.



(a) 실험영상 (b) 결과 영상
그림 7. 브로다츠 앨범의 텍스처 영상
Fig. 7. Textured Image in Brodatz Album

그림 8(a)는 프랑스의 국립지도협회(I.G.N)에서 제공한 디지털 영상[11]으로 프랑스 지역의 항공사진이다. 그림 8(a)는 3만분 1의 축도로 제작한 프랑스 동쪽 지역인 사토-티에리(Chateau-Thierry) 지역의 일부분만 추출하여 만든 항공 영상이다. 가운데 부분은 숲지역으로 다른 부분과 구별된다. 256*256 크기의 그림 8(a)를 4개의 필터(주파수 64 pixels/degree, 4개의 방향)를 적용하여 얻은 최종 결과는 그림 8(b)이다.



(a) 실험영상 (b) 결과 영상

그림 8. 항공 영상
Fig. 8. Aerial Image

V. 결론

본 논문에서는 텍스처 영상을 표현할 수 있는 새로운 텍스처 특징을 제안하고, 제안한 텍스처 특징을 사용하여 텍스처 영상 분할 시스템에 적용해 봄으로써 그 유용성을 증명하였다. 본 논문에서 제안한 텍스처 특징은 2차원의 이미지에 가버 필터링을 적용한 결과인 허수 값의 공간 영역에서 직접적으로 구하는 페이지 미분이다. 가버 필터링을 적용한 후 구할 수 있는 정보로 모듈과 페이지 중 텍스처 특징으로 거의 사용하지 않는 페이지 정보를 연구하고, 텍스처 분할에 유용하게 사용할 수 있는 페이지 미분 방식을 제안하였다. 최근 페이지 정보를 이용한 텍스처 분류(classification) 연구[14]에서도 페이지가 텍스처 영상의 특징으로써 그 적합성이 증명되었지만 본 논문에서는 멀티채널 필터링을 기반으로 텍스처 영상 분할 시스템을 적용하여 다양한 실험 영상을 통해 텍스처 분할에도 페이지가 유용한 정보임을 보였다.

또한 본 논문에서 제안한 방식은 페이지 언래핑 절차를 거쳐 구한 페이지 정보를 텍스처 분할에 사용한 기존의 연구들보다 필터의 방향 적용에 유연성을 주었으며, 영점의 존재에 의해 페이지 계산 방법에 문제가 있는 페이지 언래핑 절차를 거치지 않는다는 잇점이 있다. 또한 기존의 페이지를 이용한 텍스처 분할 연구에서 한정된 범위의 영상만을 다룬 것에 비해 본 연구에서는 새로운 페이지를 훨씬 광범위한 실험 영상에 직접 적용해 봄으로써 그 유용성을 증명하였다. 본 논문에

서 페이지 정보에 대한 텍스처 특징으로의 적합성을 보였지만 사실 텍스처 특징으로서 모듈보다 그 유용성은 떨어진다고 볼 수 있다. 새로운 텍스처 특징의 발굴도 중요하지만 기존의 개발된 많은 텍스처 특징들과의 연계도 매우 중요하다. 향후 연구로는 본 논문에서 제안한 페이지 정보를 모듈과 함께 적용할 수 있도록 연구할 것이며, 기존에 개발된 다양한 텍스처 특징들과의 결합을 통해 좀 더 유용하게 페이지 정보를 이용할 수 있는 분야의 발굴이 될 것이다.

참고문헌

- [1] R.M. Haralick, "Statistical and structural approaches to texture," Proceedings of the IEEE, Vol. 67, pp. 786-804, 1979.
- [2] P. Bandzi, M. Oravec, J. Pavlovicova, "New Statistics for Texture Classification based on Gabor filters", RadioEngineering, Vol. 16, No. 3, pp. 133-137, 2007.
- [31] V.V. Kumar, B.E. Reddy, A.N. Rao, U.S.N. Raju, "Texture segmentation methods based on combinatorial of morphological and statistical operations," Journal of Multimedia, Vol. 3, No. 1, pp. 36-40, 2008.
- [4] C.Blakemore, F.W.Campbell, "On the existence in the human visual system of neurons selectively sensitive to the orientation and size of retinal images," J. of Physiology, Vol. 203, pp. 237-260, 1969.
- [5] B.Julesz, J.R.Bergen, "Textons, the fundamental elements in preattentive vision and perception of textures", Bell Syst. Tech.J., Vol. 62, pp. 1611-1645, 1983.
- [6] S.Marcelja, "Mathematical description of the responses of simple cortical cells", Journal of Optical Society of America, pp. 1297-1300, 1980.
- [7] A.K. Jain, S. Bhattachachajee, "Text segmentation using gabor filters for automatic document processing", Machine vision and applications, Vol. 5, pp. 169-184. 1992.
- [8] S.E. Grigorescu, N. Petkov and P. Kruizinga, "Comparison of texture features based on Gabor

- filters," IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 11, pp. 1160-1167, 2002.
- [9] J.M.H. Du Buf, "Gabor phase in texture discrimination", Signal Processing, Vol. 21, pp. 221-240, 1990.
- [10] J.M.H. Du Buf, P. Heitkampfer, "Texture features based on Gabor phase," Signal Processing, Vol. 23, pp 225-244, 1991.
- [11] Suk Oh, "Utilisation de l'information de phase en segmentation et classification des images texturées", Ph. D. Dissertation of Université de La Rochelle, 1995.
- [12] S Arivazhagan, L Ganesan, "Texture classification using Gabor wavelets based rotation invariant features", Pattern Recognition Letters, Vol. 27, pp. 1976-1982, 2006.
- [13] P. Brodatz, "Textures. A Photographic album for artists and designers," Dover, New York, 1966.
- [14] Suk Oh, and Sung-Chul Lee, "Textured Image Classification Using Human Vision System", Proc. of The Korea Society of Digital Industry & Information Management, pp. 41-44, Nov. 2009.

저 자 소 개



오 석

1986 : 이화여자대학교 전자계산학과
학사

1991 : 프랑스 파리6대학 DEA

1995 : 프랑스 라호셀대학 공학박사

2001-현재 : 명지전문대학 정보통신
과 부교수

관심분야 : e-비즈니스, e-러닝, 컴퓨
터 비전, 패턴인식, 프로그
래밍 언어

Email : ohsuk@mjc.ac.kr