

## 다중 필터를 이용한 내용기반 이미지 검색 기술

김상수\*, 백성욱, 조영기, 조주상

세종대학교 전자정보공과대학

sskim@sju.ac.kr\*, sbaik@sejong.ac.kr, {joyungki, jscho}@sju.ac.kr

### Content-based Image Retrieval Using Multiple Filters

Sang Soo Kim\*, Sung Wook Baik, Yung Ki Jo, Ju Sang Cho

College of Electronics & Information Engineering, Sejong University

#### 요 약

이 논문의 목적은 기하급수적으로 늘어나고 있는 이미지 데이터의 효율적인 검색을 위해 텍스처의 특성을 추출하여 이미지를 검색하는 방법을 제시하고, 다중 필터를 이용한 이미지 검색 기술을 보여주는 것이다. 본 논문에서는 텍스처 이미지 분석에 다양하게 이용되고 있는 Gabor Filtering 기술을 이용하여 질의 이미지에 대한 최적 필터를 선택하는 과정과 선택된 필터를 적용하여 최적의 이미지를 검색하는 프로세스를 제시하고자 한다.

#### 1. 서 론

최근, 디지털 카메라, 캠코더 등 (동)영상 데이터를 수집할 수 있는 기기들이 저렴해지고, 웹 사이트에서 영상 데이터의 활용이 높아지면서, 영상 데이터의 양은 기하급수적으로 늘어나고 있는 추세이다[1]. 그런 상황에서 수집된 영상 데이터를 효과적으로 관리하고, 검색하는 기능을 제공하는 것은 사용자에게 매우 편리함을 제공할 수 있는 중요한 이슈이다. 또한, 군사 분야, 의료 분야와 같은 전문 분야에서, 필요한 영상 정보를 정확하고 신속하게 제공해 줄 수 있는 기술은 매우 필요하다고 볼 수 있다[2]. 항공 이미지의 경우 매우 넓은 지형을 촬영하므로 방대한 영역의 이미지 정보를 포함하고 있다. 이런 특징을 지니는 항공 이미지를 일일이 검색하는 것에는 한계가 있으므로 이미지의 특성을 추출하여 찾고자 하는 이미지와 동일하거나 유사한 영역을 신속하고 정확하게 검색하는 연구의 필요성이 대두되고 있다.

기존의 내용기반 이미지 검색 연구는 이미지 각각에 대해 전체 영역을 대상으로 검색하는데 반해, 본 연구는 큰 사이즈의 항공 이미지 상에서 관심 영역을 찾아 질의 이미지를 검색하여 주는 차이를 보여 준다.

본 논문의 구성은 먼저 2장에서 본 연구의 이미지 검색 기술을 설명하고, 3장에서 구현된 검색 기술을 이용하여 질의 이미지의 특성을 추출하여 최적의 이미지를 얻는 과정과 결과를 보여준다. 마지막으로 4장에서는 결론을 기술한다.

는 반면, 컴퓨터나 로봇의 경우 이미지의 구별을 위한 프로세스의 구현은 상당히 어려운 부분이다. 이들 이미지의 효율적인 검색을 위해 filtering 기술을 사용하여 텍스처 이미지의 특성을 검출하게 된다. 이를 위해 텍스처 이미지 분석에 보편적으로 사용되고 있는 Gabor Filtering 기술이 사용된다[3-5].

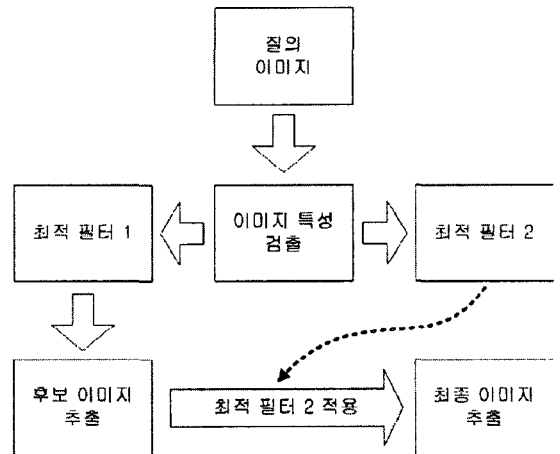


그림 1. 내용기반 이미지 검색 프로세스

#### 2. Gabor 필터를 통한 검색 기술

본 기술은 기하급수적으로 쏟아져 나오고 있는 영상 데이터 상에서 사용자가 검색하고자 하는 이미지를 이용하여, 그 이미지와 유사하거나 동일한 이미지를 검색하는 기술이다. 이미지의 검색에 있어 사람의 경우 육안으로 이미지의 구별이 쉽게 이루어지

##### 2.1 최적 필터 선택

먼저, 사용자가 검색하고자 하는 이미지를 여러 필터, 즉, Gabor 필터의 파라미터의 변경으로 생성된 필터를 이용하여 convolution 작업을 한다. Convolution 작업은 사용자의 이미지를 feature 이미지로 생성하여 시스템이 이미지의 특성을 검출할

\*이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음.  
(KRF-2003-003-000407)

수 있도록 원본 이미지를 feature 이미지로 변형하는 작업이다.

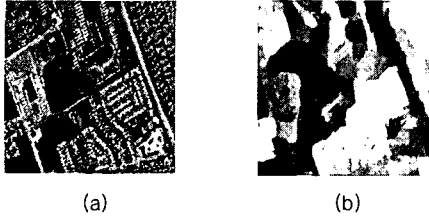


그림 2. (a) 원본 이미지와 (b) feature 이미지

[그림 2]는 사용자의 원본 이미지에 특정 filter를 적용하여 convolution 작업 후의 feature 이미지를 보여 준다. Feature 이미지에서 흰색으로 나온 부분은 convolution 작업에 적용한 filter와 그 영역이 잘 매칭이 되는 부분이며, 어두운 회색이나 검정색으로 나온 부분은 매칭이 안되는 부분을 나타낸다.

최적의 필터를 선택하기 위해 유저 이미지로 생성된 여러 개의 feature 이미지에서 나타난 픽셀 값을 검사한다. Feature 이미지의 크기가 100\*100 pixel 사이즈일 때 15\*15 pixel 사이즈의 픽셀 검사 박스를 순차적으로 이미지 전체를 검사하여 픽셀 검사 박스 안에서 픽셀 값이 모두 특정값(예, 100) 이상인 횟수를 세어 가장 많은 횟수가 나오는 feature 이미지를 생성한 필터를 첫번째 최적의 필터로 선택한다. 두번째 최적의 필터를 얻기 위해 유저 이미지로 생성된 여러 개의 feature 이미지에서 픽셀 검사시 첫번째 최적의 필터로 잘 나온 영역(박스)의 픽셀 값을 0 (검정색)으로 바꾸어 첫번째 최적의 필터를 배제한 상태에서 마찬가지로 두번째 최적의 필터를 선택한다. 이는 feature 이미지에서 동일 영역을 여러 개의 필터가 픽셀 검사시 좋은 영역으로 선택하여 이미지에서 두개의 특성을 얻지 못하는 것을 방지하기 위한 것이다. 위와 같이 두개의 최적 필터를 얻는 이유는 두개의 동일한 특성이 존재하는 이미지를 검색함으로써 질의 이미지와 유사하거나 동일한 특성을 나타내는 이미지를 효과적으로 검색할 수 있기 때문이다.

2.2 최적 필터를 이용한 검색

얻어진 필터를 이용하여 사용자가 찾고자 하는 대상이 존재하는 Web상이나 사진 등에서 얻어진 다수의 이미지를 ima 파일에 순차적으로 저장한다. ima 파일에 저장된 이미지를 첫번째 최적 필터를 이용하여 convolution 작업을 한다. 작업 후 생성된 feature 이미지를 픽셀 검사 박스를 이용하여 픽셀 검사를 하여 feature 이미지 상에서 흰색 부분이 많음을 나타내는 횟수가 많은 상위 5개의 후보 이미지를 선별한다. 이어서, 첫번째 최적 필터로 선별된 5개 이미지의 feature 이미지에서 흰색 영역의 픽셀 값을 검정색으로 바꾸어 첫번째 필터의 특징으로 나타난 영역을 제외하고, 두번째 최적 필터를 이용하여 다시 convolution 작업후 픽셀 검사를 하여 최종의 이미지를 얻는다.

3. 실험 및 결과

본 기술의 실험을 위해 UC Berkeley Library 웹 페이지에 있는 San Francisco Bay 지역의 항공 이미지를 사용하였다[6]. [그림

3]에서와 같이 유저 이미지는 100 X 100 pixel 사이즈인 흑백의 JPG 이미지를 사용했고, 타겟 이미지는 1700 X 1784 pixel 사이즈인 흑백의 JPG 이미지 파일을 사용하였다.

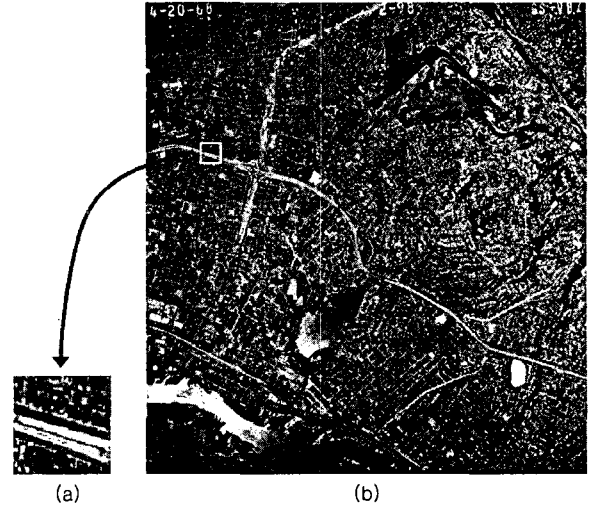


그림 3. (a) 유저 이미지와 (b) 타겟 이미지

먼저, 유저 이미지의 특성 검출을 위해 Gabor 필터를 사용하는 데, 이는 frequency와 orientation 정보를 이용하여 텍스처의 특징을 추출하는데 매우 유용한 필터로서 규칙적인 수학적 접근으로 얻어진다. Gabor 함수는 2차원 Gaussian 식에 의해 만들어진다. 2차원 Gabor 필터의 함수는 아래와 같다.

$$G(x, y) = \exp\left[\frac{1}{2}\left(-\frac{x}{\sigma_x^2} + \frac{y}{\sigma_y^2}\right)\right] \cos\left(\frac{2\pi x}{n_0} + \alpha\right)$$

- $n_0$  (frequency) : 사이클당 픽셀 수(pixels/cycle)
- $\alpha$  (orientation) : 축에 대한 위상(phase)
- $\sigma$  : 축(x,y)에 대한 Gaussian 식의 표준 편차

Gabor 필터는 frequency  $n_0$ 의 변화와 orientation  $\alpha$ 의 회전으로 인해 구성된다. 본 연구에서는 frequency  $n_0$ 는  $2\sqrt{2}$ 와  $4\sqrt{2}$  pixels/cycle로 2종류를 사용하며, orientation  $\alpha$ 는  $0^\circ \sim 165^\circ$ 의 범위에서  $15^\circ$ 의 간격으로 12종류를 가진다. 이들의 결합으로 총 24개( $2 \times 12$ 개)의 필터를 생성하여 사용한다.

유저 이미지에 대한 최적의 필터를 선택하기 위해 위에서 생성한 24개의 필터를 이용하여 이미지를 convolution 한다. 생성된 feature 이미지를 15 X 15 pixel의 검사 박스를 이용하여 픽셀 검사를 한 후, 필터와의 매칭을 나타내는 흰색 영역이 많이 나타난 feature 이미지를 분석한 결과, frequency =  $4\sqrt{2}$ , orientation =  $15^\circ$ 의 파라미터를 가지는 필터가 첫번째 최적 필터로 선택되었다. 계속해서 두번째 최적 필터를 선택하기 위해 feature 이미지에서 첫번째 최적 필터에 의해 흰색으로 나타난 영역의 좌표를 얻어 유저 이미지상의 픽셀 값을 모두 검정색으로 바꾸어 다시 convolution하여 두번째 최적 필터를 얻은 결과, frequency =  $2\sqrt{2}$ , orientation =  $75^\circ$ 의 파라미터를 가지는 필터가 두번째 최적

필터로 선택되었다. 선택된 2개의 최적 필터 중 먼저, 첫번째 최적 필터를 이용하여 타겟 이미지에서 임의로 추출된 수십 여장의 이미지(100 X 100 pixel)를 convolution 작업을 하였고, 생성된 feature 이미지를 픽셀 검사 박스로 분석해서 흰색 영역이 많이 나타난 feature 이미지를 검색하여 유사도가 높은 순위로 5개의 후보 이미지가 선택되었다. [그림 4] (a)-(e)는 첫번째 최적 필터에 의해 검색된 유사도가 높은 순위의 5개의 후보 이미지를 보여 준다.

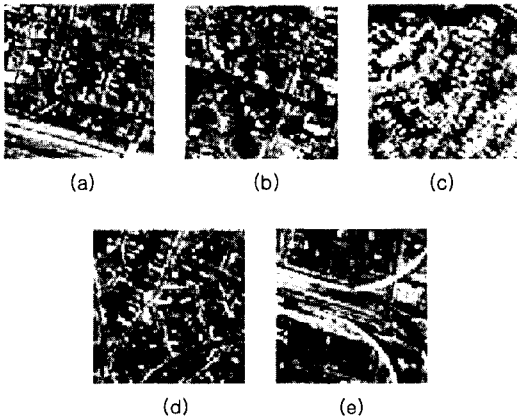


그림 4. 첫번째 최적 필터로 추출된 5개의 후보 이미지

[그림 4]에 나타난 이미지를 분석해 보면, (a)와 (e)의 이미지의 경우 유저 이미지와 상당히 비슷한 형상을 하고 있음을 볼 수 있다. 첫번째 최적 필터에 의해 검출된 [그림 4]의 5개 후보 이미지를 다시 두번째 최적 필터를 이용하여 convolution 하여 픽셀 검사를 한 결과, (e)의 이미지가 최종 이미지로 검색됨을 보여주었다. [그림 5]는 실험에 사용한 유저 이미지와 두번째 최적 필터를 사용하여 얻어진 최종 이미지를 보여 주고 있다.

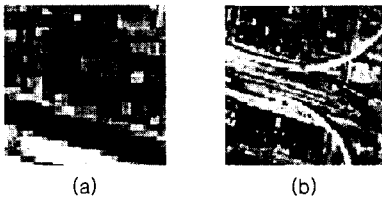


그림 5. 실험에 사용된 (a) 유저 이미지와 (b) 최종 이미지

본 방법을 평가하기 위한 작업으로 단일 필터 즉, 후보 이미지를 거치지 않고 하나의 필터로 이미지를 검색하는 기술과 제안된 기술(다중 필터)을 실험하여 비교하여 보았다. 이를 위해 이미지(100 X 100 pixel) 5개를 각각 80회씩 두 기술에 적용하여 실험하였다. 실험에 사용할 타겟 이미지를 인위적으로 질의 이미지와 유사한 이미지로 선택함으로써 그 이미지의 검색 여부로 성공률을 계산하였다. 실험 결과에 있어 단일 필터를 사용하는 기술은 56.3%의 성공률을 보였고, 다중 필터를 이용한 본 기술은 85.5%의 높은 성공률을 보여 제안된 기술의 정확성과 효율성을 보였다. [표 1]은 실험의 결과를 보여 준다.

표 1. 실험 결과

No	단일 필터 기술		제안된 기술	
	횟수	성공률(%)	횟수	성공률(%)
image 1	46/80*	57.5	68/80	85.0
image 2	51/80	63.8	75/80	93.8
image 3	42/80	52.5	73/80	91.3
image 4	47/80	58.8	61/80	76.3
image 5	39/80	48.8	65/80	81.3
Total	225/400	281.4	342/400	427.7
Average	45/80	56.3	68.4/80	85.5

\* 성공 횟수 / 실험 횟수

#### 4. 결 론

인터넷 시대의 급속한 변화 속에 일상생활에서 웹 사이트 각처에서 존재하고 있거나, 특수한 목적으로 구축된 디지털 라이브러리 형태로 존재하고 있는 모든 영상 데이터를 효과적으로, 실용적으로, 그리고 사람이 미처 기대하지 못했던 필요한 내용까지도 검색할 수 있는 서비스를 제공하는 것은 매우 중요하다.

본 연구는 텍스트 기반의 영상 이미지들을 효과적으로 검색할 수 있는 내용기반 이미지 검색 기술을 개발하고 구현하는데 중점을 두었다. 향후, 적응형 패턴 인식(adaptive pattern recognition) 기술을 이용하여 질의 이미지의 검색 정보에 의해 검출되는 유사한 이미지(임시 검색 결과)들을 분석한 후, 그 분석된 결과에 의해 정진적인 수정을 통해 그 검색 대상의 이미지와는 차이가 있어도 궁극적으로 관련이 있는 이미지들까지도 검색할 수 있는 적응성(adaptability)과 지능성(intelligence)을 갖춘 적응형 내용기반 이미지 검색(adaptive content-based image retrieval) 기술로 발전시킬 예정이다.

#### 참고문헌

1. M. E. Graham, The Description and Indexing of Images : Report of a survey of ARLIS members, Institute for Image Data Research, 1999
2. J. P. Eakins, M. E. Graham, Content-based Image Retrieval : A Report to the JISC Technology Applications Programme, Northumbria University, 1999
3. O. Pichler, A. Teuner and B. J. Hosticka, A Comparison of Texture Feature Extraction using Adaptive Gabor Filtering, Pyramidal and Tree Structured Wavelet Transforms, Elsevier Science on Pattern Recognition, Vol. 29, No. 5, pp. 733-742, 1996
4. S. E. Grigorescu, N. Petkov and P. Kruizinga, Comparison of Texture Features Based on Gabor Filters, Image Processing, IEEE Transactions on, Vol. 11, No. 10, pp. 1160-1167, 2000
5. S. W. Baik and P. Pachowicz, On-Line Model Modification Methodology for Adaptive Texture Recognition, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 32, Issue 7, 2002
6. <http://sunsite.berkeley.edu/EART/AerialPhotos>