

방향성 특징을 이용한 이미지 검색

Image Retrieval Using Directional Features

정 호 영* 황 환 규**

Jung, Ho-Young Whang, Whan-Kyu

Abstract

For efficient massive image retrieval, an image retrieval requires that several important objectives are satisfied, namely: automated extraction of features, efficient indexing and effective retrieval. In this work, we present a technique for extracting the 4-dimension directional feature. By directional detail, we imply strong directional activity in the horizontal, vertical and diagonal direction present in region of the image texture. This directional information also present smoothness of region. The 4-dimension feature is only indexed in the 4-D space so that complex high-dimensional indexing can be avoided.

키워드 : 내용기반 이미지검색, 영역 기반 이미지 검색

Keywords : *Content Based Image Retrieval, Region Based Image Retrieval*

1. 서론

컴퓨터와 인터넷의 발달로 방대한 양의 이미지 정보를 처리할 수 있는 기술이 요구된다. 이에 따라 이미지 정보를 효과적으로 저장하고 검색할 수 있는 연구가 활발히 진행되고 있다[2][3][4]. 이미지 정보는 색, 질감, 형태등의 정보로 나누어진다. 이와 같은 정보는 효과적인 저장과 검색을 지원하기 위해 다차원의 점으로 나타낼 수 있어야 한다. 그러나 정보의 차원이 높아지면 인덱싱의 급격한 성능저하를 보여주므로 새로운 인덱싱 방법의 연구

가 요구된다. 또한 이미지 정보 추출기법은 이미지 정보의 정확성을 잃지 않는 범위에서 최소 정보요약기법을 요구한다. 그러나 전체 이미지에 대한 이미지 검색은 다양한 오브젝트와 칼라 정보로 인해 이미지의 크기가 커짐에 따라 유사성 비교가 어렵고 대량의 이미지 데이터를 처리하기 위한 인덱스가 대단히 어렵다. 이 같은 문제를 해결하기 위해 전체 이미지를 유사한 성격(칼라, 질감)의 영역으로 분리하는 세그멘테이션(Segmentation) 기법이 연구되었다[5][6][7]. 세그멘테이션 과정을 통해 얻어진 영역은 유사한 칼라와 질감으로 이루어 졌으므로 적은 차원의 정보로서 표현이 가능하고 인덱스를 통한 빠른 검색을 제공할 수 있다.

본 논문은 세그멘테이션된 이미지의 영역의 유사성 비교를 위해 4차원의 방향성 질감성분과 평균 칼라 정보를 통한 유사성 비교에 대해 설명한다. 방향성 정보추출을 위해 Androutsos등은 Haar Wavelet 변환계수의 히스토그램을 통해 이미지의

* 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사과정

** 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 부교수

본 논문은 정보통신부에서 주관하는 정보통신 우수시범학교 지원사업에 의하여 수행되었음

3 가지 방향성 정보(수평, 수직, 대각선)를 구했다 [1]. 이미지의 2차원 Haar Wavelet의 변환으로 생성되는 3가지 계수값 (H, V, D)은 각각 이미지 픽셀의 방향성을 나타내며, 3가지 계수값의 전체적인 크기를 통해 이미지의 부드럽고 거친 정도를 나타낼 수 있었다. 하지만 이 방법은 Haar Wavelet의 특성상 2°간격의 픽셀간의 비교정보를 이용하므로 많은 오차를 보인다. 또한 히스토그램을 사용하므로 대량의 이미지 검색을 위한 인덱스가 불가능하여 효과적이지 못하다.

본 논문에서는 모든 픽셀에 대해, 인접 픽셀간의 편차를 구하여 Haar Wavelet 변환을 이용할 때 발생하는 문제를 제거하였으며, 히스토그램을 사용하지 않는 단 4차원의 정보(수평, 수직, 증가, 감소)만을 추출하였다. 이와 같은 저 차원의 정보는 방대한 이미지를 저장, 검색에서 저장공간과 다차원 인덱싱에 효과적인 계산속도를 제공한다.

본 논문의 2장에서 Androutsos가 제안한 Haar Wavelet을 이용한 방향성 질감정보 방법과 그 문제점을 설명하고, 3장에서 본 논문이 제안한 인접 픽셀간의 편차정보를 이용한 방향성 질감정보에 대해 설명한다. 4장에서 본 논문의 질감정보를 kd-tree 인덱스로 저장하고 112가지의 Brodatz 질감 샘플 이미지와 1031개의 128×85크기의 칼라 자연이미지를 통한 구현 및 실험결과를 설명한다. 마지막 5장에서 결론을 정리한다.

2. Haar Wavelet을 이용한 방향성 질감 정보 추출

Androutsos등은 방향성 질감정보 추출을 위해 Haar-Wavelet 계수를 사용하였다. Haar Wavelet은 Wavelet의 가장 단순한 형태로 계산이 간단하여 이미지 압축[9] 및 형태, 질감정보 추출 및 다양한 목적으로 사용된다.

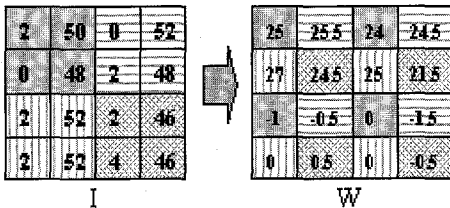


그림 1. 1-level Haar Wavelet 변환

그림 1은 1-level 2d Haar-Wavelet의 변환을 나타낸다. 왼쪽의 이미지 I는 4×4의 이미지 픽셀 값을 나타내며 오른쪽 W는 이미지 I가 Haar

Wavelet에 의해 변환된 값을 보여준다. 이해를 돕기 위해 I의 픽셀 값은 수직방향의 질감 이미지를 예로 들었으며 Wavelet변환은 한 단계만 실시하였다. I의 왼쪽 상단의 2×2의 픽셀 값[2,50,0,48]은 평균값(25)과 x축간의 픽셀값 차이의 평균(24), y축간의 픽셀값 차이의 평균(-1), 대각선 방향간의 픽셀값 차이의 평균(0)값을 구해 각각 W의 [0,0], [0,2], [2,0], [2,2]에 나타낸다. 동일한 방법으로 전체 이미지의 Haar Wavelet변환이 수행된다.

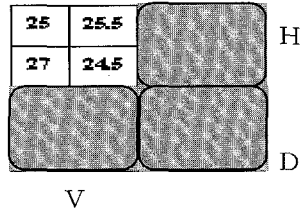


그림 2. Haar Wavelet coefficients

변환된 W는 그림 2와 같이 수평적인 계수의 H 성분과 수직적인 계수의 V성분, 대각적인 계수값인 D성분의 세부분으로 나뉘게 되며, 이 값들의 히스토그램 분포를 통해 이미지의 방향성 질감을 표현하였다. 다른 값에 비해 H 값이 작으면 수평적인 질감정보를 나타내고, V값이 작으면 수직적인 질감정보를 나타내게 된다. 그림 2의 경우 이미지가 다른 값에 비해 V성분이 작으므로 수직적인 질감성분이 있음을 알 수 있다. 하지만 Haar Wavelet 변환방법은 그림 3에서 처럼 큰 오차를 가질 수 있다.

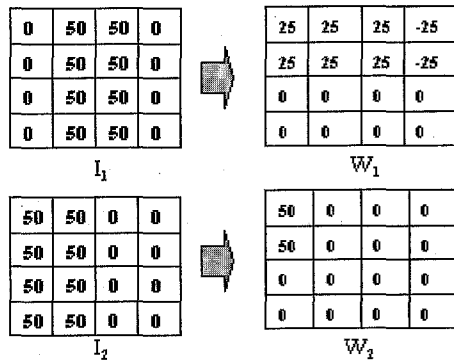


그림 3. 1-level Haar Wavelet 변환

그림 3은 유사한 수직적인 방향질감을 가진 두 이미지(I1,I2)의 Haar Wavelet 변환값을 보여준다. W1의 경우 H계수값이 큰데 비하여 V계수값은 0

으로 수직적인 질감을 잘 나타내고 있으나 I_2 의 경우 I_1 과 유사한 질감을 가지고 있음에도 불구하고 H와 V의 계수가 모두 0으로 나타나는 것을 알 수 있다. 또한 위 방법은 히스토그램을 통해 모든 계수의 분포를 저장하므로 인덱스를 통한 빠른 검색을 제공할 수 없다.

3. 인접 픽셀값 차이를 이용한 방향성질감 정보추출

3.1에서 본 것과 같이 Haar Wavelet을 이용한 질감 추출방법은 2^n 의 크기단위로 픽셀정보를 비교하기 때문에 비교 하지 않는 픽셀이 존재하고 그로 인한 오차가 발생할 수 있다.

본 논문에서는 방향성 질감 정보를 줄이고 그림 3에서 나타나는 Haar wavelet의 오차를 없애기 위해 각 픽셀에 대해 인접 픽셀값간의 편차(deviation)값을 이용하였다. 컴퓨터 상에서 각 픽셀의 값은 R, G, B의 3차원의 칼라로 표현되므로 칼라에 상관없이 질감정보를 비교하기 위해 RGB 칼라 공간을 YIQ(Y: 휘도, IQ:칼라정보)의 색 공간으로 바꾸어 칼라와 독립적인 Y성분을 이용하여 픽셀간의 편차를 구한다. 식 1은 RGB칼라에서 Y성분을 구하는 식과 4개의 방향에 대한 정보를 계산하는 식을 보여준다.

$M \times N$ 크기의 이미지는 최소 x축과 y축의 픽셀(x좌표가 0 또는 y좌표가 0인 픽셀)을 제외한 $(M-1) \times (N-1)$ 개의 픽셀에 대해 x축에 대해 픽셀값의 차를 이용하여 수평성분의 편차를 구하고, y축에 대해 수직성분의 편차를, 양쪽 대각 방향의 픽셀값의 차를 이용하여 증가방향과 감소방향의 편차를 구한다. 각 방향의 편차 정보는 이미지 크기에 대해 일정한 값을 유지하기 위해 편차계산을 수행한 전체 픽셀의 개수로 나누어 정규화를 시켜준다.

이 방법은 단 한번의 이미지 스캔으로 이미지의 방향성 질감 정보를 구할 수 있어 큰 처리 비용을 요구하지 않는다. 또한 모든 픽셀에 대해 비교하므로 Haar Wavelet 변환을 이용할 때 나타나는 오차가 발생하지 않으며 4개의 적은 양의 정보로 표현이 가능하다.

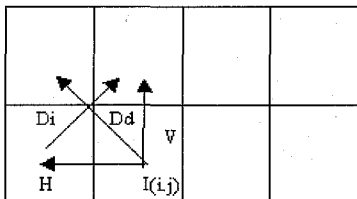


그림 4. 인접 픽셀간의 편차계산

$$Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B$$

$$H = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \| Y(i, j) - Y(i, j-1) \|$$

$$V = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \| Y(i, j) - Y(i-1, j) \|$$

$$Di = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \| I(i, j) - I(i-1, j-1) \|$$

$$Dd = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \| I(i, j-1) - I(i-1, j) \|$$

식 1. 인접 픽셀간의 편차계산식

위에서 얻어낸 4차원의 방향성 질감 정보는 대량의 이미지 검색을 위해 4차원 인덱스에 저장한다. 본 연구에서는 다차원 인덱스로 구현이 간단한 kd-tree[8] 사용하였으며 kd-tree 각 노드는 이미지의 절대 경로와 함께 이미지의 평균 R,G,B 칼라를 저장하여 방향성 질감 성분과 함께 칼라 정보의 비교를 가능하게 했다.

4. 구현 및 결과

본 논문에서 제안한 4차원 방향성 질감을 이용한 이미지 검색 시스템은 windows 환경에서 Java 언어를 사용하였으며 인덱스로 4차원의 k-d tree를 사용하였다. 이미지에 대한 정보를 저장하는 각 노드 정보는 그림 5와 같다. 각 노드의 H, V, Dd, Di 값은 인덱스의 키 값으로 사용되며, 결과 이미지 출력력을 위해 정보를 포함하는 이미지 파일이름을 같이 저장한다. 추가적으로 이미지의 평균 색(R,G,B) 정보를 포함하여 질감성분과 함께 유사칼라정보 비교를 가능하게 하였다.

파일명	R	G	B
H	V	Dd	Di

그림 5. 노드 구성

검색 시스템의 데이터 입력 및 검색 과정은 그림 6과 같이 진행된다. 입력과정은 입력 이미지를 검색결과에 사용하기 위해 thumb 이미지(작은 크기의 이미지)로 저장하고 추출된 방향성 정보와 칼라 정보는 4-d tree에 저장한다. 검색의 경우, 사용자를 통해 받은 질의 이미지의 정보를 추출하고 입력된 이미지와의 유사성 비교(유클리드 거리계산)를 통해 결과이미지를 사용자에게 보여준다.

실험 I은 색 정보가 없는 112개의 Brodatz 질감 이미지를 128×128 크기로 25등분하여 총 2800 이

미지를 만들고 이에 대해 유사성 검색을 실시하였으며, 실험 II는 4차원의 질감정보와 평균 색 정보를 이용하여 Visual Seek[10]에서 추출한 1031(128×86) 이미지를 사용하여 유사성 검색을 실시하였다.

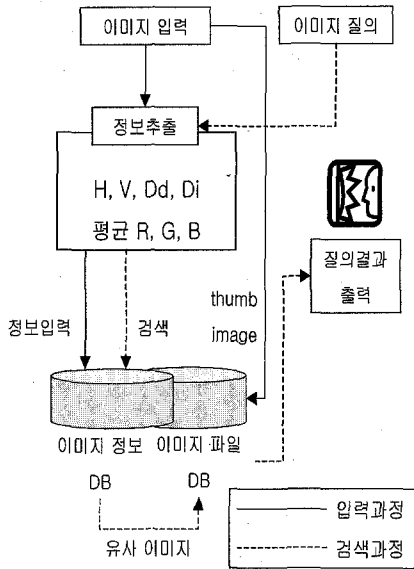


그림 6. 이미지 검색 시스템 구성도

표 1은 그림 7의 Brodatz 이미지에 대한 4차원의 방향성 질감정보를 보여준다. 뚜렷한 수평적인 느낌을 보여주는 이미지 A의 경우, 방향성 질감정보에서 H성분이 다른 성분에 비해 적은 값으로서 표현되어진다. 이와 반대로 수직적인 성분을 보이는 이미지 C의 경우 다른 성분에 비해 V정보가 작게 나타나는 것을 알 수 있다. 또한 4차원의 성분 값이 전체적으로 크면 거친 질감의 이미지이고, 상대적으로 적은 값을 보이는 경우 부드러운 이미지라는 것을 나타낸다. 그림 8은 이 같은 방향성 정보를 이용하여 유사거리 0.05내의 유사한 순서대로 찾은 28개의 결과 이미지를 나타낸다. 그림 9은 실험 II로서 질감정보와 평균 RGB 칼라 성분의 비중을 동일하게 하여 검색한 결과를 보여준다.

Brodatz 질감 이미지를 통해 이미지의 방향성 질감정보를 추출하고 유사검색을 실시한 실험I의 경우, 전체적으로 상당히 정확한 유사검색 능력을 보여 주었으며 인덱스를 사용하여 빠른 검색 능력(1sec 이하)을 보여주었다. 이에 반해 색 정보를 이용한 실제 자연 이미지 검색에 대해서는 정확성이 떨어졌다. 이는 brodatz의 이미지의 경우 이미지 전체의 질감정보가 균일한 반면 칼라 자연이미

지는 다양한 질감과 칼라정보를 가지고 있기 때문이다.

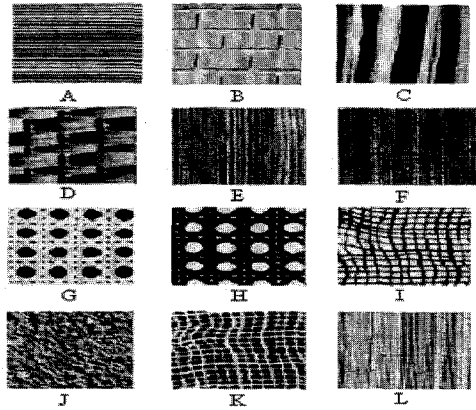
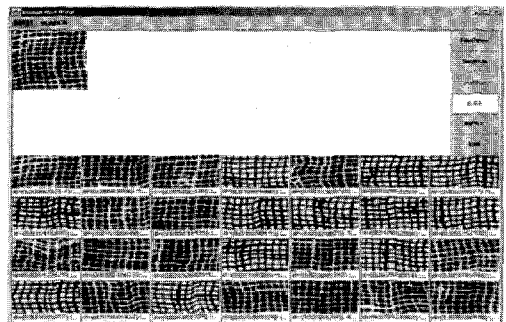


그림 7. Brodatz 질감 이미지

이미지	방향성 질감 정보			
	H	V	Dd	Di
A	0.008955	0.501271	0.499636	0.502275
B	0.061229	0.089285	0.123030	0.120182
C	0.130122	0.050846	0.149115	0.134858
D	0.063809	0.127926	0.154030	0.141573
E	0.202043	0.097195	0.212777	0.207473
F	0.168773	0.114758	0.185167	0.185921
G	0.149232	0.157941	0.189547	0.190584
H	0.147960	0.154720	0.186315	0.189306
I	0.245918	0.293412	0.381330	0.407117
J	0.194166	0.199876	0.203567	0.268687
K	0.253454	0.288524	0.396368	0.392327
L	0.205150	0.075301	0.214316	0.215225

표 1. 질감 이미지에 대한 방향성 질감 정보



[그림 8] 유사 방향성 질감 이미지 검색

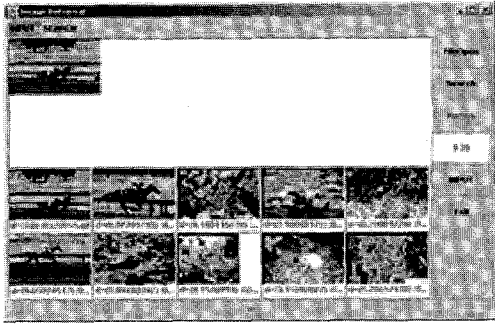


그림 9. 방향성 질감과 평균 칼라를 이용한 이미지 검색

4. 결론

방대한 이미지 데이터의 검색은 인덱스가 가능하여야 하며 이를 위해서는 적은 양의 정보로서 이미지의 특징을 제공해 줄 수 있어야 한다. 이미지 전체가 유사한 질감과 색이 존재하는 이미지에 대해서는 적은 수의 정보에도 정확성 있는 검색이 가능하나 일반적으로 칼라 자연 이미지는 다양한 질감과 칼라 정보를 가지므로 유사성 비교가 어렵다. 이 같은 문제는 효과적인 세그멘테이션 기법을 통해 유사한 성격(질감-칼라)의 영역으로 나누어, 나누어진 영역에 대해 유사성을 비교하는 영역 기반 이미지 검색을 통해 해결할 수 있을 것이다.

5. 참고 문헌

[1] D. Androutsos, K. N. Plataniotis and A. N. Venetsanopoulos, "Image Retrieval Using the Directional Detail Histogram", *Storage and Retrieval for Image and Video Database SPIE*, pp. 129-139, 1998

[2] Yong Rui, Thomas S. Huang, and Shih-Fu Chang, "Image Retrieval: Current Techniques, Promising Directions and Open Issues", *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Vol. 10, pp. 39-62, 1999

[3] Shi-Kuo Chang and Arding Hsu, "Image Information Systems: Where do we go from here?", *IEEE Trans. On Knowledge and Data Engineering*, 1992

[4] Shin-Fu Chang and John Smith, "Extracting Multi Dimensional Signal Features for Content-Based Visual Query", *Proc SPIE Symposium on Visual Communications and Signal Processing*, 1995

[5] T.Gevers and V.K.Kajcovski, "Image Segmentation by Directed Region Subdivision", *Proc IEEE Int.*, 1994

[6] M.Lybanon, S.Lea, and S.Himes, "Segmentation of Diverse Image Types Using Opening and Closing", *Proc, IEEE Int. Conf. On Image Proc.* 1994

[7] Y.Deng, B.S.Manjunath, and H.Shin, "Color Image Segmentation", *Proc of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 1999

[8] Beckley, D. A., Evens, M. W.."A Relational Database System for Images," *Technical Report TR-EE*, pp. 79-28, 1979

[9] Colm Mulcahy, Ph.D., "Image Compression Using the Haar Wavelet Transform", *Spelman Science and Math Journal*, pp. 22-31

[10] Smith, J. R. and Chang, S. F., "Visualseek: A Fully Automated Content-Based Image Query System", *Proc ACM Multimedia*, 1996.