

# 색상의 공간적 분포를 이용한 이미지 검색에 관한 연구

## A Study on Image Retrieval Using the Spatial Distribution of Color

김용광, 연세대학교 문헌정보학과, ykkim@yonsei.ac.kr

Kim, Yong Kwang, Library and Information Science, Yonsei University

### <초록>

이 연구에서는 색상 자질을 이용하여 이미지를 검색할 때 이미지를 분할하여 각 영역별로 색인하여 검색하는 것의 유용성을 알아보고 분할된 영역간의 유사도 산출 기법을 제안하였다. 실험결과, 질의 이미지의 특정 영역과 최대의 유사도를 갖는 검색 이미지의 영역을 이미지간 유사도 산출 방법으로 이용하고, 이미지 영역을 세분할수록 이미지 검색 성능이 향상되었다. 특히 검색 성능이 좋지 않은 질의 이미지의 경우, 이 연구에서 제안한 기법이 더욱 유용하였다.

## 1. 연구배경

최근 하드웨어 및 통신망의 발달로 대용량의 디지털 미디어 데이터의 유입이 급속히 증가하게 되었고 이에 따라 디지털 미디어 데이터들을 효과적으로 처리하고 검색할 수 있는 데이터 처리 기법이 요구되고 있다. 이에 따라 이미지 검색을 위해 많은 기법들이 소개되고 있으며, 특히 최근에는 이미지로부터 직접 추출한 특징을 이용하여 이미지를 색인하고 검색하는 내용기반 이미지 검색(Content-Based Image Retrieval : CBIR)을 위주로 활발한 연구가 이루어지고 있다.

내용기반 이미지 검색에서는 이미지 내에서 개체를 자동으로 인식하는 것이 어렵기 때문에 주로 색상(color), 질감(texture), 모양(shape) 등 낮은 수준의 자질을 이용한다(Lu 1995, Yang 2004). 이 중에서 색상 자질은 주로 색상 히스토그램(color histogram)을 이용하여 표현

되는데, 구현이 쉽고 회전과 변형 등에 무관한 장점을 지니고 있기 때문에 많은 이미지 검색 시스템에서 채택하는 자질이다. 그러나 전혀 색상 분포가 공간적으로 상이한 경우에도 같은 히스토그램으로 나타날 수 있다는 한계가 있다.

이 연구에서는 이미지를 일정한 영역으로 나누고 이를 바탕으로 색상의 공간적인 분포를 이용하는 기법을 소개하고 이를 이용하지 않았을 때와의 검색 성능 비교를 통해 색상기반 이미지 검색에서 영역 분포 이용의 효율성에 대해 알아보려고 한다.

## 2. 선행연구

색상을 이용한 이미지 검색은 Swain과 Ballard(1991)가 제안한 것으로 유사한 이미지는 유사한 색상 분포(color distribution)를 가진

다는 가설을 기반으로 한다. 예를 들어 하늘이 나 바다는 푸른색, 숲은 녹색, 길은 검은색 등을 가지는 경향이 있는데 이러한 것을 색상의 기능성(functionality)이라 하며 이러한 기능성으로 인해 유사한 이미지는 유사한 색상을 갖는다(안재욱 1999). 이들이 제안한 컬러 히스토그램(color histogram) 기법은 이미지를 간단하게 색상 분포로 나타낼 수 있고, 회전과 변형 등에 대해서 무관한 장점을 지닌다(Swain & Ballard 1991). 그러나 전혀 다른 공간적 색상 분포를 가진 영상도 같은 히스토그램으로 나타낼 수 있다는 단점을 지닌다(Huang, Pur & Liu 2000). 이와 같은 단점을 보완하기 위해 색상 히스토그램과 함께 공간적인 분포를 이용하는 연구들이 등장하였다.

Ma와 Manjunath(1997)은 Netra라는 시스템에서 이미지를 4\*4 크기의 블록으로 나누고, 각 블록들에 대해 3\*3 크기를 가지는 매트릭스를 이용하여 영역의 경계선을 찾아내어 유사한 이미지 영역으로 분할하고 이들을 상호 비교함으로써 이미지 내의 공간 분포를 적용하고자 하였다.

한편 Belongie 등(2002)은 Watershed라는 영역 분할 방법을 이용하여 이미지 내 공간 분포를 고려하였다. Watershed 기법은 정렬 단계와 범람 단계로 이루지는데, 정렬 단계에서는 픽셀의 밝기에 따라 픽셀을 정렬하고, 범람단계에서는 가장 어두운 픽셀 값부터 단계적으로 미리 정의된 기준치를 기준으로 영역을 확장하며 레이블링한다. 이 때, 이웃 픽셀이 이미 다른 레이블링된 값을 가지게 되면 확장을 멈추고 모든 픽셀이 레이블링될 때까지 반복한다. 모든 분할된 영역을 다시 병합하는 과정을 거쳐 최종적인 영역으로 나누고 이들의 영역간 비교를 통해 이미지간 유사도를 산출한다.

Chua 등(1997)은 이미지를 중심에 가까운 곳을 개체영역, 중심에서 먼 부분을 배경영역이라 정의하였고, 개체 영역과 배경영역에서 각

각 히스토그램을 구하고, 빈도수가 높은 것을 추출하여 이미지에서 지배적인 색상 집합을 구함으로써 색상 수를 줄이는 방식을 택하였다. 이렇게 구한 색상 집합에 속한 색상이 위치한 영역을 추출하기 위하여 라벨링하였다. 그런데 이미지는 반드시 배경을 가지는 것이 아니므로 이러한 접근 방법은 잘못된 색상을 추출할 수 있다.

Wang 등(1997)과 Gong 등(1998)은 색상 공간상에서 클러스터링을 통하여 색상 수를 줄이고 라벨링하여 균일한 색상을 갖는 영역을 구함으로써 색상, 공간 특징을 추출하였다. 이 방법 역시 색상 수를 줄이는 과정을 거친 후 각 색상별로 라벨링 해야 하므로 특징 추출에 대한 비용이 높은 단점이 있다.

다른 한편으로 Stejic 등(2003)은 이미지를 동일한 크기의 구역으로 나누어 각 구역에 다른 이미지 자질을 이용하여 이미지간 유사도를 산출하고자 하였다. 이 때 최적의 구역별 이미지 자질의 조합을 찾기 위해 유전알고리즘을 이용하였다.

### 3. 연구방법

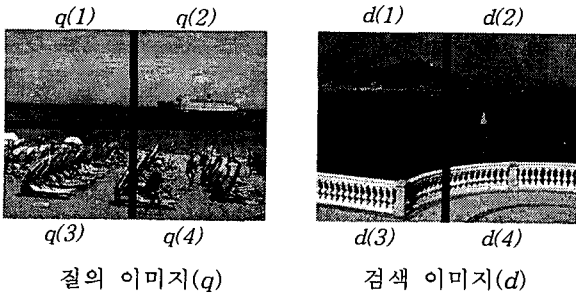
이 실험에서 사용한 실험집단은 코렐사에서 제공한 Corel-1000 이미지 집합이다. 이 실험집단은 총 1000개의 컬러 이미지로 되어 있으며 실제 풍경이나 물체를 촬영한 실사 이미지이다. 이 실험집단은 아프리카 주민, 공룡, 바닷가, 버스, 꽃 등 모두 10개의 범주로 구분되어 있다. 질의 집단은 실험집단으로부터 총 20개의 질의 이미지를 랜덤으로 추출하여 구성하였다.

이미지를 색인하기 위한 색상 자질은 Swain & Ballard(1991)가 제안한 색상 히스토그램으로 표현하였고 색상 모델은 RGB 모델을 사용하였다.

이미지 영역의 공간적인 특성을 이용하기 위

해 이미지를 동일한 크기의 이미지로 잘라 각 영역으로부터 색상 히스토그램을 생성한 후 각 영역을 비교하는 방식을 이용하였다. 이전 연구(Chua et al. 1997, Ma & Manjunath 1997, Wang et al. 1997, Gong et al. 1998, Belongie et al. 2002)에서는 각 이미지로부터 유사한 색상 자질을 갖는 영역을 추출하여 각 영역을 비교하였지만 이러한 방법은 자질 추출에 대한 비용이 크다는 단점이 있다. 또한 자질의 이미지의 검색 대상 이미지와 동일한 영역의 유사도를 측정함으로써 동일한 색상이 다른 영역에 위치했을 때를 고려하지 않고 있다.

따라서 이 연구에서는 질의 이미지의 특정 영역과 검색 대상 이미지의 모든 영역과 각각 비교하여 산출한 유사도 값을 모두 이용하였다. 예를 들어 <그림 1>과 같은 이미지에서 질의 이미지의  $q(1)$  영역과 검색 이미지의  $d(1) \sim d(4)$ 의 모든 영역과 유사도를 산출하여 다음과 같은 세 가지 방법을 이용하여 전체 이미지간 유사도를 산출하였다.



<그림 1> 이미지 영역 분할의 예

1) 평균 산출 방법

이 방법에서는  $q(1)$  영역과  $d(1) \sim d(4)$ 의 영역간 유사도를 모두 산출하여 평균을 구한 후, 차례로  $q(2) \sim q(4)$  영역과 검색 대상 이미지의 각 영역간 유사도의 평균을 산출하여, 모든 평균 유사도를 더하여 질의 이미지와 검색 대상 이미지와의 유사도를 산출한다. 이미지를  $n \times n$ 으로 분할했을 때, 유사도는 다음 공식과 같다.

$$\sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n Sim(q(i), d(j))}{n \times n}$$

2) 최대값 산출 방법

이 방법에서는 a① 영역과 b① ~ b④의 영역간 유사도를 모두 산출한 후 이들 유사도 중 최대값을 산출하고, 다시 a의 다른 영역과 b 영역간의 유사도를 각각 산출하여 그 최대값을 산출하여 최종적으로 이들 유사도의 합으로 질의 이미지와 검색 대상 이미지간의 유사도를 산출한다. 이를 공식으로 나타내면 아래와 같다.

$$\sum_{i=1}^n Max(sim(q(i), d(j)))$$

3) 동일 영역쌍간 유사도 산출

동일 위치의 영역만을 비교하는 즉, 질의 이미지의 좌측 상단과 검색 대상 이미지의 좌측 상단 영역간의 유사도만 측정하는 방법이다. 예를 들어 위 그림에서  $q(1)$ 과  $d(1)$ ,  $q(2)$ 와  $d(2)$  등의 유사도를 산출하여 각 질의 영역의 유사도 평균으로 이미지간 유사도를 산출하며 아래와 같은 공식으로 표현할 수 있다.

$$\frac{\sum_{i=1}^n Sim(q(i), d(i))}{n}$$

이미지간 유사도를 산출하는 공식은 유클리드 거리를 이용하였다. 유클리드 거리와 코사인 유사계수, 다이스 유사계수 등 몇 개의 유사도 측정 공식을 비교한 사전 실험 결과 유클리드 거리를 이용하여 유사도를 산출하였을 때, 검색 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다. 또한 이미지를 나누는 영역의 수를 각각 2x2, 4x4, 8x8로 달리하여 이미지의 영역 세분정도에 따라 검색 성능의 변화를 알아보았다.

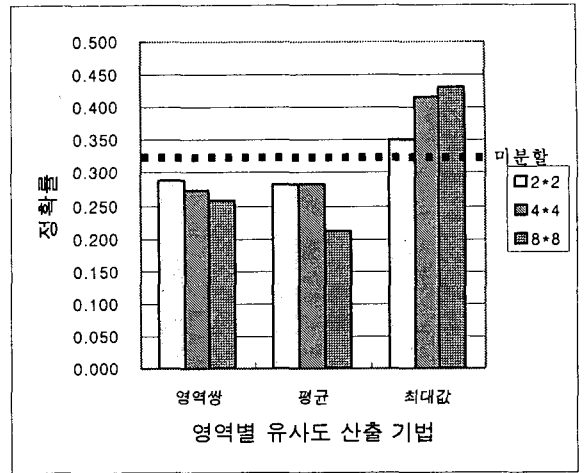
검색 성능의 측정을 위해 검색된 상위 100개의 이미지 중, 질의 이미지와 동일한 집단에 속하는 이미지의 수를 측정하여 정확률을 산출하였다. 각 기법의 검색 성능을 비교하기 위해서는, 총 20개의 질의 이미지의 정확률을 평균한 평균정확률을 사용하였다.

#### 4. 실험결과

<표 1>과 <그림 2>는 이미지의 분할된 영역간 유사도 산출 기법에 따른 검색 성능 결과이다. 실험 결과, 유사도의 최대값을 산출하는 세 번째 방법이 가장 성능이 좋은 것으로 나타났다. 반면에 영역을 분할한 기법 중 영역 쌍간 유사도를 산출하는 기법과 유사도의 평균을 이용한 기법은 영역을 분할하지 않았을 때보다 오히려 검색 성능이 낮아지는 것으로 나타났다.

분할 영역수	유사도 산출 기법		
	영역쌍간 유사도 산출	전체 영역간 유사도산출 (평균)	전체 영역간 유사도 산출 (최대값)
미분할	0.323		
2*2	0.290	0.283	0.352
4*4	0.273	0.284	0.416
8*8	0.256	0.213	0.433
평균	0.273	0.260	0.400(*)
검색 향상률	- 0.05	- 0.063	0.048(*)

<표 1> 이미지간 유사도 산출 기법에 따른 평균정확률



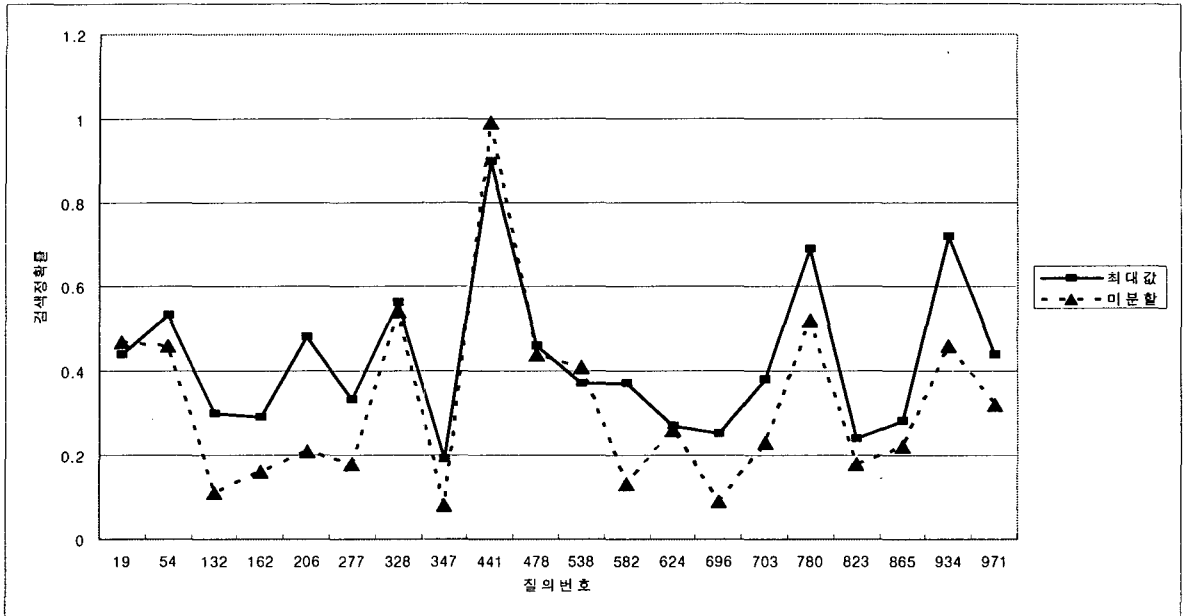
<그림 2> 이미지간 유사도 산출 기법에 따른 평균정확률 그래프

또한 이미지를 분할한 영역의 수가 많을수록 즉, 이미지의 영역을 세분할수록 검색 성능이 높아지는 것을 위의 표와 그림에서 확인할 수 있다.

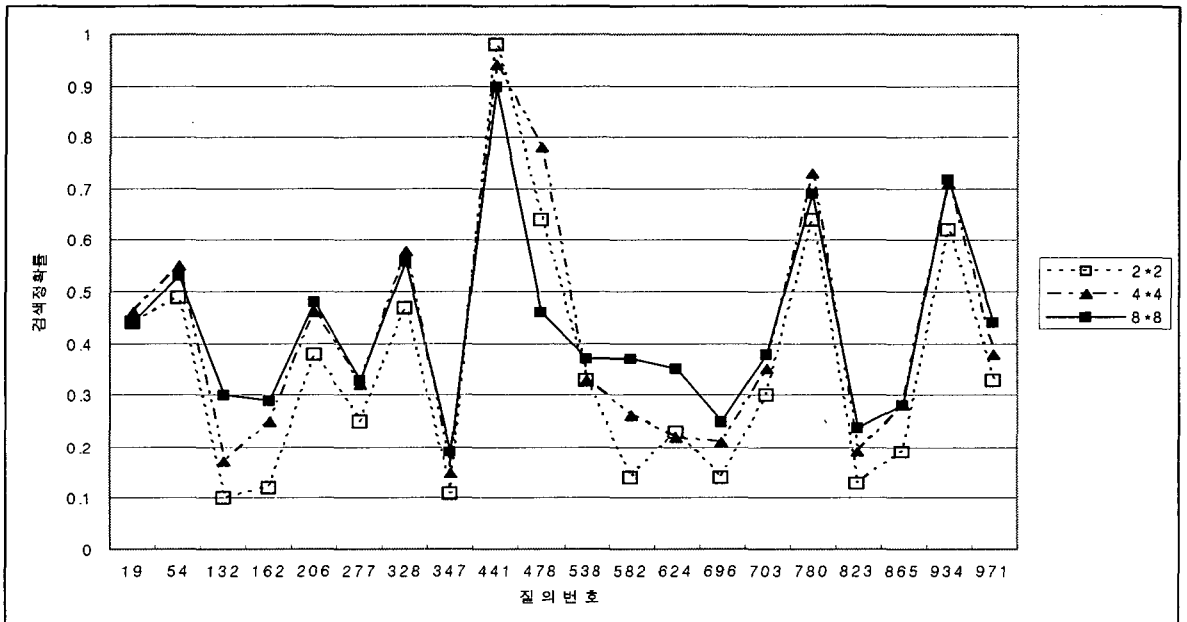
각 기법별 성능 변화의 경향을 알아보기 위해 <그림 3>과 같이 검색 성능이 가장 높은 8\*8 분할 영역일 때 검색 정확률의 추이를 알아보았다. 그림을 보면, 우선 검색 성능은 질의 별로 매우 차이가 있음을 알 수 있다. 질의가 실험집단의 범주 내에서 얼마나 대표성을 띠는 질의냐에 따라 성능이 좋지 않은 것은 약 0.1에서 성능이 좋은 것은 약 0.9 이상의 성능을 보인다. 그러나 최대값을 이용한 유사도 산출 기법에서는 검색 성능이 좋지 않은 일부 질의에 대해서도 높은 정확률 향상을 보여주고 있다. 예를 들어, 132번이나 696번 질의의 경우, 이미지를 분할하지 않았을 때 약 0.1의 검색정확률을 보이지만, 이미지를 분할하여 최대값을 이용한 유사도 산출 기법을 이용한 결과 검색정확률이 매우 향상되었음을 알 수 있다. 이는 검색 성능이 낮은 특징을 보이는 일부 질의에 대해 이 연구에서 제안한 최대값을 이용한 유사도 산출 기법이 매우 유용함을 나타낸다.

한편 이미지 분할 영역의 수에 따른 검색정

확률 추이도 위의 결과와 유사하다. <그림 4>를 보면 분할 영역의 수가 증가할수록 검색 성능도 좋아지는 것을 알 수 있다. 또한 검색 성능이 낮은 일부 질의(132, 162, 582, 696 등)의 경우 상대적으로 검색 성능 향상의 폭이 크다. 이러한 결과로부터 이미지를 여러 개로 분할하는 것이 검색 성능이 낮은 일부 질의에 대해 상당히 유용함을 알 수 있다.



<그림 3> 이미지간 유사도 산출 기법에 따른 질의별 검색정확률



<그림 4> 이미지 분할 영역의 수에 따른 질의별 검색정확률

## 5. 결론 및 제언

이 연구에서는 색상 자질을 이용하여 이미지를 검색할 때 이미지를 분할하여 각 영역별로

색인하여 검색하는 것의 유용성을 알아보고 분할된 영역간의 유사도 산출 기법을 제안하였다. 그러나 기존 연구에서도 이미지를 분할하여 이미지 간 유사도를 측정하여 검색 성능을

향상시키고자 하였으나, 이미지를 분할한 후 분할 영역간의 유사도를 측정하고 최종적으로 이들 영역별 유사도로부터 이미지 전체의 유사도를 산출하는 방법에 대한 논의는 적었다.

실험 결과, 색상기반 이미지 검색에서는 이미지를 분할하여 각 영역별로 유사도를 측정하는 것이 유용한 것으로 나타났다. 또한 질의 이미지의 특정 영역과 검색 대상 이미지의 일치하는 영역간, 즉 영역쌍간 유사도를 측정하는 것보다 이미지의 전체 영역과 비교하여 그 유사도 값이 최대인 영역의 유사도를 이용하는 것이 유용한 것으로 나타났다. 그리고 이미지를 더욱 세밀하게 분할할수록 검색 성능이 향상되는 것으로 나타났다. 특히 검색 성능이 좋지 않은 특정 이미지의 경우, 이 연구에서 제안한 기법이 더욱 유용하였다.

## 5. 참고문헌

- 안재욱. 1999. 『빛의 방향을 이용한 내용기반 이미지 검색 시스템의 효율성 향상에 관한 연구』. 석사학위논문. 연세대학교 대학원, 문헌정보학과.
- Belongie, S., Carson, C. Greenspan, H. 2002. "Blobworld: image segmentation using expectation-maximization and its application to image querying" *Pattern Analysis and Machine Intelligence*, IEEE Transactions on, vol. 24: 1026-1038.
- Chua, T.S. Tan, K.L. and Ooi, B.C., 1997. "Fast Signature-based Color-spatial image retrieval." *Proceedings of the IEEE Int. Confer. on Multimedia Computing and System* : 362-369.
- Gong, Y. Proietti, G. and Faloutsos, C. 1998. "Image Indexing and Retrieval Based on Human Perceptual Color Clustering." *IEEE Computer Society Conference on computer Vision and Pattern Recognition* : 578-583.
- Huang, Q., Puri, A., and Liu, Z. 2000. "Multimedia search and retrieval: New concepts, system implementation, and application." *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. CSVT-10, no. 5 : 679-692.
- Lu, Guojun. *Multimedia Database Management Systems*. Norwood: Artech House. 1999.
- Ma, W.Y., and Manjunath, B.S. 1997. "Netra: A toolbox for navigating large image databases." *Proceedings IEEE int. Conf. Image Process* : 568-571.
- Stejic, Z. et al. 2003. "Genetic Algorithm-based Relevance Feedback for Image Retrieval Using Local Similarity Patterns," *Information Processing and Management*, 39:1-23.
- Swain, M.J. and Ballard, D.H. 1991, "Color indexing," *International Journal of Computer Vision*, 7(1): 11-32.
- Wang, J. Yang, W.J. and Acharya, R. 1998. "Color Clustering Technique for Color-content-based Image Retrieval from Image Databases," *Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia Computing and System* : 442-449.
- Yang, C.C. 2004. "Content-based Image Retrieval: A Comparison Between Query by Example and Image Browsing Map Approaches," *Journal of Information Science* 30(3): 254-267.