

내용기반 이미지 검색을 위한 영역별 색상차 분석

Regional Color Feature Analysis for Content-based Image Retrieval

안재욱(Jae-Wook Ahn)*, 문성빈(Sung-Been Moon)**

목 차

1 서론	4.2.1 실험 대상 및 이용 시스템
2 이론적 배경	4.2.2 PIM(Picture Information Measure)
2.1 내용기반 이미지 검색	4.2.3 그레이스케일 단계
2.2 색상 색인의 범위	4.2.4 영역 구분
3 선행 연구	4.3 실험 결과
4 가설과 실험	5 결론
4.1 연구 가설	
4.2 실험 방법	

초 록

색상에 의한 내용기반 이미지 검색에서는 이미지의 하위 영역을 구분하는 방식에 대하여 다양한 접근이 이루어져 왔다. 이러한 접근 방식 가운데 하나로 이미지를 다섯 개의 영역으로 나눈 뒤 일련의 검색 실험을 수행한 예를 들 수 있는데, 이때의 주요 가정 가운데 하나는 이미지의 중앙 영역의 중요성에 관련된 것이었다. 이것은 이미지의 중앙 영역에 의미 있는 객체가 위치할 가능성이 높다는 관찰로부터 기인한 것으로, 본 연구에서는 이러한 관찰 결과가 객관적으로 타당할 것인가를 S.K. Chang의 PIM(Picture Information Measure) 엔트로피를 계산하여 검증하려 하였다. 실험 결과 이미지의 중앙과 그 외부 영역 사이에는 통계적으로 유의미한 차이가 존재하는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

Various approaches have been made for dividing images in content-based image retrieval. One of them defined five regions for images and conducted a series of experiments. A major assumption of the experiment is that the center regions of images are very important. It is based on the observation that meaningful objects are usually located in the center region of images. From this point of view, we tried to test if the assumptions is objectively valid by calculating and comparing PIM(Picture Information Measure) entropies of image regions proposed by S.K. Chang. The experimental results showed that there were statistical PIM differences between the center and other regions.

키워드 : 내용기반 이미지 검색, 이미지 영역 구분, PIM(Picture Information Measure)

* 연세대학교 대학원 문헌정보학과

** 연세대학교 문헌정보학과 교수

■ 논문 접수일 : 1999년 12월 6일

1 서론

1990년대 들어 컴퓨터와 네트워크 기술의 빠른 발달은 다양한 매체를 이용한 정보의 소장을 가능하게 하고 이에 대한 이용자들의 정보요구는 끊임없이 증가하고 있다. 이용자들은 지금까지의 텍스트 정보뿐만 아니라 디지털 이미지와 동영상, 디지털 음악과 같은 멀티미디어 정보에 깊은 관심을 갖고 있고, 그러한 경향은 앞으로도 계속될 것이다. 멀티미디어 정보 가운데에서도 특히 이미지는 비디오 정보와 같은 다른 매체들의 기본이 되는 유형으로서, 이를 쉽고 효과적으로 검색 가능하게 하는 연구가 계속되어 왔다.

이미지 정보는 메타데이터를 검색 대상으로 할 경우 이전까지 연구되어 왔던 텍스트 정보의 색인과 검색 기법을 그대로 이용할 수 있기는 하지만 이렇게 텍스트를 기반으로 한 이미지의 검색은 주관성 문제를 내포하고 있다. 내용기반 이미지 검색은 그러한 주관성 문제를 해결할 수 있는 가능성을 제시한다는 점에서 강점을 갖고 있다. 이 방법은 이미지 속에 포함된 이미지의 특성(feature)을 추출하여 자동으로 색인하고 그를 검색에 이용하게 되므로 색인자의 주관에 의존할 필요가 없고 시간과 비용을 크게 절감할 수 있다는 장점을 갖게 된다.

이렇게 이미지의 내용을 기반으로 검색을 수행하는 시스템들로 대표적인 것으로는 QBIC, VisualSEEk 등을 들 수 있는데(Flickner et al. 1995; Smith, and Chang 1997), 이들이 이용하는 여러 이미지 특성 가운데에서도 특히 색상(color)은 다른 특성들에 비해 추출과 분석 작업이 간단하다는 장점으로 인해 많은 연구가 이루어지고 있다.

Swain과 Ballard에 의해 처음 제안된 색상에

의한 내용기반 이미지 검색은 색상이 기능성(functionality)을 함축하고 있는 경우가 많다는 가정에 바탕을 둔 것이다. 예를 들어 나무의 사진이나 나무를 그린 그림은 녹색을 포함하고 있는 경우가 많으며, 이때 이용자의 질의로 녹색이라는 색상을 사용할 경우 원하는 이미지를 검색해 낼 수 있는 것이다.

본 연구는 이러한 색상에 의한 내용기반 검색에 있어서 이미지의 영역을 분할하는 방식, 특히 그 영역 중에서도 중앙에 위치한 영역의 중요성에 대해 주목하였다. 이미지 속에 포함된 주요 객체가 주로 이미지의 중앙 영역에 위치할 확률이 높다는 것은 일상적으로 경험되어 온 사실이며, 이와 같은 관찰을 토대로 중앙 영역의 중요성을 가정하고 이미지의 영역 분할 방식을 제안한 연구도 보고되고 있다.

그러나 이러한 관찰 결과를 보다 유용하게 응용하기 위해서는 그에 대한 객관적인 근거를 제시할 수 있어야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 실제 이미지들을 대상으로 이미지의 중앙 영역에 의미 있는 객체가 존재하는가를 실험을 통해 검증하였다.

2 이론적 배경

2.1 내용기반 이미지 검색

이미지 데이터베이스가 소장, 색인, 검색하는 데이터는 이미지를 이루는 픽셀들로부터 얻어지는 시각 특성 데이터와 이미지에 대한 메타데이터 두 가지로 크게 구분할 수 있다. 이러한 두 가지 데이터 양식으로 인해 이미지 데이터 베이스의 색인과 검색 방법은 내용에 기반을 둔 방법과

텍스트 처리에 기반을 둔 방법, 그리고 양자를 혼합한 방법으로 나뉘어지게 된다. 내용에 기반을 둔 방법, 즉 내용기반 이미지 색인 및 검색에서는 기계에 의해 픽셀을 자동으로 추출하고 분석해서 얻어지는 이미지의 특성(feature)을 색인하여 검색에 이용하게 되고, 텍스트 처리에 기반을 둔 방법에서는 사진이나 그림의 장면 설명, 저자, 제작된 날짜 등과 같은 의미론적 정보나 맥락을 담고 있는 메타데이터를 이용하게 된다(Gupta, and Jain 1997).

텍스트 기반 이미지 검색은 분류 시스템을 이용한 방법, 시소러스를 응용한 방법, 캡션을 이용한 방법, 이미지 내용기술에 관한 방법 등과 같은 다양한 예를 찾아볼 수 있다. 이렇게 다양하게 존재하는 텍스트 기반 이미지 검색 방법들은 모두 이미지에 대한 텍스트 데이터를 데이터베이스의 필드에 저장하고, 이 데이터를 검색 대상으로 한다는 공통점을 가지고 있다(박현주 1997). 따라서 이미지 검색에도 키워드나 불리언 연산자와 같은 전통적인 텍스트 데이터의 색인과 검색 방식을 그대로 적용시킬 수 있으므로 이미지 검색 역시 텍스트 문헌 검색과 큰 차이가 없다고 보는 견해도 있으나(Danziger 1990), 이러한 입장은 텍스트 기반 이미지 검색이 가지고 있는 근본적인 한계를 간과한 것으로 생각할 수 있다.

텍스트 기반 이미지 검색에서 가장 크게 나타나는 문제는 한 마디로 '주관성'이라고 표현할 수 있다. 텍스트만으로 이루어진 문헌이 서문이나 서론을 통해 저자의 입장을 직접 알려줄 수 있는 반면 이미지는 그러한 도구가 상대적으로 적고, 존재한다 하더라도 이용 단계에서는 저자의 입장과는 무관한 이용자의 주관에 의해 주제가 좌우되는 경향이 크다. 또한 하나의 이미지는 두 가지

이상의 주제를 동시에 가질 수 있는데, 이것은 한 장의 이미지가 다양한 정보를 담을 수 있고, 따라서 서로 다른 이용자들이 각자의 관심을 각각 만족시킬 수 있기 때문이다(Besser 1990). Layne(1994)은 이미지가 가질 수 있는 속성 가운데서 주제적 속성(subject attribute)을 지적하고, 이로 인해 이미지의 주제가 그 이미지를 보는 사람에 따라 각기 달라질 수 있다고 주장하였다. 이러한 주관성 때문에 사람이 이미지에 색인을 부여할 때의 일관성 역시 문제가 될 수 있는데, Markey(1983)의 실험 결과에 의하면 같은 이미지에 대한 서로 다른 색인자의 일치도는 1~27%로 매우 낮게 나타났고, Seloff(1990)도 JSC 필름 저장소의 사례를 통해 동일한 색인자라 할지라도 시간의 흐름에 따라 다른 색인어를 부여한 결과를 보고하고 있다.

이렇게 텍스트 기반 이미지 검색에서 나타날 수 있는 가장 큰 문제점인 주관성은 내용기반 이미지 검색 기법을 통해 보완될 수 있다. 내용을 기반으로 한 이미지의 색인과 검색은 인간이 기술한 이미지에 대한 텍스트 정보에 의존하기보다는 기계에 의해 자동으로 분석한 픽셀 데이터로부터 이미지의 특성 정보를 추출하여 이용하기 때문이다(Baxter 1995). 이때 흔히 사용되는 이미지의 특성 정보로는 색상(color), 질감(texture), 형태(shape) 등을 들 수 있는데, 대부분의 시스템에서는 이 가운데 한 가지 특성만을 이용하기보다는 두 가지 이상의 특성을 조합하여 시스템의 성능 향상에 도움이 되도록 하고 있다. 본 연구는 총체적인 이미지 검색 시스템을 구축하는 것을 목표로 삼은 것이 아니고 그 가운데에서 색상 특성에만 논의를 한정시켰다. 그러나 이것은 다른 특성의 중요성을 무시한 결과는 아니며, 여러 특성이 함께 이용되는 검색 시스템 중에

서 색상 특성 처리 부분의 성능을 향상시키는 데 기여하기 위한 것이라고 할 수 있다.

2.2 색상 색인의 범위

색상에 의한 이미지의 색인과 검색은 그 색인 범위에 따라 두 가지 방식으로 분류할 수 있다. 첫 번째는 전역 색상분포(global color distribution)에 의한 방법이고, 두 번째는 지역 색상분포(local color distribution)에 의한 방법이다(Smith, and Chang 1996). 이 두 방법의 차이는 전자가 한 장의 이미지 전체에 나타나는 색상 분포를 색인하는데 비해 후자는 그 이미지 속의 하위 영역을 색인 대상으로 한다는 데 있다. 이와 같은 차이 때문에 검색시의 매칭 작업에 있어서, 전역 색상분포를 이용한 방법은 매칭의 단위가 전체 이미지가 되는 반면 지역 색상분포에 의한 방법에서는 하위 영역을 단위로 한 매칭도 가능하게 된다.

양자 모두 단일 이미지와 이미지들의 총합이라 할 수 있는 비디오의 검색에서 유용하게 사용될 수 있지만, 그 용도는 각각 다르다. 전역 색상분포를 이용한 색인과 검색은 그 성격상 질의로 예제 이미지(sample image)를 제시할 때 유용한데, 이 경우 이용자는 특정한 객체의 위치보다는 질의 이미지와 전반적인 색상분포가 유사한 이미지들을 검색하는 데 관심을 갖게 된다. 만약 이용자가 검색하고자 하는 객체의 위치가 중요한 변수가 된다면 지역 색상분포가 유용하게 사용될 수 있다. 이용자의 정보 요구가 좌상단에 태양이 위치한 이미지들이라면, 이때에는 태양이 가지고 있는 색상만이 색인의 대상이 되는 것이 아니라 그 위치도 색인되어야 하기 때문에 전역 색상분포만으로는 불충분하고, 각 색상이 출현하는 공

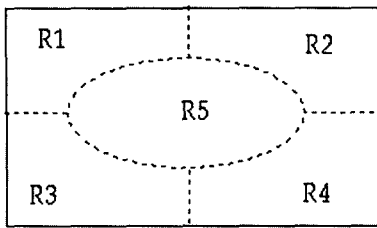
간 정보도 고려한 지역 색상분포를 이용하여 색인과 검색 작업을 수행해야 하는 것이다.

지역 색상 분포를 이용한 색인에서 이와 같이 공간 정보를 포함하는 방식은 크게 두 가지로 나뉜다. 첫 번째는 이미지를 일정한 사각형 구역으로 분할하여 각각으로부터 색상 특성을 추출하는 방법(image subdivision)이고, 두 번째는 이미지를 그 속에 포함된 객체를 위주로 분할하는 방법(complete segmentation)이다. 이 두 방법은 각각 단점을 가지고 있는데, 전자는 공간 정보를 지나치게 단순화하여 이용하기 때문에 이미지의 작은 회전이나 변형에 취약하고, 후자는 이용자와의 상호작용을 필요로 하기 때문에 대용량 이미지 데이터베이스나 비디오 데이터베이스에 적용하기 어렵다는 문제가 있다. 따라서 대부분의 시스템들은 공간 정보를 포함하지 않는 색인과 이 두 가지를 모두 포괄하는 전략을 취하고 있으나, 이와 같은 접근 방식도 역시 완벽하다고 할 수는 없다. 그 이유는 이렇게 다수의 색인을 사용함으로써 그들이 결합된 색인의 규모가 커지게 되고 따라서 그 색인이 잉여 정보를 가지게 될 가능성도 커진다는 문제가 제기될 수 있기 때문이다(Stricker, and Dimai 1996).

3 선행 연구

Stricker와 Dimai(1996)는 색인에 저장되는 공간 정보를 최소화하는 작업이 색상 색인의 성능을 향상시키는 데 필요하다고 보고 다음 <그림 1>과 같은 영역 분할 방식을 제안하였다.

이 방법은 위에서 논의한 두 가지 방법, 즉 일정 크기의 사각형 구역 분할과 완벽한 객체 분할의 중간에 위치해 있는 것이라고 할 수 있는데,



〈그림 1〉 Sticker와 Dimai의 영역 구분
(----- : 퍼지 경계)

이에 의해 검색 실험을 수행한 결과 주목할만한 검색 성능의 향상을 얻을 수 있었다고 보고하였다. 이들의 논지를 요약하면 다음과 같다.

1) 의미 있는 영역의 설정은 이미지 컬렉션의 성격에 좌우되는 문제이지만, 실험 대상 이미지들의 경우 다섯 영역 가운데 중앙 영역(R5)이 특히 중요하였다.

2) 다섯 영역(R1~R5)의 경계선 부분에는 퍼지(fuzzy) 개념을 도입하여 이미지의 미세한 이동이나 회전에 의한 오류 가능성을 줄이고자 하였다.

이중 첫 번째, 즉 중앙 영역이 중요한 이유에 대해 이들은 다음과 같이 논하고 있다. 즉, “의미 있는” 영역을 선택하는 것은 분명 해당 이미지 컬렉션의 성격에 의해 좌우될 수 있는 문제인데, 이 실험에서 사용된 사진 이미지들의 경우 촬영자는 거의 항상 객체를 이미지의 중앙에 위치시키는 경향이 있었고, 연구자들이 이미지들을 직접 관찰해 본 결과도 그러한 경향과 일치한다는 것이었다.

이러한 가정은 일상적인 경험에 비추어 볼 때 타당하다고 할 수 있는 근거가 분명히 존재한다. 그들이 실험에 사용한 이미지뿐만 아니라 사람들이 일반적으로 촬영하는 사진이나 그려내는 그림에서 그 중앙 영역에 중요한 객체가 위치하는 경우가 많다는 것은 우리들이 이미 일상적으로 알

고 있는 사실이라고 할 수 있다. 그러나 이와 같은 가정과 경험이 객관적인 근거를 가졌다고 서둘러 판단할 수는 없을 것인데, 그것은 중앙 영역 이외의 영역인 주변 영역에 중요한 객체가 위치하는 사진과 그림들도 분명 관찰되어 왔기 때문이다. 그들의 실험에서도 질의 이미지의 중앙 영역에 중요 객체가 존재하지 않은 경우 사용자 질의에서 중앙 영역에 가중치를 부여하지 않거나 낮은 가중치를 부여하게 한 예가 있었는데, 이는 중앙 영역이 분명 중요하기는 하지만 그것이 언제나 일반화되기는 어려울 수 있다는 반증이 될 것이다.

그러나 중앙 영역에 의미 있는 객체가 존재하는 확률이 높다는 것을 입증할 수 있다면, 그 결과는 매우 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 질의 이미지와 유사한 이미지를 검색해 내는 방식에서는 질의 이미지를 바탕으로 어떤 영역에 높은 가중치를 부여해야 할 것인가를 결정할 수 있으나, 그렇지 않은 경우, 예를 들어 사용자가 관심 있는 객체의 위치를 지정하지 않고 단지 색상들만을 질의로 제공하였을 때에는 의미 있는 객체의 위치를 추측하는 작업이 검색 효율의 향상으로 이어질 수 있을 것임을 예상할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 실제 이미지를 분석하여 중앙 영역에 의미 있는 객체가 존재하는가의 여부를 통계적으로 검증하려 하였다.

4 가설과 실험

4.1 연구 가설

본 연구에서는 다음과 같이 가설을 설정하고 실험을 통해 검증하였다.

- 가설 1 : 이미지의 중앙 영역에는 주변 영역보다 중요한 객체가 포함될 확률이 높을 것이다.

그런데 이미지의 어떤 부분에 중요한 객체가 위치해 있는가를 판단하는 것은 매우 주관적일 수 있는 문제이므로 본 연구에서는 이미지의 엔트로피를 의미하는 Chang(1989)의 PIM (Picture Information Measure)을 산출하여 그 값이 영역에 따라 차이를 보이는가를 분석하는 방법을 통해 가설을 검증하였다. 김태희와 정동석(1999)은 이러한 PIM을 이용한 이미지 검색 기법을 소개하면서 대부분의 이미지에 있어서 PIM이 커질수록 엔트로피와 색상 변화(그레이스케일 정보가 대상이 되므로 엄밀히 말하면 밝기의 변화)가 커지게 되고, 따라서 그 영역이 많은 정보를 갖게 된다고 말하고 있다. 본 연구에서도 이와 같은 입장을 수용하여 위의 가설을 다음과 같이 조작적으로 변형하였다.

- 가설 2 : 이미지의 중앙 영역의 PIM이 주변 영역의 PIM 보다 클 것이다. 따라서 중앙 영역의 PIM과 주변 영역의 PIM의 차이는 0 보다 클 것이다.

4.2 실험 방법

4.2.1 실험 대상 및 이용 시스템

본 연구에서 실험에 사용한 이미지는 다음과 같다.

- 인터넷으로부터 수집된 서양 회화 이미지 1,358 장
- 미국 NOAA(National Oceanic and

Atmospheric Administration)의 사진 컬렉션 중 일반 항목 356 장(NOAA Photo Collection 1999)

서양 회화 이미지는 인터넷 상의 루브르 박물관 사이트(Musée du Louvre 1998)와 같이 누구나 접근 가능한 사이트들로부터 수집되었다. 이들은 모두 컬러 이미지이고 파일 형식은 JPEG으로, IJG(Independent JPEG Group)의 JPEG 라이브러리(Lane et al. 1998)를 기반 시스템으로 사용하여 연구자가 작성한 프로그램을 통해 분석 작업을 수행하였다. 이 라이브러리를 이용하여 JPEG 이미지를 메모리로 읽어들이면 이미지의 왼쪽 위에서부터 오른쪽 아래까지 순차적으로 픽셀 데이터를 얻을 수 있다. 한 개의 픽셀은 3 개의 바이트로 구성되고 이들은 RGB 색상 공간(color space)에서의 R, G, B(Red, Green, Blue) 값을 각각 의미하게 된다.

여기에서 이 두 집단의 이미지들의 성격을 구분해서 생각해 볼 수 있는데, 두 집단이 가지고 있는 차이 가운데 가장 중요한 것은 첫 번째는 사람이 손으로 그린 그림이고 두 번째는 실제 물체나 풍경을 촬영한 사진이라는 것이다. 이러한 차이는 이 이미지들의 색상 특성에도 차이를 가져올 것이라는 것을 쉽게 예상할 수 있었고, 이 연구에서의 분석 결과에서도 역시 두 집단은 차이를 보였다. 이에 대해서는 뒤에서 좀더 자세히 논의하기로 한다.

4.2.2 PIM(Picture Information Measure)

본 연구의 목적인, 이미지의 중앙 영역에 가중치를 주는 것이 타당한가 하는 문제를 검증하는데에는 여러 가지 방법이 동원될 수 있다. 그중 한 가지로, 사람이 표본 이미지들을 직접 관찰하

여 그 가운데 영역에 의미 있는 객체가 위치해 있는가를 직접 확인하는 방법도 생각해 볼 수 있으나 이는 조사해야 할 이미지의 수가 많아질수록 많은 시간과 비용을 소모하게 된다. 또한 앞에서 텍스트 기반 이미지 검색에 관하여 논한 것과 마찬가지로, 수작업을 통해 의미 있는 객체를 식별해 내는 작업은 주관적인 판단이 개입될 수 있는 여지가 크기 때문에 객관적인 결론을 도출하기가 어려울 수 있다.

따라서 이 연구에서는 이미지들의 색상 특성을 자동 분석하여 그 중앙 영역에 의미 있는 객체가 존재하는가의 여부를 검증하는 방법을 채택하였다. 이러한 작업의 중심이 된 것은 Chang(1989)이 제안한 PIM(Picture Information Measure)으로, 이는 Shannon의 엔트로피 개념을 이미지 정보에 적용시킬 수 있도록 제안된 것이다. PIM은 그레이 레벨 변화의 최소 개념에 기반하고 있으며, Shannon의 엔트로피와는 달리 영상에서의 공간적 구조를 반영할 수 있는 Chang의 엔트로피 개념을 정량화한 것이다. Chang의 PIM은 다음 식과 같이 정의된다. 그런데 이 식에도 나타나고 있는 것처럼 PIM은 분석하고자 하는 영역의 픽셀 수, 즉 해당 영역의 면적에 따라 가변적이므로 서로 다른 픽셀 수를 갖는 영역 사이의 PIM을 직접 비교할 수는 없다. 따라서 그와 같은 비교를 가능하게 하기 위해 정규화 PIM인 NPIM을 고려하여야 하는데, 이는 PIM을 영역의 면적으로 나눈 것이다(Chang 1989; 김태희, 정동석 1999).

$$PIM = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} h(i) - \text{Max}(h(i))}{L-1}$$

L : 양자화 단계 수, h(i) : 단계 i에 대한 히스토그램

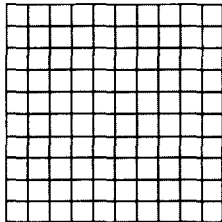
$$NPIM = 1 - \frac{\text{Max}(h(i))}{\sum_{i=0}^{L-1} h(i)}$$

(0 ≤ NPIM ≤ 1)

PIM의 의미를 한마디로 정리하자면 분석하고자 하는 영역의 픽셀들이 균일할수록 PIM의 값이 작아지고, 균일하지 않을수록 PIM의 값이 커진다는 것이다. PIM의 값이 커질수록 엔트로피가 증가한다고 생각할 수 있으며, 따라서 PIM의 값이 큰 부분이 많은 정보량을 갖게 되고 그 부분에 의미 있는 객체가 위치해 있을 확률이 높아질 것으로 생각할 수 있다. 이때 균일, 불균일을 따지는 기준이 되는 것은 색조(Hue), 채도(Saturation) 등을 제외한 해당 픽셀들의 밝기뿐인데, 사람이 사진을 볼 때 그 사진이 흑백이라 할지라도 의미 있는 객체를 구별하는 작업이 컬러 사진에 비해 어렵지 않다는 사실을 생각해 보면 픽셀의 기타 색상 정보가 제외되었다 하더라도 PIM이 유효하게 사용될 수 있다는 것을 알 수 있다.

위의 식을 실제 이미지에 적용시키기 위해서는 이미지의 픽셀들로부터 색상 정보를 얻어 히스토그램을 작성해야 한다. PIM은 그레이 레벨 개념에 기반하고 있기 때문에 색조나 채도는 고려할 필요가 없고, 다만 그 밝기만을 이용하면 되므로 각 픽셀들로부터 얻은 R, G, B 3 바이트의 평균을 구하여 이용할 수 있다. 그런데 여기에서 PIM은 히스토그램을 구하는 대상 영역의 면적에 따라 다양하게 변화할 수 있고, 따라서 둘 이상의 영역을 비교하기 위해서는 그 영역들의 면적이 모두 같거나, 앞에서 소개한 것과 같이 PIM을 면적으로 나눈 정규화 PIM인 NPIM을 사용해야 한다.

〈그림 2〉, 〈그림 3〉은 가로, 세로가 각각 10 픽셀인 예제 이미지의 PIM과 NPIM을 구하는 과정을 보인 것이다. 왼쪽의 이미지는 모두 흰색으로 그 균일 정도가 최대이고 오른쪽 이미지는 객체를 포함하고 있기 때문에 픽셀들의 밝기가 균일하지 않다. 이와 같은 사실은 〈표 1〉, 〈표 2〉의 히스토그램들에도 나타나고 있다. 여기에서는 히스토그램을 8 단계로 나누었는데, 첫 번째 이미지의 히스토그램에서는 밝기가 최대인 구간에 모든 픽셀들이 모여 있고, 두 번째 이미지의 히스토그램에서는 각 구간에 픽셀들이 분산되어 있다. 이때 각각의 PIM을 비교해 보면 왼쪽 이미지는 $PIM = 0$, $NPIM = 0$ 으로 정보량이 0인 것을 알 수 있고, 오른쪽 이미지는 $PIM = 42$, $NPIM = 0.42$ 로 왼쪽 이미지에 비해 높은 정보량을 보이고 있다. 이것은 직접 눈으로 위의 이미지를 관찰한 결과, 즉 왼쪽 이미지에 아무 객체도 포함되어 있지 않고, 오른쪽 이미지에 의미가 있는 객체가 포함되어 있다는 관찰과 일치한다고 할 수 있다.

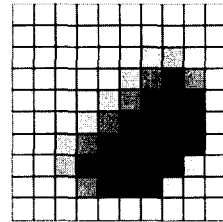


〈그림 2〉 객체를 포함하지 않은 영역

〈표 1〉 〈그림 2〉의 히스토그램

밝기	1	2	3	4	5	6	7	8
빈도	0	0	0	0	0	0	0	100

($PIM = 0$, $NPIM = 0$)



〈그림 3〉 객체를 포함한 영역

〈표 1〉 〈그림 3〉의 히스토그램

밝기	1	2	3	4	5	6	7	8
빈도	0	2	8	9	6	11	6	58

($PIM = 42$, $NPIM = 0.42$)

4.2.3 그레이스케일 단계

앞에서도 논의한 바와 같이 PIM과 NPIM은 이미지의 그레이스케일 단계 변화에 기반을 둔 개념으로 픽셀의 밝기 정보만으로 관심 영역의 정보량을 측정할 수 있다고 하였다. 따라서 이미지를 이루는 픽셀로부터 밝기 정보를 추출하여 그레이스케일 이미지로 변환하고 히스토그램을 산출할 수 있는데, 이때의 히스토그램 단계 또는 양자화 단계에 차등을 둘 수 있다. 일반적으로 비트맵 이미지는 픽셀당 1 바이트, 즉 256 단계의 R, G, B 값을 갖게 되고 이의 평균을 구하면 256 단계의 그레이스케일로 변환된다. 이 실험에서는 256 단계에 더하여 64, 32 단계도 함께 고려하였는데, 그 이유는 그레이스케일 단계를 낮추어 양자화할 경우 사람의 눈으로 이미지의 주제를 판별할 때에는 크게 중요하다고 할 수 없는 노이즈나 픽셀들의 작은 변화는 무시할 수 있고, 영역간 PIM, NPIM의 차이를 보다 명확하게 알 수 있을 것이기 때문이다.

따라서 동일한 이미지 컬렉션에 그레이스케일

〈표 3〉 영역별 PIM의 비교

NPIM \ 영역		R1	R2	R3	R4	R1~R4	R5	전체 이미지
그레이스케일 단계	256	0.90	0.98	0.98	0.98	0.97	0.99	0.98
	64	0.67	0.91	0.93	0.94	0.92	0.96	0.95
	32	0.65	0.84	0.88	0.88	0.91	0.93	0.94

단계만을 256, 64, 32로 달리하여 각 단계별 PIM과 NPIM을 모두 구하였으며, 이때의 히스토그램 단계도 그레이스케일 단계와 동일한 256, 64, 32 단계가 되었다.

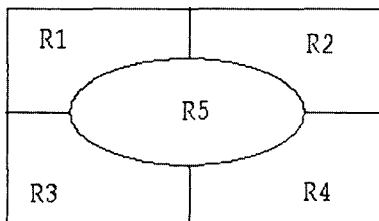
4.2.4 영역 구분

본 연구에서는 다음 〈그림 4〉와 같이 이미지의 경계를 구분하였다. 주변 영역인 R1~R4의 면적은 서로 동일하고, 주변 네 영역의 합이 중앙 영역인 R5의 면적과 같도록 타원형의 크기를 설정하였으므로 R5의 면적은 전체 이미지의 1/2이 된다.

이와 같은 영역 구분 방식에 의해 중앙 영역과 주변 영역의 PIM을 구하여 비교한 예가 〈그림 5〉와 〈표 3〉이다. 이 예에서도 실제 실험에서와 같이 면적이 서로 다른 영역 사이의 비교도 가능하게 하기 위해 NPIM을 사용하였고, 그레이스케일 단계를 256, 64, 32로 각각 달리하여 그 차이를 비교해 보았다. 먼저 〈그림 5〉를 보면 이 이미

지에서 중요한 객체는 중앙에 위치한 앵무새라고 할 수 있다. 비록 이 앵무새가 이미지의 〈그림 4〉의 영역 구분에서의 중앙 타원형 부분에 정확히 위치하지는 않고 하단에까지 걸쳐 있기는 하지만 이미지의 상단 부분에는 밝기의 변화가 단순한 배경이 상당히 많이 분포되어 있는 것을 관찰할 수 있다. 따라서 주변 영역인 R1~R4의 NPIM이 중앙 영역인 R5의 NPIM보다 작을 것임을 짐작할 수 있는데, 실제 분석 결과도 그러한 예상과 일치한다고 할 수 있다.

〈표 3〉을 보면 그레이스케일 단계에 따라 중앙 영역과 주변 영역의 NPIM이 크기는 0.04까지 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 특히 이미지 상에서 가장 단순한 배경을 가지고 있는 부분인 좌상단(R1)의 경우 어느 영역과 비교해 보더라도 그 NPIM 값이 작다는 것을 확인할 수 있고, 중앙 영역(R5)의 NPIM은 다른 영역의 NPIM에



〈그림 4〉 본 연구의 영역 구분



〈그림 5〉 영역별 PIM의 비교

〈표 4〉 영역별 엔트로피(NPIM) 평균

대상 이미지		회화 이미지			NOAA 컬렉션		
그레이스케일 단계		256	64	32	256	64	32
영역	R1	0.955	0.878	0.798	0.866	0.758	0.671
	R2	0.955	0.876	0.794	0.861	0.748	0.659
	R3	0.953	0.883	0.809	0.819	0.711	0.636
	R4	0.954	0.883	0.808	0.814	0.711	0.636
	R1 ~ R4	0.963	0.905	0.843	0.855	0.769	0.707
	R5	0.973	0.921	0.865	0.934	0.934	0.792

〈표 5〉 영역별 엔트로피(NPIM) 차이의 평균

대상 이미지		회화 이미지			NOAA 컬렉션		
그레이스케일 단계		256	64	32	256	64	32
영역	R5 - R1	0.019	0.043	0.067	0.068	0.103	0.120
	R5 - R2	0.018	0.045	0.071	0.073	0.113	0.133
	R5 - R3	0.020	0.038	0.056	0.115	0.150	0.155
	R5 - R4	0.019	0.038	0.057	0.120	0.150	0.156
	R5-R1 ~ R4	0.010	0.016	0.022	0.079	0.092	0.085

〈표 6〉 영역별 엔트로피(NPIM) 차이의 T-test 결과

대상 이미지		회화 이미지			NOAA 컬렉션		
그레이스케일 단계		256	64	32	256	64	32
영역	R5 - R1	10.045	16.537	20.425	8.264	10.889	12.412
	R5 - R2	11.159	17.572	20.725	9.970	12.396	13.830
	R5 - R3	10.012	14.392	17.145	13.313	14.658	14.014
	R5 - R4	10.704	14.882	17.798	13.958	14.784	14.583
	R5-R1~ R4	7.177	7.958	8.682	12.748	11.905	10.481

비해 항상 크게 나타나고 있다.

그레이스케일 단계의 변화에 따른 NPIM 값의 변화도 주목할만한데, 그레이스케일 단계가 낮아질수록 NPIM 값도 함께 낮아진다는 사실 또한 확인할 수 있다. 이것은 앞에서 말한 바와 같이 그레이스케일 단계가 낮아질수록 노이즈와 미세한 밝기의 변화가 무시되기 때문이라고 할 수 있는데, 그러한 요소들은 사람의 눈에서도 역시 무시되므로 그레이스케일 단계를 낮춤으로써 사람의 인지 과정에 좀더 근접할 수 있을 것이고, 또한 영역간 엔트로피의 차이를 보다 명확하게 드러내는 작업이 가능할 것이다.

4.3 실험 결과

지금까지 논의한 것과 같이 두 이미지 컬렉션의 모든 이미지들을 다섯 개의 영역으로 나누고 각 영역별 엔트로피인 NPIM을 구하여 비교한 결과가 다음 표들에 제시되어 있다. 먼저 전체 이미지 컬렉션을 대상으로 영역별 엔트로피들의 평균을 구한 것이 <표 4>이다. 각 평균값들을 비교해 보면 네 개의 주변 영역과 그들을 하나로 합친 주변 영역 전체(R1~R4)의 엔트로피 모두 중앙 영역(R5)에 비해 낮게 나타나고 있다는 것을 알 수 있다. <표 5>는 중앙 영역(R5)과 네 개의 주변 영역(R1, R2, R3, R4) 각각의 엔트로피의 차, 그리고 중앙 영역(R5)과 전체 주변 영역(R1~R4)의 엔트로피 차들의 평균을 보여주고 있다. 여기에서 알 수 있는 것은 이미지 컬렉션의 종류와 그레이스케일 단계에 따라 그 차의 크기가 달리 나타나고 있다는 것인데, 회화 이미지보다 사진 이미지들로 이루어진 NOAA 컬렉션의 경우, 그리고 그레이스케일 단계가 256일 때보다 64나 32일 때 영역간 엔트로피 차이가 더 크게 나타났다.

그레이스케일 단계가 낮아질수록 이미지에 포함된 노이즈나 밝기의 작은 변화가 무시될 것이며, 따라서 영역들의 엔트로피는 낮아지고 그 차이는 보다 명확하게 드러나리라는 것은 앞 절에서 예제 이미지의 엔트로피를 구하는 과정에서 예상되고 있었고, 본 실험에서도 같은 결과가 나타났다. 두 이미지 컬렉션의 엔트로피 및 엔트로피의 차이가 서로 다른 결과를 보인 이유는 각 이미지 컬렉션이 가지고 있는 근원적인 속성의 차이에서부터 비롯된 것이라고 생각할 수 있다. 회화 이미지의 경우 그 제작 과정에서 불규칙한 면이 사진에 비해 보다 많이 포함되는 경향이 있다는 것은 일반적으로도 잘 알려져 있는 사실이다. 회화와 사진이 각각 동일한 객체를 담는다 하더라도 그림을 그리는 재료나 표현 기법에 따라 회화 이미지는 사진과는 크게 다른 내용을 담게될 수 있고, 이 실험에서 나타난 두 이미지 컬렉션 사이의 차이는 그러한 속성의 반영이라고 생각할 수 있을 것이다.

<표 6>은 이와 같은 차이의 평균이 이 실험에서 사용한 이미지들뿐만 아니라 일반적인 경우에도 적용 가능한가를 검증하기 위해 paired sample T-test를 수행한 결과를 정리한 것이다. 이는 하나의 모집단으로부터 표본을 뽑은 후 그 표본으로부터 쌍으로 된 관찰값들(paired sample)을 뽑아서 이의 차이에 대한 가설검정을 할 때 사용할 수 있는 방법으로(박정식, 윤영선 1998), 이 실험에서 모집단이란 전체 회화 이미지, 그리고 전체 사진 이미지를 의미하며, 표본은 실험에서 사용한 회화 이미지들과 NOAA 컬렉션 이미지들을 의미한다고 할 수 있다. 이때 쌍으로 된 관찰값들, 즉 중앙 영역과 주변영역의 차이가 0보다 크다는 가설을 검증하기 위해 단측 검증이 실시되어야 하는데, 계산된 t 값들이 단측 검증시

의 임계치 1.645보다($\alpha=0.05$ 일 때) 모두 크게 나타났으므로 이 실험에서 얻어진 결론은 통계적으로 유의미하다고 판단할 수 있으며, 따라서 이미지의 중앙 영역과 주변 영역 사이에 엔트로피의 차이가 존재한다는 가설은 지지될 수 있었다.

5 결 론

본 연구에서는 이미지의 중앙 영역에 의미 있는 객체가 위치할 것인가를 이미지의 영역별로 이미지 엔트로피인 PIM을 구하여 비교함으로써 통계적으로 검증하였다. 실험 결과 이미지의 중앙 영역이 주변 영역에 비해 높은 PIM을 갖는 것으로 나타났고, 통계적으로도 유의미한 것으로 검증되었다. 실험 대상이었던 두 이미지 컬렉션 가운데 서양 회화 이미지에서는 차이가 비교적 낮게 나타났는데, 이는 회화 이미지가 갖고 있는 속성, 즉 불규칙한 면적이 사진 이미지에 비해 상대적으로 많다는 사실에서 기인한 것으로 볼 수 있다.

따라서 Stricker와 Dimai가 강조했던 이미지의 중앙 영역의 중요성은 그들이 실험했던 이미

지들뿐만 아니라 기타 일반적인 이미지들에 있어서도 적용 가능할 것으로 판단할 수 있으며, 이용자가 질의 이미지에 영역별 가중치를 부여하지 않거나 그것이 불가능한 상황에서 중앙 영역에 가중치를 부여할 수 있는 근거를 제시하였다고 볼 수 있다.

물론 이 연구에서 가정했던 바와 같이 이미지 속에서 주제와 관련된 중요한 객체가 항상 높은 엔트로피를 가질 것이라고 무조건 단정할 수는 없다. 그것은 주제적으로 중요한 객체가 주변 배경에 비해 단순한 색상 분포를 가질 수도 있기 때문이다. 예를 들어 바다 위에 모습을 드러내고 있는 고래의 사진이 있다고 할 경우, 배경이 되는 바다는 높은 엔트로피를 가지게 되는 반면 주제에 가깝다고 판단할 수 있는 고래는 낮은 엔트로피를 가지게 되는 경우도 생각해 볼 수 있다.

그러므로 이 연구는 이렇게 이미지의 주제와 엔트로피 사이의 상관을 판단하는 차원에 있어서 보완의 여지가 있다고 할 수 있다. 따라서 인간에 의한 수작업 색인 결과와 비교하여 주제 객체가 높은 엔트로피를 갖는가를 확인하는 작업이 앞으로의 후속 연구에서 계속될 필요가 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 박정식, 윤영선. 1998. 『현대통계학』. 서울: 다산출판사.
- 김태희, 정동석. 1999. 엔트로피와 색채 특징을 이용한 영상 검색 기법. 『정보과학회 논문지』, 26(3).
- 박현주. 1997. 『구조화된 문헌의 이미지정보 검색 시스템에 관한 연구』. 석사학위논문, 연세대학교 대학원, 문헌정보학과.
- Baxter, G., and D. Anderson. 1995. "Image Indexing and Retrieval: Some Problems and Proposed Solutions." *New Library World*, 96(1123): 4-13.
- Besser, H. 1990. "Visual Access to Visual Images: The UC Berkeley Image Database Project." *Library Trends*, 38(4): 787-798.

- Chang, S. K. 1989. *Principles of Pictorial Information Systems Design*, Englewood Cliffs, N. J. : Prentice Hall.
- Danziger, P. N. 1990, "Picture Databases: A Practical Approach to Picture Retrieval." *Database*, 13(4): 13-17. Quoted in Baxter G., and D. Anderson. 1995. "Image Indexing and Retrieval: Some Problems and Proposed Solutions." *New Library World*, 96(1123): 4-13.
- Flickner, M., H. Sawhney, W. Niblack, J. Ashley, Q. Huang, B. Dom, M. Gorkani, J. Hafner, D. Lee, D. Petkovic, D. Steele, and P. Yanker. 1995. "Query by Image and Video Content: The QBIC System." *Computer*, 28(9): 23-32.
- Gupta, A.; and R. Jain. 1995. "Visual Information Retrieval." *Communications of the ACM*, 40(5): 63-71.
- Lane, T., P. Gladstone, J. Boucher, L. Crocker, J. Minguillon, L. Ortiz, G. Phillips, D. Rossi, G. Vollbeding, and G. Weijers. 1998. *The Independent JPEG Group's JPEG Software*. [online]. release 6b. [cited 1999.2.20]. <<http://www.ijg.org>>.
- Layne, S. S. 1994. "Some Issues in the Indexing of Images." *Journal of American Society for Information Science*, 45(8): 583-588.
- Markey, K. 1983. "Computer-assisted Construction of a Thematic Catalog of Primary and Secondary Subject Matter." *Visual Resources*, 3:16-49. Quoted in Layne S.S. 1994. "Some Issues in the Indexing of Images." *Journal of American Society for Information Science*, 45(8): 583-588.
- Musée du Louvre. 1998. [online]. [cited 1998.12.1]. <<http://www.louvre.fr>>.
- NOAA Photo Collection. 1999. [online]. [cited 1999.8.1]. <<http://www.photolib.noaa.gov>>.
- Seloff, G. A. 1990. "Automated Access to the NASA-JSC Image Archives." *Library Trends*, 38(4): 682-696.
- Smith, J. R., and S. F. Chang. 1996. "Tools and Techniques for Color Image Retrieval." *Symposium on Electronic Imaging: Science and Technology - Storage & Retrieval for Image and Video Databases IV*, 2670: 426-437.
- Stricker, M. A., and A. Dimai. 1996. "Color Indexing with Weak Spatial Constraints." *Symposium on Electronic Imaging: Science and Technology - Storage and Retrieval for Image and Video Databases IV*, 2670: 29-41.