

빛의 방향을 이용한 내용기반 이미지 검색 시스템의 효율성 향상에 관한 연구

A Study on the Performance Enhancement of Content-based Image Retrieval Systems Using Lighting Directions

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

목 차

1 서 론	4 검색 실험
1.1 연구방법	4.1 이미지 색인 벡터 생성
2 이론적 배경	4.2 질의 벡터 생성
3 불명확한 색상의 추정	4.3 검색
3.1 빛의 방향 추정	4.4 결과 분석
3.2 색상 추정	5 결 론

초 록

색상에 의한 내용기반 이미지 검색 기법에 있어서 조명과 관찰자의 환경과 같은 주변 조건을 반영한 시지각 색상 모형은 사진 이미지 속에 나타나는 반사광과 그림자와 같은 영역의 색상 정보를 알 수 없는 것이라고 간주하고 그 정보를 포기한다는 단점이 있다. 이 연구에서는 그와 같은 알 수 없는 색상을 빛의 방향에 의해 추정하여 검색 시스템의 효율을 향상시키는데 기여하려 하였으며, 검색 실험 결과 이러한 추정 작업과 검색 효율성 향상 사이에는 유의미한 관계가 존재하고 있는 것으로 결론지을 수 있었다.

ABSTRACT

CHROMA, a content-based image retrieval system has introduced a perceptual color model, which can simulate the visual perceptual process of human beings and eliminate the problem of conditional color variations. This model however regarded shadows and reflections as unknown colors, and took no account of the information which can be gained from them. This study attempts to estimate the unknown colors using lighting directions and to prove that the process of unknown color estimation can enhance the performance of image retrieval systems. With the experimental results, it was concluded that the model proposed in this study can enhance the performance of content-based image retrieval systems using the perceptual color model.

키워드: 내용기반 이미지 검색, 색상, 빛의 방향

* 연세대학교 대학원 문헌정보학과

** 연세대학교 문헌정보학과 부교수

■ 논문 접수일 : 2000년 11월 21일

1 서론

색상을 이용하는 내용기반 이미지 검색 기법은 이미지로부터 색상 특성을 추출해 내는 작업을 비교적 간단하고 쉽게 수행할 수 있다는 장점 때문에 많은 이미지 검색 시스템들에서 주요 기법 가운데 하나로 채택되어 왔다 (Stricker, and Orengo 1995, 382).

이들 시스템들은 색상 특성 데이터를 있는 그대로 추출하여 각자의 색인 및 검색 모형에 적용시켜 검색 작업을 수행시켜 왔으나 이러한 과정은 조명이나 관찰자의 환경과 같은 주변 조건에 의해 다양하게 변화되어 나타날 수 있는 색상에 대한 고려가 배제된 것이었다. 이에 대해 라이와 테이트(Lai and Tait 1999)는 CHROMA 시스템을 통해 인간의 시지각 과정을 반영하고 주변 조건으로부터 자유로울 수 있는 색상 검색 모형을 제시하고 있다. 그런데 이 모형은 명도가 매우 낮거나 어두운 그림자, 또는 채도가 낮은 반사광과 같은 색상 정보들을 불명확한 것(unknown)으로 취급한다. 그러나 인간이 실제 색상을 인지하는 과정에서는 이와 같은 불명확한 색상을 단순히 알 수 없는 것으로 간주하고 포기한다기보다는 그 원래 색상을 최대한 추정한다고 할 수 있다. 따라서 CHROMA는 이렇게 추정 과정을 거쳐 이미지의 색인과 검색 작업에 이용할 수 있는 정보를 포기하였다는 단점을 가지고 있다고 할 수 있다. 본 연구에서는 이처럼 불명확하다고 분류되는 색상의 원래 정보를 추정하여 색상에 의한 이미지 검색 시스템의 성능을 높이고자 하였으며, 그 추정과정에서는 사진 이미지 속에 존재하는 빛의 방향이 이용되었다.

1.1 연구 방법

이 연구에서는 미국의 온라인 이미지 서비스 가운데 하나인 ArtToday(ArtToday 1999)로부터 식물/화초(Plants & Flowers) 항목 사진 372 장을 전송받아 사용하였다. 검색 실험에 있어서의 적합성 판정을 위해서는 주요 객체의 색상, 위치, 개수와 같은 특성을 기준으로 전체 이미지들을 수작업으로 분류하여 질의와 각 질의에 대해 적합한 이미지들의 정보를 얻을 수 있었고, 이를 기반으로 CHROMA 시스템의 원래 모형과 본 연구의 수정 모형의 검색 성능 차이를 비교하였다.

다양한 형식의 이미지 파일을 분석하기 위해 리눅스 시스템에서 임립 라이브러리(Imlib library 1.9.5)를 사용하여 이미지들의 픽셀(pixel) 정보를 추출하였다. 색상 공간의 변환, 양자화, 색상 히스토그램 작성, 이미지 매칭, 검색 결과 분석 등의 작업을 위한 소프트웨어는 C(gcc 2.91.66)로 직접 제작하여 실험에 사용하였다.

2 이론적 배경

이미지 데이터 베이스는 주로 세 가지 접근점을 제공하여 색인과 검색 작업을 수행하게 된다. 텍스트 처리에 기반을 둔 방법과 내용에 기반을 둔 방법, 그리고 양자를 혼합한 방법이 그것이다. 텍스트 처리에 기반을 둔 방법은 해당하는 사진의 장면 설명이나, 사진을 찍은 사람과 같은 텍스트 데이터를 이미지의 색인에 사용하고, 내용에 기반을 둔 방법은 이미지로부터 추출된 객관적인 특성(feature)들을 사용하

게 된다(Denn 1997).

이중에서도 내용에 기반을 둔 이미지 검색 및 색인 방식은 텍스트 기반 방식에서의 주관성 문제를 보완하기 위한 시도로서, 인간이 기술한 이미지에 대한 텍스트 정보에 의존하는 것이 아니라 기계에 의해 자동으로 분석된 특성 데이터에 의존한다는 차이가 있다(Baxter 1995). 내용기반 이미지 검색에서는 여러 가지 특성이 사용되는데, 그 중에서도 가장 대표적인 것들로 색상(color), 질감(texture), 그리고 이미지에 포함된 객체의 형태(shape) 등을 들 수 있다(Chang et al 1997, 64). 이중 색상에 의한 이미지 검색 기법은 스웨인과 발라드(Swain and Ballard 1991)에 의해 제안된 것으로, 색상이 기능성(functionality)을 함축하고 있는 경우가 많다는 가정에서부터 출발하고 있다. 즉, 예를 들어 길은 검은색, 숲은 녹색, 하늘은 푸른색을 가지는 경향이 크므로, 숲을 찾기 위해서는 녹색이라는 색상을, 하늘을 찾기 위해서는 푸른색이라는 색상을 이용할 수 있다는 것이다.

이처럼 색상을 이용하는 내용기반 이미지 검색 시스템 가운데 하나로, 라이와 테이트(Lai and Tait 1998)는 CHROMA 시스템을 구축하면서 일반적인 사진 이미지들의 검색에 있어서 제기될 수 있는 문제점 두 가지를 들고 있다. 그것은, 첫째 사진 속의 조명 상태는 그 속에 포함된 객체의 색상에 영향을 준다, 둘째 많은 사진들은 어두운 그림자와 밝은 반사광을 포함하고 있는데, 이들의 존재는 정확한 색상의 측정 및 객체의 외곽선 추출을 어렵게 한다는 것이다. 굽타와 제인(Gupta and Jain 1997, 72), 그리고 스미스(Smith 1997)도 이러한 문제에 대해 언급하고 있다. 이들은 각각, 이미지

를 이루는 픽셀 가운데 포함된 노이즈나 조명(illumination)의 변화, 그리고 기타 조건들의 영향이 잘못된 검색 결과를 낳을 수 있으며, 주변 조건에 의해 색상을 인지하는 과정이 영향을 받을 수 있고 이러한 조건은 통제하기 어렵다고 말하고 있다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해 라이와 테이트는 다음 절차에 따라 시지각 색상 모형(perceptual color model)을 제시하고(Lai and Tait 1998b) 그에 따라 사진 이미지에 나타나는 색상들을 모두 10 가지로 나누어(〈표 1〉) 사진 이미지의 색인과 검색에 이용하였다.

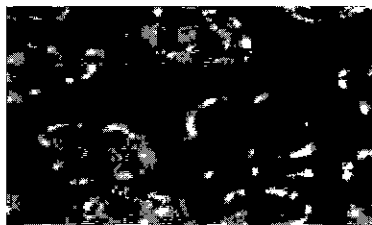
- 1) RGB 색상 공간을 기준으로 컬러 모니터에서 사용되는 모든 색상을 대표할 수 있는 125 개의 색상 표본을 추출
- 2) 125 개의 색상들을 인간의 눈으로 관찰하여 각각에 색상 이름을 표시
- 3) RGB 색상 공간을 HSV 색상 공간으로 변환
- 4) 색조(Hue)를 기준으로 정렬하여 색상 집단 사이의 경계를 파악

이는 사람들이 일상생활 속에서 일반적으로 인식하는 9 가지 색상에 불명확한(unknown) 색상 한 가지를 더한 것인데, 디스크립터 0이 부여되는 이 불명확한 색상이란 사람이 보았을 때에도 그 원래 색을 파악할 수 없는 매우 어두운 그림자나 밝은 반사광을 의미한다.

〈그림 1〉은 그와 같은 그림자와 반사광을 포함하고 있는 사진 이미지의 예이다. 이는 적색과 녹색의 야채를 촬영한 사진으로, 조명의 영향에 의해 밝게 빛나는 흰색 반사광과 검은색으로 나타나는 그림자를 포함하고 있다. 이 사진을 시지각 색상 모형에 적용시키면 두 가지 색상의 야채에 대해서는 적색과 녹색을 의미하

〈표 1〉 시지각 색상 모형

색상 디스크립터	시지각 색상 집단
0	불명확(매우 밝은, 또는 매우 어두운 부분)
1	백색
2	회색
3	검은색
4	적색, 분홍색
5	갈색, 어두운 황색, 올리브색
6	황색, 오렌지색, 밝은 황색
7	녹색, 라임색
8	청색, 하늘색, 청록색
9	보라색, 자홍색



〈그림 1〉 불명확한 색상을 포함한 이미지의 예

는 디스크립터 4와 7, 그리고 반사광과 그림자에 대해서는 불명확한 색상을 의미하는 디스크립터 0이 부여될 것이다. 그러나 인간이 직접 색인 작업을 수행한다면 이 사진 이미지에 부여할 수 있는 디스크립터는 단지 4와 7, 즉 야채의 원래 색상인 적색과 녹색 뿐, 불명확한 색상까지 색인에 포함시키지는 않을 것이며, 그것은 기계가 불명확하다고 판단하는 반사광과 그림자의 원래 색상이 적색과 녹색일 것이라는 사실을 인간은 추정할 수 있기 때문이다.

이러한 추정 과정은 불명확한 색상을 갖는

영역의 주변 색상을 참조함으로써 가능해 진다고 할 수 있다. 적색 야채의 표면에 나타나는 반사광 부분과 그림자 부분의 원래 색상은 당연히 적색이 될 것이고, 그것은 주변 색상이 적색이라는 정보를 이미 가지고 있기 때문에 알 수 있는 사실이다 이 연구에서는 이와 같은 가정을 바탕으로, CHROMA 시스템의 원래 모형에 불명확한 영역의 색상을 추정하는 과정을 더하여 그로 인해 시스템의 검색 성능이 향상되는가를 검증하려 하였다.

3 불명확한 색상의 추정

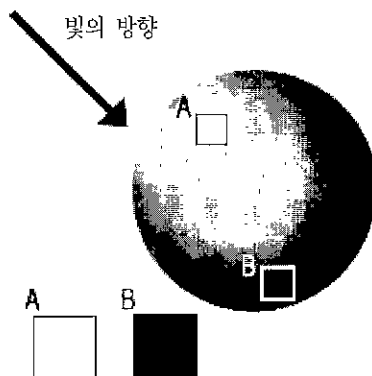
3.1 빛의 방향 추정

앞서 기술한 것과 같이, 이미지 속에 나타나는 불명확한 색상의 실제 색상을 추정하기 위해 본 연구에서는 그 불명확한 색상이 나타나는 부분의 주변 영역을 참조하였다. 그런데 그와 같은 주변 영역은 해당 영역의 상, 하, 좌, 우 어디에나 존재할 수 있으며, 그 각각에 나타나는 색상도 매우 다양할 수 있을 것이다. 따라서 불명확한 색상이 나타나는 영역의 주변 영역 중에서 어떤 방향을 선택할 것인가가 문제로 대두된다고 할 수 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 빛의 방향이라고 하는 정보를 이용하였다. 불명확한 색상에 해당하는 반사광과 그림자가 나타나게 되는 원인은 빛에 있고, 따라서 그 영역의 원래 색상과 근접한 색상을 갖는 주변 영역이 어느 방향에 있을 것인가는 빛의 방향을 참조함으로써 알 수 있을 것이기 때문이다.

〈그림 2〉에 이와 같은 상황이 표현되어 있다.

이 그림에 나타나 있는 공에는 왼쪽 위 방향으로부터 빛이 비추어지고 있으며, 그로 인해 반사광(A)과 그림자(B)가 각각 어둡고 밝게 나타나 있다. 사람이 이 공을 보았을 때 반사광 부분의 표면 색상이 흰색이라거나 그림자 부분의 표면 색상이 검은색이라고 눈에 보이는 그대로 단정하지 않는 이유는 반사광 부분과 그림자 부분의 색상을 주변 영역을 통해 추정할 수 있기 때문이다. 이 그림의 예에서 반사광(A)부분의 경우 그 왼쪽 위에서 빛이 비추어지고 있기 때문에 반대 방향인 오른쪽 아래의 색상을, 그리고 그림자 부분의 경우(B)에는 빛이 들어오고 있는 왼쪽 위 영역의 색상을 참조하여 공의 원래 색상을 알 수 있게 되는 것이다.

따라서 본 연구에서는 불명확한 영역의 색상을 추정하기 위해 빛의 방향이라는 변수가 매우 중요한 역할을 수행하였다. 이러한 빛의 방향 정보를 얻기 위해서는 전체 이미지를 8×8 픽셀 크기의 작은 셀들로 분리한 후, 각 셀별로 중다회귀곡선을 구하는 방법을 채택하였다. 하나의 셀 속에 포함된 64 개 픽셀들은 각각 x, y좌표와 명도라는 세 값을 갖게 되므로 이들간



〈그림 2〉 빛의 방향에 의한 색상 추정

의 관계를 다음과 같은 회귀식으로 표현할 수 있다.

$$v = b_1x + b_2y + a$$

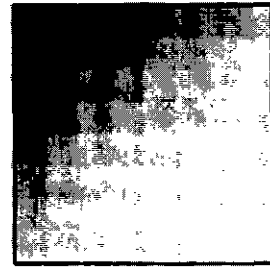
(x, y : 픽셀의 x, y 좌표; b_1, b_2 : 회귀식의 기울기; v : 픽셀의 명도; a : 회귀식의 절편)

이렇게 회귀식을 구한 후, 그 회귀계수들에 의해 회귀곡선이 기울어진 방향을 알 수 있으며 따라서 빛의 방향도 추정할 수 있다. 그 과정을 요약하면 <표 2>와 같다.

<표 2> 회귀계수에 의한 빛의 방향 추정

구분	$b_1 > 0$	$b_1 < 0$
$b_2 > 0$	오른쪽 아래로부터	왼쪽 아래로부터
$b_2 < 0$	오른쪽 위로부터	왼쪽 위로부터

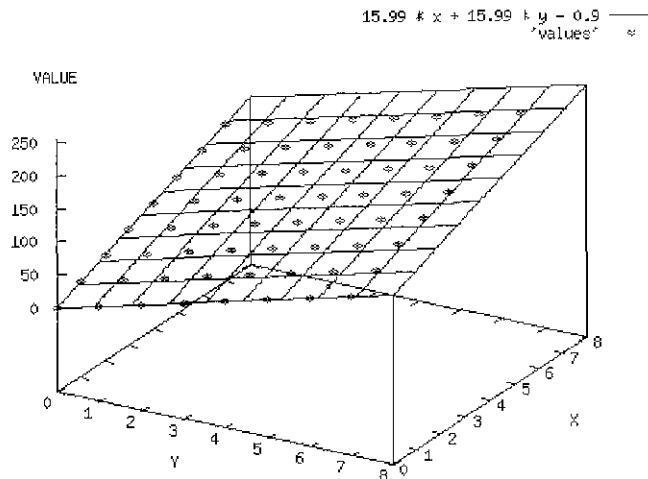
각 셀(8×8 픽셀) 별로, 이 표에 나타난 것과 같은 네 개 방향을 판단한 후, 전체 이미지 속에 나타나는 네 방향별 빈도를 구하여 이미



<그림 3> 빛의 방향 추정의 예

지에 지배적으로 나타나는 빛의 방향을 구할 수 있었는데, 이때 빈도는 결정계수 R^2 ($0 \leq R^2 \leq 1$)들의 합으로 얻었다. 통계학에서의 결정계수는 독립변수들이 종속변수를 어느 정도 설명해 주는지를 나타내는 지수이다(박정식, 운영선 1998). 이 값이 클수록 픽셀들의 명도는 위에서 구한 회귀곡선에 근접해 있다고 할 수 있고, 이와 같은 과정을 통해 소수의 극단치가 회귀계수에 주는 영향에 의한 오류를 줄이려 하였다.

<그림 3>은 오른쪽 아래로부터 왼쪽 위로 빛이 진행되는 셀의 한 예이고 <그림 4>는 그 픽셀들의 명도값들과 그로부터 얻은 회귀식을 그



<그림 4> 회귀식의 3차원 표현

래프로 표현한 것이다. 이 경우 회귀식은 $v = 15.99x + 15.99y - 0.91$ 로서 회귀계수 b_1 과 b_2 가 모두 0보다 크므로 빛의 방향이 오른쪽 아래로부터(〈표 3〉)라는 것을 알 수 있다. 또한 결정계수 R^2 는 0.99로 결정계수가 가질 수 있는 최대값인 1과 다르지 않고, 따라서 각 점들은 회귀곡선의 표면에 위치하고 있는 것을 알 수 있다. 이와 같이 결정 계수가 크게 나타난 이유는 〈그림 3〉에서 볼 수 있는 것처럼 이 셀에서는 오른쪽 아래에서 왼쪽 위로의 빛의 방향이 상당히 고르게 나타나 있기 때문인데, 만약 명도값들이 특정한 방향성 없이 무작위적으로 나타난다면 그 셀의 결정계수는 작을 것이고, 따라서 전체 이미지의 빛의 방향을 결정하는 데 미치는 영향도 상대적으로 줄어들 것이다.

이러한 빛의 방향 추정 과정은 수작업으로 직접 확인된 빛의 방향과 비교되었으며 그 결과는 다음 〈표 3〉과 같다. 수작업에 의한 결과

〈표 3〉 빛의 방향 추정 실험 결과

구분	비율(%)
수작업과 일치	55.11
부분 일치	25.54
불일치	7.80
수작업으로 판단 불가	11.56

와 완전히 일치하는 비율은 55.11%로 비교적 낮았으나, 상하나 좌우 방향 가운데 한 가지만 일치하는 부분 일치 비율은 25.54%로 나타나, 두 방향 중 한 가지 이상 일치하는 비율은 80.65%로 상당히 높음을 알 수 있다. 수작업으로 판단 불가 비율은 인간의 눈으로 직접 보았을 때에도 빛의 방향을 판단하기 어려운 경

우로, 그 비율이 11.65%로 비교적 낮았으므로 고려의 대상에서 제외하였다.

3.2 색상 추정

지금까지 살펴본 것과 같이 이 연구에서는 이미지의 빛의 방향, 인접 영역의 색상, 그리고 불명확한 색상이 반사광인가 그림자인가라는 세 가지 정보에 의지하여 불명확한 색상의 원래 색상을 추정하였다. 빛의 방향을 추정하는 방법은 앞에서 기술한 것과 같고, 불명확한 색상이 반사광인가 그림자인가는 CHROMA 시스템에서 다음과 같이 정의되었다(Lai 1999).

$$(H < \text{Undefined}) \text{ AND } ((S > 0.05) \text{ AND } (S < 0.14)) \text{ OR } (V < 0.21)$$

· H: Hue, S: Saturation, V: Value

이 두 가지 정보를 바탕으로 인접 영역 가운데 어느 부분의 색상을 참조할 것인가는 다음 규칙에 따라 결정되었다.

〈표 4〉 색상의 유형에 따른 추정 방향

불명확 색상의 유형	참조할 인접 영역
반사광	빛의 방향 쪽
그림자	빛의 반대 방향 쪽

이 추정 작업의 단위는 최소의 경우 픽셀로도 설정될 수 있으나, 그럴 경우 계산량이 필요 이상 증가할 수 있고, 또한 이미지 속에 포함된 노이즈가 개입될 우려도 있다. 본 연구에서는 CHROMA 시스템의 색인방식에 따라 각 이미지들을 225 개(15×15)의 셀들로 분할한 후,

각 셀을 검사하여 불명확한 색상인 디스크립터 0이 부여되는 셀에 위와 같은 추정작업을 적용하였다.

4 검색 실험

이러한 추정 작업이 효과적인 것인가를 판단하기 위해 CHROMA 시스템의 모형에 따른 검색 결과와 본 연구에서 제안한 불명확한 색상의 추정 과정을 포함한 수정 모형에 의한 검색 결과를 비교하였다.

실험에 사용된 모든 이미지들은 CHROMA 시스템의 모형과, 본 실험의 불명확한 색상의 추정이라는 수정 모형에 의한 두 가지 방식으로 각각 색인되었다. 그리고 이 두 가지 색인에 대하여 예제 이미지와 이용자 스케치라는 두 유형의 질의가 각각 적용되어 그 검색 결과가 비교되었다. 이용자 스케치는 두 모형에 동일한 질의들이 적용되었으나 예제 이미지에 의한 질의의 경우에는, 그 예제 이미지 자체에도 불명확한 색상을 갖는 영역이 존재할 수 있으므로 역시 수정 모형에 의해 불명확한 색상이 추정된 수정 질의가 사용되었다.

4.1 이미지 색인 벡터 생성

이미지의 색인에 사용된 벡터는 15×15 크기로 표현되는데, 이는 앞에서 기술한 불명확한 색상의 추정 과정에서의 이미지 분할 방식이 반영된 것이다. 이미지로부터 벡터를 추출하는 과정은 다음과 같으며, 이는 CHROMA 시스템에서의 방식을 따른 것이다(Lai 1999).

1) 외부 응용 소프트웨어인 ImageMagick

4.2.2(<http://www.imagemagick.org>)를 사용하여 원본 이미지를 15×15 픽셀 크기로 축소

- 2) 그 축소된 이미지로부터 225 개의 픽셀 데이터를 추출
- 3) 각 픽셀의 RGB 데이터를 HSV 색상 공간으로 변환
- 4) HSV 데이터에 의해 <표 1>의 10 가지 색상 디스크립터를 부여

이러한 과정으로 생성된 CHROMA 시스템 모형의 색인 벡터에는 불명확한 색상을 의미하는 디스크립터 0이 포함된다. 본 연구에서는 이 디스크립터 0의 원래 색상을 추정하려 하였으므로 원래의 색인에서 디스크립터 0으로 표현된 벡터 요소 가운데 일부가 빛의 방향을 참고하여 추정된 색상에 해당하는 새로운 디스크립터를 부여받게 되었고, 그러한 차이는 검색 결과의 차이로 이어지게 되었다.

4.2 질의 벡터 생성

질의로는 예제 이미지와 이용자 스케치 두 가지가 사용되었고, 따라서 질의 벡터도 두 가지 유형으로 생성되었다. 예제 이미지에 의한 질의 벡터는 색인 벡터와 동일한 과정을 거쳐 생성되었고, 이용자 스케치에 의한 질의는 15×15 크기이면서 각 요소에는 디스크립터 1~9를 갖는 벡터가 연구자에 의해 수작업으로 생성되었다.

검색 효율을 측정하기 위해 이 실험에서 사용된 전체 이미지 컬렉션을 직접 관찰하고, 각 질의별로 적합한 이미지들의 집합을 구성하여 시스템이 출력한 검색 결과의 적합성을 판정할 수 있도록 하였다. 생성된 질의와 이에 대한 적

〈표 5〉 질의 유형에 의한 분포 상황

이용자 스케치			예제 이미지		
질의번호	질의 내용	적합문헌 수	질의번호	질의 내용	적합문헌 수
QS1	백색 꽃과 녹색 나뭇잎	34	QE1-1~QE1-6	백색 꽃과 녹색 나뭇잎	33
QS2	적색 꽃과 녹색 나뭇잎	81	QE2-1~QE2-6	적색 꽃과 녹색 나뭇잎	80
QS3	황색 꽃과 녹색 나뭇잎	44	QE3-1~QE3-6	황색 꽃과 녹색 나뭇잎	43
QS4	녹색 나무	35	QE4-1~QE4-6	녹색 나무	34
QS5	청색 하늘	34	QE5-1~QE5-6	청색 하늘	33
QS6	보라색 꽃과 녹색 나뭇잎	30	QE6-1~QE6-6	보라색 꽃과 녹색 나뭇잎	29

합 이미지의 수는 〈표 5〉와 같다. 이용자 스케치는 유형별로 한 장씩의 질의를 생성하였고, 예제 이미지는 유형별로 세 장씩의 이미지를 골라내어 질의로 이용하였다. 이용자 스케치에 의한 질의의 경우에는 이용자가 부여한 디스크립터가 그대로 사용되므로 추정 과정을 거칠 필요가 없으나, 예제 이미지를 질의로 사용할 때에는 색인에서와 같이 불명확한 영역의 색상을 추정하는 작업을 거쳐 수정된 질의 이미지 벡터를 사용하였다.

4.3 검색

생성된 질의와 색인을 비교하여 검색 실험을 수행하는 과정에서는 유사계수 공식을 통해 두 벡터 사이의 유사도를 계산하였다. 유사도는 자카드계수(Jaccard's coefficient)를 이용하였다. 자카드계수는 다음과 같이 정의된다(van Rijsbergen 1979, 39).

$$\text{자카드계수} = \frac{|X \cap Y|}{|X \cup Y|}$$

- $|X \cap Y|$: 공통되는 색인의 수
- $|X \cup Y|$: 두 문헌이 갖고 있는 다른 색인어의 합

이렇게 계산된 유사도 순으로 검색 결과를 얻었고, 적합 이미지 집합과 비교하여 순위별(10, 15, 20위) 정확률과 재현율을 산출하였다. CHROMA 시스템 모형과 수정모형의 성능의 차이는 각 모형이 보여주는 정확률과 재현율을 비교함으로써 알 수 있으며, 그 결과는 〈표 6〉과 같다. 이때 이용자 스케치의 경우에는 유형별로 하나씩의 질의만 사용되었으므로 바로 단일한 재현율과 정확률 값을 구하여 두 모형의 성능을 비교할 수 있으나, 예제 이미지를 질의로 사용한 경우에는 유형별로 3 개씩의 질의 이미지를 사용하였기 때문에 이들의 평균을 구한 후 그를 비교하였다. 이때의 평균 재현율과 평균 정확률은 각 질의에 대한 재현율과 정확률을 더하여 평균을 내는 이용자 지향적 방법으로 계산되었다(Rocchio 1971, 296; 정영미 1993, 71).

〈표 6〉 〈표 7〉에서 음영으로 표시된 부분이 본 연구의 수정 모형의 재현율/정확률에서

〈표 6〉 이용자 스케치에 의한 검색 결과

질의 번호	검색순위	CHROMA 모형		수정 모형		효율성 차이 (수정모형-CHROMA 모형)	
		재현율	정확률	재현율	정확률	재현율	정확률
QE1 (백색)	10	0.000	0.000	0.029	0.100	0.029	0.100
	15	0.029	0.067	0.029	0.067	0.000	0.000
	20	0.059	0.100	0.029	0.050	-0.029	-0.050
QE2 (적색)	10	0.086	0.700	0.111	0.900	0.025	0.200
	15	0.136	0.733	0.148	0.800	0.012	0.067
	20	0.173	0.700	0.210	0.850	0.037	0.150
QE3 (황색)	10	0.023	0.100	0.023	0.100	0.000	0.000
	15	0.023	0.067	0.068	0.200	0.045	0.133
	20	0.068	0.150	0.091	0.200	0.023	0.050
QE4 (녹색)	10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	20	0.033	0.050	0.000	0.000	-0.033	-0.050
QE5 (하늘)	10	0.086	0.300	0.114	0.400	0.029	0.100
	15	0.114	0.267	0.114	0.267	0.000	0.000
	20	0.229	0.400	0.143	0.250	-0.086	-0.150
QE6 (보라색)	10	0.029	0.100	0.029	0.100	0.000	0.000
	15	0.059	0.133	0.029	0.067	-0.029	-0.067
	25	0.059	0.100	0.059	0.100	0.000	0.000

CHROMA 시스템의 재현율/정확률을 뺀 값이 0 보다 큰 경우, 즉 본 연구의 모형에 의해 검색 효율이 향상된 경우를 뜻한다.

4.4 결과 분석

두 모형의 검색 성능을 비교한 결과, 이용자 스케치에 의한 질의의 경우 재현율은 최대 4.5%, 그리고 정확률은 최대 20% 성능 향상을 보였고, 예제 이미지에 의한 질의를 사용하

였을 때의 검색 성능 향상은 재현율이 최대 2.3%, 정확률이 최대 8.3%로, 이용자 스케치를 질의로 사용하였을 때의 검색 성능 향상이 보다 크게 나타났다. 검색 결과를 관찰하였을 때 다음 두 가지 사실을 발견할 수 있다.

첫째, 검색 결과가 극히 저조한 항목이 두 모형에 각각 하나씩 발견되었다.

둘째, 질의의 종류에 따라 검색 성능의 향상 여부와 그 향상 폭이 서로 다르게 나타났다.

검색 결과가 저조한 항목은 QS4와 QE6으로

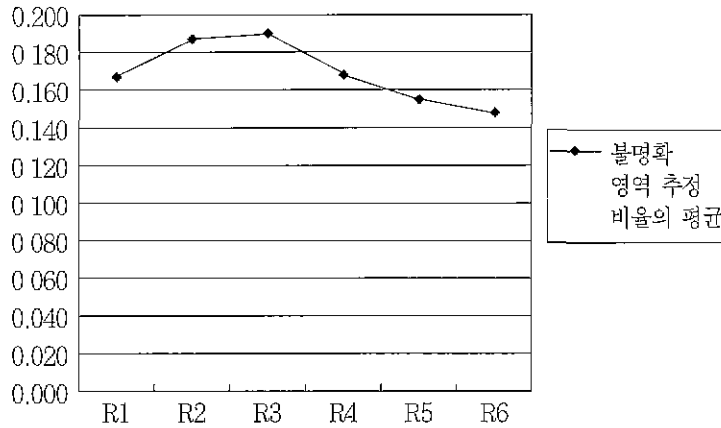
〈표 7〉 예제 이미지에 의한 검색 결과

질의 번호	검색순위	CHROMA 모형		수정 모형		효율성 차이 (수정모형-CHROMA 모형)	
		평균재현율	평균정확률	평균재현율	평균정확률	평균재현율	평균정확률
QS1 (백색)	10	0.040	0.133	0.030	0.100	-0.010	-0.033
	15	0.051	0.111	0.061	0.133	0.010	0.022
	20	0.071	0.117	0.081	0.133	0.010	0.017
QS2 (적색)	10	0.087	0.700	0.087	0.700	0.000	0.000
	15	0.125	0.667	0.138	0.733	0.013	0.067
	20	0.158	0.633	0.179	0.717	0.021	0.083
QS3 (황색)	10	0.070	0.300	0.055	0.233	-0.016	-0.067
	15	0.085	0.244	0.109	0.311	0.023	0.067
	20	0.116	0.250	0.124	0.267	0.008	0.017
QS4 (녹색)	10	0.092	0.267	0.069	0.200	-0.023	-0.067
	15	0.149	0.289	0.138	0.267	-0.012	-0.022
	20	0.184	0.267	0.195	0.283	0.011	0.017
QS5 (하늘)	10	0.069	0.233	0.079	0.267	0.010	0.033
	15	0.128	0.289	0.127	0.289	0.000	0.000
	20	0.235	0.400	0.196	0.333	-0.039	-0.067
QS6 (보라색)	10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

녹색 객체가 화면 중앙에 위치한 이미지를 검색하기 위한 사용자 스케치 질의와 보라색 객체가 화면 중앙에 하나 위치한 이미지를 검색하기 위한 예제 이미지 질의였다. 검토 결과, 이와 같은 저조한 결과의 원인은 CHROMA 시스템의 시지각 색상 모형에 의해 파악된 색상과 수작업으로 파악한 색상 사이의 불일치 때문인 것으로 드러났다. 즉, 수작업에 의해 파악된 색상이 녹색과 보라색일 때 CHROMA 시스템의 모형에 의해 파악된 색상은 모두 청

색인 경우가 많았기 때문이다. 이는 CHROMA 모형이 가지고 있는 자체적인 한계에 의한 것으로, 라이(Lai 1999) 역시 이와 같은 문제 즉, 사람마다 같은 색상을 서로 다르게 인지할 수 있는 문제에 대해 이용자가 수정 가능한 색상 모형 구축이 필요함을 밝히고 있는 것에서도 알 수 있는 것과 같이 아직은 이 시지각 색상 모형이 완벽하지는 않다는 사실을 확인할 수 있다.

질의의 종류에 따라 서로 다른 검색 성능 향



〈그림 5〉 불명확 영역 추정 비율의 평균

〈표 8〉 불명확 영역 추정 비율의 평균

적합 문헌 집합	R1	R2	R3	R4	R5	R6
추정 비율	0.167	0.187	0.190	0.168	0.155	0.146

상 폭을 보이며, 그 양상이 두 실험에서 일치한다는 것은 적색과 황색의 객체를 검색하기 위한 질의인 QS2, QS3, QE2, QE3이 두 실험 모두에서 다른 질의에 비해 두드러진 재현을 향상과 정확을 향상을 보였다는 공통점을 통해 알 수 있다. 이와 같은 결과의 원인을 찾기 위해 〈그림 5〉와 〈표 8〉을 참고할 수 있다. 〈그림 5〉는 실험에 사용된 6 가지 항목을 대상으로 불명확한 영역의 추정 과정을 거친 비율을 조사한 후 그 평균을 그래프로 나타낸 것이고, 〈표 8〉은 실험에 사용된 6개 질의들 가운데 검색 효율성이 향상된 Q2, Q3의 적합 이미지 집합과 나머지 질의의 적합 이미지 집합 속에 포함된 이미지들의 추정 비율을 나타낸 것이다

이 표와 앞의 〈표 6〉, 〈표 7〉을 비교해 보면 불명확한 영역의 추정 비율이 높은 경우가 검색 성능 향상이 높게 나타난 경우와 역시 일치

한다는 사실을 알 수 있다. 이와 같은 결과가 본 연구에서 제시한 불명확한 영역의 추정 작업이 검색 성능 향상에 기여할 수 있는지의 여부를 뒷받침해주기 위해서는 위에 나타난 추정 비율의 평균 차이가 유의미한 것인가를 검증할 필요가 있다. 평균의 차이가 통계적으로 유의미한 것인가를 확인하기 위해 t-검증 (independent t-test)를 실시하였다.

먼저 적합 문헌 집합 R1~R6를 다음과 같이 본 연구의 수정 모형을 적용하여 검색 성능이 향상된 집단 R_A 와 그렇지 않은 집단 R_B 로 재분류할 수 있다.

- $R_A \ni R2, R3$ (검색 성능 향상)
- $R_B \ni R1, R4, R5$
(검색 성능 향상 없음)

그리고 다음과 같이 가설과 영가설을 설정하였다.

· 영가설 : 검색 성능이 향상된 집단 R_A 와 그렇지 않은 집단 R_B 사이에 빛의 방향에 의한 불명확한 색상 추정 비율의 유의미한 평균 차이가 존재하지 않는다.

· 가설 : 검색 성능이 향상된 집단 R_A 와 그렇지 않은 집단 R_B 사이에 빛의 방향에 의한 불명확한 색상 추정 비율의 유의미한 평균 차이가 존재한다.

검증 결과 자유도가 256이고 $\alpha=0.05$ 일 때 계산된 t 값이 2.364로 두 집단간 평균차가 없다는 영가설을 기각할 수 있었으며, 따라서 본 연구의 수정 모형이 검색 성능 향상에 도움을 줄 수 있을 것이라고 결론지을 수 있었다.

5 결 론

이 연구에서는 기존 색상 기반 이미지 검색 시스템의 단점을 극복하기 위해 라이와 테이트가 CHROMA 시스템을 통해 제시한 색상 모

형을 도입하고, 이 모형에서 불명확하다고 판정한 반사광과 그림자의 원래 색상을 추정하여 그 성능을 향상시키려 하였다.

제안된 수정 모형은 빛의 방향에 근거를 두고 불명확한 색상의 추정 작업을 수행하였으며, CHROMA 시스템의 모형과 수정 모형 사이의 검색 효율성을 비교하기 위한 실험 결과 그 추정 비율이 높았을 때 검색 효율도 향상되었음을 발견할 수 있었고, 그 추정 비율의 평균 차이도 통계적으로 유의미한 것으로 입증되었다. 따라서 본 연구의 불명확한 색상의 추정 작업이 색상에 의한 이미지 검색 시스템의 효율성 향상에 기여할 수 있다고 결론지을 수 있었다.

다만, 이와 같은 성능 향상은 불명확 색상의 추정 비율이 높은 이미지에 한정된 것으로 생각할 수 있으므로 이미지들이 이러한 불명확한 색상을 포함하고 있는 비율과 그 양상이 어떠한가를 조사하는 작업, 그리고 본 연구에서 사용된 이미지들과 다른 성격을 갖고 있는 여러 분야의 이미지들에서도 동일한 실험 결과가 나타나는가를 확인하는 작업 등이 앞으로도 계속 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 박정식, 윤영선. 1998. 『현대통계학』, 다산 출판사.
- 정영미. 1993. 『정보검색론』, 개정판. 서울: 구미 무역.
- ArtToday 1999. Tucson, Arizona: ArtToday com, inc. [1999.11.8]. <<http://www.arttoday.com>>.
- Baxter G. and D. Anderson 1995. "Image Indexing and Retrieval: Some Problems and Proposed Solutions." *New Library World*, 96(1123): 4-13.
- Chang S. F., J. R. Smith. B. Mandis, and A. Benitez. 1997 "Visual Information Retrieval from Large Distributed Online Repositories." *Communications of the ACM*, 40(12): 63-71.
- Corridoni J. M , A. D. Bimbo, and E.

- Vicario. 1998. "Image Retrieval by Color Semantics with Incomplete Knowledge." *Journal of American Society for Information Science*, 49(3): 267-282.
- Denn S. O. 1997. *Indexing and Querying Image Databases: An Introduction*. [1999.2.4]. <<http://ils.unc.edu/~denns/image.html>>.
- Gupta A. and R. Jain. 1995. "Visual Information Retrieval." *Communications of the ACM*, 40(5): 63-71.
- Lai T.S. 1999. CHROMA : A Photographic Image Retrieval System. Ph.D. diss., Department of School of Computing, Engineering and Technology, University of Sunderland. [1999.11.15]. <<http://osiris.sund.ac.uk/~cs0sla/thesis>>
- Lai T.S, and Tait J. 1998. "Using Global Color Features for General Photographic Image Indexing and Retrieval." *ACM SIGIR'98*
- 1998b. "General Photographic Image Retrieval Simulating Human Visual Perception." *ACM SIGIR'98 Post-Conference Workshop on Multimedia Indexing and Retrieval*: 17-28.
- Rocchio Jr. J.J. 1971. "Evaluation Viewpoints in Document Retrieval." *The SMART Retrieval System. Experiments in Automatic Document Processing*. Edited by G. Salton. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Smith J R 1997. *Integrated Spatial and Feature Image Systems: Retrieval, Analysis, and Compression*. Ph.D. diss., Graduate School of Arts and Sciences, Columbia University.
- Stricker M. A. and M. Orengo. 1995. "Similarity of Color Images." *Storage and Retrieval for Image and Video Databases III*, 2420(1): 381-392.
- Swain M. J and D. H. Ballard. 1991. "Color indexing." *International Journal of Computer Vision*, 7(1): 11-32. Quoted in Corridoni J M., A. D. Bimbo, and E. Vicario 1998. "Image Retrieval by Color Semantics with Incomplete Knowledge." *Journal of American Society for Information Science*, 49(3): 267-282.
- van Rijsbergen C. J. 1979. *Information Retrieval*. 2nd ed. London: Butterworths