
멀티인덱스키를 이용한 내용기반 이미지 검색시스템

김진천* · 김주연**

Content-based Image Retrieval System using Multi-index key

Jin-chun Kim* · Ju-yeon Kim**

이 논문은 2003학년도 경성대학교 학술지원연구비에 의하여 연구되었음

요 약

본 논문에서는 시각적, 공간적 정보로 구성된 이미지의 효율적인 검색을 위하여, 색상특징정보와 모양특징정보를 멀티인덱스키로 구성하고 질의 이미지의 입력 시 자동으로 색상특징정보와 모양특징정보를 동시에 추출하여 유사한 이미지를 검색할 수 있는 내용기반 이미지 검색시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 기존의 단일 특징정보를 이용한 방법이나 2가지 이상의 특징정보를 단계적으로 검색하는 방법에 비해 향상된 효율성과 신속성을 보이고 있다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed a content-based image retrieval system using the multi-index key. The multi-index key combines the color distribution considering the spatial characteristic and the shape features of an image using the edge detection. Consequently, the evaluation shows that the performance of the proposed technique is better than other techniques.

키워드

내용기반 이미지 검색시스템, 멀티인덱스키, 색상특징정보, 모양특징정보

1. 서 론

최근 정보검색 시스템에서는 이미지 데이터의 검색을 위해 파일명이나 텍스트정보에 의존하는 방법에서 발전되어 이미지의 내용에 기반하는 내용기반 검색 방법에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. 내용기반 이미지 검색시스템은 이미지에 대한 특징추출과 내용에 기반한 검색기법의 효율적인 메카니즘을 제공함으로써 검색의 효율성을 높

일 수 있다.

이미지의 특징정보는 색상, 모양, 질감과 같은 요소가 있으며, 이미지에서 추출된 특징정보는 다음과 같은 검색방법으로 사용되고 있다.

색상특징정보를 이용한 검색방법은 가장 널리 이용되고 있으나 밝기와 색의 변화 등 히스토그램 자체에 대한 변화에 상당히 민감하다는 단점이 있다. [1]

질감특징정보를 이용한 검색방법은 특징값 추

* 경성대학교 컴퓨터공학과

** 경성대학교 멀티미디어 대학원 정보공학과

접수일자 : 2003. 10. 13

출제산 알고리즘이 복잡하고, 사용자가 시각적인 예를 제시하는 방식에는 적용하기 어려운 단점이 있다.[2]

모양특징정보를 이용한 검색방법은 이미지내 객체의 모양 윤곽선을 구분짓는 특성을 이용한 방법으로 객체의 크기나 위치 등에 영향을 받지 않는다는 장점이 있으나, 객체의 윤곽선이 모양의 변환이나 방향에 민감하기 때문에 윤곽선 추출이 어렵다는 단점이 있다.[3]

보다 향상된 방법으로 색상과 모양, 정보를 단계별로 검색하는 연구가 있다.[4] 이 방법은 단일 특징정보에 비해 높은 검색효율성을 보이나, 유사 이미지 검색을 위해 1단계에서 전체 이미지 데이터에 대해 검색한 결과에 대해서 2단계의 재검색이 이루어진다. 따라서, 레코드 액세스(Access)빈도는 전체 레코드의 수에서 중복검색되는 레코드 수 만큼 액세스 빈도가 늘어난다.

본 논문에서는 이미지의 색상과 모양 특징정보를 추출하여 멀티인덱스로 구성하여 검색에 이용하였다. 따라서, 기존의 단일 특징정보를 이용한 방법이나 2가지 이상의 특징정보를 단계적으로 검색하는 방법에 비해 향상된 효율성과 신속성을 보이는 이미지 검색시스템을 제안하였다.

II. 내용기반 이미지 검색시스템

2.1 기본 구성

일반적인 내용기반 이미지 검색시스템은 입력 모듈, 질의모듈, 검색모듈의 기본요소로 구성되어 있다. 각 모듈의 구체적 구성은 그림 1과 같다.

- 입력모듈 : 입력된 이미지에 대해 정해진 처리단계를 거쳐 이미지 데이터베이스의 내부적인 표현으로 저장되도록 한다.
- 질의모듈 : 입력된 질의 이미지에 대한 특징정보를 추출하여 이미지 데이터베이스의 데이터들과 비교할 수 있도록 한다.

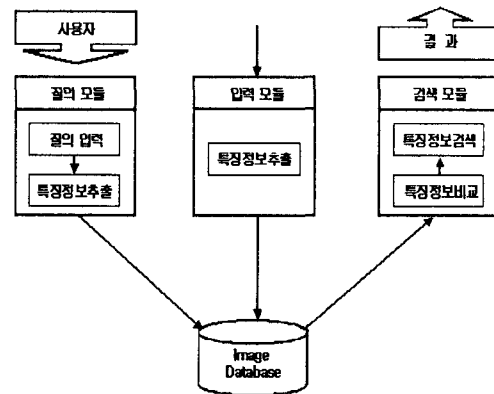


그림 1. 내용기반 이미지 검색시스템
Fig. 1 Content-based Image Retrieval System

- 검색모듈 : 질의한 이미지와 이미지 데이터베이스내의 이미지를 시스템의 유사도에 기반하여 특징정보를 비교하여 후보이미지를 결정하고 검색결과 이미지를 화면에 보여준다.

2.2 내용기반 검색을 위한 이미지의 특징정보

1) 색상특징정보

색상특징정보는 이미지의 특징정보들 가운데 가장 시각적인 특성을 가지고 있다. 이러한 색상정보의 특성을 이용해 이미지 검색시스템에서 사용되는 색상특징정보의 추출을 위해서 색상 히스토그램을 이용한 유사도 검색방법이 널리 사용되고 있다.

이 방법은 이미지내의 각 화소(pixel)별로 칼라값(value)을 읽어 칼라값의 분포에 대한 출현빈도수를 누적(count)하여 히스토그램으로 표현한다.

2) 모양특징정보

모양특징정보는 객체의 윤곽을 구분짓는 특성으로 하나의 객체를 인식하기 위한 구조적인 속성을 제공한다. 모양특징정보의 추출은 윤곽선 검출방법을 이용해서 질의 이미지와 이미지 데이터베이스내의 이미지와의 관련성을 수행한다.

III. 멀티인덱스키를 이용한 내용기반 이미지 검색 시스템

본 논문에서 제안하는 시스템에서는 이미지에서 추출된 색상특징정보와 모양특징정보를 멀티인덱스키로 구성하여 유사도매칭 수행에 이용한다.

두가지이상의 특징정보를 단계적으로 검색할 경우, 유사한 이미지를 검색하기 위해서 데이터베이스내의 레코드를 전체적으로 검색한 후 검색결과와 다른 특징정보와의 비교를 위한 추가적인 검색이 필요하다. 따라서, 멀티인덱스키를 이용하여 데이터베이스내의 이미지특징정보를 레코드수 만큼 비교함으로써 단일정보만으로 검색한 경우와 동일한 액세스(Access)횟수를 가지나 두 가지의 특징정보를 이용하므로 효율성을 높일 수 있다.

3.1 시스템의 구성

멀티인덱스키로 구성된 제안하는 내용기반 이미지 검색시스템의 구성은 그림 2와 같다.

제안된 시스템에서는 입력된 질의 이미지에 대해서 사용자 인터페이스 과정, 이미지 전처리 과정, 특징정보 추출 과정, 검색 및 유사도 측정 과정으로 구성되어 있다.

사용자 인터페이스 과정에서는 유사이미지를 검색하기 위한 질의이미지를 시스템에서 선택할 수 있도록 처리한다. 이미지 전처리 과정에서는 질의이미지를 데이터베이스내의 데이터와 동일한 기준으로 비교하기 위해 크기 정규화, 색상과 모양 특징정보추출을 위해 필요한 변환작업을 수행하도록 한다. 특징정보 추출 과정에서는 이미지의 특징정보가 데이터베이스내의 값과 비교가능하도록 영역별로 세분화된 값으로 변환하는 작업을 수행한다. 검색 및 유사도 측정에서는 질의이미지에서 추출된 특징정보값과 데이터베이스내의 이미지값을 비교하여 유사도가 높은 순서대로 50% 이상의 유사성을 보이는 이미지가 검색되도록 하였다.

3.2 특징정보 추출

본 논문에서는 이미지의 크기를 동일한 기준에

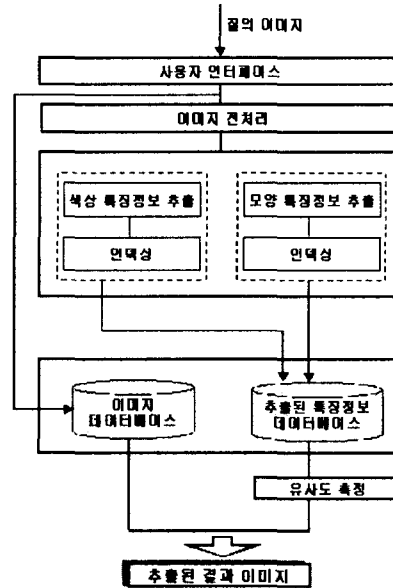


그림 2. 제안한 시스템의 구성
Fig 2. Structure of the proposed system

의해 특징정보를 추출할 수 있도록 하기위해서 가로, 세로중 길이가 긴쪽을 180으로 고정시킨후 $180 \times N$ 이나 $N \times 180$ 으로 크기 정규화를 시켰다.

크기 정규화된 이미지는 특징정보 추출시 이미지의 공간적인 정보의 상실을 최소화하기 위해 3×3 의 9개의 영역으로 나누어 영역별로 색상특징정보와 모양특징정보의 대표값을 추출하였다. 색상특징정보는 색상유사도계산에 적합하고, 원래 이미지의 최선의 색상값을 구할수 있도록 추출하였으며, 모양특징정보에서는 윤곽선이 색상값에 큰 영향을 받지 않도록 이진영상변환 과정을 거친 후 보다 선명한 윤곽선 값이 추출되도록 하였다. 그림 3은 멀티인덱스키를 구성하기 위한 특징정보추출과정이다.

1) 색상특징정보 추출

색상특징정보를 추출을 하기 위해서 이미지에서 추출된 R, G, B값을 이용하는 것은 RGB공간 상에서 서로 영향을 끼치지 때문에 두 개의 칼라 유사도를 계산하는데 부적합하여 HSV칼라공간으로 변환하여 추출하였다. 따라서, 입력된 이미지

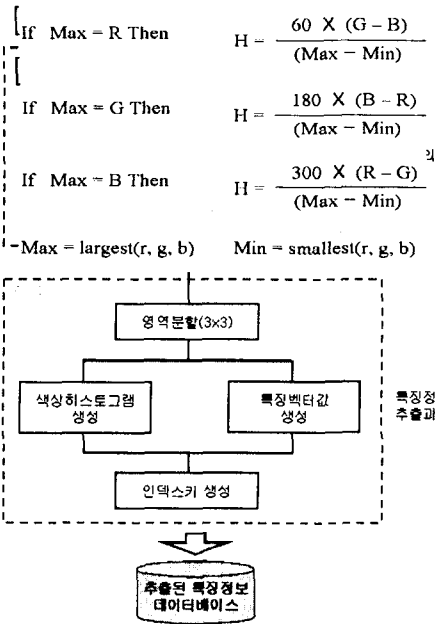


그림 3. 전처리 및 특징정보 추출과정
Fig. 3 Pre-process and feature extract

의 색상을 H(Hue), S(Saturation), V(Value)로 아래의 과정을 통해 변환하여 사용하였다.

본 논문에서는 영역별로 색상특징정보의 대표값을 추출하기 위해 HSV색상공간으로 변환된 색상(Hue)의 최대값과 영역별로 64칼라로 양자화된 값중 최대값을 대표특징값으로 사용하였다. 양자화는 원래의 이미지에서 최선의 색상을 선택할수 있는 방법으로 화소(pixel)별 R,G,B값을 다음과 식(2)에 의해 64칼라 양자화를 위한 인덱스값으로 계산 할 수 있다.

$$\text{Palette Index} = (\text{Red} / 64) * 16 + (\text{Green} / 64) * 4 + (\text{Blue} / 85) \quad (2)$$

2) 모양특징정보 추출

윤곽선 검출을 위해서 라플라시안(2차 미분함수)를 이용하여 윤곽선의 중심에 있는 윤곽선만을 표현할 수 있도록 하였다. 이때 날카로운 윤곽선 추출로 이미지의 잡음이 윤곽선으로 인식되지 않도록 하기 위해서 추출된 값에 대해 임계값을 주어 이진영상으로 변환하는 과정을 추가하여 윤곽선을 선명하게 추출하여 영역별 대표값을 추출하

였다. 2차원 함수 f(x,y)의 라플라시안은 식(3)에 의해 계산 될 수 있다.

$$\nabla^2 f = \frac{\sigma^2 f}{\sigma x^2} + \frac{\sigma^2 f}{\sigma y^2} \quad (3)$$

3.3 멀티인덱스키의 구조 및 유사성 측정

그림 4는 유사성 측정을 위한 멀티인덱스키의 구조이다.

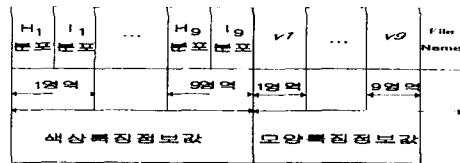


그림 4. 멀티인덱스키의 구조
Fig. 4 Structure of Multi-index key

제안된 인덱스키의 구성은 이미지에서 색상특징정보를 추출한 값에 대해 영역별로 색상의 최대 분포값과 색상인덱스값의 최대분포값으로 구성한다. 모양특징정보를 추출한 값은 영역별로 이미지 내 개체의 넓이를 대표벡터값을 구성하였다. 특징정보값을 추출하는 방법에 따라 다른 인덱스키의 구조를 가질 수 있기 때문에 적합한 구성으로 이미지의 검색이 효율적으로 이루어지도록 하고 있다.

이미지의 유사성 척도는 일반적으로 이미지 특징정보값들 사이의 거리(distance)값을 이용한다. 유사성척도를 위해서 Euclidean 거리함수의 변형인 식(4)의 City-block거리 척도함수를 이용하면 간단하게 거리값이 구해진다. 절대값이 작을수록 질의 이미지와 유사한 이미지로 판정된다.

$$D(Q, I)_{city-block} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |f_{ij} - f'_{ij}| \quad (4)$$

Q는 질의 이미지, I는 데이터베이스내의 이미지를 나타낸다. 그리고 f_{ij} 는 질의 이미지의 각 특징정보값이며 f'_{ij} 는 데이터베이스내의 이미지

특징정보값이다.

본 논문에서는 유사성 척도에 의해 검색된 이미지를 유사도값이 높은 순서로 화면에 출력하도록 하였다. 또한, 검색된 유사이미지에 대해 유사도(%)를 수치로 나타내기 위해서 구해진 거리값을 이용하여 식(5)와 같이 계산을 하였다.

$$\text{유사도}(\%) = 100 - \frac{\sum_i |F_{q_i} - F_{d_i}|}{\sum_i F_{q_i}} \times 100 \quad (5)$$

여기서, F_{q_i} 는 질의 이미지의 특징정보값, F_{d_i} 는 데이터베이스내에 저장되어 있는 이미지의 특징정보값이다. 특징정보값의 거리값에 대해 이미지에서 나누어진 9개의 영역(i)별로 거리값의 합으로 유사도를 계산한다. 유사도 측정을 위한 이미지특징정보간의 비교는 그림 5와 같이 9개의 영역에서 구해진 특징정보값을 1,2,3영역(M1), 4,5,6영역(M2), 7,8,9(M3)영역의 각각에 대한 평균유사도값을 구하여 M1, M2, M3의 유사도가 모두 50%이상인 이미지에 대해서 유사성이 높은순으로 정렬(Sort)하여 화면에 나타나도록 하였다.

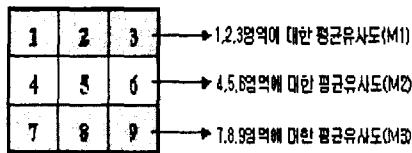


그림 5. 이미지의 유사도 측정
Fig. 5 Similarity Measure of Image

IV. 성능 평가

본 논문에서는 제안한 시스템의 성능 평가를 위해서 비교 대상 방법을 포함한 검색 시스템을 구성하여 임의의 데이터에 대한 성능을 평가하였다. 성능 평가 지표로는 효율성과 신속성을 사용하였다.

내용기반 이미지검색 시스템에서는 유사매칭에 의한 이미지검색이 이루어지므로 시스템 효율성의 평가는 일반적으로 정확율(Precision)과 재현율

$$\text{Precision(정확률)} = \frac{R}{T_r}$$

$$\text{Recall(재현율)} = \frac{R}{T_d}$$

(Recall)로 평가될 수 있다. 정확율은 검색된 정보 가운데 적합 정보의 비율을 말하며, 재현율은 시스템이 적합 정보를 검색하는 능력을 말한다.[5] 질의이미지와 관련된 총 이미지수를 T_d 로 나타내고, 화면에 검색된 이미지의 수를 T_r , 검색된 이미지중 유사한 이미지수를 T_D 이라고 할 때, 다음 식과 같이 계산 된다.

검색의 신속성은 데이터베이스의 검색속도에 관계되는 것으로 본 논문에서는 검색을 위한 데이터베이스의 레코드 접근 회수(total record access)를 신속성 평가의 척도로 사용한다. 데이터베이스에 저장된 이미지의 특징정보인 레코드의 접근 회수는 시스템 전체의 신속성에 매우 중요한 요소로 작용한다.

제한한 전체 레코드 접근 수를 T라 할 때, 식(6), 식(7)으로 평가될 수 있다.

$$T = I \quad (6)$$

$$T = I + I \times R \quad (0 \leq R \leq 1) \quad (7)$$

$$R = \frac{\text{1단계에 검색된 유사이미지수}}{\text{전체이미지수}(I)}$$

는 데이터베이스에 저장된 전체 이미지수, R은 1단계에 검색된 유사 이미지수와의 전체 저장이미지수에 대한 비율이다.

표 1. 시스템의 효율성 비교 결과
Table 1. Comparison on system efficiency

검색성분 \ 측정구분	색상	모양	2단계	제한된 기법
Precision(%)	85	82	90(78)	91
Recall(%)	89	85	90(81)	94

표1.은 320개의 이미지에 대해서 시스템의 효율성을 측정구분에 따라 검색된 결과를 나타낸 것이다.

제안한 기법은 동일한 이미지수에 대해 색상, 모양 단일 특징정보에 비해 Precision 91%와 Recall 94%의 높은 검색율을 보였다. 단계별 검색

에서는 색상, 모양 순으로 검색한 경우와 모양, 색상 순으로 한 경우(()안의 값)의 검색율을 나타낸 것이다. 모양으로 검색하는 경우보다 색상으로 검색하는 것이 높은 검색율을 보였으며, 2단계 정보 검색에서는 색상으로 검색한 후 모양으로 검색한 경우가 더 많은 유사이미지를 검색하였다.

표 2. 시스템의 신속성 비교 결과
Table 2. Comparison on access speed

검색성분 측정구분	색상	모양	2단계	제안된 기법
레코드 접근수 (T)	320	320	363(341)	320

표2.는 신속성을 평가를 위해 320개의 이미지에 대해서 평가기준을 적용하여 검색한 결과를 나타낸 것이다. 이미지 데이터베이스의 전체 레코드 접근(Total Record Access)수 T는 제안한 시스템이 단계별에 비해 적은 횟수로 액세스하여 유사도 매칭수행을 할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 기존의 내용기반 이미지 검색방법에 비해 향상된 검색의 효율성을 보이는 멀티인덱스키를 이용한 내용기반 이미지 검색시스템을 제안하였다.

제안한 방법에서는 이미지의 공간적인 특성을 고려한 색상분포와 이미지의 윤곽선추출을 이용한 모양특징정보를 유사도 검색을 위한 멀티인덱스키로 구성함으로써 효과적인 검색이 이루어지도록 하였다.

특징정보가 저장되어 있는 데이터베이스와 이미지 데이터베이스를 분리하여 유사이미지를 검색하도록 하여, 검색을 위해 이미지를 읽을 때마다 디스크를 액세스하지 않고, 유사한 조건을 가지는 이미지는 동시에 메모리에서 비교되므로 검색시간이 단축되었다.

참고 문헌

- [1] 윤일동, "컬러히스토그램 컬러텍처를 이용한 내용기반 영상검색기법", 대한전자공학회지, pp.3-12, 1999
- [2] M.J. Swain and D.H. Ballard, "Color indexing", international journal of Computer Vision, vol.7, no.1, pp.11-32, 1991.
- [3] H.Tamura, S.Mori and T.Yamawaki,"Textures corresponding to Visual Perception", IEEE Transaction on Syst. Man Cybern. SMC-8(6), pp.460-473, 1978
- [4] Xia Wan and C. C. Jay Kuo, "Color Distribution Analysis and Quantization for Image Retrieval," Proceedings of SPIE : Storage and Retrieval for Image and Video Databases IV, Vol. 1670, pp.8-16, 1996.
- [5] 김봉기, 오해석, "특징정보를 이용한 다단계 내용 기반 영상검색기법", '98 International Conference Digital Library & Knowledge Seoul Korea, pp.395-40

저자 소개



김진천(Kim Jin Chun)

1983년 한양대학교 전기공학과(공학사)
1985년 미시간 주립대 전자 및 시스템공학과 (공학석사)
1996년 한국과학기술원(KAIST) 전산학과 (공학박사)



김주연(Kim Ju Yeon)

1983년 한국방송대학교 전자계산학과(공학사)
2003년 경성대학교 정보공학과 (공학석사)