

컬러 특성에 의한 영상 검색 알고리즘

이효중*, 이도균**, 송명성*

*전북대학교 전자공학과

**전북대학교 정보통신학과

*전북대학교 전자공학과

e-mail:hlee{dklee, mssong}@sel.chonbuk.ac.kr

A New Image Search and Retrieval System using Color Features

Hyo Jong Lee*, Do Kyun Lee**, Myoung Sung Song*

*Dept. of Electronics Engineering, Chonbuk National University

**Dept. of Information & Communication, Chonbuk National University

요약

본 논문에서는 이미지 데이터 컬러 속성을 기반으로 한 영상 검색 방법을 제안한다. 두 이미지 사이의 유사성을 측정하기 위하여 컬러 히스토그램의 분포 특성을 이미지 데이터베이스 영상과 질의 영상에서 계산하여 유사도를 결정하도록 설계하였다. 두 영상의 유사도를 측정하기 위해 두 영상의 R, G, B 히스토그램에 대해서 같은 값에 대한 빈도 수의 차를 거리로 측정한 후, 구해진 거리의 차를 비교한 방법과 히스토그램의 분포 곡선을 이루는 방정식을 구할 수 있도록 곡선 정합을 한 후에 두 영상의 컬러 특징 속성에 관한 특징 값의 추출을 위해서 다항식 보간법에 의한 방정식을 이용한 방법을 소개한다. 공간 데이터베이스 시스템에서 질의에 대한 효율적인 처리를 위해 R-Tree와 최대 점을 이용하여 영상을 검색한다.

1. 서론

지난 몇 년간 정보시스템 분야에서 가장 중요한 변화 중의 하나는 처리하고자 하는 정보의 형태가 과거와는 달리, 단순한 텍스트 정보가 아닌 영상, 비디오, 오디오 등이 결합된 디지털 멀티미디어 정보라는 것이다. 최근 이런 멀티미디어 정보들이 매일 엄청난 양으로 나오고 있으며 데이터의 양 또한 과거의 텍스트 정보와 비교 할 수 없을 정도로 방대하다. 따라서 멀티미디어를 효율적으로 표현하고 저장하고 원하는 정보를 쉽게 검색하는 방법의 필요성이 점점 증대하고 있어서, 이에 관련된 여러 가지 다양한 방법들이 활발히 연구되어지고 있다. 특히 영상 데이터 베이스나 여러 순차 영상 클립들로부터 원하는 것을 찾고자 하는 영상 검색 방법은 영상 처리의 새로운 분야로 각광을 받고 있다. 영상 검색 기법은 전자도서관, 실시간 거래, 트레이드마크 검색[1] 등으로 그 응용 범위가 점점 확대되어지고 있으며, 특히 앞으로 다가오는 정보화 사회에 필수적인 기술이

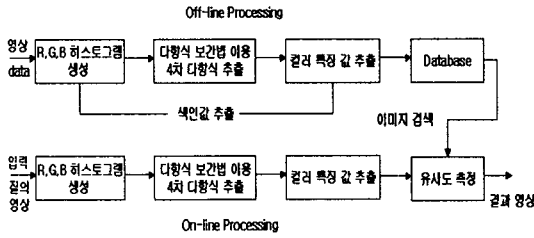
라고 할 수 있다.

본 논문에서는 이미지 데이터의 컬러 속성을 기반으로 하는 검색 방법을 제안한다. 검색 방법은 먼저 비교 대상이 되는 이미지 데이터에 대한 컬러 특성을 고려하여 히스토그램 분석에 의한 특징 값들을 추출한다. 여기서 계산된 특징 값들은 이미지 데이터의 키로서 데이터 베이스에 저장되며 질의 이미지 데이터에 대해서도 같은 이미지 처리과정을 통하여 이들을 검색하여 결과를 추출해내는 방법이다. 그리고 이를 효과적이고 빠르게 비교, 검색 할 수 있도록 하기 위해서 컬러 성분에 대한 특징 값을 R-Tree[2]로 색인 하는 방법을 사용하였다. 본 논문에서 사용 될 색인 키 값은 컬러 히스토그램[3]의 모든 값들을 지나는 곡선을 통해 생성된 다항식의 계수 값을 사용하여 비교하는 방법을 제안한다. 유사한 이미지의 히스토그램 값들은 같은 색상 값에서 비슷한 픽셀 값의 분포를 가지기 때문에, 유사한 다항식의 값들을 가진다고 할 수 있다. 그리하여 이

다항식의 계수를 비교하여 유사이미지를 검출한다.

2. 컬러 특성값 추출

컬러 정보를 이용한 영상검색 시스템은 2단계의 online 과 offline 과정을 거쳐 특징 값을 구해 색인 값을 추출 한 후, 유사도를 측정하여 이미지 검색을 하게 된다.



(그림 1) 시스템 개요도

컬러 특성 속성에 관한 특징 값 추출을 다항식 보간법에 의한 선형 및 다차 방정식을 유도할 수 있는데, 가장 만족할 만한 4차 다항식의 계수 값을 컬러 특성 속성을 위한 특징 값으로 사용한다.

컬러에 대한 특징 값을 추출하기 위해 본 논문에서는 R, G, B 히스토그램을 사용하였다. 히스토그램은 이미지 데이터를 구성하는 전체 픽셀 수 n , 특정 컬러 값을 i , 그리고 컬러 값 i 를 갖는 픽셀의 총합을 $n(i)$ 라 할 때,

$$h(i) = \frac{n(i)}{n} \quad (1)$$

식 (1)로 표현되며, 각각 $h^R(i), h^G(i), h^B(i)$ 3 개의 히스토그램이 생성된다.

R, G, B 히스토그램은 Gray 레벨의 히스토그램과 달리 이미지 데이터 상의 모든 픽셀에 대한 R, G, B 성분에 대한 분포를 나타낸다. 이를 바탕으로 특징 값을 추출하기 위해 사용되는 이미지 처리 연산은 R, G, B 히스토그램을 생성한 후 히스토그램의 분포 곡선을 최소 자승법에 의한 다항식으로 표현하였다. N개의 데이터 (x_i, y_i) 가 있을 경우, 만약 N에 비해 지극히 작은 m 이 있을 경우 $(m \ll N)$, 이 데이터 점을 지나는 m 차의 고차 방정식을 유도하면 다음과 같다.

$$y(x) = c_1 + c_2x + c_3x^2 + \dots + c_mx^{m-1} + c_{m+1}x^m \quad (2)$$

식 (2)를 최소 자승법에 적용하면 다음과 같은 정규화 식을 구할 수 있다.

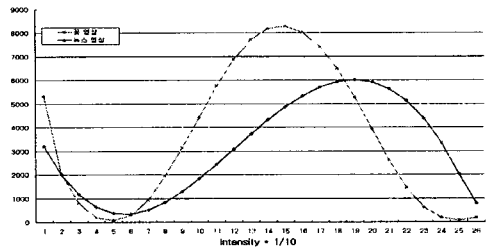
$$\begin{aligned} nc_1 + (\sum x_i)c_2 + \dots + (\sum x_i^m)c_{m+1} &= \sum y_i \\ (\sum x_i)c_1 + (\sum x_i^2)c_2 + \dots + (\sum x_i^{m+1})c_{m+1} &= \sum x_i y_i \\ \dots & \dots \\ (\sum x_i^m)c_1 + (\sum x_i^{m+1})c_2 + \dots + (\sum x_i^{2m})c_{m+1} &= \sum x_i^m y_i \end{aligned} \quad (3)$$

$m+1$ 개의 선형방정식에서 미지수는 $(m+1)$ 개의 c_1, c_2, \dots, c_{m+1} 이다. 식 (3)을 Gauss-Jordan 제거 방법에 의하여 식을 정리하면 아래와 같은 행렬이 구해진다.

$$A = \begin{bmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 & \dots & \sum x_i^m & \sum y_i \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \dots & \sum x_i^m & \sum x_i y_i \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum x_i^m & \sum x_i^{m+1} & \sum x_i^{m+2} & \dots & \sum x_i^{2m} & \sum x_i^m y_i \end{bmatrix} \quad (4)$$

식 (4)를 통해서 행렬의 모든 원소들이 a_{11} 값을 제외한 x_i 의 합 또는 x_i 의 증가되는 계곱들의 합으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 또한 마지막 열은 상수 벡터이다. 즉 x_i^l 과 y_i 의 곱의 합들로 표시된다. $(l=0, 1, \dots, m)$

이론적으로 모든 데이터를 정확히 통과하는 고차 함수를 구하는 것은 가능하다. 그러나 이 방법이 항상 만족되지는 않는데 고차 함수들이 모든 데이터를 통과하기 위해 심하게 변동할 수도 있기 때문이다. 일반적으로 5차 이상의 다항식은 요구되는 계산 시간에 비해서 나은 결과를 산출하지 않는다. 본 논문에서는 히스토그램의 분포를 곡선 정합에 의해서 다차 방정식을 구한 후에 R, G, B 채널별로 이미지의 히스토그램의 형태를 나타내는 곡선, 3개의 4차 다항식을 추출하여, 방정식의 계수를 데이터베이스에 저장하고 계수 비교로 영상을 검색하였다. (그림 2)는 다양한 영상에서 R 채널의 히스토그램을 4차 다항식으로 보여주고 있다.



(그림 2) 다항식 보간법에 의한 R값 히스토그램

3. 이미지 검색

히스토그램 정보를 이미지 데이터베이스의 인덱스로 사용하기 위해서는 이러한 외부적인 요인에 대해 영향을 받지 않는 요소들을 특징값으로 주로 사용해야 한다. 히스토그램 상에서 최대 점[4,5]의 위치는 이미지 데이터의 컬러에 대해 전체적인 변화가 있을 경우에는 특정 방향으로 이동하게 되고 일부 영역만 변화할 경우 최대 점의 위치는 변동이 없으므로 특징값으로 이용한다.

3.1 R-Tree내의 컬러 특징값

컬러에 대한 이미지 키 X_m 를 R-Tree로 검색하기 위해 본 논문에서 다음과 같은 과정을 거쳐서 R-Tree에 저장될 키로 만든다. τ 는 문턱 값으로써 색인 할 키 값에 유연성을 부여하기 위해서 사용된다.

- 1) 컬러에 대한 이미지 키 X_m 에 대해 $X_m - \tau$ 의 좌표가 되는 X_m' 를 구한다.
- 2) 다시 X_m 에 대해 $X_m + \tau$ 가 되는 좌표 X_m'' 을 구한다.
- 3) (X_m')과 (X_m'')로 구성되는 사각형 영역을 R-Tree에 삽입 할 키로 사용한다.
- 4) 위와 같은 과정을 R, G, B에 각각 적용한다.

2차원 공간상의 하나의 점으로 표현되는 컬러 특성에 대한 이미지 키는 위와 같은 과정을 거쳐 사각형 영역으로 바뀌게 된다. 만약 서로 유사한 이미지 데이터의 컬러 특성에 의한 이미지 키 K_c 와 K_c' 의 좌표가 특정 범위 내에 있다면 해당 이미지 데이터들의 컬러 분포가 서로 유사한 것임을 알 수 있게 된다. 따라서 R-Tree의 인덱스에 저장된 K_c 의 사각형 영역들은 R-Tree 탐색 시 중첩되어 컬러 특성에 대해 서로 유사한 이미지로 판단하게 된다. 본 논문에서는 컬러 히스토그램을 사용하여 Polynomial Regression에 의한 4차 다항식의 계수 값 5개를 이미지 키 K_c^R, K_c^G, K_c^B 대해 각각의 R-Tree를 구성하였다. 따라서 탐색 결과도 R, G, B에 대해서 모두 5개의 이미지 객체의 집합으로 나오게 된다. R, G, B 성분에 대한 각각의 R-Tree 검색 결과를 각각 S^R, S^G, S^B 라 할 때, 최종적인 탐색 결과를 다음과 같은 집합 X^{RGB} 이고, 식 (5)로 표시된다.

$$X^{RGB} = S^R \cap S^G \cap S^B \quad (5)$$

검색 시스템에 유연성을 부여하기 위해 컬러 특징에 대한 이미지 데이터 검색에서는 τ 를 조절하는 방법을 사용한다. τ 는 최대 값과 계수 값으로부터 R-Tree에 저장 될 사각형 영역을 만들 때, 사용되는 값으로 τ 값의 증가/감소는 해당 사각형 영역이 확장 또는 축소하게 되어 히스토그램상의 최대 값과 계수 값에 어느 정도의 유사성이 나타날 때 결정하게 된다.

3.2 R-Tree의 색인 값

본 연구에서 사용된 이미지 데이터는 꽃, 축구, 뉴스, 파도 등 다양한 종류에 걸친 총 300개의 320 * 240의 24bit 컬러 영상이다. 질의 영상을 선정하여 다항식 보간법에 의해서 구해진 다항식을

$$y = a + bx^1 + cx^2 + dx^3 + ex^4 \quad (6)$$

식 (6)이라 할 때, 각각의 계수 a, b, c, d, e 에 문턱 값을 주어서 검색을 한다. 실험을 통해 검색된 τ 값은 (1500, 800, 300, 30, 0.25)에서 최적화 값을 갖는다. 이러한 값들을 R-tree에 색인 값에 τ 값으로 선택하여 검색하였다.

4. 실험 결과

실험을 위해 꽃, 축구, 뉴스, 파도 등 104개의 다양한 종류의 컬러 영상으로 데이터베이스를 구성하였다고, 실험 영상의 크기는 동일하게 320 * 240의 24bit BMP format으로 저장하여 사용하였다.

본 절에서는 뉴스 영상, 꽃 영상에 대하여 최대 점과 거리를 이용한 방법과 본 연구에서 제안한 4차 다항식에 의한 방법을 실험을 통해서 비교해 보고자 한다. 최대 점을 이용한 방법은 최대 점에 τ 값은 40, 빈도 수에 τ 값은 1500을 주었으며, 4차 다항식의 계수 값은 고차 계수부터 각각 τ 값의 변화를 주어 선정하였다.



(a) 뉴스 (b) 꽃

(그림 3) 질의 영상



(그림 4) 뉴스질의 영상에 대한 검색 결과 일부



(그림 5) 꽃 질의 영상에 대한 검색 결과 일부

제안된 알고리즘에 의한 검색 결과는 질의 영상 (그림 3)에 대한 결과 영상을 (그림 4 5)에서 볼 수 있다.

<표1> 질의 영상의 검색 결과 비교

영상 종류	검색율		오차율	
	최대점 이용	다항식	최대점 이용	다항식
뉴스	31.0%	69.0%	35.7%	16.7%
꽃	58.8%	70.6%	9.1%	7.6%

꽃과 뉴스 질의 영상에 대하여 최대 점간 거리를 이용한 방법과 제안한 다항식 보간법을 이용한 방법에 의한 검색율과 오차율을 <표 1>에서 볼 수 있다.

실험 결과를 통해서 보면, 다항식 보간법에 의한 히스토그램을 4차식을 유도한 후, 각각 계수 값에 다양한 τ 값을 적용하여 색인값을 바탕으로 R-Tree 를 통해 검색 한 결과는 최대 점을 이용한 방법보다도 영상의 색의 변화에 비교적 좋은 결과를 나타내고, 일반적인 히스토그램을 이용한 방법 중 나타나는 이미지의 이동에 좋은 검색 효율을 보여주고 있다는 것을 알 수 있다. 꽃 영상에서는 물체의 이동에 관한 사항을 보여주기 때문에 문턱값의 변화에 상관없이 거의 일정한 검색율과 오차율을 가지고 있다는 것을 알 수 있지만, 뉴스 영상은 문턱값이 (1500,800,300,30,0.25) 이하의 값을 가질 경우 낮은

검색율을 보여주고, 그 이상의 문턱값의 경우 약간의 검색율은 증가하나, 상대적으로 많은 오차율을 나타내고 있어 (1500,800,300,30,0.25)의 경우 최적의 값을 나타낸다.

5. 결론

본 논문에서는 컬러 특징에 의한 이미지 데이터 베이스 검색 알고리즘을 연구하였다. 일반적으로 컬러 특징으로 사용하는 최대 점과 최대 값을 가지고 영상을 검색을 하였다. 그러나 최대 점을 가지고 검색을 하는 방법으로는 영상의 색의 변화에 민감하게 반응을 하여 검색효율이 떨어지므로 이미지 데이터 들이 갖는 고유의 컬러 분포, 즉 히스토그램을 가지고 각각의 컬러 성분인 R, G, B에서 4차 곡선 방정식으로 해석하여, 그 계수의 값을 R 트리 인덱스로서 저장하고 검색하는 방법을 제안했다.

약 100여 개의 이미지 데이터를 대상으로 실험한 결과, 다항식 보간법에 의한 4차 방정식의 계수를 비교하여 색의 변화와 이동에 관해서 최대 점을 이용한 방법에 의해서는 찾지 못하는 제 2 최대 점을 찾아내어, 색의 변화에 의해 최대 점의 위치가 바뀌었을 경우에도 곡선의 식은 큰 변화가 없이 나타나 검색할 수 있다는 것을 보여주었다. 또한 물체의 위치 이동에 의해서는 히스토그램의 값이 변화지 않기 때문에 히스토그램을 이용하면 물체의 위치 이동에 대해서 비교적 높은 검색율을 보여주고 있]는 것을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] Y. S. Kim, W. Y. Kim, "Content-Based Trademark Retrieval system using a visually Salient feature," Image and Vision Computing, Vol. 16, pp. 931-939, 1998.
- [2] A.Guttman, "R-Trees:A Dynamic index Structure for spatial Searching", Proc. ACM SIGMOD, 47-57, 1984.
- [3] Haitao Jiang, Abdelsalan Helal, "Scene change detection techniques for video database systems", Multimedia Systems, 6:186-195, 1998.
- [4] 염성주, 김우생, "형태와 컬러 성분을 이용한 효율적인 내용 기반의 이미지 검색 방법", 733-744, 한국정보처리학회지, 1996.
- [5] 유원경, 정을윤, "내용에 기반한 이미지 인덱싱 방법에 관한 연구", 903-917, 정보과학회, 1995.