

히스토그램 비교법을 이용한 영역기반 유사 이미지 검색

임동혁^U 김창룡 정진완
한국과학기술원 전자전산학과
{tong, crkim, chungcw}@islab.kaist.ac.kr

A Region Based Similar Image Retrieval using Histogram Comparison

Tong h. Lim^U Chang-Ryong Kim Chin-Wan Chung
Dept. of Electrical Engineering & Computer Science, KAIST

요 약

주요 멀티미디어 자료인 이미지는 데이터 특성을 표현하기가 어렵고, 특성추출에서 얻은 데이터가 너무 고차원적이라 이를 저차원의 처리가능한 데이터로 변환하는 과정에서 많은 손실이 있다. 이미지의 특성값을 전체 이미지의 평균값으로 변경하여 저차원 데이터를 얻는 기존의 이미지 전체 특성추출기법이나 고정된 블럭의 평균값으로 변경하여 저차원 데이터를 얻는 이미지 블럭 특성추출기법은 유사 이미지의 검색이 부정확하다는 단점이 있다. 본 논문에서는 이미지를 가변적인 영역으로 나누어 특성값을 얻고, 히스토그램을 이용하여 효율적으로 유사 이미지를 찾는 영역기반 유사 이미지 검색기법을 제안하고 이를 구현하였다.

1. 서론

월드 와이드 웹을 통한 정보검색이 보편화됨에 따라 최근에는 멀티미디어 자료를 인터넷에서 찾는 경우도 많아졌다. 그럼에도 불구하고 인터넷의 특성상, 자료의 이름이나 인덱스 등의 자료명세를 알 수 없는 경우가 많아서 멀티미디어 자료의 내용에 기반한 검색기법에 대한 연구가 크게 요구되고 있다.

그러나 내용기반 멀티미디어 검색은 대용량의 멀티미디어 자료를 다루는 일로 자료의 내용을 유형별로 구분하거나, 두 자료의 특징을 비교하는 일이 쉽지 않아서 다른 종류의 정보검색에 비해, 많은 노력과 시간이 소요된다. 특히 멀티미디어 자료가 비정형화된 자료이므로, 다양한 자료들로부터 각 자료만의 특성을 추출하는 일은 가장 어려운 작업 중의 하나이다.

본 논문에서는 멀티미디어 자료의 일종인 이미지를 대상으로 영역에 기반하는 고유한 특성값을 추출하여, 유사성 검색에서 일부분만 유사한 이미지도 찾을 수 있도록 하는 이미지 영역 추출법과 추출된 '이미지 영역'을 히스토그램을 이용하여 효율적으로 검색할 수 있는 기법을 제안하고 구현하였다.

본 논문이 멀티미디어 자료로 이미지를 선택한 이유는 이미지가 가장 쉽게 다룰 수 있는 멀티미디어 자료임과 동시에, 다른 종류의 멀티미디어 자료에 쉽게 적용될 수 있기 때문이다. 예를 들어 비디오는 연속적인 이미

지의 집합으로 볼 수 있으며, 오디오 역시, 이미지에 적용된 기법 중 대부분이 적용될 수 있는 수치 데이터의 모임이다.

2장에서는 기존의 이미지 검색기법에 대해 알아보고, 각 방법이 어떠한 문제점을 가지고 있는지 조사한다. 3장에서는 이미지에서 영역을 추출하는 기법을 제안하고, 4장에서는 히스토그램을 이용하여 효율적으로 유사 이미지를 검색하는 기법을 제안한다. 5장에서는 결론을 내린다.

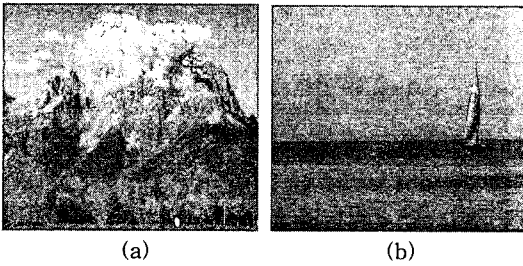
2. 관련연구

이미지 내용을 표현하기 위해 사용되어진 특징들에는 이미지에 대한 명세, 객체의 모양, 질감 등을 이용하는 방법[1][2], Wavelet 변환 함수를 이용하여 추출한 Wavelet 계수를 이용하는 방법[3][4], 그리고 컬러 히스토그램을 이용하는 방법[1][5][6] 등이 있다. 이 중에서 이미지 데이터를 표현하기 위해 가장 일반적으로 사용되는 방법이 컬러 히스토그램이다.

컬러 히스토그램은 각 이미지를 구성하는 각 픽셀의 컬러값을 히스토그램으로 구성하여 해당 이미지의 특성으로 삼아, 이미지간의 비교에 사용하는 방법이다. 그러나 실제로 이미지를 구성하는 컬러값의 영역은 상당히 넓어서 그대로 컬러 히스토그램을 구하면, 바로 처리할 수 없을 만큼 큰 고차원 히스토그램이 구해진다. 예를 들어

각각 256개의 컬러값을 갖는 빨강(R), 녹색(G), 파랑(B)의 컬러 히스토그램은 16,777,216개(256³)의 고차원 히스토그램이 된다. 고차원 히스토그램을 바로 처리할 수 있는 저차원 히스토그램으로 바꾸는 것은 중요한 논점이다.

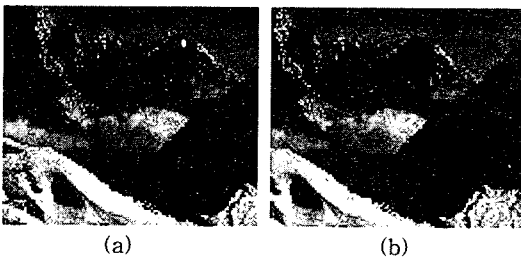
QBIC시스템[1]과 같이 이미지 전체를 저차원으로 변환하여 사용하는 이미지 전체 특성추출기법에서는 이미지의 전체 픽셀에 대한 평균 RGB값을 구하여 저차원 히스토그램을 구했다. 이미지 전체 특성추출기법은 이미지에 대한 색상의 분포만을 특성으로 이용함으로써 [그림 1]과 같이 실제로 전혀 다른 이미지임에도 불구하고, 유사한 색상의 분포를 지니는 특성을 지니게 될 경우, 후보 이미지로 선정되어질 수 있다.



[그림 1] 이미지 전체 특성값이 같은 두 이미지

이미지 전체 특성추출기법이 가진 문제점을 해결하기 위해 제안된 기법이 이미지 블럭 특성추출기법이다. 이미지 블럭 특성추출기법은 전체 이미지를 동일 크기의 블럭으로 분할하고 각 블럭의 평균 RGB값을 구한다. 구하여진 이미지 블럭 평균 RGB값을 이용하여 유사 이미지를 찾으면, 고차원 히스토그램을 저차원 히스토그램으로 변환하는 과정으로 인한 정보 손실은 존재하지만, 이미지 검색에서 두 이미지의 동일한 위치의 블럭에 대한 평균 RGB값을 비교함으로써 이미지의 레이아웃을 반영할 수 있다.

그러나, 이미지 블럭 특성추출기법은 이미지를 일정한 블럭으로 나누어 같은 위치의 블럭을 비교함으로써, 이미지 전체 특성추출기법보다는 높은 효율의 검색 성능을 보여주지만, [그림 2]과 같이 유사한 이미지의 경우는 전혀 검색할 수 없다.



[그림 2] 블럭 특성값이 전혀 다른 유사한 두 이미지

유사한 이미지가 전혀 다른 블럭특성값을 갖는 이유는 이미지 블럭 특성추출기법이 이미지를 고정된 크기의 블럭으로 나누고, 같은 위치의 블럭에서 구한 특성값 간의 거리를 계산하여 이미지를 검색하기 때문이다. 이를 해결하기 위해서는 가변적인 크기의 블럭, 즉 영역으로부터 특성값을 구해 비교하는 방법이 필요하다.

3. 슬라이딩 윈도우를 이용한 이미지 영역 추출

본 논문에서 제안하는 영역기반 유사 이미지 검색기법에서는 이미지에서 영역을 구하기 위해 슬라이딩 윈도우기법[7]을 사용한다. 슬라이딩 윈도우기법은 이미지의 최좌측 최상단으로부터 시작하는 임의의 크기의 윈도우로부터 특성값을 구한 후, 윈도우를 일정한 이동값만큼 이동시켜 또다시 특성값을 구하는 일을 이미지 전체에 대해 반복 적용하는 기법이다. 예를 들어 윈도우의 가로와 세로의 크기를 각각 x , y 로 정하고 이동값을 z 로 한다면 윈도우의 크기 $\omega = x \times y$ 픽셀이 되고, 첫 윈도우는 이미지의 픽셀 $(0, 0)$ 에서 픽셀 $(x-1, y-1)$ 까지의 ω 픽셀로 구성된 사각형이 되고, 두 번째 윈도우는 픽셀 $(z, 0)$ 에서 픽셀 $(x+z-1, y-1)$ 까지의 ω 픽셀이 된다. 각 윈도우에 대해서 특성값이 구해지고, 이러한 작업은 이미지 전체에 대해 반복 적용된다.

슬라이딩 윈도우기법에서는 윈도우의 수만큼 특성값들이 구해지는데, 구해진 값을 모두 사용하면 다룰 수 없는 고차원 히스토그램이 되므로, 이를 저차원 히스토그램으로 바꾸는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 비디오 브라우징에서 사용되는 샷 검출기법[8]을 변형하여 영역을 검출한다. 샷 검출기법은 비디오 데이터에서 샷을 찾기 위해 사용되는 방법으로, 두 이미지간의 차가 한계치 ϵ 보다 커지면 서로 다른 샷으로 구분하는 방법이다.

본 논문에서 제안하는 이미지 영역 검출기법과 비디오 브라우징에서 사용되는 샷 검출기법의 다른 점은, 이미지 영역 검출시에 두 가지 사항을 더 고려한다는 것이다. 첫 번째는 영역을 구성하는 컬러값 c 를 고려한다는 점이다. 좀 더 탄력있는 유사성 검색이 행해지도록, 영역 검출기법에서는 유사성 검색이 필요로 하는 색수 c 에 따라 영역을 구분한다. 두 번째는 윈도우의 연속성을 검사할 때, 전후의 윈도우만을 고려하지 않고, 공간적으로 연결된 윈도우를 모두 고려한다는 점이다.

검사할 윈도우 X 와 영역 내의 임의의 윈도우 Y 를 비교하여 연속성을 검사할 때, 영역내의 Y 를 어떻게 선정할지의 문제도 심각하게 고려되어야 할 문제이다. 본 논문에서는 새로운 윈도우 X 가 기존의 영역과 비교될 때 영역 내의 윈도우 중 윈도우 X 와 가장 가까이 있는 윈도우 Y 를 선택해서 이 윈도우의 컬러값과 새 윈도우의 컬러값을 비교하였다. 즉 새 윈도우 X 의 중심과 영역 내의 윈도우 Y 의 중심의 거리를 구해서 최소가 되는 윈도우를 선택하는 방법이다. 두 윈도우 X, Y 간의 컬러값 비교에는 다음과 같은 유클리드 거리측정함수 $dist$ 가 사용되었다. 이때 X_R, X_G, X_B 는 윈도우 X 의 평균 RGB값이며, Y_R, Y_G, Y_B 는 윈도우 Y 의 평균 RGB값이다.

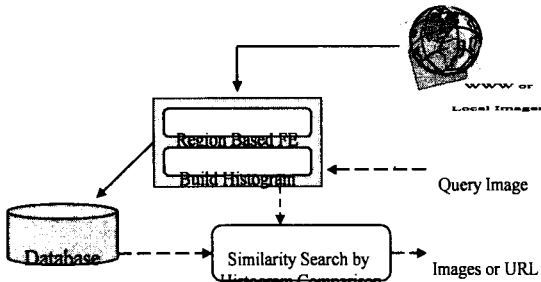
$$dist = \sqrt{(X_R - Y_R)^2 + (X_G - Y_G)^2 + (X_B - Y_B)^2}$$

일단 영역이 검출되면, 각 영역의 RGB값, 평균 RGB값, 크기, 유형, 위치, 슬라이딩 윈도우수 등의 특성값이 이미지 검색에서 사용할 수 있도록 데이터베이스에 저장된다.

4. 히스토그램을 이용한 이미지 영역 비교

본 논문이 제안하는 영역기반 유사 이미지 검색기법은 이미지로부터 가변적인 영역을 추출하여 비교하기 때문에 기존의 이미지 블럭 특성추출기법보다 유사 이미지를 검색하는데 훨씬 뛰어난 효과를 보이지만, 검색시간 면에서는 매우 큰 오버헤드가 있다. 이미지 블럭 특성추출기법에서는 두 이미지간의 유사도를 계산할 때, 두 이미지에서 같은 블럭번호를 가진 블럭간의 거리를 계산하여 그 합을 구하면 간단히 얻을 수 있지만, 영역기반 유사 이미지 검색기법에서는 이미지에서 추출되는 영역의 개수와 순서가 일정하지 않기 때문에 두 이미지에서 추출된 모든 영역에 대해 각각 비교해야하므로 시간복잡도가 $O(n^2)$ 에 이른다.

이러한 오버헤드를 해소하기 위해, 본 논문에서는 히스토그램 비교법[9]을 사용하였다. 히스토그램 비교법은 선행처리시간에 데이터베이스의 각 이미지의 히스토그램을 미리 구해 저장한 후, 질의 이미지의 히스토그램과 이들을 비교하는 기법이다. 두 개의 히스토그램을 비교하는 것은 단순비교 연산으로 시간 복잡도가 $O(1)$ 이며 데이터베이스 내의 모든 히스토그램과 비교하는데도 $O(n)$ 밖에 걸리지 않는다. 실제 이 기법을 사용하면, 대부분의 처리시간을 히스토그램 생성에 쓰이게 되는데, 이는 선행처리시간에 해당되며, 질의시간에는 질의 이미지 하나에 대해서만 히스토그램을 생성하므로, 그 부담이 미미하다고 할 수 있다. [그림3]은 본 논문에서 구현된 영역기반 유사 이미지 검색 시스템의 개념도이다.



[그림3] 영역기반 유사이미지 검색 시스템

히스토그램 비교법은 시계열 데이터 시퀀스 Q가 시계열 데이터 시퀀스 S에 포함되어 있을 때, Q의 히스토그램 H(Q)는 S의 히스토그램 H(S)에 포함된다(H(Q) ⊆

H(S)) [9]는 원리를 이용한 것이다. 따라서 질의 이미지 Q에서 추출한 N개의 영역으로 만든 히스토그램 H(Q)와 데이터베이스에 저장되어있는 이미지 S에서 추출한 M개의 영역으로 만든 히스토그램 H(S)로부터 H(S ∩ Q)를 구한 후, H(Q)와 H(S ∩ Q)를 비교하여 유사도를 구할 수 있다.

5. 결론

이미지에서 영역을 구하고, 각 영역의 RGB값, 위치, 크기, 유형 등의 특성값을 추출하고, 히스토그램을 이용하여 유사한 이미지를 검색하는 영역기반 유사 이미지 검색기법을 제안하고 구현하였다. 영역기반 이미지 검색기법은 이미지의 임의의 위치로부터 시작하는 임의의 크기의 영역으로부터 특성값을 추출하므로, 부분적으로 유사한 영역을 포함하고 있는 이미지를 찾을 수 있으며, 전체 이미지가 유사한 경우에도 기존의 특성추출기법 보다 더욱 뛰어난 성능을 보인다.

영역기반 유사 이미지 검색기법과 같이 이미지로부터 영역에 기반한 특성값을 추출하고 히스토그램을 이용하여 검색하는 기술은 쉽게 인터넷 환경으로 확장되어질 수 있으며, 비디오나 오디오 등의 다른 멀티미디어 데이터에도 적용 가능할 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] C. Faloutsos, et al., Efficient and Effective Querying by Image Content, Journal of Intelligent Information Systems, Vol. 3, No. 4, pp. 231-261, 1994
- [2] G.H. Cha, C.W. Chung, Multi-Mode Indexes for Effective Image Retrieval in Multimedia Systems, IEEE, pp. 152-159, 1998
- [3] J.Z. Wang, et al., Wavelet-Based Image Indexing techniques with partial Sketch Retrieval Capability, IEEE, 1997
- [4] A. Natsev et al., WALRUS: A Similarity Retrieval Algorithm for Image Databases, ACM SIGMOD, pp. 395-406, 1999
- [5] J. Wang, et al., Color Clustering Techniques for Color- Content-Based Image Retrieval from Image Databases, Proc. of the International Conference on Multimedia Computing and Systems, pp. 442-449, June 1997
- [6] R.T.Ng and D. Tam, An Analysis of Multi-level Color Histograms, Proc. of the SPIE, 1997
- [7] C. Faloutsos, et al., Fast Subsequence Matching in Time-Series Database, ACM SIGMOD, 1994
- [8] R. Lienhart, et al., Video Abstracting, Communications of The ACM, Vol. 40, No. 12, p. 54-62, December 1997
- [9] 임동혁, 김창룡, 정진완, 시계열 데이터의 유사성 검색을 위한 히스토그램 비교법, 한국정보과학회 추계학술 발표회, 1999년 10월