

모양 정보의 회귀추정에 의한 내용 기반 이미지 검색 기법

송준규, 최황규
강원대학교 전기전자·정보통신공학부
e-mail: hkchoi@kangwon.ac.kr

Contents-based Image Retrieval using Regression of Shape Feature

Jun-Kyu Song, Hwang-Kyu Choi
Dept of Electrical and Computer Engineering,
Kangwon University

요약

본 논문은 내용기반 이미지 검색을 위한 새로운 특징벡터 추출 기법을 제안한다. 제안된 기법은 주어진 이미지의 모양정보에 수학적 회귀를 적용하여 추출되는 특징벡터 양을 최소화하고 이를 이용하여 보다 정확한 내용검색이 이루어지도록 한다. 또한 제안된 기법은 실제 구현을 통한 여러 이미지 집합에 대한 실험 결과에서 기존의 기법보다 우수한 검색결과를 나타냄을 보인다.

1. 서론

최근 멀티미디어와 인터넷의 발달에 따라 단순한 텍스트 정보가 아닌 이미지, 동영상, 음성 데이터 등을 포함하는 멀티미디어 정보들이 광범위하게 활용되고 있다. 또한 이러한 인터넷 안에 존재하는 다양한 멀티미디어 정보의 검색에 도움을 주고자 많은 검색 엔진들이 다양한 기법을 이용하여 활용되고 있다.

하지만 단순 텍스트를 기반으로 한 기존의 검색 기법들은 멀티미디어 정보검색에 비효율적이며, 최근 이러한 불편한 점을 해결하고자 단순 텍스트 정보 검색을 대신한 멀티미디어 정보를 직접 검색할 수 있는 내용기반 정보검색 기법들의 연구가 활발히 진행되고 있다[1-11].

내용 기반 검색 기법들은 텍스트 기반의 기법들이 가지는 주관적인 판단이 들어가지 않고 이미지 자체에서 정보를 추출하여 이를 검색에 이용함으로써 효율적인 검색이 가능하고 정보 추출에 들어가는 비용을 줄일 수 있다. 이렇게 추출된 정보는 벡터화를 통하여 특징벡터(feature vector)로서 저장장치에 저장되며, 추출된 특징벡터의 수(dimension: 차원)가

많을수록 많은 정보를 가지고 있으므로 정확한 검색을 할 수 있다. 그러나 특징벡터의 차원이 클수록 검색 시간이 많이 걸리게 되며, 응용에 따라서 특징벡터의 수와 검색 속도와의 조정이 필요하게 된다.

본 논문은 내용기반 이미지 검색을 위한 특징벡터의 추출에 대하여 새로운 기법을 제안한다. 제안된 기법은 주어진 이미지의 모양정보에 수학적 회귀를 적용하여 추출되는 특징벡터 양을 최소화하고, 이를 이용하여 보다 정확한 내용검색이 이루어지도록 한다. 또한 제안된 기법은 실제 구현을 통한 여러 이미지 집합에 대한 실험 결과에서 기존의 기법보다 우수한 검색결과를 나타냄을 보인다.

2. 회귀에 의한 특징 벡터의 추출

2.1 회귀

회귀란 두 개 이상의 개체에 대하여 개체사이에 존재하는 관계를 수식적으로 표현한 것이다. 예를 들면 아버지와 아들의 키, 키와 몸무게, 전공별 점수 등의 관계를 함수의 형태로 나타낸 것이다. 크게 두 개체 사이의 관계를 직선으로 나타내는 단순 회귀, 3개 이상의 개체 사이의 관계를 나타내는 중회귀,

두 개체 사이의 관계를 곡선의 형태로 나타내는 다항 회귀로 나누어 볼 수 있다.

본 논문에서는 이 중에서 단순 회귀를 이용하여 특징 벡터를 추출하는 기법을 제안한다. 단순 회귀는 직선의 형태를 취하므로 그 단순 회귀 추정식은

$$Y = aX + b \quad (1)$$

와 같이 표현된다.

2.2 모양 정보의 단순 회귀

제안된 모양 정보의 단순 회귀를 통한 특징벡터를 추출 기법은 다음과 같은 과정을 통하여 이루어진다.

1) 모양정보 추출

먼저 모양 정보를 얻기 위하여 전체 이미지에 외곽선 검출(edge detection)을 적용하여 모양정보를 얻고 이를 $n \times n$ 의 부 이미지로 분할한다. 외곽선 검출을 위해서는 RGB 컬러 공간을 먼저 256 단계를 갖는 그레이 분포로 변환하고, 3x3 윈도우를 이용하여 외곽선 검출을 수행한다. 외곽선 검출이 완료되면 주변에 외곽선이 없이 홀로 고립된 고립점과 잡음으로 인한 외곽선을 제거하기 위하여 잡음제거 단계를 거치게 된다. 해당 외곽선을 중심으로 3x3 윈도우를 이용하여 해당영역에 에지가 3개 미만인 에지는 제거된다.

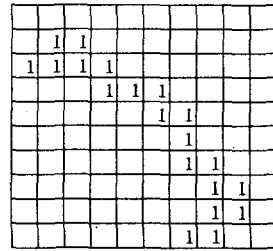
2) 단순 회귀 적용

외곽선을 검출하여 잡음제거의 단계까지 모두 끝난면 이미지를 $n \times n$ 크기로 분할을 한다. $n \times n$ 으로 이미지를 분할하면 모두 n^2 개의 부 이미지가 생성된다. 각 부 이미지를 하나의 X-Y 좌표계로 설정한다. 그러면 각 화소는 좌표계에서 (x,y) 좌표를 가지게 되며 이로부터 이후에 다스 처리를 처리하게 된다.

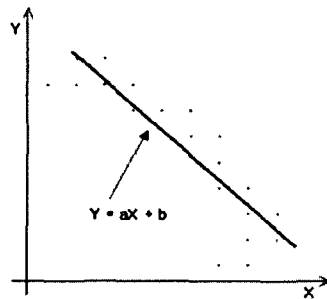
단순 회귀에 이용되는 방법은 크게 두 가지 방법이 있다. 첫째는 최소제곱법에 의한 방법이고, 둘째는 우도함수를 이용하는 방법이다. 본 논문에서는 최소제곱법에 의한 방법을 택하였다.

최소제곱법은 추정된 회귀선과 각 좌표와의 거리(분산)가 최소가 되게 회귀선을 추정하는 것을 의미하며 그 추정선은 직선의 형태를 가지므로 일반식은 식 (1)과 같고, 부 이미지에서 회귀선을 추정하는 원리는 그림 1과 같다. 그림 1에서 외곽선 정보를 X-Y 좌표계로 변환하여 이를 이용하여 단순 회귀

선을 추정하는 원리를 나타낸다. 이 과정을 통하여 추정된 회귀선의 기울기 정보를 검색에 이용한다.



(a) 부 이미지의 에지 정보



(b) X-Y 좌표계로 변환된 에지 정보의 회귀 추정
그림 1. 부 이미지의 edge 정보와 회귀선

$n \times n$ 으로 분할된 이미지의 추정된 회귀선에서 기울기 정보를 이용하여 특징벡터를 생성하면 모두 n^2 차원의 특징벡터가 생성되며 이를 비교하여 유사 이미지 검색을 하게 된다.

3. 내용 기반 이미지 검색 시스템 구현

3.1 시스템 구성

시스템의 전체적인 구성은 크게 새로운 이미지를 입력하여 특징벡터를 추출하여 이를 데이터베이스 저장하는 부분과 질의 이미지를 입력하여 유사한 이미지를 검색하는 부분의 두 부분으로 나뉜다.

특징벡터를 추출하여 입력하는 부분은 이미지 데이터베이스를 구축하는 과정으로 저장된 이미지에서 여러 가지 검색 기법에서 쓰이길 될 특징벡터를 추출하여 이미지의 정보와 함께 저장된다.

질의를 하는 부분은 사용자 접근의 편의를 위하여 웹 환경에서 구현을 하였으며, 웹과 데이터베이스 연동을 위하여 Java Servlet과 JDBC를 이용하였다. 그림 2는 시스템의 전체적인 구성이고, 표 1은 시스템에서 구현한 검색 기법의 종류이다.

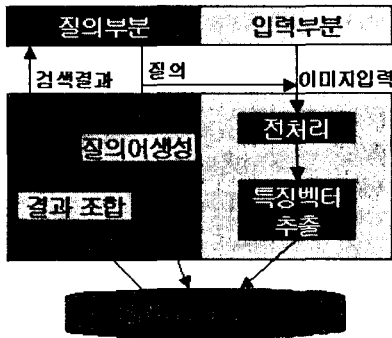


그림 2. 시스템 구성도

기법	분할	차원
히스토그램의 다항회귀(A)	하지 않음	5
Gray Level의 평균(B)	3x3, 4x4	9, 16
Gray Level의 빈도수(C)	3x3, 4x4	9, 16
외곽선(Edge) 비율(D)	4x4, 10x10	16, 100
외곽선 비율의 다항회귀(E)	하지 않음	4
위치 및 모양 정보(F)	2x2, 3x3, 4x4	4, 9, 16

표 1. 검색 기법의 종류

3.2 유사도 측정

유사도를 측정하기 위한 방법으로는 한 가지의 검색 기법으로 검색을 할 경우에는 유클리드 공간에서의 거리를 계산하는 유클리드 거리를 이용하여 유사 정도를 판단하였고, 두 가지 이상의 검색 방법을 혼합하여 사용한 경우에는 서로 다른 특징벡터의 수와 단위를 사용하므로 단순히 유클리드 거리를 이용하여 유사도를 측정할 수 없다.

따라서 각각의 기법별로 유클리드 거리를 이용하여 유사도를 부여하여 순위를 매긴 후, 순위를 기준으로 점수를 부여한다. 각 기법별로 부여된 점수를 합하여 가장 높은 점수를 얻은 이미지 순서로 결과로 보여준다.

n 차원의 특징벡터 사이의 유클리드 거리 D 는 식 (2)와 같이 구할 수 있다. Q 는 질의 이미지의 특징벡터이고 S 는 데이터베이스에 저장된 이미지의 특징벡터이다.

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - S_i)^2} \quad (2)$$

4. 성능 평가

4.1 검색 환경

사용자가 질의를 하는 방법은 크게 두 가지로 나

누어 볼 수 있다. 첫째는 사용자가 직접 간단한 스케치를 하여 질의를 방법[3], 두 번째는 미리 만들어 놓은 예시 이미지를 이용하는 QBE(Query by Example) 방법이 있다[2].

본 논문에서는 테스트와 성능 평가를 위하여 모두 5가지의 이미지집합을 사용하였으며 이미지 집합과 각 집합에 속한 이미지의 수는 표 2와 같다

집합	새	비행기	자동차	도자기	물고기
수	111	134	221	139	98

표 2. 이미지 집합과 이미지의 수

사용자 스케치에 의한 검색은 사용자의 스케치가 색상보다는 개체의 외곽선과 같은 모양정보에 의존하는 경우가 많으므로 본 논문에서 제안하는 방법이 기존의 색상 정보를 이용하는 기법이나 외곽선의 비율을 이용하는 방법보다 효율적임을 검색 결과로부터 알 수 있다.

그림 3은 사용자의 스케치에 의한 검색 결과를 보여준다. 맨 앞의 이미지가 질의 이미지이고 오른쪽으로 검색 결과 이미지 중에서 상위 3개의 이미지를 보여준다.

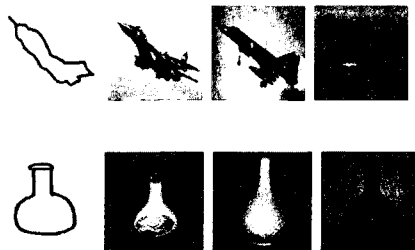


그림 3. 사용자 스케치에 의한 질의 결과

4.2 검색 결과

본 논문에서는 이미지 데이터로써 새, 비행기, 자동차, 도자기, 물고기 등 5종류의 이미지 집합을 사용하였다. 검색 효율의 측정을 위한 평가기준은 Recall과 Precision이 주로 이용된다. Recall은 질의 이미지와 유사한 이미지집합 중에서 몇 개의 이미지가 결과로 검색되었는지를 나타내는 값이고, Precision은 검색된 후보이미지 집합에서 질의 이미지와 유사한 이미지가 얼마나 검색되었는지를 나타내는 값이다.

$$Recall = \frac{correct}{correct + miss} \quad (3)$$

$$Precision = \frac{correct}{correct + false} \quad (4)$$

Recall 값을 측정하기 위해서는 전체 이미지 데이터베이스에 대하여 일일이 유사한 이미지의 집합을 설정해야 하는 단점이 있기 때문에 본 논문에서는 Precision 방법을 이용하여 검색 효율을 측정하였다.

측정은 5개의 이미지 집합에서 각각 30개의 이미지를 무작위 추출하여 표 1에 제시된 11개의 검색 기법에 대해서 실시하였다. 표 3은 각 이미지 집합별로 각각의 검색 기법의 검색 효율을 나타낸다.

집합 기법	새	자동차	물고기	비행기	도자기	전체
A기법	0.578	0.704	0.446	0.610	0.417	0.551
B기법 3x3	0.689	0.609	0.644	0.588	0.494	0.605
B기법 4x4	0.702	0.584	0.638	0.542	0.560	0.605
C기법 3x3	0.626	0.561	0.430	0.587	0.481	0.537
C기법 4x4	0.609	0.528	0.509	0.577	0.574	0.559
D기법 4x4	0.536	0.851	0.517	0.616	0.626	0.629
D기법 10x10	0.505	0.768	0.630	0.476	0.714	0.619
E기법	0.539	0.564	0.563	0.660	0.517	0.569
F기법 2x2	0.775	0.705	0.516	0.659	0.681	0.667
F기법 3x3	0.631	0.773	0.572	0.684	0.669	0.666
F기법 3x3	0.592	0.774	0.661	0.661	0.604	0.658

표 3. 이미지 집합별 검색 기법의 검색 효율

표 3에서 보는 바와 같이 '자동차' 이미지 집합에서는 외곽선 비율을 이용한 기법이 좋은 성능을 보이지만 다른 이미지 집합에 대해서는 본 논문에서 제안하는 모양 정보의 단순 회귀에 의한 특징벡터 추출 기법이 보다 효율적인 성능을 보임을 알 수 있다.

또한 외곽선 비율을 이용한 기법에서 10x10의 분할을 함으로써 생기는 100차원의 고차원의 특징벡터를 4차원의 특징벡터로 줄인 외곽선 비율의 다항 회귀에 의한 특징벡터의 추출기법은 본래의 외곽선 비율을 이용하는 기법보다 다소 성능이 떨어지지만 다차원 색인 기법을 통한 검색 시 검색의 속도 면에서 생기는 이점을 감안한다면 감수할 만한 수준이다.

5. 결론

본 논문은 내용기반 이미지 검색을 위한 새로운 특징벡터 추출 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 주어진 이미지의 모양정보에 수학적 회귀를 적용하여 추출되는 특징벡터 양을 최소화하고, 이를 이용하여 보다 정확한 내용검색이 이루어지도록 하였다.

검색 속도 개선을 위한 연구들의 결과를 보면 검색에 이용되는 특징벡터의 수가 20차원이상으로 높아질 경우 검색의 속도가 지수적으로 감소한다는 점

을 알 수 있다. 따라서 제안된 모양 정보의 단순 회귀에 의한 특징벡터 추출 기법은 적은 특징벡터로 효율적인 검색이 함을 성능 평가를 통하여 확인하였다.

참고 문헌

- [1] C. Faloutsos, W. Equitz, M. Flickner, W. Niblack, D. Petkovic and R. Barber, "Efficient and effective querying by image content", Journal of Intelligent Information System, Vol. 3, 1994.
- [2] K. Hirate and T. Kato, "Query by Visual Example", Extending database Technology, 1992.
- [3] K. Hirate and T. Kato, "Rough Sketch-Based Image Information Retrieval", NEC Res & Develop, Vol. 34, No. 2, 1993.
- [4] T.-S. Chua, S.-K. Lim and H.-K. Pung, "Content-based Retrieval of Segmented Images", ACM Multimedia, 1994.
- [5] C. Faloutsos, "Fast Searching by Content in Multimedia Databases", Data Engineering, Vol. 18, No. 4, 1995.
- [6] M. J. Swain and D. H. Ballard, "Color Indexing", International Journal of Computer Vision, Vol. 7, No.1, 1991.
- [7] M.-H Yang and N. Ahuja, "Gaussian Mixture Model for Human Skin Color and Its Applications in Image and Video Databases", SPIE Conference on Storage and Retrieval for Image and Video Databases VII, Jan 1999.
- [8] G. Pass, R. Zabih and J. Miller, "Comparing Images Using Color Coherence Vectors", ACM Conference on Multimedia, 1996.
- [9] 이상운, 최병욱, "색상 특징 정보를 이용한 웹 이미지 검색", 대한전자공학회 멀티미디어연구회 논문집, 1999.
- [10] J. R. Smith and S.-F. Chang, "Visually Searching the Web for Content", IEEE Multimedia Magazine, Vol. 4, No. 3, 1997.
- [11] A. Pentland, R. Picard and S. Sclaroff, "Photobook: Tools for Content-Based Manipulation of Imaged Database", SPIE Storage and Retrieval of Image & Database II, Feb 1994.