

코너 검출 및 회전불변 Gabor 필터를 이용한 영상 검색

유희준, 김동훈, 엄민영, 신대규, 김현술, 박상희
연세대학교 전기 전자 공학과

Image Retrieval using Corner Detection and Rotation Invariant Gabor Filter

Hee-Jun YOU, Dong-Hoon KIM, Min-Young EUM, Dae-Kyu SHIN, Hyun-Sool KIM, Sang-Hui PARK
Dept. of Electrical & Electronic Eng. , Yonsei Univ.

Abstract - 오늘날 많은 디지털 저장 매체의 발달로 방대한 양의 영상 데이터가 데이터베이스화 되고 있으며 이러한 데이터베이스에서 필요한 영상 데이터를 효율적으로 검색하는 방법이 중요한 문제로 대두되고 있다. 현재 영상의 색상, 형태 및 질감 특성을 사용하여 다양한 영상 검색 방법이 제안되고 있으며 본 연구에선 이중 질감을 특징으로 하는 Gabor 특징 벡터를 사용하고자 한다. 즉, 영상의 인터레스트 포인트를 찾아내어 그 점에서 Gabor 웨이블릿을 이용하여 특징 벡터를 추출하고 VQ를 기반으로 한 히스토그램 인터색션 방법을 이용하여 영상 검색을 한다. 기존의 Gabor 웨이블릿 방법은 영상의 회전에 대해 잘 동작하지 못하는 단점을 가지고 있으며 이는 회전 영상에 대한 검색을 저하에 크게 작용한다. 이 문제를 해결하고자 본 논문에선 회전 불변 Gabor 필터를 이용한 영상 검색 방법을 제안하고자 한다.

하는 위치이며, 코너 포인트, T 교차점, 질감이 급격히 변하는 위치에 해당한다. 코너 검출에 있어서, Harris 검출기는 반복성(repeatability)과 정보량(information content)의 측면에서 가장 우수하다고 알려져 있다. Harris 검출기는 자기상관함수와 관련된 매트릭스를 구하고, 자기상관함수의 중요곡률이 되는 매트릭스의 고유값을 척도로 인터레스트 포인트를 검출한다. 영상의 위치 이동 좌표를 (x,y)라 할 때, 자기상관 매트릭스를 적용한 영상 세기, I,의 변화량 E는 식 (1)과 같다.

$$E(x, y) = Ax^2 + 2Cxy + By^2 + By^2 = (x, y)M(x, y)^T \quad (1)$$

여기서, $M = \begin{bmatrix} A & C \\ C & B \end{bmatrix}$

$$W_{n,r} = e^{-(u^2+r^2)/2\sigma^2}$$

$$X = I \otimes (-1, 0, 1) \approx \frac{\partial I}{\partial x}$$

$$Y = I \otimes (-1, 0, 1)^T \approx \frac{\partial I}{\partial y}$$

$$A = X^2 \otimes W, \quad B = Y^2 \otimes W, \quad C = (XY) \otimes W$$

u, v : window region

1. 서 론

1990년대 이후 인터넷 출현으로 전세계 곳곳에 흩어져 있는 다양한 자료들에 대한 접근이 용이하게 되었으며, 찾고자하는 자료를 데이터 베이스터베이스 또는 인터넷 상에서 효율적으로 검색할 수 있는 검색 시스템에 대한 필요성이 증대되고 있다. 특히, 영상 자료는 멀티미디어 기술의 발달과 저장 매체의 대용량화로 많은 분야에서의 영상 자료의 데이터베이스가 구축되고 있으며 다양한 용도로 사용되고 있다. 무엇보다도, 영상 자료는 정보 전달력이 가장 강하다는 장점을 가지고 있다.

영상 검색 기법에는 크게 텍스트 주석 기반 기법(context based image retrieval)과 내용 기반 기법(content based image retrieval)으로 나눌 수 있으며 주로 내용 기반 기법이 많이 사용되고 있다. 검색을 위한 영상의 정보로서 색상, 형태, 질감 등의 특징을 사용하는 기술이 많이 연구되고 있다[1].

본 논문에서는 Gabor 필터에 의한 질감 정보를 이용한 방법을 사용하고자 한다. 이러한 질감 정보들은 영상 전체의 특징이 아니라 영상의 코너에 해당하는 인터레스트 포인트에서 계산된 지역적인 정보를 사용한다. 2장에서 이러한 인터레스트 포인트 검출에 관해 서술한다.

위에서 언급한 것과 같이 인터레스트 포인트에서의 질감 정보는 Gabor 필터를 사용하여 추출한다. 특히, 회전 불변 Gabor 필터를 사용하여 회전에 불변하도록 한다. 이러한 과정은 3장에서 다루도록 한다.

마지막으로 특징 벡터들은 백터 양자화를 통해 분류되고, 설계된 코드북 인덱스의 발생 빈도의 히스토그램을 구성한다. 이러한 히스토그램 구성의 과정에 대해서는 4장에서 서술한다. 영상 검색은 데이터베이스의 영상과 질의 영상의 히스토그램을 비교함으로써 수행한다[2].

실험 방법 및 결과는 5장에서 서술한다.

2. 인터레스트 포인트

인터레스트 포인트는 영상에서 신호가 2차원적으로 변

M의 고유값 α, β 는 자기상관함수의 중요곡률에 비해하므로 이를 기준으로 영상에서의 영역을 분류한다. 만일, 두 개의 고유값이 모두 작으면 윈도우 영역은 거의 동일한 픽셀값을 갖고, 고유값의 하나는 크고 하나는 작으면 윈도우 영역은 에지성분에 해당하고, 고유값이 모두 크면 윈도우 영역은 인터레스트 포인트에 해당한다.

그림 1은 트레이드마크에서 인터레스트 포인트를 검출한 예를 나타낸다.



그림 1. 트레이드마크 영상에서 인터레스트 포인트 추출

3. 특징 추출

본 논문에서는 2절에서 언급한 방법으로써 인터레스트 포인트를 검출한 후 검출된 인터레스트 포인트에서 회전 불변 Gabor 필터를 이용하여 국부적인 질감 정보를 추출한다. 그리고, 추출된 질감 정보들을 특징 벡터로 사용한다.

3.1 Gabor 필터

Gabor 필터는 다양한 변화를 포착할 수 있는 보편적인 2차원 영상 인식 모형으로서 유용할 뿐만 아니라 융통성을 가지고 있어 질감 정보에 관한 특징을 구하는데 사용된다.

2차원 공간 영역에서 Gabor 필터는 복조된 가우시안 복소 사인과 격자의 형태를 가진다.

$$h(x, y) = g(x', y') e^{-2\pi i(Ux + Vy)} \quad (2)$$

단, (U, V) 는 $F = \sqrt{U^2 + V^2}$ 의 중심주파수와 $\theta = \arctan(\frac{V}{U})$ 의 방향을 가지는 주파수 영역의 필터 위치를 정의한다. 자신과 유사한 함수들로 이뤄진 이러한 집합을 Gabor 웨이블릿이라 하며 $g(x, y)$ 는 이러한 집합의 모함수가 된다. Gabor 웨이블릿은 이러한 모함수 $g(x, y)$ 의 회전과 팽창에 의해서 만들어질 수 있다. 여기서, $g(x', y')$ 는 각 θ 로 향하는 가우시안 함수를 표현하고 $(x' + y')$ 는 $x = x' \cos \theta + y' \sin \theta$, $y = -x' \sin \theta + y' \cos \theta$ 로 주어진 회전된 좌표이다.

중첩비와 크기인자가 각각 λ , σ 인 일반적인 가우시안 함수는 식 (3)과 같다.

$$g(x, y) = \left(\frac{1}{2\pi\lambda\sigma^2}\right) e^{-\left[\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right]} \quad (3)$$

크기인자는 고주파 필터가 공간상에서 국지화 되는 필터의 중심주파수에 의해서 결정된다.

$$\sigma = \frac{\mu}{F} \quad (4)$$

식 (4)에서 μ 는 퓨리에 영역에서 균일하게 접칠 수 있는 상수이다.

Manjunath는 6개의 방향과 4개의 주파수 대역을 가 총 24개의 Gabor 필터로 필터링한 신호의 평균과 표준편차를 이용하여 질감 특징 벡터를 얻은 후 이들을 이용하여 영상 검색을 하였다(3).

3.2 회전불변 Gabor 필터

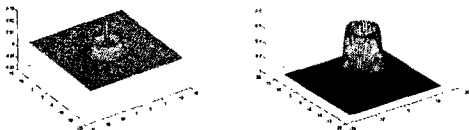
Gabor 필터의 사인파의 격자는 단지 한 방향에서만 변하므로 자세한 정보를 알 수가 있기 때문에 방향에 의존하는 질감 정보에는 매우 효율적이거나 회전에 대해서는 적합하지 않다. 회전에 강인한 필터를 만들기 위해서 단지 한 방향만 아니라 모든 방향에 대하여 변하는 사인파 격자가 필요하다. 즉, 가우시안 함수나 격자 모두 원의 중심에서 방사형으로 변화하는 원형 대칭인 필터가 필요하다.

원형 대칭 필터는 식 (5)와 같다.

$$h(x, y) = g(x, y) e^{-2\pi i F \sqrt{x^2 + y^2}} \quad (5)$$

단, F 는 원하는 중심 주파수이다. 가우시안 필터는 다음과 같다.

$$g(x, y) = \left(\frac{1}{2\pi\sigma^2}\right) g \left[-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right] \quad (6)$$



a) 공간 영역 b) 주파수 영역

그림 2. 제안된 방법에서의 원형대칭 필터

원형대칭 필터를 사용하여 영상으로부터 질감 특징을 얻기 위해서 4가지 주파수대의 필터가 사용되었다. 그림 2는 제안된 방법에서 공간 영역과 주파수 영역에서의 원형대칭 필터를 나타낸다.

4. 벡터 양자화에 의한 히스토그램

본 논문에서는 VQ를 이용한 인터레스트 포인트에서의 패턴들의 분류와 이러한 패턴들의 히스토그램의 비교를 이용한 영상 검색 방법을 제안한다.

VQ의 LBG(Linde, Buzo and Gray) 알고리즘을 이용하여 데이터베이스 상의 각 영상들의 특징점에서 구한 회전불변 Gabor 웨이블릿 특징 벡터들에 대해 벡터 양자화를 수행한다. 양자화를 통해 얻어진 각 영상의 특징 벡터들이 양자화에 의한 코드북으로 표현될 수 있으며 각 영상에 대하여 코드북의 인덱스에 대한 히스토그램을 구축함으로써 영상의 질감 정보를 표현한다. 모든 영상이 질감 정보를 가진 히스토그램으로 표현이 되어 있으므로 질의 영상의 히스토그램과 데이터베이스 상의 히스토그램을 비교함으로써 질감 정보 기반 검색을 수행할 수 있다. 두 히스토그램의 비교는 색상 정보 기반 검색 방법에서 Swain에 의해 사용된 히스토그램 인터섹션(2)을 사용하였다. 즉, 두 영상 I_i, I_j 의 특징 벡터들을 N 개의 코드북으로 표현할 경우 두 영상은 각각 히스토그램 $H_{i[k]}, H_{j[k]}$, $k=0, 1, \dots, N-1$ 으로 질감 정보를 나타낼 수 있으며 두 영상의 비교는 식 (7)과 같다.

$$HK(H_i, H_j) = \frac{\sum_{k=0}^{N-1} \min(H_{i[k]}, H_{j[k]})}{\sum_{k=0}^{N-1} H_{i[k]}} \quad (7)$$

5. 실험 및 결과

5.1 실험

영상 검색은 데이터베이스를 위해 128×128 크기로 정규화된 1100개의 그레이 값의 상표 영상을 사용하였다. 질의 영상으로는 데이터베이스로부터 임의로 선택된 20개의 영상들을 사용하였다. 20개의 질의 영상은 각각 회전, 크기, 밝기 변화, 노이즈가 첨가된 영상들로 변화를 가하여 재구성하였다. 벡터 양자화를 위한 코드북의 크기는 100으로 정하였다.

검색 성능의 평가 기준으로서 식 (8)과 같이 질의 영상에 대한 검색된 순위를 고려하였고 전체 영상 데이터베이스 수에 대한 평균 검색 순위의 %도 함께 고려하였다.

$$\begin{aligned} \text{평균 검색 순위} &= \frac{1}{M} \sum_{i=0}^M \text{rank}(i) \\ \% \text{순위} &= \frac{\text{평균 검색 순위}}{N} \times 100 \end{aligned} \quad (8)$$

식 (8)에서 N 이 데이터베이스 크기, M 은 질의 영상의 수인 경우 $\text{rank}(i)$ 는 i 번째 영상에 대한 검색 실험에서 원하는 영상의 검색 순위를 나타낸다.

검색 성능의 비교 대상으로 기존 방법들 중 지나이크 모멘트(ZM)(4), Jain이 제안한 에지의 그래디언트(gradient)(5)와 미분 불변치 방법(DI)(6)와 비교하였도한, 영상의 일부분 만을 사용하여 제안한 방법으로 검색을 수행하여 그 성능을 보였다.

5.2 결과

그림 3은 변화를 가하지 않은 원 영상을 사용하여 데이터베이스 내의 임의의 영상을 질의 영상으로 선정한 후 질의 영상을 찾는 실험의 검색 순위 결과를 나타낸

다. 기존의 방법과 제안한 방법 모두 원 영상에 대한 검색에 대해 제대로 성능을 보임을 알 수 있다.

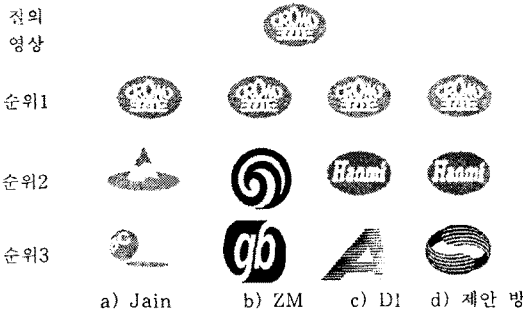


그림 3. 영상 검색 결과

5.3 변화된 영상에서의 검색 결과

원 질의 영상을 회전, 밝기 변화, 크기 변화 및 노이즈 삽입 등의 변화를 주어 영상 검색을 수행하였다. 회전은 원 영상에서 5°, 10°, 15°, 45°, 90°로 회전하였고 밝기 변화는 +10, -10을 더하여 질의 영상을 구성하였다. 그리고, 크기 변화는 0.9배와 1.1배로 확대하였고 노이즈 첨가는 질의 영상의 전체 픽셀 중 5%, 10%, 15% 픽셀들에 화이트 가우시안 노이즈(white Gaussian noise)를 첨가하여 실험하였다. 그림 4는 사용된 질의 영상들의 예이다.

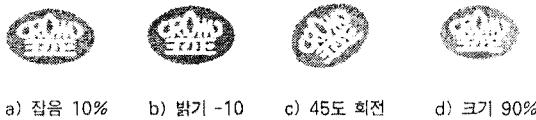


그림 4. 실험에 사용된 질의 영상

각각의 질의 영상에 대한 실험 결과를 표 1에 나타내었다

표 1. 영상 검색 실험 결과

		Jain	ZM	DI	Proposed
잡음 첨가	5%	2.1(0.19%)	1.3(0.12%)	3.6(0.32%)	2.1(0.19%)
	10%	2.6(0.23%)	10.6(0.95%)	4.3(0.39%)	2.35(0.21%)
	15%	4.2(0.38%)	41.4(3.73%)	13.0(1.17%)	2.9(0.26%)
밝기 변화	+10	9.0(0.88%)	1.0(0.09%)	7.1(0.64%)	17.6(1.60%)
	-10	1.0(0.09%)	1.0(0.09%)	4.7(0.36%)	7.95(0.72%)
회전	5		3.26(0.30%)	9.3(0.85%)	1.36(0.12%)
	10	Not applicable	6.11(0.56%)	4.26(0.39%)	2.0(0.18%)
	15		5.67(0.52%)	7.95(0.72%)	4.10(0.37%)
	45		13.3(1.20%)	41.8(3.77%)	1.73(0.15%)
	90		1.0(0.09%)	1.2(0.11%)	1.0(0.09%)
크기 변화	0.9		24.7(2.23%)	22.8(2.01%)	54.2(4.89%)
	1.1	13.7(1.23%)	20.4(1.84%)	57.6(5.19%)	3.75(0.34%)

검색 결과, 제안한 방법이 기존 방법에 비해 여러 영상의 변화에 대해 더 효과적임을 볼 수 있다. 특히, 크기 및 회전 변화의 경우 검색 결과가 약 0.4%내로 나타나 기존 방법에 비해 상당히 강인함을 알 수 있다. 잡음의 경우에도 기존 방법에 비해 성능이 떨어지지 않는 결과를 보였으나 밝기는 다소 성능이 떨어지는 결과가 나타

났다.

5.2 부분 영상 검색 결과

본 실험에서는 원 영상의 일부분만으로 질의 영상을 구성하여 영상 검색 실험을 해보았다. 그 결과는 그림 5와 같다.

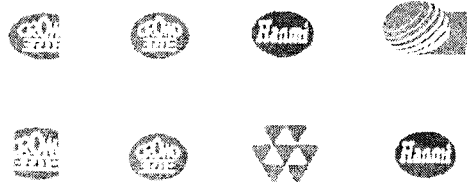


그림 5. 부분 영상 검색 결과

그림 5. 부분 영상 검색 결과

영상의 일부분을 사용한 영상 검색 실험 결과 영상의 히스토그램의 각 bin에서 발생하는 빈도의 수는 줄어들지만 히스토그램의 전체적인 모양은 유지된다는 것을 알 수 있다. 또한, 영상을 인식하는데 영상 전체가 아닌 몇몇 점들의 정보로도 검색이 가능함을 알 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 회전에 강인한 VQ 기반의 질감 정보를 이용하여 영상 검색을 하는 방법을 제안하였다. 또한 전역적인 특징 벡터 추출이 아닌 지역적인 영상의 코너 즉, 인터레스트 포인트에서 회전불변 Gabor 필터를 이용하여 특징을 추출하였다. 이러한 특징 벡터들은 벡터 양자화를 통하여 히스토그램을 구성하고 질의 영상과 데이터베이스 영상의 히스토그램을 비교함으로써 영상 검색을 수행한다.

질의 영상의 잡음, 크기, 밝기, 회전 변화에 따른 실험 검색 결과 기존의 방법보다 더 효과적으로 영상을 검색함을 알 수 있다. 특히, Gabor 필터의 한 방향에 의존하는 질감 정보 분석에 따른 회전 문제를 해결함으로써 회전에 더욱 강인한 검색 결과를 얻을 수 있었다. 또한, 인터레스트 포인트에서의 특징 벡터 추출로 인해 영상의 일부분만으로도 검색이 가능하다는 장점을 보였다.

[참 고 문 헌]

- [1] John Eakins and Margaret Graham, "Content based Image Retrieval", JISC Technology Applications report 39, OCT, 1999
- [2] M.J. Swain, "Color Indexing", Int'l Journal of Computer Vision, Vol. II 32, pp. 11-32, (1991).
- [3] B.S. Manjunath and W.Y. Ma, "Texture Features for Browsing and Retrieval of Image Data", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 18, No. 8, pp. 837-842, (Aug., 1996).
- [4] A. Khotanzad and Y.H. Hong, "Invariant Image Recognition by Zernike Moments", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 12, No. 5, pp. 489-497, May, (1990).
- [5] A.K. Jain and A. Vailaya, "Image Retrieval using Color and Shape", Pattern Recognition, Vol. 29, No. 8, pp. 1233-1244, (1996).
- [6] C. Schmid and R. Mohr, "Local Grayvalue Invariants for Image Retrieval," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 5, pp. 530-535, (1997).