

論文2002-39CI-1-6

내용기반 회전불변 상표검색

(Content-based Rotation Invariant Retrieval of Trademarks)

朴進根*, 曹相鉉**, 崔興文**

(Jin-Geun Park, Sang-Hyun Cho, and Heung-Moon Choi)

요약

본 논문에서는 불변 모멘트와 주대칭축 기준 에지 방향 히스토그램을 이용한 내용 기반 회전 불변 상표 검색 방법을 제안하였다. 기존의 상표 검색 시스템에서는 사용 영상이 회전되면 그 특징 벡터값이 변화하기 때문에 회전 불변 검색이 어려웠다. 제안한 방법에서는 회전 불변 특징 벡터를 얻기 위해서 기존의 불변 모멘트에 회전에 의한 히스토그램의 이동문제를 해결하기 위한 주대칭축 기준 에지 방향 히스토그램을 추가하였다. 기존에 회전에 의한 검색이 어려웠던 20종류의 상표를 포함하여 300가지의 상표를 갖는 데이터 베이스에 대하여 실험한 결과 회전된 상표를 포함해도 기존의 방법보다 더 효과적으로 검색할 수 있음을 확인하였다.

Abstract

In this paper, an efficient content-based rotation-invariant retrieval of the trademarks is proposed using the edge-direction histogram for a principal symmetry axis and the moment invariants. Rotation invariant retrieval of trademarks is difficult for the conventional retrieval systems because their feature vectors are not rotation-invariant. In this paper, to obtain rotation invariant feature vectors, in addition to invariant moments, the edge-direction histogram for a principal symmetry axis is introduced and is used to solve the bin shift problem of the histogram resulted from the rotated trademark. Performance evaluation has been carried out for a database of 300 kinds of trademarks including 20 kinds of typical trademarks which are reported to be difficult to retrieve when rotated, and the proposed scheme is proved to retrieve trademarks more efficiently, especially for the rotated trademarks, than the conventional methods.

I. 서론

최근 상표 및 저작권 데이터 베이스, 디지털 도서관 및 박물관, 의료 진단 시스템, 지리 정보 시스템 등의

* 正會員, 三星電子

(Samsung Electronics)

** 正會員, 慶北大學校 電子·電氣工學部

(Department of Electronics, Graduate School, Kyungpook National University)

接受日字:2000年5月17日, 수정완료일:2001年11月27日

분야에서 내용 기반 검색에 대한 요구가 증가하고 있다. 기존의 텍스트 기반 검색 시스템에서는 데이터의 인덱싱 시에 주석자의 주관이 개입되어 큰 데이터 베이스를 검색하는데 어려움이 많기 때문에 최근에는 영상 정보를 이용하여 검색하는 내용 기반 검색 시스템의 필요성이 급속히 대두되고 있다. 특히, 상표의 경우 현재 50만 건 이상의 상표가 등록되었거나 출원되어 있고, 하루에도 수백 건의 상표가 출원 등록되고 있는 가운데 유사 동일 상표를 판별하기가 점점 어려워지고 있다. 또한, 상표 검색 시스템에서는 상표의 크기 변화 (scaling), 회전(rotation), 이동(translation), 변형

(deformation) 등으로 인해 검색 성능의 저하가 초래되어 이들에 무관하게 검색하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다¹⁻³⁾. 최근에 많이 연구되고 있는 내용 기반 상표 검색 시스템에서는 영상의 내용 기반 특징으로 색상(color), 모양(shape) 및 질감(texture) 등을 사용하고 있는데 이들 특징들이 영상의 회전, 크기변화, 이동, 변형, 잡음 등에 영향을 받지 않고 영상을 나타낼 수 있어야 한다. 그리고 영상의 스캐닝이나 디지털화 과정에서 발생하는 잡음(noise)에 의한 영향에도 강건한 특징을 가져야 한다.

상표 검색 시스템에서는 형태 기반 특징들이 많이 사용되는데 이들은 영상의 외곽 정보(outline information), 영역 정보(region information), 그리고 이들을 결합한 정보(combined information)로 나뉘어진다. 그 중, 외곽 정보로는 체인 코드(Chain code), 푸리에 서술자(Fourier descriptor), 에지 기반 특징(edge-based information) 등이 많이 사용되고, 영역 정보로는 불변 모멘트(invariant moments), Zernike 모멘트 등이 주로 사용되어 왔다. 영역 정보로서 많이 사용되는 불변 모멘트와 Zernike 모멘트를 이용한 검색 시스템은 영상의 특징벡터 값들이 회전과 크기 변화에 불변인 성질을 가져 검색 시스템에서 많이 사용되나 전체적으로 영상을 나타내는데 있어서는 외곽에 대한 정보가 불충분하여 검색 효율이 떨어진다^{3,4)}. 외곽 정보인 푸리에 서술자(Fourier descriptor)를 이용한 검색 시스템은 영상의 회전, 변형, 잡음으로 인해서 특징 벡터 값이 변하는 단점이 있으며 영역 정보가 불충분하여 검색 효율이 떨어진다. 에지 기반 검색 시스템에서도 영역 정보가 불충분하여 검색 효율이 떨어지고 영상의 회전에 의한 히스토그램 빈의 이동과 크기 변화의 영향에도 상표 검색 효율이 저하된다. 한편, 영역 정보와 외곽 정보를 복합적으로 사용하는 검색 시스템의 경우에는 상표의 특징을 잘 나타낼 수 있고, 또한 상표 영상의 이동, 크기 변화, 변형에도 영상을 잘 표현하여 좋은 성능을 보이나 일부 회전된 상표에 대해서는 검색 성능이 낮다²⁾.

일반적으로 상표나 영어 문자 등과 같은 많은 실세계 객체들은 대칭성을 가지며 이는 많은 패턴 인식 분야, 컴퓨터 비전, 영상 분석 응용 등에서 활용되고 있는 유용한 특징 중의 하나이다. 특히 상표와 같은 경우는 대칭성이 강하므로 이를 영상 검색에서 유용하게 활용할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 불변 모멘트와 주대칭축 기준 에지 방향 히스토그램을 이용하여 회전 불

변 상표 검색 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 회전 불변 특징 벡터를 얻기 위해서 기존의 불변 모멘트와 아울러 회전에 의한 히스토그램의 이동문제를 해결하기 위해 주대칭축 기준 에지 방향 히스토그램을 복합적으로 사용하였다. 기존에 회전에 인해서 검색이 어려웠던 20종류의 상표를 포함하여 300가지의 상표로 구성된 데이터 베이스에 대해 실험하고 성능평가하였다.

II. 제안한 회전 불변 상표 검색

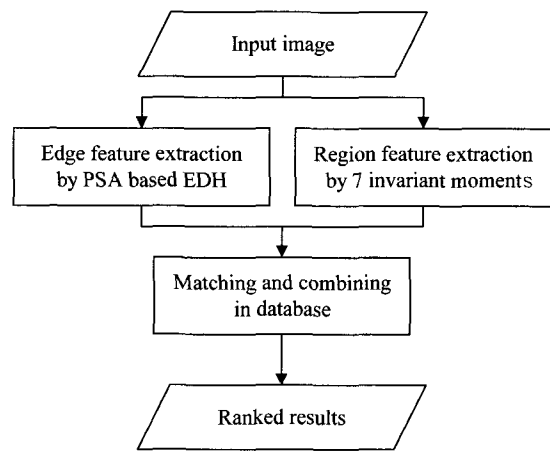


그림 1. 제안한 회전 불변 상표 검색
Fig. 1. Flowchart of the proposed rotation invariant retrieval for trademarks.

본 논문에서는 회전 불변하게 상표를 검색하기 위해서 그림 1에서 보는바와 같이 영역정보인 모멘트와 주대칭축 (principal symmetry axis: PSA)에 대한 에지 방향 히스토그램 (edge-direction histogram: EDH)을 복합적으로 사용하였다. 일반적으로 불변 모멘트, Zernike 모멘트 등은 회전이나 크기 변화에 불변인 특징을 가지기 때문에 영상 인식, 영상 검색 등의 분야에서 널리 이용된다. 그중 Zernike 모멘트는 영상을 단위 원내로 정규화 함에 따른 정보의 손실로 검색 효율이 떨어지기 때문에⁵⁾ 본 논문에서는 다음과 같이 Hu^[10]에 의해서 유도된 불변 모멘트를 영역 정보로 사용하였다. 즉, 2차원 연속함수 $f(x, y)$ 에 대해서 $(p+q)$ 차의 모멘트는

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy \tag{1}$$

로 정의된다. 여기서 p, q 는 양의 정수값이다. 일곱 가지의 불변 모멘트들은 2차와 3차 모멘트들로부터 다음과 같이 유도된다.

$$\begin{aligned}
 M_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\
 M_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\
 M_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (\eta_{03} - 3\eta_{21})^2 \\
 M_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{03} + \eta_{21})^2 \\
 M_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\
 &\quad + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\
 M_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\
 &\quad + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\
 M_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\
 &\quad + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]
 \end{aligned} \tag{2}$$

여기서 η_{pq} 는 정규화된 중앙 모멘트이며 m_{pq} 로부터 얻어진다. 이렇게 유도된 일곱 가지 불변 모멘트는 회전, 이동 및 크기변화에 대해서 불변이므로, 회전과 크기변화에 강건한 검색이 어느 정도 가능하지만, 이들 모멘트만을 영역 정보로 하여 상표 검색할 경우, 상표 영상이 주로 선으로만 이루어졌을 때는 강건한 불변 모멘트 계산을 위해 필요한 만큼의 충분한 화소를 갖지 못한다. 따라서 이러한 경우에는 영역정보만으로는 전체 상표 영상의 불변 특징을 나타내기에 부족하여 검색 효율이 떨어지므로 기존 방법에서는 불변 모멘트를 이용한 영역정보에 외곽정보를 보완 사용하였다. 그러나, 이 경우 영상이 회전되면 히스토그램 빈의 이동으로 검색효율이 떨어진다. 따라서, 회전에도 강건한 상표 검색에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 회전 불변 검색을 위해 불변 모멘트에 주대칭축에 대한 예지 방향 히스토그램을 복합 사용했다. 대칭축 추출에 있어서 형태 유사도, Minkowski 가산, 허프 변환에 기반한 방법들은 다각형이나 곡선으로 닫혀진 완전 대칭 영상의 경우에는 적당한 방법이지만, 2차원 상표들은 실제 대칭이 아닌 경우, 즉 부분 대칭인 경우가 대부분이므로 부적당하다. 따라서, 본 논문에서는 부분 대칭인 경우에도 대칭축 추출이 가능한 GCM (generalized complex moment)을 이용하였다. 많은 다른 패턴 인식분야에서처럼 상표 영상의 중심을 원점(origin)으로 이동시킴으로써 사용한 주대칭축 또한

영상의 중심을 지나도록 하였다. 주어진 영상을 $f(r, \theta)$ 라고 하면, 그것의 pq 번째 GCM은

$$GC_{pq} = R_{pq} e^{j\varphi_{pq}} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} f(r, \theta) (r^p e^{j\theta q}) r dr d\theta \tag{3}$$

로 정의된다^[7,8]. p 값은 가능한 모든 대칭? 축을 찾을 때 사용될 수 있는데 본 논문에서는 적은 계산량을 갖도록 p 값을 0으로 두고, q 값은 pq 번째 GCM들 중에서 0이 아닌 조건을 만족하는 것 중에 가장 작은 값을 선택하였다. $f(r, \theta)$ 가 반시계 방향으로 ϕ 라디안 회전된 영상이라고 하면 영상 f 의 GCM은

$$GC'_{pq} = GC_{pq} e^{jq\phi} \tag{4}$$

이 된다. x 축이 $f(r, \theta)$ 에 의해 나타난 영상의 대칭축이라면 그것의 모든 GCM들 GC'_{pq} 은 실수이며 다음과 같은 조건을 얻을 수 있다.

$$\tan(\varphi_{pq} - q\phi) = \tan(\varphi'_{pq}) = 0 \tag{5}$$

이 때, 영상 f 의 x 축에 대한 대칭축의 각 ϕ 는

$$\phi = \frac{\varphi_{pq} + (i-1) \times \pi}{q} \tag{6}$$

이 된다. 여기서 $i = 1, 2, \dots, q$ 이다. 이렇게 하여 얻어진 대칭축의 작은 영상의 이동, 회전, 크기 변화에 불변이다. 이렇게 pq 번째 GCM을 사용하여 가능한 모든 대칭축을 찾은 후 각각의 축들에 대해 절반비교(half-comparison)를 통하여 축에 대해 대칭성이 가장 큰 주대칭축을 찾았다.

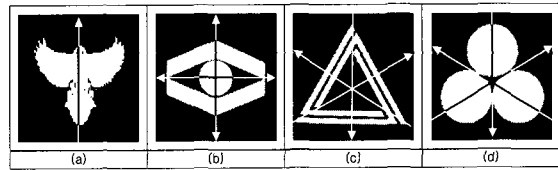


그림 2. GCM을 이용한 대칭축: (a) 주대칭축이 한 개인 경우, (b) 대칭축이 두 개인 경우, (c) 부분 대칭으로 대칭축이 세 개인 경우, (d) 정대칭이고 대칭축이 세 개인 경우

Fig. 2. The detection of symmetry axes using GCM: (a) One principal symmetry axis, (b) two symmetry axes, (c) three symmetry axes in partial-symmetry, and (d) three symmetry axes in full symmetry.

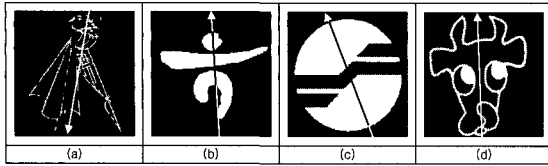


그림 3. 비대칭적인 상표에서 GCM을 이용한 주대칭축 추출 결과
 Fig. 3. The detection of principal symmetry axis using GCM in asymmetric trademarks.

그림 2과 3에서 보듯이 GCM을 이용하여 정대칭, 부분대칭, 그리고 비대칭인 상표에서 대칭축을 효과적으로 추출할 수 있었다. 대등한 대칭축이 2개 이상인 경우에는 축들이 상표의 외곽선과 만나는 두 점들 사이의 유클리드 거리(Euclidean distance: ED)를 조사하여

$$\text{Principal Axis} = \min[\text{ED}\{\text{axis}_1, \text{axis}_2, \dots, \text{axis}_n\}] \quad (7)$$

와 같이 유클리드 거리가 가장 짧은 축을 임의로 주대칭축으로 선택하였다. 이렇게 찾아진 주대칭축을 기준으로 한 에지 방향 히스토그램을 얻기 위해 다음과 같은 기울기 연산자(gradient operator)를 사용하였다^[10]. (x, y) 점에서 영상 $f(x, y)$ 의 기울기 벡터는

$$\nabla f = [G_x, G_y]^T = \left[\frac{df}{dx}, \frac{df}{dy} \right]^T \quad (8)$$

와 같이 정의된다. 그리고, 영상의 (x, y) 점에 대한 에지 방향 $\alpha(x, y)$ 는

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1}\left(\frac{G_x}{G_y}\right) \quad (9)$$

가 된다. 영상 (x, y) 점에서 이들 각에 대한 빈(bin)의 크기를 10° 간격으로 히스토그램을 생성하였고 영상의 크기변화에 영향을 받지 않기 위해서 이를 정규화 하였다. 원영상에 대해 45° 회전된 영상에 기존의 에지 방향 히스토그램과 제안한 주대칭축 기준 에지 방향 히스토그램 방법의 결과를 그림 4에 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이, 단순히 에지 방향 히스토그램을 사용한 경우, 회전된 영상의 히스토그램이 원영상의 히스토그램에 비해 빈이 이동되어 검색 시스템의 특징 벡터로 이용하기에 어렵고, 제안한 방법의 경우는 원영상과 동일한 히스토그램을 나타내었다.

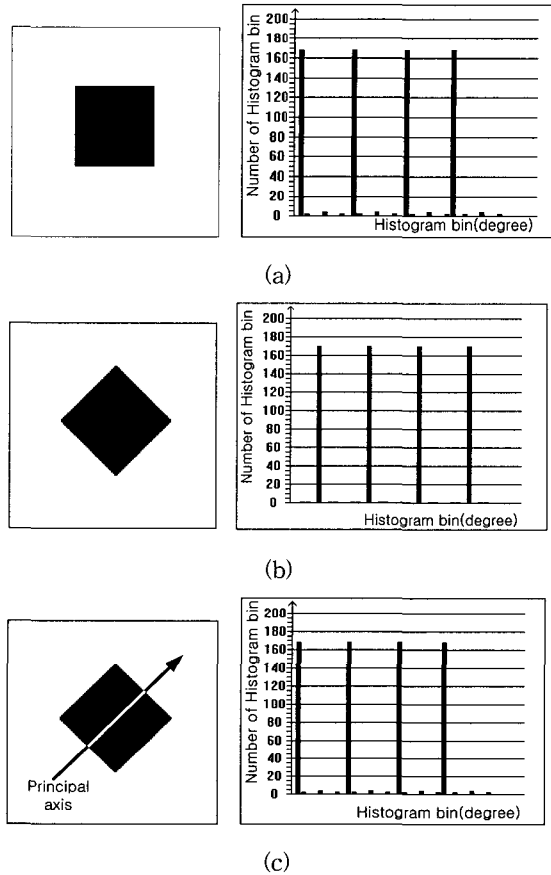


그림 4. (a) 원영상의 에지 방향 히스토그램, (b) 45° 회전된 영상의 에지 방향 히스토그램, (c) 45° 회전된 영상의 주대칭축 기준 에지 방향 히스토그램

Fig. 4. (a) Edge-direction histogram for original image, (b) edge-direction histogram for 45° rotated image, (c) edge-direction histogram based on a principal symmetry axis for 45° rotated image.

한편, 데이터 베이스 내에서 질의(query) 영상과 유사한 영상들을 검색해 내기 위해서는 유사도를 구해야 한다. 본 논문에서는 모멘트와 에지 방향 히스토그램 각각의 유사도를 구해서 이들을 결합하여 하나의 유사도를 정의하여 사용하였다. 각각의 유사도에는 유클리드 거리를 사용하였다. 주대칭축에 대한 에지 방향 히스토그램 값에 대한 유사도 S_e 는

$$S_e = \sqrt{\sum_{i=1}^{36} (H_i^Q - H_i^D)^2} \quad (10)$$

와 같이 질의 영상의 에지 방향 히스토그램 H_i^Q 와 데

이터 베이스 영상의 에지 방향 히스토그램 H_i^p 에 대해 각 해당하는 값들 사이에 유클리드 거리를 이용해 유사도를 측정하였다. 그리고, 모멘트 특징 벡터에 대한 유사도 S_m 은

$$S_m = \sqrt{\sum_{i=1}^7 (M_i^Q - M_i^D)^2} \quad (11)$$

와 같이 질의 영상의 모멘트 M_i^Q 와 데이터 베이스 영상의 모멘트 M_i^D 에 대해 각 해당하는 불변 모멘트 값들 사이에 유클리드 거리를 이용해 유사도를 측정하였다. 그런 후, 두 결과를 결합한 유사도 S_i 는

$$S_i = \frac{w_e S_e + w_m S_m}{w_e + w_m} \quad (12)$$

로 정의하여 사용하였다. 여기서, w_m 와 w_e 는 각각 모멘트와 주대칭축 기준의 에지 방향 히스토그램에 할당된 가중치이다.

III. 실험 및 결과고찰

제안한 방법의 성능을 평가하기 위해서 128×128 크기의 이진화 된 300개의 상표 데이터 베이스에서 질의 영상을 여러 각도로 회전시켜가며 실험하였고, 잡음과 변형이 가해진 경우에 대해서도 실험하였다. 검색효율 계산은

$$Efficiency = \begin{cases} n/N, & \text{if } T > N \\ n/T, & \text{if } T \leq N \end{cases} \quad (13)$$

을 이용하였다. 여기서, T 는 질의영상에 대한 검색 랭크(rank)의 수를 나타내며, N 은 전문가에 의해서 판단된 데이터 베이스 내에 있는 질의영상과 유사한 영상의 수를 나타낸다. 그리고 n 은 검색된 T 개의 영상들 중에 N 에 포함된 영상의 수를 나타낸다. 유사도 측정시에 각각의 가중치를 1 ($w_e = w_m = 1$)로 할당하였다. 그림 5, 6, 7은 각각 45° , 90° , 180° 회전한 질의 영상으로 검색한 결과이다.

그림 5, 6, 7에서는 제안한 방법이 회전에 불변인 특징 벡터값들을 이용하기 때문에 상표 영상의 회전에 관계없이 정확하게 검색해 내는 것을 확인할 수 있었다.

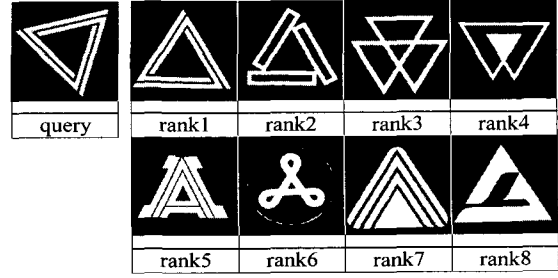


그림 5. 45° 회전된 질의 영상에 대한 검색 결과
Fig. 5. The results of the retrieval for 45° rotated query image.

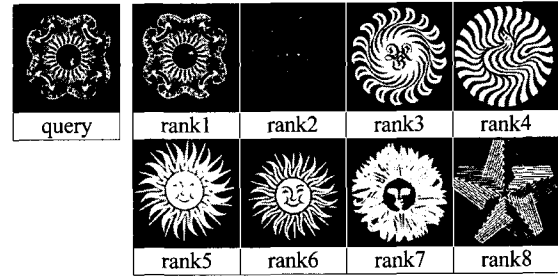


그림 6. 90° 회전된 질의 영상에 대한 검색 결과
Fig. 6. The results of the retrieval for 90° rotated query image.



그림 7. 180° 회전된 질의 영상에 대한 검색 결과
Fig. 7. The results of the retrieval for 180° rotated query image.

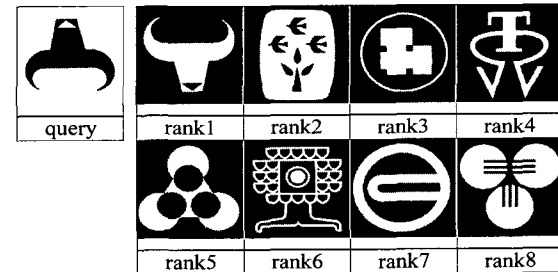


그림 8. 반전된 질의 영상에 대한 검색 결과
Fig. 8. The results of the retrieval for negative query image.

그림 8은 회전되고 반전된 질의 영상에 대한 검색 결과로 영상의 반전으로 인해 모멘트 값이 많이 변하나 제안한 방법에서는 주대칭축에 대한 에지 방향 히스토그램의 추가로 강건한 검색이 가능함을 보였다. 그림 9는 상표에 변형을 가했을 경우와 잡음이 더해졌을 경우를 데이터 베이스에 포함시켜서 원 영상을 질의 영상으로 하여서 실험한 결과이다.

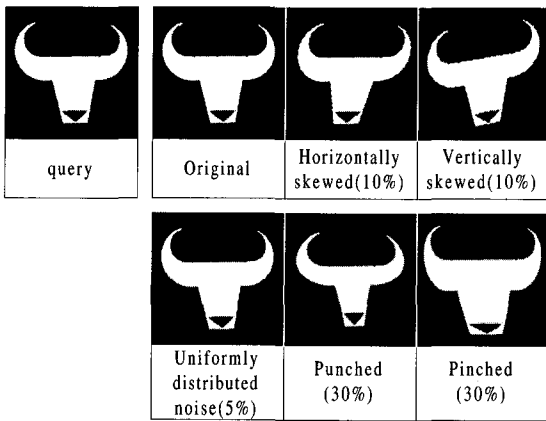


그림 9. 변형된 질의 영상과 잡음 첨가된 영상을 포함시킨 데이터 베이스에서의 검색 결과

Fig. 9. The results of the retrieval in database with deformed and noise-added image.

표 1. 검색 효율 비교

Table 1. Retrieval efficiency comparison.

Method \ Query Image	Original Image	Scaled Image	Rotated Image
Conventional	100%	100%	85%
Proposed	100%	100%	97.5%

표 2. 펜티엄 프로 200MHz에서 제안한 방법의 평균 검색 속도

Table 2. Average processing time in Pentium pro 200MHz

				[sec]
Principal symmetry axis detection	Moment computation	Histogram computation	Retrieval	Total
0.09	0.1	0.01	0.58	0.78

그림 9에서는 제안한 방법이 10%의 수평 및 수직 찌그러뜨림(skew)과 30%의 펀치, 펀치와 같은 변형된 질

의 영상 및 잡음이 있는 질의 영상에서도 정확하게 검색할 수 있음을 보여주고 있다. 그리고 표 1에 나타났듯이 제안한 방법이 기존의 방법보다 높은 검색효율을 얻을 수 있었다. 또한, 표 2에서 보인바와 같이, 두 가지의 특징 벡터를 결합하여 상표를 검색할 때 Pentium pro 200MHz에서 1초미만의 빠른 검색 속도를 보였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 일곱 가지의 불변 모멘트와 주대칭축 기준 에지 방향 히스토그램을 복합 사용하여 회전에 불변한 상표 검색 방법을 제안하였다. 제안한 방법의 성능을 평가하기 위해서 기존의 방법에서 회전되었을 때 검색에 실패한 대표적인 상표 20개를 포함하여 이진 상표 영상 300개를 갖는 데이터 베이스에 대해서 질의 영상으로 크기 변화와 여러 각도로 회전된 상표 뿐만 아니라, 영상에 수평·수직 찌그러짐, 펀치, 펀치 등의 변형 및 잡음을 가한 경우 및 반전된 경우에 대해서 실험해 본 결과 강건하면서 97.5%의 높은 검색 효율을 얻을 수 있었다. 또한, 평균 검색 시간이 1초미만으로 빠른 처리가 가능함을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] J. P. Eakins, J. M. Boardman, and M. E. Graham, "Similarity Retrieval of Trademark Images," *IEEE Multimedia*, Vol. 5, No. 2, pp. 53-63, 1998.
- [2] A. K. Jain and A. Vailaya, "Image Retrieval Using Color and Shape," *Pattern Recognition*, Vol. 29, No. 8, pp. 1233-1244, 1996.
- [3] A. K. Jain and A. Vailaya, "Shape-Based Retrieval: Case Study with Trademark Image Databases," *Pattern Recognition*, Vol. 31, No. 9, pp. 1369-1390, 1998.
- [4] B. Scassellati, S. Alexopolous and M. Flickner, "Retrieving images by 2D shape: a comparison of computation methods with human perceptual judgements," *Proc. of SPIE*, Vol. 2185, pp. 2-14, 1994.
- [5] B. M. Mehter, M. S. Kankanhalli and W. F. Lee, "Shape Measures for Content Based Image

- Retrieval: A Comparison," *Information Processing & Management*, Vol. 33, No. 3, pp. 319-337, 1997.
- [6] C. C. Chen, "Improved Moment Invariants For Shape Discrimination," *Pattern Recognition*, Vol. 26, No. 5, pp. 683-686, 1993.
- [7] K. K. T. Cheung and H. H. S. Ip, "Symmetry Detection Using Complex Moments," *Proc. of the 14th Int. Conf. on Pattern Recognition*, Vol. 2, pp. 1473-1475, 1998.
- [8] D. Shen, et. al, "Symmetry Detection by Generalized Complex (GC) moments," *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 21, No. 5, pp. 466-476, 1999.
- [9] D. Shen and H. H. S. Ip, "Generalized Affine Invariant Image Normalization," *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 19, No. 5, pp. 431-440, 1997.
- [10] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, Massachusetts, pp. 416-423, 1992.

 저 자 소 개

朴 進 根(正會員)

1975년 7월생. 1998년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 2000년 8월 동대학원 졸업(공학석사). 현재 삼성전자 연구원. 주관심 분야는 영상처리, 병렬처리 및 신경회로망 등임

曹 相 鉉(正會員) 第 37卷 SP編 第 2號 參照

현재 경북대학교 전자공학과 박사과정

崔 興 文(正會員) 第 33卷 B編 第 11號 參照

현재 경북대학교 전자전기공학부 교수