

내용기반 복합 영상 검색 시스템을 위한 적응적 특징 자가선택과 다중 SOFM 신경망

임 승 린*

Adaptive Feature Selef-selection and Multiple SOFM Neural network for Content-based image Retrieval System

Seung-in, Lim*

요 약

본 논문은 복합 영상을 위한 내용기반 영상 검색의 효율을 극대화하기 위한 방법을 제안하였다. 영상 검색을 효율적으로 수행하기 위해서는 영상 검색의 후보를 축소와 함께 최적의 특징을 선택하는 것이 필요하다. 한가지 영상 특징 패턴에 기반한 검색 시스템으로는 다양한 종류의 복합 영상에 대한 검색과정에서 영상 도메인이 변화할 경우 검색 효과를 극대화할 수가 없다.

본 논문에서는 검색 영상 도메인이 변하면 질의 영상 특성에 따라 최적의 특징 패턴을 시스템 스스로 선택하는 적응적 자가 특징 선택 기법 통하여 복합 영상의 검색 효율을 극대화하였다. 제안된 방안에서는 검색 효율을 개별적인 특징들에 비해 3% 향상시킬 수 있었으며 다중 SOFM 신경망을 통하여 검색 후보를 축소하였다.

Abstract

The purpose of this paper is to propose a method to maximize a content-based image retrieval efficiency in multiple images. To perform an image retrieval job efficiently, it is necessary to minimize the number of candidate-images. Furthermore, a maximum efficiency of image retrieval could not be expected if an image retrieval job in the multiple images is done on the basis of patterns of single image distinctive features.

In this method, a multiple SOFM neural network system is adopted to select automatically distinctive feature patterns which have a maximum efficiency of image retrieval in the multiple images. In this method, an image retrieval efficiency is improved 3% than individual features and the number of candidate-images is reduced by the multiple SOFM neural network system .

* 수원과학대학 인터넷정보과 부교수

I. 서론

멀티미디어의 광범위한 활용과 함께 최근 영상 검색에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 내용기반 영상 검색을 실용화하기 위하여 도메인 변화에 시스템 스스로 적응하는 능력과 검색을 효율적으로 수행하기 위하여 검색 후보 영상을 최소화하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 복합 영상에 대한 내용기반 영상 검색의 실용화를 위하여 검색 대상 영상의 도메인 변화에 스스로 최적의 상태로 적응하고 동시에 질의 영상의 특성에 따라 최적의 특징을 시스템 스스로 선택함으로써 검색 효율을 극대화하는 방안을 제안하였다. 또한 제안 기법을 지원하면서 동시에 검색 단계에서 검색 후보를 최소화하기 위하여 Kohonen의 SOFM 신경망을 변형한 이진트리구조를 갖는 다중 SOFM 신경망을 이용한 멀티미디어 영상 검색 시스템을 구현하여 실험에 이용하였다. 구현된 시스템은 DCT 계수에 기반한 수평에너지, 수직에너지 또는 에너지 크기와 같은 임의의 영상 관련 특성 값을 이용하여 질의 영상에 따라 자동으로 최적의 특징 추출 패턴을 결정하고 이를 DCT에 적용하여 추출된 특징 벡터로 학습하는 SOFM 신경망을 다중으로 조합하여 구성하였다. 실험을 통하여 제안된 방법이 영상 도메인의 변화에도 스스로 적응하면서 다양한 질의 영상에 대하여 검색 효율을 극대화하고 영상 검색 대상 후보를 축소하는 우수성을 입증하였다.

II. 관련 연구

본 장에서는 내용기반 영상 검색을 중심으로 기존의 연구 현황을 고찰하기 위하여 영상 검색 과정에서 중요한 역할을 하는 특징 추출 단계에서 이용된 특징의 유형과 특히 영상 전체 이미지를 특징으로 이용한 DCT이용사례를 중심으로 기술한다.

1. 특징 추출

일반적으로 영상 검색 또는 패턴 인식 분야에서 가장 중요한 것이 특징 추출이다. 특징 추출은 일반적으로 대상의 특성에 매우 민감한 것으로 대상의 성격을 잘 알아야만 한다. 특징 추출과 관련하여 제기된 문제는 첫째, 무엇을 특징으로 측정 해야하는가 하는 문제이고 둘째는 특징으로 측정한 결과를 유효한 특징으로 어떻게 변환하는가하는 것이다. 셋째 문제는 주어진 특징 중에서 인식에 유효한 것을 여하히 선택하는가 하는 문제이다. 경우에 따라서는 두번째 문제를 특징 추출(feature extraction)이라 하고 세번째 문제를 특징 선택(feature selection)이라 한다.

내용기반 영상 검색에서 이용되어온 주요한 특징으로는 영상이 갖는 주파수 성분을 추출하여 특징으로 활용하여 영상을 분류하는 분류기에 관한 연구가 매우 활발하게 이루어지고 있다. 영상 주파수를 이용한 영상 분류와 검색을 위한 특징으로는 DCT[1, 2, 3, 4], FFT 또는 Wavelet[5, 6, 7, 8]등이 이용되고 있다. 주파수 특성 이외에 이용되고 있는 특징으로는 색상, 모양, 또는 질감에 관한 정보 등이 있다. 연구에 따라서는 김봉기[8]의 경우처럼 색상정보와 모양정보를 혼합하여 이용하는 것과 같이 서로 다른 성격의 특징들을 몇 가지씩 조합하여 각각이 안고 있는 문제점들을 극복하고자하는 경우도 있다.

2. 영상 분류

영상 검색에서 이용되는 분류는 검색 대상 영상의 유형을 1차로 분류함으로써 최종적인 검색 후보의 수를 줄이는데 목적이 있다. 다양한 분야의 영상 분류기 구현에 있어서 신경망을 이용하는 새로운 방법의 연구가 이루어지고 있다.

본 논문에서 이용한 SOFM 모델은 1984년 Kohonen이 제안한 것으로 SOFM이란 특정한 자극에 반응하며 이웃한 신경세포들이 유사한 자극에 반응하도록 되어 있는 것을 말하며 이는 외부의 감독 없이 신경 세포 스스로 만들어내는 것이다. 학습 과정에서 승자가 결정되면 승자 신경세포를 중심으로 가까운 것들은 +경쟁을 받고 조금 멀리 떨어진 신경세포들은 -경쟁을 그리고 아주 멀리 떨어진 것들은 아주 작은 크기의 +경쟁을 받는 Maxican hat 형태의 학습이 이루어진다. 승자결정은 각각이 가중치와 입력 패턴과의 거리가 최소가 되는 것이 승자가 되는 원칙을 이용하고 있다.

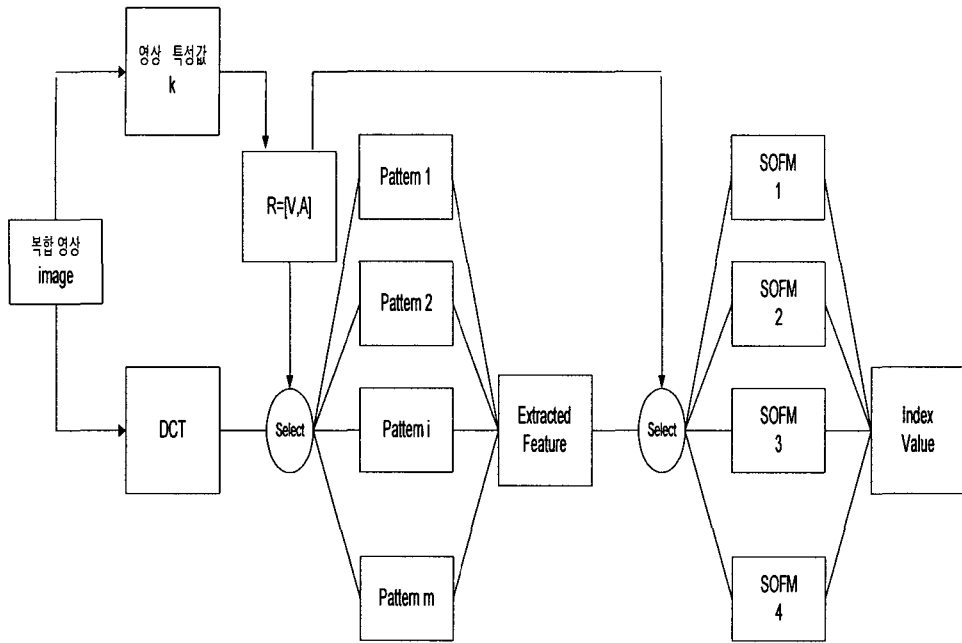


그림 1. 제안된 기법을 이용한 복합 영상 검색 시스템의 기능도

기존 내용기반 영상검색 분야 연구의 현황에 관한 사항을 요약하면 다음과 같다.

- 첫째, 멀티미디어 영상정보검색은 비정형 데이터를 사용자 요구에 따라 효과적으로 제공하기 위한 지능형 검색 시스템이 필요하다.
- 둘째, 점차로 대량화하는 추세에 반하여 이를 적절히 처리할 수 있는 실용적 시스템은 아직 미비한 상태이다.
- 셋째, 대부분의 내용기반 영상 검색 시스템에서 단일 특징을 이용하고 있어 매우 검색 대상인 영상 도메인에 제한적이라는 한계가 있다.

III. 적응적특징 자가선택

본 장에서는 본 논문에서 제안한 적응적 특징 자가선택과 다중 SOFM 신경망 기법의 우수성을 실험을 통하여 증명하기 위하여 제안한 기법을 이용한 내용기반 영상 검색 시스템의 구현에 대하여 기술하였다.

1. 제안 기법을 이용한 내용기반 영상검색 시스템

제안 기법을 이용한 내용기반 영상검색 시스템의 특징은 다음과 같다.

- 첫째, 적응적 특징 자가선택 기법을 이용하여 기존 내용기반 영상 검색 시스템이 영상 도메인에 제한적인 문제점을 해결하고 검색 효율을 극대화하는 전 과정을 자동화하여 사용자의 개입을 최소화하여 실용화 가능성을 향상시킨다.
- 둘째, 영상 특징 추출을 위하여 DCT를 이용하였다.
- 셋째, 적응적 특징 자가선택 기능을 구현하기 위하여 다중 SOFM 구조의 신경망을 이용하였으며, SOFM의 분류 기능을 이용하여 영상 검색 단계에서 질의 영상에 대한 검색 후보를 축소하였다. 따라서 후보축소에 따라 검색 시간을 줄일 수 있어 실시간 응용에 적합하다.

[그림 1]은 제안된 기법을 이용한 검색 시스템을 나타낸 것이다. 본 검색 시스템은 일반적인 영상처리 시스템과 같이 입력된 원 영상에 대하여 전처리 과정을 거쳐 DCT와 특성 값들을 계산한 다음 특징 자가선택 기법을 이용하여 특징 벡터와 이용할 SOFM 신경망을 선택하여 처리한다.

2. 적응적 특징 자가선택

내용기반 영상 검색시스템에서 매우 중요한 것이 처리 하고자하는 영상 도메인에 가장 적합한 특징을 추출하여 이용하는 것이다. 실용적인 영상 검색 분야에서는 취급하려는 영상 도메인이 시간이 흐름에 따라 변화한다는 것이다. 이렇게 영상 도메인이 변화하는 경우 기존의 특징이 기존의 효율을 유지하리라는 보장이 어렵다. 이렇게 영상 도메인이 변하는 경우 특징의 형태를 달리해야하는데 실용화 단계에서는 주로 비전문가인 최종사용자에게 최적의 특징 벡터를 추출하도록 하는 것이 문제다. 그렇다고 일일이 전문가가 이를 지원한다는 것도 불가능하다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 처리 할 영상의 특성에 따라 최적의 특징 추출 패턴을 시스템이 스스로 선택하고 또한 영상 도메인의 추가 또는 삭제로 인한 양적 변화와 함께 특징 추출 패턴의 추가 또는 삭제로 인한 변화에 스스로 최적의 상태를 유지하는 "적응적 특징 자가선택" 기법과 이를 구현하기 위한 다중 SOFM 신경망을 제안하였다.

제안한 적응적 특징 자가선택은 다음과 같은 특성을 가지고 있다.

첫째, 특성 값들로 구성된 특성 값 행렬(V)과 각각의 특징 벡터별로 각 입력 영상에 대하여 확인된 분류 성공 여부를 나타내는 분류 결과 분석 행렬(A)로 이루어진 행렬(R)을 이용하여 구현한다.

둘째, 영상 검색을 위하여 지정된 특성 값을 이용하여 다중의 특징 벡터로부터 질의 영상에 최적인 특징을 검색 시스템 스스로 선정한다.

셋째, 시스템 환경의 변화에 스스로 적응하여 주어진 환경 하에서 최적의 R 상태를 항상 유지한다.

영상 검색을 하기 위한 사전준비 단계인 영상 등록과정에서 등록할 학습 영상을 전처리하는 과정에서 DCT와 함께 제반 특성 값들(V)을 구한다. DCT로부터 특징 벡터가 추출되면 신경망 학습과정에서 분류 성공 여부를 나타내는 값을 {0, 1}로 나타내어 행렬 R을 구성한다. 이는 이후 검색단계에서 이용된다. [그림 2]는 특징 벡터를 추출하기 위한 값으로 구성된 행렬을 나타낸다.

$$R = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{1..} & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & v_{2..} & a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{i1} & v_{i2} & v_{i..} & a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1} & v_{m2} & v_{m..} & a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

그림 2. 적응적 특징 자가선택을 위한 행렬

(그림 3)은 (그림 2)의 행렬 R을 특정한 특성 값으로 정렬한 것이다.

$$R = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{1..} & \boxed{s_{11}} & \boxed{s_{12}} & \dots & \boxed{s_{1n}} \\ v_{21} & v_{22} & v_{2..} & \boxed{s_{21}} & \boxed{s_{22}} & \dots & \boxed{s_{2n}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{i1} & v_{i2} & v_{i..} & \boxed{s_{i1}} & \boxed{s_{i2}} & \dots & \boxed{s_{in}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1} & v_{m2} & v_{m..} & \boxed{s_{m1}} & \boxed{s_{m2}} & \dots & \boxed{s_{mn}} \end{bmatrix}$$

그림 3. 특정 특성값을 기준으로 정렬한 행렬

위 그림에서와 보면 행렬의 부분합 중 성능이 좋은 것만을 구한 것은 임의의 최적의 특징을 이용한 경우보다 좋다는 결론이 나온다.

3. 다중 SOFM 신경망을 이용한 검색 시스템

본 논문에서 이용한 다중 SOFM 신경망의 주요 목적은 본 논문에서 제안한 적응적 특징 자가선택 기법을 지원하면서 동시에 영상 검색 단계에서 검색 후보를 축소하기 위한 일종의 해상합수 역할을 하는 것이다. 본 논문에서는 이러한 목적을 달성하면서 신경망 학습을 위한 기억 공간과 계산량을 줄이기 위하여 [그림 4]와 같은 Kohonen의 SOFM 구조를 변형한 이진트리 구조의 신경망을 이용하였다.

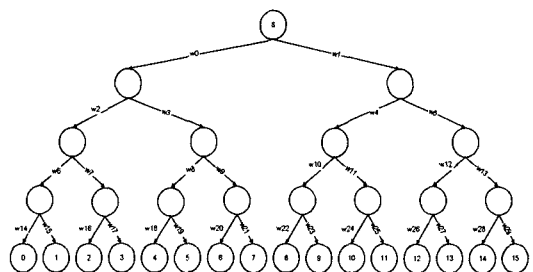


그림 4. Binary SOFM 신경망 구조

특징 벡터가 입력되면 신경망 학습과정에서 승리노드를 탐색하게 된다. 이때 적용되는 원칙은 승자 독점원칙을 이용한다. 이는 입력된 특징 벡터의 값과 가중치 벡터 사이의 거리를 (3.1)과 같이 각각 계산 한 후 (3.2)에서 기술한 것과 같이 작은 쪽이 승리노드가 된다.

$$D_i = \sum_{i=0}^7 (I_i - w_{ij}) \quad (3.1)$$

$$Winner = Min(D_i , D_{i+1}) \quad (3.2)$$

안정상태에 이르기까지 Winner가 결정되면 영상 등록에 앞서 초기에 파라미터 초기화 화면을 통하여 지정된 이웃 노드와의 거리인 학습 반경을 이용하여 공식 (3.3)에 따라 가중치를 갱신한다.

$$W_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \alpha(I_j - w_{ij}(t)) \quad (3.3)$$

여기서 $\alpha(T, d) = \frac{0.3}{1 + T/20} e^{-d^2/(r+1)^2}$ 이며 T는 반복 횟수, r은 학습 반경으로 두 값은 파라미터 초기화 화면을 통하여 초기에 제공된다. d는 승리 노드로부터의 거리를 나타낸다.

IV. 실험 및 평가

1. 실험 환경

제안 기법을 실험하기 위하여 IBM 호환 기종의 펜티엄 컴퓨터를 이용하였으며 영상 입력 장치로는 스캐너와 디지털 카메라를 이용하였다. 전처리 과정은 Paint Shop Pro와 C++를 이용하였으며 SOFM 신경망 학습 및 내용기반 영상 검색 알고리즘 수행은 비주얼 베이직 6.0을 이용하였다. 실험에는 [그림 5]에서오나 같이 얼굴과 지문 30점, 한글,영문자와 숫자 190점 총 220점을 이용하였다.

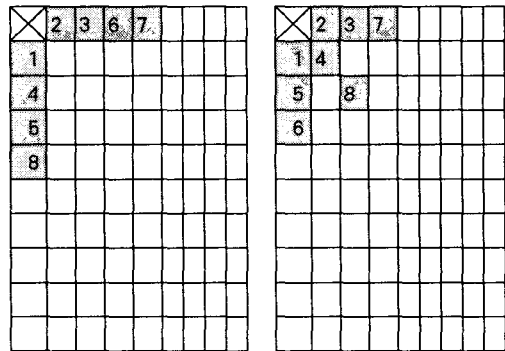


그림 5. 실험 영상 예

본 논문에서 제안한 방식의 우수성을 입증하기 위하여 SOFM 신경망 학습에 관련된 인자들을 분석 한 후 적용적 자가 특징이 갖는 성능과 SOFM 신경망에 의한 후보 축소에 관한 성능 두 가지 측면에서 실험과 그 결과에 대한 평가를 한다.

2. 실험 결과

본 논문에서 제안한 기법에 대한 평가를 위한 실험에 앞서서 실험을 위한 기초단계로 특징 추출 패턴과 함께 신경망 학습에 관련된 파라미터의 값을 결정하였다. [그림 6]은 실험에 이용된 특징 추출 패턴이다.



(a) 특징추출 패턴 #1

(b) 특징추출 패턴 #2

그림 6. 실험용 특징 추출 패턴 예

[그림 6]의 특징 추출 패턴은 실험을 위하여 임의로 작성한 것으로 상호간 전혀 상관관계가 없다.

본 실험을 하기 위한 준비 과정에서 결정된 내용은 신경망 구조를 결정하는 weight 개수는 30개, 영상 인덱싱에 이용될 승리 노드의 수는 총 16개로 하였으며, SOFM 신경망 학습을 결정하는 반복횟수(T)는 100, 학습반경(r)을 3으로 고정하고 실험을 위한 영상은 얼굴, 지문, 문자, 숫자로 된 총 220점, 안정 기준은 4회로 정

하였다.

[표 1]의 결과를 보면 제안 기법이 특성 값 유형별 효율중 최고치와 개별 특징에 의한 재현율과 비교할 때 제안 기법이 3가지 특성 값에 의한 평균치와 비교하여 개별 특징에 의한 효율중 최고치 보다 1%, 최저효율보다는 19%, 평균 효율보다는 10%가 향상되었다. 제안 기법이 3가지 특성 값에 의한 효율중 최고치와 비교한 결과 개별 특징에 의한 효율중 최고치 보다 3%, 최저효율보다는 21%, 평균 효율보다는 12%가 향상되었다.

[표 2]에 의하면 클래스 정보가 없이 신경망에 의한 분류에만 의존하는 경우는 전체 영상의 약 10.3%, 클래스 정보가 있는 경우는 평균 약 2.4%만 검색하면 된다. 이로서 본 논문에서 사용한 방법이 검색 후보를 축소할 수 있음을 증명하였다.

표 1. 실험 분석 : 제안 기법의 특성 값별 효율 비교

interval	특성 값			개별 특징 대비 재현율		
	Ev 기준	Eh 기준	Rho 기준	최고 (93%)	최저 (75%)	평균 (84%)
100	96%	94%	95%	+3%	+21%	12%
200	94%	94%	94%	+1%	+21%	12%
300	93%	94%	94%	+1%	+19%	10%
400	93%	94%	94%	+1%	+19%	10%
500	93%	93%	93%	-	+18%	9%
1000	93%	93%	93%	-	+18%	9%
평균	94%	93.7%	93.8%	+1%	+19%	+10%
최고	96%	94%	95%	+3%	+21%	+12%

표 2. 실험 결과 분석 : 영상 검색 후보 축소 효과

특징 패턴	영상 분산 현황			최대 도수	
	index only	index class	재현율	index only	index class
#1	8	39	75%	96	17
#2	9	42	93%	69	16
#3	12	46	84%	70	19
평균	9.7 (10.3%)	42.3 (2.4%)	84%	78.3 (35.5%)	17.3 (7.9%)

영상 검색 과정에서 사용자는 질의 영상에 대한 정보 유형을 지정할 수 있다. 이는 질의 영상에 대한 사용자의 사전 지식을 이용하여 검색 후보군을 축소할 수 있기 때문이다. 이 경우 사전 정보가 없는 경우는 "모름" 아니면

지정된 키워드를 입력한다. "모름"을 입력하면 연관된 후보영상을 모두 대조하게 된다.

[그림 7]은 질의 영상에 대한 검색 결과를 나타낸 것이다.

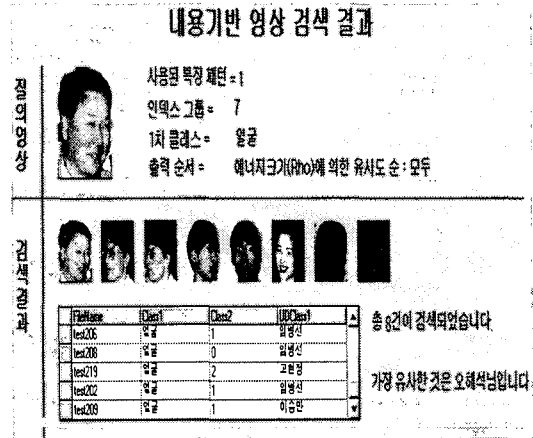


그림 7. 실험 : 내용기반 영상 검색 결과 출력

3. 성능평가 분석

적응적 특징 자가선택과 다중 SOFM 신경망의 장점은 행렬 R을 유지함으로써 손쉽게 변화에 적응 할 수 있는 것과 함께 기존의 특징 벡터에 의한 성능을 특성 값을 이용하여 조합하여 활용함으로써 검색시스템으로서의 효율을 향상시키는 것이다. 본 논문에서는 실험을 통하여 행렬 R을 관계형 데이터베이스의 테이블을 이용하여 구현함으로써 다양한 연산을 용이하게 하였다. 제안 방법에 관한 실험 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 검색 시스템의 성능 면에서는 제안된 방법이 표 본으로 선택된 3개의 특징 벡터중 최상의 것(93%)보다 높은 96%로 약 3%정도의 성능 향상을 보였다. 또한 신경망 재학습과 같은 일체의 별도의 처리 없이도 특징 벡터 선택의 기준이 되는 특성 값을 임의로 변경 할 수 있으며 실험을 통하여 특성 값을 변경하더라도 성능 향상이 있음을 증명하였다. 이는 특성 값과 특징 벡터 사이에 상관관계가 없기 때문이다. 이는 본 제안 방법을 이용하면 일단 완성된 검색 시스템도 지속적으로 성능 개선이 가능한 장점이 있다.

둘째, 영상 검색 분야에서 중요한 검색 후보 축소 측면에서도 의도적으로 성능이 나쁜 상태로 조정된 실험 환경 하에서 총 220개의 영상 중 클래스 정보가 없는 경우

는 최대 96개 평균으로는 전체의 10.3%만 검색 후보로 대조하면 되었다. 만일 검색할 질의 영상에 대한 클래스 정보가 제공되는 경우는 최대 19개, 평균으로는 전체의 2.4%로 검색 후보를 축소할 수 있었다.

셋째 본 제안 방법에서 제안한 적응적 특징 자가선택은 다중 특징 벡터사용을 전제로 하고 있다. 이러한 다중 특징 벡터 사용을 효과적으로 지원하고 동시에 영상 검색 단계에서 검색 후보축소라는 기대효과를 동시에 만족시키기 위하여 Kohonen의 SOFM을 변형한 트리구조의 다중 SOFM 신경망을 이용하였다.

V. 결론

내용기반 영상 검색 시스템의 실용화를 위하여 해결해야만 하는 도메인 제한의 극복과 일반 사용자가 특징 선택으로부터 자유롭게 해야 하는 문제에 대한 해결책을 본 논문에서 제시하고 실험을 통하여 입증하였다.

본 영상 검색 시스템에서는 실험을 위하여 얼굴, 지문, 한글과 영문자 및 숫자로된 220점의 실험영상을 데이터 베이스화하여 이용하였다. 실험 결과 검색 효율면에서 개별적인 특성 벡터들에 비하여 약 4.5%의 성능 향상이 있었다. 또한 다중 특징 벡터를 이용함으로써 다양한 복합 영상을 대상으로도 최적의 효율을 유지하며 이용될 수 있음을 알았다. 이상의 실험 결과를 통하여 개별적인 특징을 이용하는 시스템들을 검색 영상의 임의의 공통적인 특성값을 이용하여 통합할 수 있음과 함께 통합 시 검색 효율도 함께 높일 수 있음을 입증하였다.

앞으로의 연구는 특징 벡터 추출을 위한 변환공식과 특성 값의 다양화와 함께 신경망 구조에 대한 연구를 보완을 통하여 궁극적으로는 내용기반 영상 검색 시스템의 실용화를 이루는 것이다.

참고문헌

- [1] Yasuo Ariki, Yosiaki Sigiyama, "Classification of TV Sports News by DCT Features using Multiple Subspace Method", Proceedings of 14th International Conference on Pattern Recognition-Vol 2, pp.1488-1491, 1998
- [2] 임 승린, "DCT와 SOFM을 이용한 범용 영상인식 시스템", 수원과학대학 논문집 제20집 pp. 323-334, 1998
- [3] 임 승린, "멀티미디어 영상분류를 위한 적응적 특징 자가선택과 다중 SOFM 신경망", 숭실대학교 대학원 박사학위 논문, 1999
- [4] 김 성완외, "SOFM과 DCT를 이용한 트리구조의 Classified Vector Quantization", 제8회 신호처리합동학술대회 논문집 제8권1호 pp.1131-1135, 1995
- [5] S.Raiv, S.P.Ngeng, B.L.Lim and Y.H.Ang, "Hierarchical Face Recognition Based on Wavelet Features", Proceedings of the International Conference on Signal Processing Applications & Technology - Volume 1, pp.829-833, 1998
- [6] S.R.Subramanya and Abdou Youssef, "Wavelet-based Indexing of Audio/Multimedia Database", Proceedings of the 1998 International Workshop on Multimedia Database Management Systems, pp.46-53, 1998
- [7] Abdou Youssef외, "Wavelet-based Indexing of Audio Data in Audio/Multimedia Database", Proceeding of the 1998 International Workshop on Multimedia Database Management System, pp.46-53, 1998

- [8] 양 애경외, "얼굴특징 추출에의한 아바타 제어 시스템", 정보과학회 논문지 제25권 제9호, pp.1410-1418, 1998
- [9] 김 봉기, "멀티미디어 데이터베이스를 위한 2단계 내용기반 영상 검색 기법", 송실대학교대학원 박사학위 논문, 1998

저자 소개



임 승 린

1979 : 송실대학교 전자계산학과 졸업
 1987 : 송실대학교 산업대학원, 전자계산학과 졸업(공학석사)
 1999 : 송실대학교 대학원 컴퓨터학과(공학박사)
 1989-현재 수원과학대학 인터넷정보과 부교수