

Wavelet과 신경망을 이용한 내용기반 얼굴 검색 시스템 (Content-based Face Retrieval System using Wavelet and Neural Network)

강 영 미* 정 성 환**
(Young-Mi Kang) (Sung-Whan Jeong)

요 약

본 논문에서는 얼굴의 특징 영역에 근거하여 얼굴을 검색할 수 있는 내용기반의 얼굴 검색 시스템을 제안한다. 질의를 위해 이름이나 주민등록번호와 같은 키워드를 사용하는 대신에, 제안한 시스템은 시각적 질의로서 얼굴 영상을 사용한다. 이를 위해, 얼굴 구성 요소를 포함하는 특징 영역을 HSI 칼라 모델이 제공하는 칼라 정보와 Wavelet 변환이 제공하는 에지 정보를 이용하여 추출한 후, 신경망을 통하여 분류·검색한다.

제안한 검색 시스템은 Oracle DBMS를 사용하여 클라이언트/서버 환경으로 구축되었다. 150개의 다양한 얼굴 영상으로 실험한 결과, 약 88.3%의 검색율을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a content-based face retrieval system which can retrieve a face based on a facial feature region. Instead of using keyword such as a resident registration number or name for a query, the our system uses a facial image as a visual query. That is, we recognize a face based on a specific feature region including eyes, nose, and mouth. For this, we extract the feature region using the color information based on HSI color model and the edge information from wavelet transformed image, and then recognize the feature region using neural network.

The proposed system is implemented on client/server environment based on Oracle DBMS for a large facial image database. In the experiment with 150 various facial images, the proposed method showed about 88.3% recognition rate.

1. 서론

정보화 사회와 멀티미디어 기술의 급속한 발전과 더불어 문자 정보뿐만 아니라 영상, 음성 등을 포함한 다양한 멀티미디어 정보에 대한 대용량의 데이터베이스에서 멀티미디어 정보를 보다 효과적이고 빠르게 검색할 수 있는 방법에 대한 연구가 요구되고 있다.

다양한 멀티미디어 정보 중에서 개인을 구별할 수 있는 신뢰성 있는 매개체의 하나로서 얼굴 영상을 들 수 있다. 컴퓨터를 통한 얼굴 검색은 출입 통제 시스템, 보안 시스템, 컴퓨터 시각에 의한 시스템 자동화 등의 많은 응용 분야를 가지고 있다.

* 정희원 : 창원대학교 전자계산소 전임연구원

** 정희원 : 창원대학교 컴퓨터공학과 교수

논문접수 : 2001. 3. 5.

심사완료 : 2001. 3. 25.

또한, 컴퓨터를 통한 얼굴 검색은 최근 멀티미디어 기술과 초고속 통신망의 확산과 더불어, 범죄자를 식별할 수 있는 효과적인 수사 지원 시스템의 주요 기술로도 활용될 수 있다.

범죄자의 얼굴을 식별하기 위한 초기의 방법은 경찰이 수배자나 전과자의 얼굴 영상을 일일이 대조하는 수 작업에 의한 방법을 사용해왔다. 근래에는, 컴퓨터와 영상 처리 기술의 발달로 얼굴 영상을 컴퓨터에 저장시키고, 영상 처리를 통해 조회하는 것이 가능하다. 그러나, 아직까지는 주민등록번호를 검색의 키로 입력하여 대상자의 신원 정보를 조회하는 문자기반 검색 방법(text-based retrieval method)에 치중되어 있다. 또한, 실종자 및 범피수사 대상자의 얼굴 정보만을 알고 있을 경우에는 이러한 문자기반 검색 방법으로는 검색이 불가능하다.

따라서, 본 논문에서는 문자기반 검색 방법의 이러한 단점을 개선하기 위하여 얼굴의 고유한 특징 정보를 검색의 키로 이용해 신원정보를 검색할 수 있는 내용기반 검색 방법(content-based retrieval method)을 제안하였다. 내용기반 검색 방법은 문자기반 검색 방법과는 달리, 키워드와 관계없이 시각적인 영상의 예를 이용하여 원하는 영상을 쉽게 브라우징(browsing)하고, 질의(query)하고, 그리고 검색(retrieval)할 수 있다[1-3]. 이를 위해, 얼굴 영상에서 각 개인을 대표할 수 있는 효과적인 특징 정보의 추출이 필요하다.

얼굴 영상에서 특징 정보를 추출하기 위한 방법으로는 얼굴의 세부적인 특징들을 추출하는 분석적 접근 방법(analytic approach method)과 얼굴 영상 자체를 이용하는 종합적 접근 방법(synthetic approach method)으로 크게 나눌 수 있다[4]. 분석적 접근 방법은 얼굴의 세부적인 각 특징들을 추출하여 특징들의 크기와 상대적인 위치 등을 계산하여 얼굴의 유사성을 판단하는 기준으로 사용한다. 이 방법은 특징 추출에 많은 처리 시간이 요구되며 그 과정에서 오류가 발생할 수도 있다. 종합적 접근 방법은 개별적 특징들을 추출하지 않고, 얼굴 영상을 입력 패턴으로 간주하여 처리하는 방법이다. 이 방법은 특징들간의 관계와 같은 형태적인 정보와 특징 정보를 모두 보전할 수 있으며 영상 자체를 직접 간단히 처리할 수 있다. 본 논문에서는 종합적 접근 방법을 기반으로

얼굴의 세부 특징들을 포함하는 최소 크기의 특징 영역(feature region)을 추출하여 얼굴들간의 유사성을 판단한다.

본 논문에서는 대용량의 얼굴 영상을 저장하기 위한 데이터베이스 서버와 통신망으로 연결된 클라이언트 환경을 가진 내용기반 얼굴 검색 시스템의 개발에 대해 연구하였다. 이를 위한 세부 연구로서, HSI(Hue, Saturation, Intensity) 칼라 모델을 사용한 얼굴 영역의 분할 방법과 wavelet 변환 영역(transform domain)상에서의 특징 정보의 추출 방법을 제안하였다. 그리고, 신경망을 사용한 얼굴 영상의 분류·검색 방법을 제시하였다. 최종적으로, 클라이언트/서버 환경에서의 내용기반 얼굴 검색 시스템을 구현하였다.

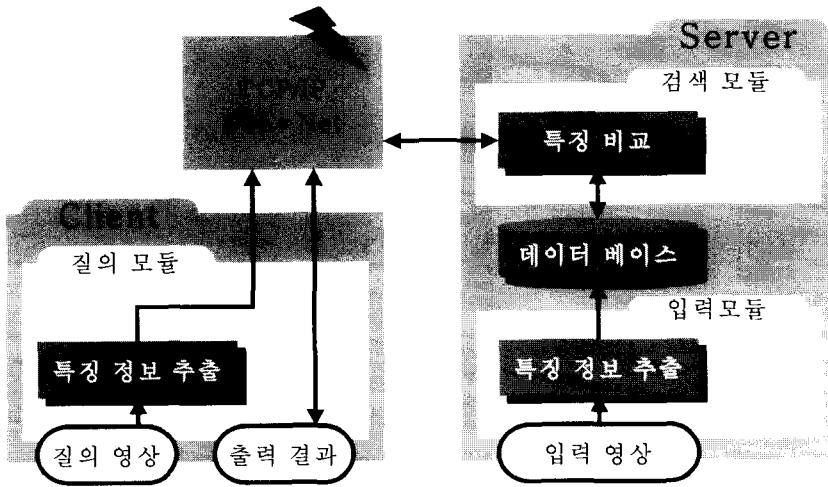
2. 영상 데이터베이스 검색 시스템

본 논문에서는 얼굴이 가지는 특징 영역을 이용하여 원하는 얼굴을 검색할 수 있는 내용기반 얼굴 검색 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템의 전체적인 구성은 [그림 1]과 같다.

제안한 시스템은 크게 입력 모듈, 질의 모듈, 그리고 검색 모듈의 3가지 요소로 구성된다[5]. 입력 모듈은 서버의 얼굴 영상 데이터베이스를 구축하는 데 필요한 개인의 얼굴 영상과 신원 정보의 입력을 담당한다. 그리고, 얼굴 영상이 특정한 영상 처리 단계를 거쳐 내부적인 표현으로 저장할 수 있도록 한다.

질의 모듈에서도 입력모듈과 마찬가지로 적절한 영상처리 과정을 거쳐 질의된 얼굴 영상으로부터 특징 정보가 추출된다. 이렇게 추출된 정보는 서버 측의 검색 모듈의 입력으로 전송된다. 그리고, 서버 측의 검색 모듈에서 검색된 사람에 대한 얼굴 영상과 신원 정보가 TCP/IP를 통해 정보를 요청한 클라이언트 측의 단말기에 출력되어진다.

검색 모듈은 질의 모듈에서 제시한 얼굴 영상과의 특징 비교를 통해 얼굴 영상 데이터베이스로부터 유사한 얼굴 영상을 검색한다.

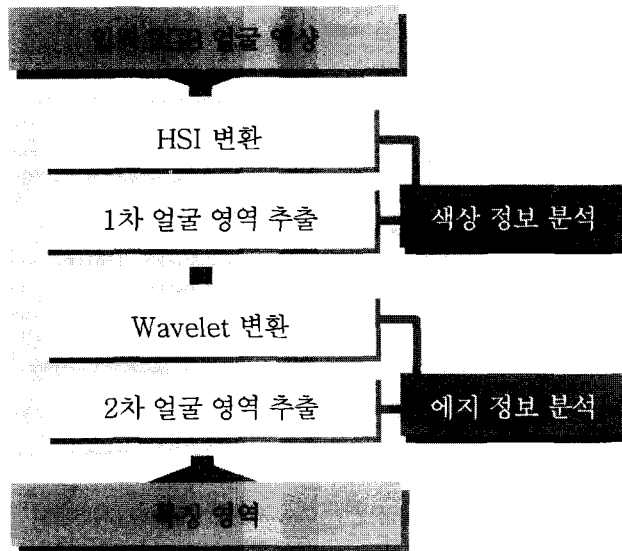


[그림 1] 제안된 영상 검색 시스템의 전체적인 구조
 [Fig. 1] The overall architecture of the proposed image retrieval system

3. 얼굴의 특징 정보 추출

얼굴의 특징정보 추출을 위해, 종합적 접근 방법을 기반으로 하여 얼굴을 식별한다. 이를 위해 색상 정보와 에지 정보를 분석하여, 배경으로부터 얼굴 영

역을 분리하고, 특징 영역에 대한 정보를 산출하였다. 특징 영역을 추출하기 위한 영상 처리 단계는 [그림 2]와 같다.



[그림 2] 특징 정보 추출의 과정
 [Fig. 2] The process of feature information extraction

3.1 색상 정보를 이용한 1차 얼굴 영역 추출

3.1.1 HSI 변환

입력 칼라 영상에서 각 화소들은 R, G, B의 세 값의 조합으로 정의된 RGB 칼라 모델을 따른다. 그러나, RGB에 의한 칼라의 표현은 인간의 시각 인지와는 매우 다르다. 즉, 영상의 RGB에 대해서 영상 처리를 할 경우에는 인간의 눈에 인지되는 채도와 색상 등이 RGB에 모두 연관되어 있기 때문에 색상 등을 독립적으로 처리하기 어렵다. 따라서, 본 논문에서는 얼굴 영역을 추출하기 위해 색상, 채도, 그리고 명도를 독립적으로 처리할 수 있는 HSI 칼라 모델을 사용하였다.

HSI 칼라 모델에서, 색상(Hue)을 나타내는 H는 각도로 나타내며, 칼라의 채도(Saturation)는 S 축, 명도(Intensity)는 I 축으로 나타난다. H의 값은 고유한 칼라를 의미하는 것으로 0° 에서 360° 의 각도를 가진다. 그리고, I는 평균 그레이 레벨을 나타낸다. S는 칼라의 순수한 정도로서, S가 높을수록 높은 순도의 칼라가 되며, S가 낮을수록 칼라의 순도가 떨어진다.

3.1.2 1차 얼굴 영역 추출

입력된 얼굴 영상에서 얼굴 영역은 얼굴 피부색 고유의 색상 값을 가지고 있으므로, HSI 칼라 모델에서 특정 범위의 H 성분 값에 해당된다. 따라서, H 성분 히스토그램에 대해서 분석함으로써 대략적인 1차 얼굴 영역을 추출한다.

먼저, 칼라 공간을 RGB에서 HSI로 변환한 후, 영상을 색채 영역(chromatic area)과 비색채 영역(achromatic area)으로 분리한다. 그리고, 색채 영역에서 색상에 의한 대략적인 1차 얼굴 영역을 결정한다. 본 논문에서는 I 성분과 S 성분의 범위를 0에서 1까지로 정규화한 후, 다음과 같이 비색채 영역을 설정하였다. 그리고, 이 영역을 제외한 색채 영역을 H 성분의 유효 영역으로 결정하였다[6-8].

(1) I가 매우 낮거나 높은 경우

HSI 칼라 공간에서 검정색이나 흰색이 되므로 H 값의 의미가 없다. 따라서, 본 실험에서는 I 성분 값이 0.95보다 크거나 I 성분 값이 0.25보다 작은 경우

를 비색채 영역으로 정의하였다.

(2) S가 매우 낮은 경우

이 경우의 H는 일정한 값을 가질 수 없으므로 무시한다. 본 실험에서는 S 성분값이 0.3보다 작은 경우를 비색채 영역으로 정의하였다.

H 성분 히스토그램은 실험을 통해 초기화되었다. 본 논문에서는 칼라 영상에서 1차 얼굴 영역을 오려낸 후, 색채 영역에서 오려낸 1차 얼굴 영역의 H 성분값의 발생 빈도를 히스토그램으로 구성하였다. H 성분값에 대한 칼라 히스토그램은 식 (1)과 같이 구할 수 있다.

$$h_m = \sum \begin{cases} 1, & \text{if } (Hue)_{x,y} = m \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

여기서, m 은 색채 영역에 속하는 1차 얼굴 영역의 H 성분값이며, h_m 은 H 성분값이 m 이 되는 화소의 발생빈도수를 의미한다.

구해진 칼라 히스토그램에서 얼굴색에 해당하는 특정한 h_m 에 해당하는 영역만을 얼굴영역으로 추출한다. 그러나, 간혹 위와 같은 방법으로 추출된 대략적인 1차 얼굴 영역은 머리카락 영역과 배경 영역에서 완전히 분리되지 않을 수 있다. 이 경우는 얼굴이 항상 머리카락 밑부분에 존재한다는 사전 정보를 이용하여 1차 얼굴 영역과 인접하는 머리카락 영역을 찾아서 1차 얼굴 영역 추출에 이용한다.

3.2 에지 정보를 이용한 2차 얼굴 영역 추출

3.2.1 Wavelet 변환

Wavelet 변환은 영상 압축, 다해상도 분석, 음성합성, 컴퓨터 비전과 그래픽스 등의 신호 및 영상 처리 분야에서 최근에 많이 연구되고 있다[9,10].

Wavelet이란 $\psi(x)$ 로 정의되는 원형 wavelet을 이동하고 확장시킴으로써 얻어진 함수들의 집합을 말한다. Wavelet 변환의 기본 개념은 임의의 함수 $f(x)$ 를 시간·주파수 공간에서 동시에 지역성을 갖는 식 (2)와 같은 wavelet 기저함수의 선형결합으로 표현하는 것이다.

$$\psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) \quad (2)$$

여기서, a 는 스케일 변수(scaling parameter)이고, b 는 이동 변수(translation parameter) 그리고, \sqrt{a} 는 정규화 인자(normalization factor)이다.

식 (3)는 임의의 신호 $f(x)$ 의 wavelet 변환을 수행한 $Wf(x)$ 를 구하는 것으로, 원신호 $f(x)$ 와 wavelet $\psi(x)$ 와의 상승 적분(convolution)으로 정의된다.

$$Wf(x) = f(x) * \psi(x) \quad (3)$$

다해상도 wavelet 변환은 각 스케일에서 다른 차단 주파수의 필터를 사용하여 신호를 해석한다. 고주파 신호를 해석하기 위하여 HPF(High Pass Filter : 고역 통과 필터)를 통과시키고, 저주파 신호를 해석하기 위하여 LPF(Low Pass Filter : 저역 통과 필터)를 통과시킨다.

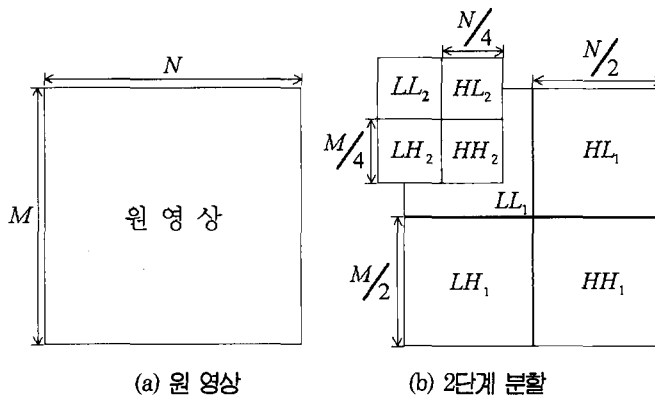
영상의 분할 과정을 통하여 다양한 크기의 다해상도를 가진 피라미드 구조의 부밴드들을 얻을 수 있고, 그들로부터 영상 정보를 추출하게 된다. 먼저, 1단계 분할을 통해서, 하나의 저대역 부밴드 LL_1 과 방향 성분을 가지는 3개의 고대역 부밴드 HL_1, LH_1, HH_1 들이 생성된다. 여기서,

저대역 부밴드 LL_1 은 원 영상의 저해상도 표현으로, 대부분의 에너지를 가진다. 고대역 부밴드들은 각각 수평, 수직, 대각선 방향에 있는 영상의 에지 정보를 제공한다. 2단계 분할에서, 저대역 부밴드 LL_1 은 다시 하나의 저대역 부밴드 LL_2 와 3개의 고대역 부밴드 HL_2, LH_2, HH_2 들로 분해된다. [그림 3]은 크기가 $M \times N$ 인 원 영상에 대한 2단계 wavelet 분할을 보인 것이다.

3.2.2 2차 얼굴 영역 추출

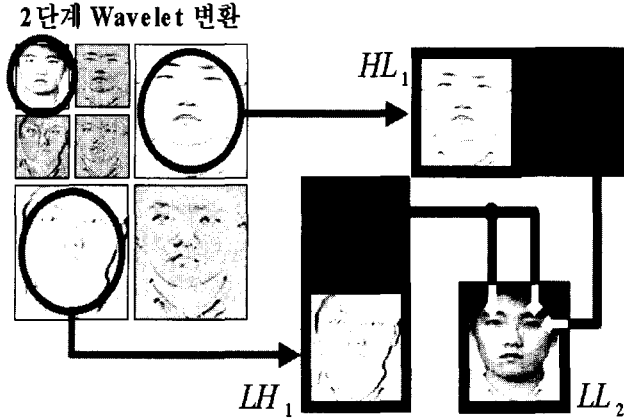
본 논문에서는 수평 방향과 수직 방향 에지 정보를 제공하는 고대역 부밴드 HL_1 와 LH_1 의 특성을 이용하여, 원 영상의 축소판인 저대역 부밴드 LL_2 에서 특징 영역을 추출하였다. 고대역 부밴드의 에지 정보를 분석해 보면 코와 입 영역과는 달리, 눈 영역은 거의 일정하게 뚜렷한 에지가 나타남을 알 수 있다. 또한, 눈은 쌍으로 구성되어 있어 하나의 눈 영역을 찾은 후 대응되는 다른 하나의 눈 영역을 찾음으로써 추출의 성공률을 높일 수 있다.

먼저, [그림 4]와 같이, HL_1 와 LH_1 부밴드를 가로, 세로 방향으로 투영을 하여, 히스토그램 분포를 조사하고, 얼굴의 구성 성분에 대한 사전 지식을 바탕으로, 눈의 위치를 찾는다.



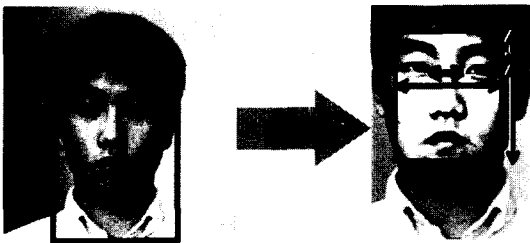
[그림 3] Wavelet 분할
(a) Original Image (b) 2nd Decomposition

[Fig. 3] Wavelet Decomposition



〔그림 4〕 눈의 위치 검출
 [Fig. 4] The extraction of eyes' location

그 다음, 대응되는 저대역 부밴드에서 찾아진 눈의 위치를 중심으로 하여, [그림 5]에서 보는 바와 같이, 더욱 축소된 2차 얼굴 영역을 추출한다. 2차 얼굴 영역을 추출하기 위해서, 두 눈 사이의 길이 l 과 두 눈의 끝과 끝 사이의 길이 m 을 구한다. 그런 후, 저대역 부밴드 LL_2 에서 눈의 위치로부터 위로 길이 l 만큼, 아래로 길이 m 만큼 확장한 영역을 2차 얼굴 영역으로 설정한다.

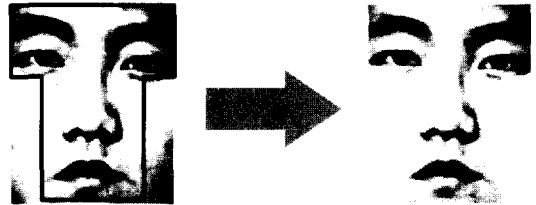


〔그림 5〕 2차 얼굴 영역 추출의 예
 [Fig. 5] The example of 2nd facial region extraction

3.3 특징 영역 추출

본 논문에서는 불필요한 정보를 효과적으로 제거하여 입력 필드의 크기와 처리 시간을 줄이고 효율적인 인식을 위해, 특징 영역을 사용하였다. 즉, 구해진 저대역 부밴드의 2차 얼굴 영역 중에서 얼굴의

주요 구성 요소가 밀집된 'T' 모양의 특징 영역만을 인식에 이용하였다. 특징 영역을 추출하기 위해서, 얼굴에 대한 사전지식을 사용하여, 'T' 모양의 마스크를 사용하였다. [그림 6]에 특징 영역 추출의 예를 보였다.



〔그림 6〕 특징 영역 추출의 예
 [Fig. 6] The example of feature region extraction

4. 얼굴 영상의 검색

제안한 시스템에서는 종합적 접근 방법을 기반으로 하여 얼굴의 구성 요소를 포함하는 최소한의 특징 영역을 하나의 패턴으로 간주하고 신경망을 이용하여 얼굴 영상을 분류·검색하였다. 제안한 방법과 같이, 분류·검색에 필요한 정보가 영상의 구조에서 자동적으로 유도되어진다. 따라서, 코, 입, 턱 등 개

개의 특징들을 추출하는 복잡한 과정을 거치지 않아도 된다.

신경망을 이용하여 패턴을 인식하는 방법은 신경망의 학습과 기억을 통하여 패턴이 가지는 국부적인 변형 및 잡음에 민감하지 않은 일반화의 특징을 이용한다. 신경망은 대단위 병렬 처리가 가능하므로 많은 수의 데이터 처리에 효율적으로 사용될 수 있다.

4.1 ART2 신경망 모델

ART2(Adaptive Resonance Theory2) 신경망은 순차적 리더 알고리즘에 의해 학습 패턴과 입력 패턴이 유사하면 같은 카테고리로 학습하고, 그렇지 않으면 새로운 카테고리를 생성시킨다. 따라서, 추가 학습이 가능하다는 장점이 있다. 그리고, 안정된 상태에서 사전에 학습한 정보를 유지하는 동시에, 새로운 입력 패턴에 대해서 학습과 적응이 가능하다는 특성을 가지고 있다. 지역 최소점 문제가 발생하지 않으며, 기억 용량이 허용하는 한 무제한의 입력에 대해서 실시간 내에 안정되고 빠른 학습이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 이러한 특성들은 ART2 신경망

이 실시간에 카테고리를 학습하거나 패턴을 인식할 때 적합한 성질이다[11,12]. 또한, ART2 신경망은 얼굴 패턴의 세밀한 특성들을 잘 표현할 수 있는 아날로그 값을 입력으로 한다.

따라서, 본 논문에서는 얼굴 영상의 분류·검색을 위하여 제안한 시스템에 적합한 특성을 가진 ART2 신경망 모델을 사용하였다.

5. 실험 결과 및 고찰

5.1 구현 환경

제안한 시스템은 원격지의 클라이언트에서 얼굴 영상을 질의로 입력하여 통신망을 통해 실시간으로 서버에 등록된 얼굴 영상들을 검색할 수 있도록 하는 클라이언트/서버 시스템을 목표로 개발되었다.

얼굴 영상과 개인의 신상 정보 등의 대용량 정보들을 저장하고 관리하기 위해서, Oracle DBMS를 사용하여 데이터베이스를 구축하였다. SUN UltraSparc 워크스테이션을 데이터베이스 서버로 하였고, Pentium

데이터베이스 입력 화면

File Help

입력 화면

저장할 얼굴 영상과 신원정보를 입력하세요

이름: 임정민

성별: 남

주민등록번호: 740821-1894211

전화번호: 64-9588

수배 상태: 긴급수배 혈액형: AB

본적: 경남 남해군 남해읍 남변리 331

주소: 창원시 명서동 139-10

신체특징: 163cm, 오른손잡이, 특기사항: 사기 전과 4범

[그림 7] 입력 모듈을 위한 사용자 인터페이스 예

[Fig. 7] A user-interface for input module

PC를 클라이언트로 설정하였다. 윈도우즈용 응용 시스템과 사용자 인터페이스를 개발하기 위해, 전문적인 클라이언트/서버 개발 도구인 C++ Builder C/S를 사용하였다.

본 실험을 위해, CCD 카메라를 이용하여 512*512 크기의 칼라 얼굴 영상 150장을 획득하였다. 30명의 사람에 대해, 각 5장씩, 총 150장의 입력 영상 중에서, 각 3장씩 90개의 얼굴 영상을 신경망의 학습에 사용하였다. 그리고, 나머지 각 2장씩 60개의 얼굴 영상을 질의 영상으로 사용하였다. 실험에 사용된 얼굴 영상은 조명과 얼굴의 크기, 성별, 그리고 안경 착용 등의 제한 조건을 가진 얼굴 영상을 포함하고 있다.

5.2 실험 결과

5.2.1 입력 모듈

제안한 시스템의 데이터베이스를 구축하는 데 필요한 개인의 얼굴 영상과 신원 정보를 입력하기 위해, 입력 모듈에서 필요한 사용자 인터페이스를 [그림 7]과 같이 구성하였다.

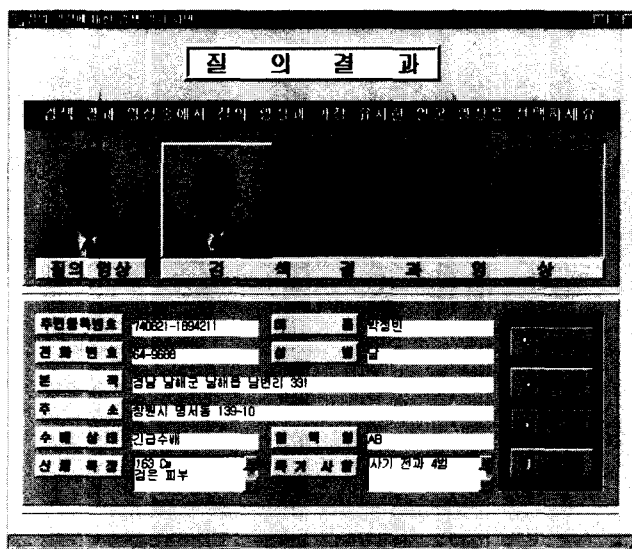
본 시스템에서 얼굴 영상 데이터베이스에 하나의

얼굴 영상을 삽입하기 위한 단계는 다음과 같다. 먼저, 인터페이스에서 제공하는 컴포넌트를 이용하여 레코드를 삽입하기 원하는 위치로 이동하여 "+" 모양의 삽입 버튼을 누른다. 다음, File 메뉴를 이용하여 입력하기 원하는 얼굴 영상을 연다. 그리고, 이름, 성별 등의 신상 정보를 입력한다.

5.2.2 질의 모듈

원격지 클라이언트에서 원하는 얼굴 영상을 질의 하면, 서버의 데이터베이스에서 검색된 얼굴 영상과 관련 정보가 제시되는 사용자 인터페이스 화면을 [그림 8]과 같이 구성하였다.

먼저, 사용자가 '질의 영상' 버튼을 통해 질의를 원하는 얼굴 영상을 시스템에 제시하고, '조회' 버튼을 누른다. 그러면, 질의 영상과 유사한 검색 결과 영상들이 인터페이스 화면에 시각적으로 제시된다. 사용자가 검색 결과 영상들이 인터페이스 화면에 시각적으로 제시된다. 사용자가 검색 결과 영상 중 한 얼굴 영상을 선택하면 선택된 사람에 대한 관련 정보를 볼 수 있다. 조회된 얼굴 영상이 만족한 결과가 아닐 때는 '이전'과 '다음' 버튼을 이용하여 재검색이 가능하다.



[그림 8] 질의 모듈을 위한 사용자 인터페이스 예

[Fig. 8] A user-interface for query module

5.2.3 검색 모듈

본 실험에서는 추출된 특징 영역을 분류하고 검색하기 위해 ART2 신경망을 사용하였다. <표 1>에서, 신경망의 입력 벡터로 wavelet 변환계수를 쓴 경우와 크기 정규화된 영상을 사용한 경우를 비교하였다. 둘 다 제안된 특징 추출방법으로 영역 추출 후, 신경망 입력벡터만을 비교 대상으로 한 것이다. <표 1>에 제시된 2가지 결과 값은 큰 차이가 없어 보이지만, wavelet 계수를 사용한 경우가 크기 정규화된 영상을 사용한 경우보다 검색속도와 검색을 측면에서 성능향상을 가져왔다. 그리고, 본 실험 결과, wavelet 계수를 사용한 경우가 조명과 안경 등의 영향을 다소 덜 받는 것으로 나타났다. 또한, wavelet 변환 영역에서 특징을 추출하는 것은 기존의 공간 영역에서의 특징 추출보다 저장 공간면에서 효율을 기할 수 있다. 그러므로, 본 실험에서는 신경망의 입력벡터로 wavelet 계수를 사용하였다.

<표 1> 정규화된 영상 자체와 wavelet 변환 계수의 비교
<Table 2> The comparison of normalized image itself and wavelet transformed image

	정규화된 영상	wavelet 변환계수
정보의 추출영역	공간 영역	압축된 변환 영역
검색 속도	1.0	0.9
검색율	91.6	93.3

본 실험에서는 추출한 2차 얼굴 영역 중에서, 얼굴의 주요 특징이 밀집한 특징 영역을 사용하였다. 특징 영역을 사용하면, 입력 벡터의 수를 효과적으로 감소시켜 신경망의 학습 및 인식 시간을 줄일 수 있다. 2차 얼굴 영역과 특징 영역을 사용한 경우에 대한 비교를 <표 2>에 나타내었다.

<표 2> 2차 얼굴 영역과 특징 영역의 비교
<Table 2> The comparison of 2nd facial region & feature region

	2차 얼굴 영역	특징 영역
특징 벡터	1024	772
검색 속도	1.0	0.7

6. 결론

본 논문에서는 기존의 문자기반 검색 방법이 아닌 얼굴의 특징 정보를 이용하여 신원 정보를 검색할 수 있는 Wavelet과 신경망을 이용한 내용기반 얼굴 검색 시스템을 제안하였다.

제안한 시스템은 개인의 주민등록번호나 이름과 같은 문자 정보를 이용하지 않고, 얼굴 영상을 질의로 직접 사용하여 검색이 가능하다. 검색을 위해 얼굴 영상의 특징 정보를 함축하는 특징 영역을 추출하고, ART2 신경망을 사용하여 추출된 특징 영역을 분류·검색하였다.

특징 영역을 추출하기 위해서 먼저, HSI 변환을 통해, 얼굴 피부색이 가지는 Hue 값을 분석하여 1차 얼굴 영역을 추출하였다. 다음, wavelet 변환을 사용하여, 에지 정보를 분석함으로써 2차 얼굴 영역을 추출하고, 얼굴의 주요 특징들이 더욱 밀집된 특징 영역을 얻을 수 있었다.

제안한 얼굴 검색 시스템은 대용량의 얼굴 영상 데이터베이스의 효율적인 사용을 고려하여 Oracle DBMS를 기반으로 한 클라이언트/서버 구조로 구현하였다. 실험을 위해, 조명과 크기, 성별, 안경 등의 제한 조건을 가진 영상을 포함하여 다양한 얼굴 영상이 사용되었다. 150개의 얼굴 영상으로 실험한 결과, 약 88.3%의 얼굴 영상이 1순위로 검색되었다.

※ 참고문헌

- [1] 강영미, 정성환, "신경회로망을 이용한 내용기반 얼굴검색 시스템," 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, 제 16권, 제 1호, pp. 573-576, 1997.
- [2] 여창욱, 이미숙, 김남진, 이성환, "대용량 영상 데이터베이스에서의 내용기반 얼굴 영상 검색," 한국정보과학회 가을 학술발표논문집, 제 24권, 제 2호, pp. 467-470, 1997.
- [3] 채미옥, 허대영, "내용 기반 이미지 정보 검색 시스템 기술 동향," 주간기술동향 97-44.
- [4] Dominique Valentin, Herve Abdi, Alice J. O'toole, and Garrison W. Cottrell, "Connectionist models of face processing : a survey," Pattern

Recognition, Vol. 27. No. 9, pp. 1209-1230, 1994.

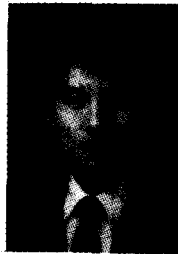
- [5] 강영미, 정성환, "클라이언트/서버 환경에서의 내용기반 얼굴 영상 검색 시스템의 구현," 한국정보과학회 봄 학술발표논문집, 제 25권, 제 1호, pp. 663-665, 1998.
- [6] 김철원, 최기호, "칼라공간과 키워드를 이용한 내용기반 화상검색 시스템 설계 및 구현," 한국정보처리학회 논문지, 제 4권, 제 6호, pp. 1418-1431, 1997.
- [7] 유태웅, 오일석, "색채 분포 정보에 기반한 얼굴 영역 추출," 정보과학회 논문지(B), 제 24권, 제 2호, pp. 180-192, 1997.
- [8] 윤후병, 안동언, 정성종, "공간적 특성과 히스토그램을 이용한 칼라영상의 영역분할," 정보과학회 논문지(A), 제 24권, 제 4호, pp. 398-404, 1997.
- [9] 이명길, 이조신, "웨이브렛 변환과 신경회로망을 이용한 SMD IC 패턴인식," 전자공학회 논문지, 제 34권, S편, 제 7호, pp. 102-111, 1997.
- [10] 박현석, 이두수, 김선일, "웨이브렛과 신경회로망을 이용한 EEG의 간질 파형 검출," 전자공학회 논문지, 제 35권, S편, 제 2호, pp. 70-77, 1998.
- [11] 정종화, ART-2 신경망을 이용한 자동 획득류기반의 온라인 한자 인식 시스템, 경북대학교 석사학위논문, 1996.
- [12] Gail A. Carpenter and Stephen Grossberg, "ART2: self-organization of stable category recognition codes for analog input patterns," Applied Optics, vol. 26, no. 23, 1987.

강영미



1994년 창원대학교 전자계산학과 (이학사)
 1998년 창원대학교 전자계산학과 대학원 (이학석사)
 1994년~1997년
 경남직업전문학교 교사
 1999년~현재 창원대학교 전자계산소 전임연구원
 관심분야 : 영상정보처리, 멀티미디어, 내용기반 영상 DB

정성환



1979년 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1983년 경북대학교 대학원 (공학석사)
 1988년 경북대학교 대학원 (공학박사)
 1986년 전자계산기 기술사
 1992년 정보처리 기술사
 1992년~1994년 Univ. of California at Santa Barbara Post-Doc.
 1988년~현재 창원대학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야 : 영상정보처리, 멀티미디어, 내용기반 영상 DB, 신경망 응용, 초고속 정보통신망 응용