

## 몽타주와 일치하는 영상검색 시스템의 구현

최항영, 남경선, 윤태승, 곽내정, 안재형  
충북대학교 정보통신공학과

### An Implementation of The Image Searching System Corresponded with The Montage

Hang-Young Choi, Koung-Sun Nam, Tae-Sung Yun, Nae-jung Kwak, Jae-Hyeong Ahn

Department of Computer and Communication Engineering  
Graduate school of Industry, Chungbuk National University

E-mail : c9603@hanmail.net, dweb@dweb.co.kr, yuta@naver.com, knj0125@hanmail.net,  
jhahn@cucc.chungbuk.ac.kr

#### 요약

본 논문에서는 범죄수사의 초동수사 기법으로 사용되고 있는 몽타주와 실물 사진과의 근사 영상 검색 알고리즘을 제안한다. 입력 몽타주를 얼굴인식 기법에 적용하여 이진영상화와 형태학적 필터로 영상의 잡음을 제거한 후 경계선을 추출하였다. 추출된 경계선 영상으로 레이블링 과정을 거친 후 얼굴의 중요 요소를 포함하는 특징얼굴을 구성한다. 특징얼굴은 웨이블릿 변환을 통해 다운 샘플링 된 LL대역의 계수로 변환되며, 고유값 연산을 통해 계수 매트릭스의 고유값을 추출 한다. 입력 몽타주의 고유값은 같은 절차를 거친 실물 사진의 저장된 고유값과 계수의 분포를 비교한다. 실험 결과 몽타주와 유사한 실물 사진을 검색할 수 있었으며 영상의 크기 변화와 애곡 및 압축에 견고한 비교 검색 결과를 얻었다.

#### 1. 서론

정지 영상이나 동영상으로부터 얼굴을 자동적으로 인식하는 기술은 영상 처리나 패턴 인식, 컴퓨터 비전과 신경망 같은 여러 분야에서 활발히 연구되고 있다. 얼굴 인식 분야로는 얼굴 검출, 얼굴 인식, 얼굴 추적, 표정 인식, 비디오 코딩 등의 분야로 분류되고, 실제로 응용되는 분야는 인식된 얼굴을 범죄자 검색 시스템, 개인용 컴퓨터의 접근 제어, 공공 기관에서의 보안 시스템 등 분야에 적용되고 있다.<sup>[1][2]</sup> 그 중에서도 범죄 수사분야에서는 범인을 신속히 검거하기 위한 초동수사의 한 방편으로 몽타주를 이용하여 얼굴을 자동으로 인식하기 위한 많은 시도들이 이루어지고 있다.

영상에 대한 얼굴검출 방법으로 색상, 모양, 통계, 움직임 정보 등을 이용한다. 색상 분석은 얼굴의 가변

크기와 방향에 대해 강건한 특성을 보이지만, 조명에 큰 영향을 받는 것이 단점이다. 모양 분석은 타원 형태의 얼굴 모델을 정의하고, 타원의 매개변수를 계산하여 얼굴 모델에 부합되는 영역을 얼굴 영역으로 검출하는 타원 적합 방법이 대표적으로 쓰인다.

Sobottka와 Pitas는 인간의 시각적 지각력 특성을 지닌 HSV(Hue-Saturation-Value) 색공간에서 hue와 saturation 성분을 이용해 피부색과 유사한 영역으로 분할한 후에 모멘트를 기반으로 한 best-fit ellipse를 구하여 얼굴 영역인지를 판별하지만, 단순한 배경과 한 사람이 존재하는 제한된 영상에만 적용하였다.<sup>[3][4][5]</sup>

또한 얼굴인식에 관한 방법으로는 크게 두 분야로 나누어진다. 한 분야는 얼굴의 기하학적 특징에 기초한 방식으로 주로 눈, 코, 입의 거리와 히스토그램, 컬러 등을 사용했으며 처리 속도와 인식률에서 많은 발전이 있었다. 다른 한 분야는 DCT나 웨이블릿 등의 변

환을 거친 특징 값을 기초로 신경회로망이나 통계학적인 분류기를 사용하는 방식들이 연구되어졌다. 후자는 연산량의 감소와 특징 값의 훈련 및 테스트가 용이하기 때문에 현재까지도 많은 연구가 진행되고 있다.<sup>[2][6][7]</sup>

얼굴 부분의 특징 추출은 전처리과정에서 얼굴영상을 적절히 변형시킨 후 얼굴부위에서 특징 위치를 찾는다. 특징 추출 방법에는 자기 조직화 특징 지도(Self-organizing map)를 이용하여 얼굴 특징을 추출하는 방법, snakelets를 이용하여 얼굴 후보 edge들을 찾아 얼굴을 추출하는 방법, 기하학적인 대칭에 의한 방법, 얼굴 주요 부위의 특징 템플릿과 영상의 상관관계를 이용하는 방법 그리고 푸리에 변환이나 웨이블릿 변환 등의 변환을 통한 주파수 분포의 특성을 활용한 방법과 DCT변환을 거친 후 영상의 점진적인 주파수 분포를 활용한 특징 추출 방법 등이 있다.<sup>[8][9][10][11]</sup>

그 중 웨이블릿 변환은 2차원 영상 데이터를 효과적으로 주파수, 시간의 국부성을 갖도록 분해함으로서 효과적으로 데이터를 처리할 수 있는 구조를 제공하여 준다. 웨이블릿 변환된 영상 데이터는 각 부 랜드별로 서로 다른 특성을 나타낸다. 주파수 가 가장 낮은 랜드는 원영상의 데이터와 같은 통계적 특성을 나타내고 있으며, 나머지 부 랜드들은 영상의 경계영역에 에너지가 집중되어 있는 특성을 나타낸다. 또한 영상 데이터에 수직, 수평 두 방향으로 필터를 적용시켜서 부 랜드를 만들어 내기 때문에, 분해된 각 랜드들은 수직, 수평, 대각의 방향 특성을 갖게 된다. 웨이블릿의 이러한 특성들은 영상 데이터를 재배열하여 영상압축에 효율적인 구조를 제공해준다. 웨이블릿 변환을 이용하여 영상을 다해상도로 분해한 후 영상을 압축하는 것은 압축률을 높일 수 있고 공간 영역의 분할이 아닌 주파수 영역의 분할이기 때문에 블록화 현상이 일어나지 않아 인간의 시각에 보다 적절한 방법이다.

본 논문에서는 입력영상을 몽타주로 하여 입력영상에 대한 전처리 과정을 거친다. 전처리 과정으로는 원 영상을 이진영상으로 바꾼 후 형태학적 필터를 거쳐 에지추출을 하고 얼굴 후보 영역들을 구분하기 위한 레이블링 과정을 거친다. 이런 전처리 과정을 거친 후 웨이블릿 변환을 수행하고 웨이블릿 변환된 부 랜드 중에서 주파수가 가장 낮은 부 랜드는 영상의 전반적인 정보를 가지는 랜드, 즉 에너지 분포가 가장 큰 랜드이기 때문에 그 대역(LL대역)을 가지고 영상의 특징 값으로 사용하여 고유값으로 변환, 다른 몽타주나

사진과 비교하는 시스템을 구성한다.

본 논문의 구성은 2장에서는 제안한 영상 검색시스템을 설명하였고 3장에서는 실험 및 결과를 분석하고, 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. 영상 검색 시스템

### 2.1 시스템 구성

몽타주를 이용한 영상 검색 시스템 구성도는 그림 2.1과 같다. 입력영상으로서는 몽타주 작성 시스템으로 작성한 몽타주를 이용하였고 이미지 데이터베이스로는 몽타주 작성 시스템으로 작성한 몽타주 및 사진들로 각기 다른 얼굴 이미지를 포함하며 각 영상에 대한 얼굴검출과 웨이블릿 변환, 고유값 선택과정을 거쳐 생성된 각각의 고유값들도 저장하고 있다.

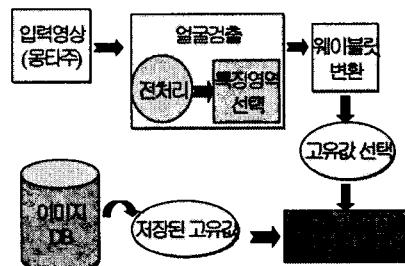


그림 2.1 영상 검색 시스템 구성도

### 2.2 전처리

이미지 DB 또는 입력영상(몽타주) 중 일부 영상은 안경을 착용하였거나 얼굴이 상하 좌우로 약간씩 돌아간 영상이 포함되어 있다. 이러한 영상들은 얼굴 영역 선택을 위해 원영상에 대한 전처리 과정으로 이진영상화-형태학적필터-에지추출-레이블링의 과정을 거치게 된다. 그림 2.2는 전처리과정을 설명하고 있다.

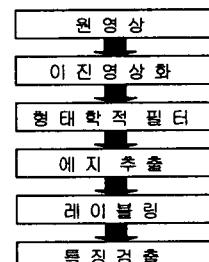
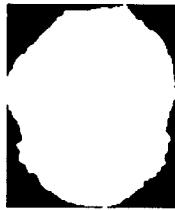


그림 2.2 전처리 순서도

## 2.3 특징검출

레이블링 과정을 통해 객체정보가 추출되면 얼굴의 중요 부위를 포함하는 특징얼굴을 구성하게 된다. 즉, 얼굴의 바탕으로 찾아진 레이블영상에서 얼굴의 눈, 코, 입을 포함하는 사각형의 특징얼굴을 구성하게 된다. 그림 2.3은 추출된 특징얼굴을 보여준다.



(a) 얼굴 경계 영역



(b) 레이블링 된 영역

(c) 추출된  
특징얼굴

그림 2.3 특징 검출

## 2.3.1 고유값

2차원 평면에서 각 점에 vector를 대응시키는 것을 벡터장이라 하는데 벡터장에서 방향은 변하지 않고 크기만 변하는 벡터를 찾을 수 있다. 이러한 벡터를 고유벡터라 한다. 이 방향의 벡터는 모두가 일정의 비율로 변화하는데 이 비율을 고유값이라 한다. 즉, 행렬  $A$ 가  $n$ 차 정사각 행렬이고, 영벡터가 아닌 임의의 벡터  $X \in R^n$ 가 적당한 스칼라  $\lambda$ 에 대하여

식 (2.1)을 만족할 때  $\lambda$ 를 행렬의 고유값이라 한다.

$$AX = \lambda X \quad (2.1)$$

이렇게 웨이블릿 변환을 거친 영상을 식(2.1)을 이용하여 몽타주 및 영상DB의 각 영상에 대한 고유값  $\lambda$ 를 구한다. 고유값  $\lambda$ 가 구해지면 몽타주와 여러 영상을 식(2.2)을 이용하여 비교 영상의 상관계수  $r$ 를 구한다.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{l/2} (\lambda_{ii} - \bar{\lambda}_1)(\lambda_{2i} - \bar{\lambda}_2)}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{l/2} (\lambda_{ii} - \bar{\lambda}_1)^2\right) \left(\sum_{i=1}^{l/2} (\lambda_{2i} - \bar{\lambda}_2)^2\right)}} \quad (2.2)$$

여기서  $l$ 는 영상의 크기,  $\bar{\lambda}$ 는 고유값  $\lambda$ 의 평균이다. 식(2.2)에서 입력 몽타주가 비교하는 영상과 정확히 같을 경우는 상관계수가 1이 되며 비교하는 영상의 상관계수가 1에 가까운 영상일수록 입력 몽타주와 비슷한 영상이라 할 수 있겠다.

## 2.4 웨이블릿 변환

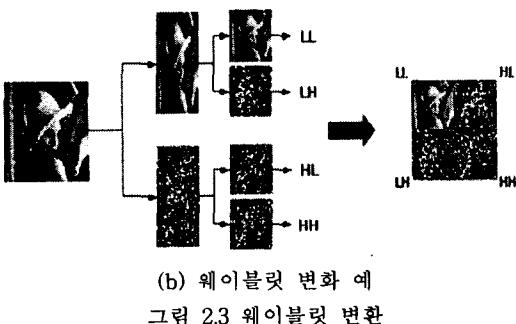
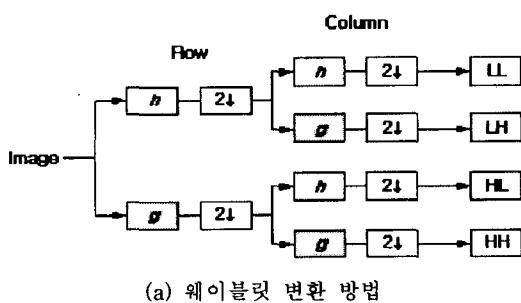
최근 여러 분야에서 연구되고 있는 웨이블릿 변환 방법은 영상의 변환 후 생성되는 부밴드들을 분석함으로써 다양한 영상 정보를 얻을 수 있다. 이는 웨이블릿이라고 불리는 기저함수(basis function)를 이동(translating)하고 확장(scaling)함으로써 저대역 부밴드와 고대역 부밴드로 주파수 영역을 얻을 수 있기 때문이다. 웨이블릿 기저함수는 식(2.3)과 같은데,

$$\psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) \quad (2.3)$$

여기서  $a$ 는 원형 웨이블릿을 신축 팽창시키는 스케일(scale)변수이고,  $b$ 는 이동을 나타낸다.

이렇게 웨이블릿 변환은 공간에 대한 지역적 특성을 가지고있어 전체 또는 지역적인 특징도 분석이 가능하며 신호처리나 영상의 압축 부호화에 효과적인 대역분포를 가지고있다. 웨이블릿 필터를 2차원 영상에 적용하면 4개의 세부성분으로 나누어진다. 먼저 1

레벨 웨이블릿 변환으로 영상(Image)을 X축 방향으로 필터링 하여 저주파 성분인 L과 고주파 성분인 H로 나눈다. 나누어진 L과 H는 Y축 방향으로 필터링 되어져서 LL, LH, HL, HH 4개의 부영상을 얻는다. LL 대역의 영상은 원 영상에 비해 해상도가 반으로 줄어든 저주파 성분이고 LH, HL, HH 대역은 각각 수평, 수직, 대각 성분에 대한 에지 성분을 가지고 있는 고주파 성분이다. LL 대역은 다른 대역에 비해에너지 집중도가 높고 상대적으로 중요한 정보를 갖는다. 반면에 LH, HL, HH 대역은 LL 대역에 비해 에너지 집중도는 떨어지지만 물체의 윤곽 부분에 해당하는 상세 정보를 가지고 있다. 이렇게 나누어진 신호는 서로 다른 주파수 특성을 갖고 이를 간에는 상관관계가 존재한다. 웨이블릿 변환은 신호를 다해상도로 분해하며, 웨이블릿 변환된 입력 신호는 서로 다른 해상도로 표현하기 위한 부 신호들과 나머지 신호들을 표현하기 위한 세부 신호들로 나누어진다. 이와 같이 LL 대역은 다른 대역보다 상대적으로 중요한 정보를 갖고 있다. 그림 2.3은 웨이블릿의 다해상도 분해를 보인다.



### 3. 실험 및 결과

본 실험은 경찰청에서 현재 사용중인 몽타주 작성

시스템에 의해 구현된 실제 몽타주를 표본 데이터로 실험하였다. 데이터의 특이성 때문에 대용량의 표본 데이터를 수집할 수는 없었다. 때문에 이미 작성되어 공개된 몽타주 데이터만을 그 실험 대상으로 하였으며 실물에 근거한 몽타주 영상 역시 몽타주 작성 시스템 제작자의 공개 데이터를 근거로 실험하였다.

영상검색에 사용된 PC는 CPU 1GHz, RAM 256MB의 사양을 사용하였다. 그림 3.1은 실험의 입력 데이터로 사용된 몽타주 및 사진 영상들이다.



(a) 몽타주 및 사진 1



(b) 몽타주 및 사진 2



(c) 몽타주 및 사진 3



(d) 몽타주 및 사진 4

그림 3.1 몽타주 영상과 사진 영상

#### 3.1 고유값 비교를 사용한 영상검색

표 3.1은 입력 데이터로 사용되어진 몽타주 및 사진 영상을 영상검색 시스템을 이용하여 몽타주에 대해 각각 단순픽셀 비교 및 웨이블릿 변환의 LL대역에 대한 고유값 계수비교의 결과값을 나타내었다. 이에 사용된 단순픽셀 비교식은 식(3.1)과 같으며 웨이블릿

$$r = \sqrt{\frac{\sum \sum \frac{(A_m - \bar{A})(B_m - \bar{B})}{\sqrt{\sum \sum (A_m - \bar{A})^2} \sqrt{\sum \sum (B_m - \bar{B})^2}}}{(3.1)}}$$

변환에 대한 고유값 계수 비교식은 식(2.2)과 같다.

여기서  $m, n$ 은 영상의 좌표이고  $\bar{A}, \bar{B}$ 는 A영상, B영상의 평균이다

표 3.1 몽타주에 대한 사진영상 비교

(a) 몽타주1

비교영상	단순픽셀 비교	고유값 비교
사진1	0.7369	0.9993
사진2	0.3670	0.9982
사진3	0.4949	0.9893
사진4	0.5508	0.9919
사진5	0.7708	0.9989
사진6	0.6432	0.9589

(b) 몽타주2

비교영상	단순픽셀 비교	고유값 비교
사진1	0.5191	0.9884
사진2	0.3664	0.9887
사진3	0.5485	0.9905
사진4	0.4425	0.9874
사진5	0.7824	0.9985
사진6	0.6441	0.9872

(c) 몽타주3

비교영상	단순픽셀 비교	고유값 비교
사진1	0.6223	0.9832
사진2	0.2897	0.9723
사진3	0.5452	0.9754
사진4	0.5082	0.9742
사진5	0.6793	0.9881
사진6	0.7331	0.9969

표 3.1에서 비교값 수치가 가장 높은값이 동일인이라 했을 때 몽타주2와 몽타주3에 대해서는 단순픽셀 비교나 고유값 비교에서 모두 동일인의 검색이 정상적으로 검색되었으나 몽타주1에서는 단순픽셀 비교에서 동일인이 사진5로 잘못 검색되어 동일인 검색에 실패하였고 고유값 비교에서는 사진1로 동일인이 정상적으로 검색되었다. 또한 비교값의 수치가 1일 때 비교하는 두 영상이 동일인임을 나타낼 수 있는데 단순픽셀비교 보다는 고유값 비교가 비교값의 수치가 높게 나타나고 있다. 따라서 고유값 비교가 몽타주에 대한 사진영상을 검색하는데 우수한 성능을 보인다고 할 수 있다.

### 3.2 영상검색 시스템의 성능평가

표 3.2는 몽타주에 대한 동일인 영상과 비동일인 영상 중 동일인과 가장 유사한 영상에 대한 고유값 계수를 비교하였다. 표 3.2에서와 같이 몽타주에 대한 각

영상에 대해 고유값 계수 비교값의 수치가 가장 큰 값이 그 몽타주에 대한 동일 인물임을 알 수 있었으나, 동일인과 유사한 영상이 있을 경우는 동일인 영상과 동일인과 유사한 영상에 대한 편차의 값이 크게 나지 않았다. 따라서 비교 영상이 동일인 영상에 대하여 비교값의 수치가 가장 크고, 유사한 영상과의 편차가 클수록 몽타주에 대하여 비교영상이 동일인임을 확신할 수 있었다. 따라서 기존에는 단순히 사람의 주관적인 판단 능력에 의해 몽타주와 여러 사진중에서 동일인을 찾아 냈었으나 본 실험과 같이 몽타주와 비교영상에 대한 고유값 비교방법을 적용하면 객관적인 방법으로 몽타주에 대한 사진의 동일 인물을 쉽게 찾아낼 수 있을 것이다.

표 3.2 영상의 고유값 계수 비교

입력영상	동일인 영상	가장 유사한 영상	편차
몽타주1	0.9993	0.9989	0.0004
몽타주2	0.9985	0.9905	0.0080
몽타주3	0.9969	0.9881	0.0088

## 4. 결론

본 논문에서는 범죄수사의 초동수사 기법으로 사용되고 있는 몽타주와 실물 사진과의 근사 영상 검색 알고리즘을 제안한다. 입력 몽타주를 얼굴인식 기법에 적용하여 이진영상화와 형태학적 필터로 영상의 잡음을 제거한 후 경계선을 추출하였다. 추출된 경계선 영상으로 레이블링 과정을 거친 후 얼굴의 중요 요소를 포함하는 특징얼굴을 구성한다. 특징얼굴은 웨이블릿 변환을 통해 다운 샘플링 된 LL대역의 계수로 변환되며, 고유값 연산을 통해 계수 매트릭스의 고유값을 추출한다. 입력 몽타주의 고유값은 같은 절차를 거친 실물 사진의 저장된 고유값과 계수의 분포를 비교한다. 실험 결과 몽타주와 유사한 실물 사진을 검색할 수 있었으며 영상의 크기 변화와 왜곡 및 압축에 견고한 웨이블릿 변환을 이용한 고유값 비교방식이 영상비교 검색에 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있었다.

향후 과제로는 JPEG 기반의 압축 이미지에서 인식 시스템의 성능에 관한 연구가 필요하며 MPEG 기반의 동영상에서의 얼굴 인식 시스템에 관한 추가 연구도 필요하다.

[참고 문헌]

- [1] R. Chellappa, C. L. Wilson, and S. Sirohey, "Human and machine recognition of face: A survey," Proceedings of the IEEE, vol. 83, no.5, pp.704-740, May 1995.
- [2] 이성환, 이미숙, "얼굴 영상 인식 기술의 연구 현황," 대한전자공학회지, vol. 23, no. 6, pp.688-701, 1996.
- [3] M. A. Turk and A. P. Pentland, "Face Recognition Using Eigenfaces," IEEE Proc. Computer Vision and Pattern Recognition, pp.586-591, 1991.
- [4] 장선아, 유지상, "색상 정보를 이용한 얼굴 영역 추출," 한국통신학회논문지, 제25권, 제6B호, pp.1012-1020, 2000.
- [5] K. Sobottka and I. Pitas, "Extraction of Facial Regions and Features using Color and Shape Information," IEEE Proc. Pattern Recognition, vol. III, pp.C421-C425, 1996.
- [6] R. Chellappa, C.L. Wilson and S.A. Sirohey, "Human and machine recognition of faces: a survey," Proceedings of IEEE, vol. 5, no. 83, pp.705-740, 1995.
- [7] 윤태승, "은닉 마코프 모델을 이용한 DCT기반 얼굴인식," 충북대학교, 2001.
- [8] 임춘환, 고낙용, 박종안, "차영상과 DCT 기반 특징 추출과 신경망을 이용한 얼굴 인식에 관한 연구," 한국통신학회논문지, vol. 24 no. 8, pp. 1549-1556, 1999.
- [9] A. Turk and A. Pentland, "Face Recognition Using Eigenfaces," Proc. CVPR'91, pp.586-591, 1991.
- [10] B. S. Manjunath, Rama Chellappa and C. Malsburg, "A Feature Based Approach to Face Recognition," IEEE, pp. 373-378, 1992.
- [11] R. Brunelli and T. Poggio, "Face Recognition : Features versus Templates," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, pp.1042-1052, 1993.