

# 사각형 특징 기반 분류기와 클래스 매칭을 이용한 실시간 얼굴 검출 및 인식

## Real Time Face Detection and Recognition using Rectangular Feature based Classifier and Class Matching Algorithm

김종민\*, 강영아\*\*

조선대학교 대학원 전산통계학과\*, 광주대학교 컴퓨터공학과\*\*

Jong-Min Kim(mrjijoung@hotmail.com)\*, Myung-A Kang(makang@gwangju.ac.kr)\*\*

### 요약

본 논문은 사각형 특징 기반 분류기를 제안하여 실시간으로 얼굴 영역을 검출하며, 계산의 효율성과 검출 성능을 동시에 만족시키는 강인한 검출 알고리즘을 구현하고자 한다. 제안한 알고리즘은 특징 생성, 분류기 학습, 실시간 얼굴 영역 검출의 세 단계로 구성된다. 특징 생성은 제안된 5개의 사각형 특징으로 특징 집합을 구성하며, SAT(Summed-Area Tables)를 이용하여 특징 값을 효율적으로 계산한다. 분류기 학습은 AdaBoost 알고리즘을 이용하여, 분류기를 계층적으로 생성한다. 또한 중요한 얼굴 패턴은 다음 레벨에 반복적으로 적용함으로써 우수한 검출 성능을 가진다. 실시간 얼굴 영역 검출은 생성된 사각형 특징 기반 분류기를 통해, 빠르고 효율적으로 얼굴 영역을 찾아낸다. 또한 얼굴 영역을 검출한 영역을 인식의 입력 영상으로 사용하여 PCA 와 KNN 알고리즘을 이용하여 기존의 매칭 방법인 Point to point 방법이 아닌 Class to Class 방식을 이용하여 인식률을 향상시켰다.

■ 중심어 : | SAT(Summed-Area Tables) | 주성분 분석 | 최 인접 보간법 |

### Abstract

This paper proposes a classifier based on rectangular feature to detect face in real time. The goal is to realize a strong detection algorithm which satisfies both efficiency in calculation and detection performance. The proposed algorithm consists of the following three stages: Feature creation, classifier study and real time facial domain detection. Feature creation organizes a feature set with the proposed five rectangular features and calculates the feature values efficiently by using SAT (Summed-Area Tables). Classifier learning creates classifiers hierarchically by using the AdaBoost algorithm. In addition, it gets excellent detection performance by applying important face patterns repeatedly at the next level. Real time facial domain detection finds facial domains rapidly and efficiently through the classifier based on the rectangular feature that was created. Also, the recognition rate was improved by using the domain which detected a face domain as the input image and by using PCA and KNN algorithms and a Class to Class rather than the existing Point to Point technique.

■ keyword : | SAT(Summed-Area Tables) | Principal Component Analysis | K-Nearest-Neighbor |

\* 이 연구는 2009년도 광주대학교 대학 연구비의 지원을 받아 수행되었음.

접수번호 : #090902-003

접수일자 : 2009년 09월 02일

심사완료일 : 2009년 11월 23일

교신저자 : 강영아, e-mail : makang@gwanju.ac.kr

### I. 서론

얼굴 검출은 영상 감시 시스템, 원격 회의 시스템, HCI(Human Computer Interaction) 및 얼굴 인식 시스템 등 다양한 분야에 응용될 수 있는 기술이다. 그러나 얼굴 영상은 조명, 시점 변화, 표정, 머리 모양, 화장, 안경 등 다양성으로 인해 큰 변화가 존재하고, 또한 얼굴과 유사한 수많은 비얼굴 데이터가 존재하기 때문에, 복잡한 배경에서 얼굴 영역을 완벽하게 분리하는데 현실적으로 한계가 있다[1]. 기존의 얼굴 검출 기술은 신경망 이용 방법[2], 색상 기반 방법[3], 가우시안 복합 모델 기반 방법[4], 특징 기반 방법[5][6] 등이 있다. 신경망 이용 방법은 정지 영상에서 얼굴을 찾는 데 우수한 성능을 보이지만 자연 배경과 같은 무수히 많은 비얼굴 데이터를 학습시키는데 한계점을 지닌다. 색상 기반 방법은 단독적으로 사용되지 않고 주로 다른 방법들과 결합된 형태로 이용된다. 가우시안 복합 모델 기반 방법은 특정 패턴에 대해서 비교적 높은 성능을 보이지만 시점의 변화와 같은 영상 전체의 변화에 대해서는 추출하기가 어렵다. 특징 기반 방법은 크기, 방향, 얼굴의 시점 변화 등에 상관없이 유용하게 적용할 수 있는 방법이지만, 눈, 코, 입과 같은 얼굴의 특징을 찾는 것이 쉽지 않다. 최근에는 간단한 웨이블릿 특징을 기반으로 Boosting 알고리즘을 이용하여 실시간으로 얼굴 영역을 검출하는 연구가 활발히 진행되고 있다[7][8]. 컴퓨터를 통한 얼굴 인식은 출입 통제 시스템, 보안 시스템, 컴퓨터 시각에 의한 시스템 자동화 등의 많은 응용 분야를 가지고 있다. 일반적으로 얼굴인식은 많은 수의 데이터베이스에 적용할 수 있으며, 높은 계산량이 요구되어진다. 대표적인 얼굴 인식은 템플릿 매칭 접근, 통계적 분류 접근, 구문적 접근 및 신경망 접근 방법의 4가지 방법으로 분류할 수 있다[1]. 이 중에서 템플릿 매칭 접근에서 elastic matching 방법과 통계적 분류 방법에서 LDA(선형분별분석), PCA(주성분 분석) 방법 [2][3]이 얼굴인식에서 사용되고 있으며, 이 중에서도 계산량이 가장 적은 통계적 분류방법이 얼굴인식에서 주류를 이루고 있다.

본 논문은 사각형 특징 기반 분류기를 이용하여, 실

시간으로 얼굴 영역을 검출하는 강인한 검출 알고리즘을 제안한다. 또한 얼굴 인식을 하기 위해 PCA를 이용하였고, 얼굴 인식률을 높이기 5°씩 회전을 가진 데이터 베이스를 생성 후 기존의 모델 영상내의 각각의 얼굴의 대표 값을 만든 후에 실험 영상을 고유 공간에 투영시켜서 나온 성분과 대표 값의 거리를 비교하는 기존의 방법인 point to point 방식은 단순 거리 계산을 계산하기 때문에 오차가 많아 실시간 인식 시 인식 저하를 발생 시켰다. 그래서 본 논문에서는 개선된 Class to Class 방식인 k-Nearest Neighbor을 이용하여 몇 개의 연속적인 입력영상에 대해 각각의 모델영상들을 인식의 단위로 이용하여 인식 오차를 줄일 수 있었다.

### II. 전체 시스템 개요

본 논문에서 제안하는 얼굴 인식 시스템의 알고리즘은 카메라를 통해 얻어진 배경 영상에서 얼굴만을 추출하여 영상의 크기 정규화 및 노이즈를 제거한 후 기존의 주성분 분석[10]이 아닌 개선된 주성분 분석 방법을 이용하여 인식을 수행한다. [그림 1]은 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 순서도를 나타낸다.

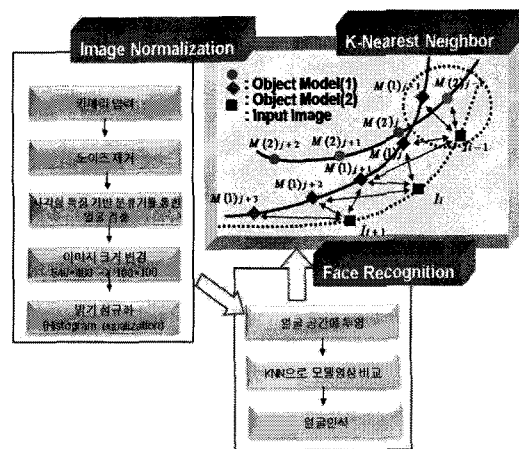


그림 1. 시스템 전체 구성도

### III. 특징

#### 1. SAT(Summed-Area Tables)

본 연구는 특징 값의 계산에서 요구되는 방대한 연산량을 줄이기 위해, 입력 패턴에 대한 SAT를 생성한다. SAT는 입력 영상의 원점(0, 0)에서부터 특정한 좌표 영역(x, y)에 대해, 모든 픽셀 값을 더한 값을 가지는 테이블이며, 식(1)과 같이 정의된다[9].

$$s(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} I(x', y') \quad \text{식(1)}$$

따라서, 사각형 영역의 값(RS)은 SAT(S)를 이용하여 효율적으로 계산되며, 식 (2)와 같이 정의된다.

$$RS(x, y, w, h) = S(x+w, y+h) \cdot S(x, y) - S(x+w, y) \cdot S(x, y+h) \quad \text{식(2)}$$

식 (2)에서 x와 y는 가로 x, 세로 y인 특정한 좌표 영역이며, w와 h는 너비 w, 높이 h인 사각형 영역을 나타낸다. SAT는 [그림 2]에서 도식화된다.

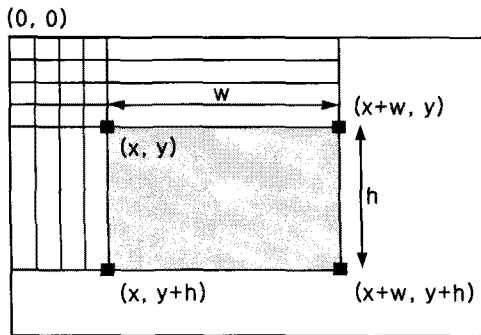


그림 2. SAT(Summed-Area Table)

#### 2. 사각형 특징

본 연구는 독특한 얼굴 패턴을 추출할 수 있는 사각형 특징을 이용한 특징 기반 분류기를 제안한다. 특징 기반 분류기는 픽셀 기반 분류기보다 효율적인 처리가 가능하고, 특정 영역에 대한 구조적인 정보를 제공한다.

사각형 특징은 [그림 3]과 같이 5개의 사각형 형태로

구성되며, Haar 웨이브렛 함수와 유사한 구조를 가진다. 본 연구는 제안된 사각형 특징을 이용하여, 입력 패턴에 대한 방대한 특징 집합을 생성한다[11]. 각 특징은 입력 패턴 내의 다양한 위치와 크기로 존재하게 된다. 따라서 제안된 사각형 특징은 얼굴 영상에서 발생하는 다양성을 수용할 수 있으며, 얼굴 패턴의 중요한 구조적인 정보를 추출할 수 있다. 사각형 특징 값(RF)의 계산은 사각형 영역의 값(RS)을 이용하여 간단한 연산으로 구해지며, 식 (3)과 같이 정의된다. 식 (3)에서 m은  $RS_w$ 의 픽셀 수와 n은  $RS_b$ 의 픽셀 수이다.

$$RF(x, y, w, h) = \frac{RS_w}{m} \cdot \frac{RS_b}{n} \quad \text{식(3)}$$

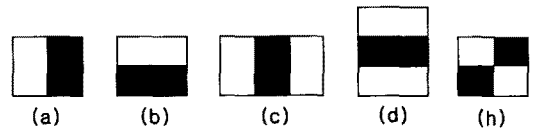


그림 3. 사각형 특징

사각형 특징 값(RF)은 전체 사각형 영역의 픽셀 값( $RS_w$ )의 평균과 검정색 사각형 영역의 픽셀 값( $RS_b$ )의 평균에 대한 차 연산으로 구해진다.

#### 3. 사각형 특징 기반 분류기

본 논문은 AdaBoost 알고리즘을 이용하여 사각형 특징 기반 분류기를 학습한다. AdaBoost 알고리즘은 약 학습기(Weak learner)를 결합함으로써, 최종적으로 높은 정확도를 가진 앙상블 분류기(Ensemble classifier)를 생성한다[1]. AdaBoost 알고리즘은 [표 1]과 같다. 분류기는 얼굴과 비얼굴 패턴으로 구성된 훈련 집합과 사각형 특징 집합을 이용하여 학습된다. 입력 벡터 x는 특징 집합이며,  $x^n$ 은 하나의 사각형 특징이다. 출력  $y^n$ 은 +1과 -1 값을 가지며, 각각 얼굴과 비얼굴을 나타낸다.

분류기 학습은 다음과 같이 진행된다. 약 학습기  $C^k$ 가 하나의 사각형 특징  $x^k$ 을 이용하여 훈련 패턴을 분류한다. 이때, 잘못 분류된 훈련 패턴은 가중치  $W_k(i)$ 를 증가시키고, 옳게 분류된 훈련 패턴은 가중치  $W_k(i)$ 를 감

소시키는 과정을 반복한다. 따라서 분류기는 훈련 패턴의 변경된 가중치를 고려하여, 최소 에러율을 가지도록 하는 사각형 특징을 선택한다. 이와 같은 학습된 분류기는 얼굴 패턴의 특징을 추출하는데 결정적인 역할을 하는 사각형 특징을 선택한다. 약학습기  $C^k$ 는 하나의 사각형 특징  $x^k$ 으로 분류하며, 최종적으로 생성된 앙상블 분류기  $g(x)$ 는  $k$ 개의 약학습기가 결합된 형태이다. 즉, 앙상블 분류기는  $k$ 개의 사각형 특징이 선형적으로 결합된 형태이다. 앙상블 분류기는 약학습기의 수  $k_{max}$ 를 증가할수록 에러율이 영점에 지수적으로 근접해진다[1]. 앙상블 분류기는 식 (4)와 같이 정의된다.

$$g(x) = \left[ \sum_{k=1}^{k_{max}} a_k h_k(x) \right] \quad \text{식(4)}$$

제안된 사각형 특징 기반 분류기는 높은 정확도를 가진 앙상블 분류기가 계층적으로 구성되며, 중요한 얼굴 패턴은 다음 레벨에 반복적으로 적용함으로써 우수한 검출 성능을 가진다.

#### IV. 실시간 얼굴 검출 알고리즘

단일 제안된 검출 알고리즘은 학습된 사각형 특징 기반 분류기를 통해, 빠르고 효율적으로 얼굴 영역을 찾아낸다. 알고리즘은 전 처리, 실시간 얼굴 영역 검출의 두 단계로 구성된다. 전 처리는 입력 영상에 대한 다중 해상도 피라미드를 구성함으로써, 다양한 위치와 크기의 얼굴 영역을 검출할 수 있다. 전 처리 과정은 그림 5와 같다. 각 레벨의 영상은 5x5 가우시안 필터를 적용하여 잡음을 제거한 후, 20x20 크기로 일반화하여 입력 패턴을 생성한다. 입력 패턴은 정규화를 통해 색상을 보정한 후, 이에 대한 SAT를 생성하여 특징 값을 효율적으로 계산한다.

실시간 얼굴 영역 검출은 사각형 특징 기반 분류기를 이용하여, 전 처리 과정에서 생성된 입력 패턴을 분류한다. 제안된 분류기는 [그림 4]와 같다. 사각형 특징 기반 분류기는 앙상블 분류기  $g(x)$ 가 계층적으로 구성된

형태이며, 앙상블 분류기  $g(x)$ 는 약학습기  $C^k$ 의 선형적인 결합으로 구성된다. 즉, 앙상블 분류기는 사각형 특징의 결합으로 구성되며, 얼굴 패턴의 특징을 추출하는데 결정적인 역할을 한다. 따라서, 제안된 분류기는 학습을 통해 설정된 크기와 위치의 사각형 특징 값(RF)을 계산한 후, 임계치를 만족하면 얼굴 패턴으로 분류한다. 최종적으로 분류기는 얼굴 패턴의 시퀀스를 출력한다.

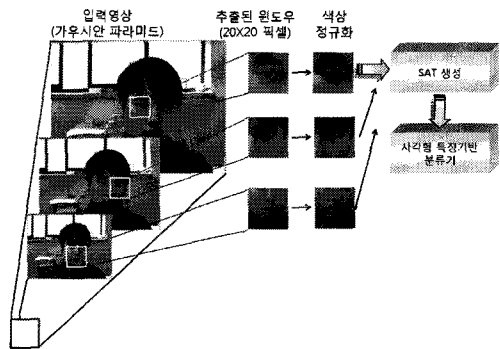


그림 4. 사각형 특징 생성 과정

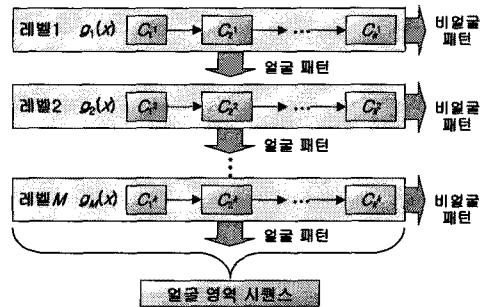


그림 5. 사각형 특징 기반 분류기

#### V. 주성분 분석을 이용한 얼굴 인식

Mono 카메라를 이용하여 얼굴의 방향이 틀어지는 경우를 같은 형상으로 인식하기에는 많은 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 [그림 6]과 같이 얼굴의 방향성이 틀어지는 경우 같은 얼굴 영상으로 인식하기 위해 주성분 분석을 이용한 얼굴 방향성 문제의 해결 방법을 제안한다. 이 문제를 해결하기 위해서는 한 사람의 영

상을 5°씩 회전을 해서 얼굴 영상을 습득하여 데이터베이스를 구축해야 한다. 그러나 주성분 분석에서는 단지 영상의 외관기반으로 인식을 수행하기 때문에 사람의 머리 모양의 변화만으로도 같은 사람으로 인식하기가 어렵다. 그래서 본 논문에서는 앞에서 설명한 사각형 특징 기반 분류기를 이용하여 얼굴 영역이 추출 가능한 영상만을 모델 영상으로 사용하였다. [그림 7]은 [그림 6]에서 얼굴 영역이 추출 가능한 영상만을 나타내었다. 그러나 사각형 특징 기반 분류기를 이용하여 얼굴 영역을 추출하는 방법은 얼굴의 상하 좌우의 큰 회전에 대해서는 추출이 불가능하며 좌우 회전 30°까지만 얼굴 추출이 가능하였다.



그림. 6 동양 사람의 방향이 틀어지는 경우 영상



그림. 7 회전 영상에서의 사각형 특징 기반 분류기를 이용한 얼굴 영역 검출 영상

### 1. 주성분 분석을 이용한 고유공간 구성

고유벡터를 계산하기 위해서는 먼저 모든 영상의 평균 데이터를 구하여 각 영상들의 데이터의 차를 구한다. 평균 데이터  $C$ 와 새로운 영상 데이터 집합  $X$ 를 식 (5)와 식(6)과 같이 나타낸다.

$$C = (1/N) \sum_{i=1}^N x_i \quad \text{식(5)}$$

$$X = \{x_{1,1}^{(1)} - C, x_{2,1}^{(1)} - C, \dots, x_{R,1}^{(1)} - C, \dots, x_{R,L}^{(P)} - C\} \quad \text{식(6)}$$

고유공간을 구하기 위해서는  $M * N$ 의 크기를 지닌 영상 집합  $X$ 를 식(7)과 같이 계산하고 식(8)을 만족하는 고유벡터를 구하면 된다. 즉 공분산 행렬  $Q$ 에 대한 고유치  $\lambda$ 와 고유벡터  $e$ 를 구한다.

$$Q = XX^T \quad \text{식(7)}$$

$$\lambda_i e_i = Q e_i \quad \text{식(8)}$$

이런 과정으로 얻어진 행렬 중 공분산의 고유 벡터로 이용되는 행렬은 공분산 행렬  $X$ 와 크기가 일치하는  $U$ 이다. 특이치 분해 과정에서 나온 고유벡터를 고유치가 큰 순서대로 재구성한다. 각 고유벡터가 지닌 고유치의 크기는 그 고유벡터의 중요도를 의미하므로 그 고유공간을 규정하는 중요 고유벡터를 식(9)을 이용하여 선택한다. 따라서 모든 고유벡터를 고유 공간 구성에 이용하지 않고 많은 영상을 대표할 수 있는 주성분의 벡터만을 이용할 수 있다.

$$\frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{\sum_{i=1}^N \lambda_i} \geq T_1 \quad \text{식(9)}$$

여기서  $T_1$ 은 고유벡터의 개수를 조정하는 문턱 치이며, 인식과 포즈 평가 시 이용되는 고유벡터는 저차원 공간을 구성하기 고유 벡터를 고유치의 값이 큰 순서로 배열하면 [그림 8]과 같다. 실험에서는  $K = 5$ 를 이용하였다. 이렇게 구성된 공간을 얼굴 고유공간으로 표현한다.

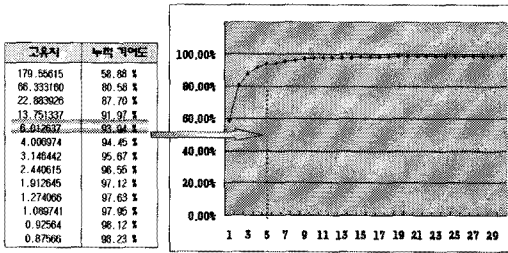


그림. 8 고유치의 개수에 따른 누적 기여도

2. 얼굴 영상 공간에서 상관관계와 거리

정규화 된 영상들이 얼굴 영상 공간에 투영되어 인식을 위한 모델들로 정해지면 실제 인식에 필요한 처리는 매우 간단하다. 먼저 평균 영상에서 입력 영상  $x$  를 빼 다음 고유 공간에 식(10)과 같이 투영하면 된다.

$$f_j = [e_1, e_2, e_3, \dots, e_k]^T (x_n - c) \quad \text{식(10)}$$

구해진  $f_j$  얼굴 고유 공간상에서 점들로 표현된다. 이러한 점들을 투영시킨 결과는 이산적인 점들로 표현되며, 이들 각 점은 입력 얼굴 하나를 의미한다. 고유공간의 특성상 비슷한 특징 값을 가지는 벡터는 고유공간에서도 가까운 곳에 투영된다. 따라서 같은 얼굴의 경우 서로 비슷한 특징 벡터 값을 가지게 되고, 고유공간에서 비슷한 영역에 분포하게 된다. [그림 9]는 [그림 7]을 얼굴 영상 공간에 투영시킨 결과이다. 고유 공간에 투영된 점이 가까울수록 영상들의 높은 상관관계를 가진다.

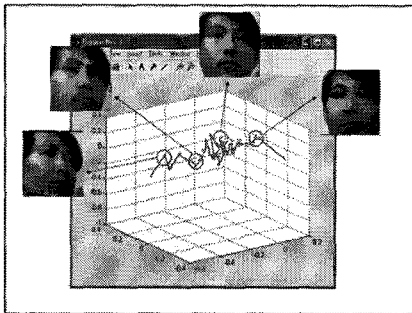


그림. 9 얼굴 영상 공간에서 동양남자의 매핑

3. K-Nearest Neighbor를 이용한 거리 평가와 얼굴 인식

투영된 입력 영상이 모델 영상과의 매칭의 경우 (Point to Point) 여러 동작들이 투영되어 있는 얼굴 영상 공간에서 실제 얼굴 영상은 매칭에 성공했을지라도 다른 얼굴 영상으로 인식하는 잘못된 매칭이 발생하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 단일 얼굴 영상 단위의 매칭이 아닌 몇 개의 연속적인 입력 영상에 대해 각각 몇 개의 모델 영상들을 인식의 단위로 이용하였다 (Class to Class).

$$w = \frac{Max(arg S(M_j)) - Min(arg S(M_j))}{d(k-1)} \quad \text{식(11)}$$

매칭 알고리즘은 식(11), 식(12)에서 나타낸 것처럼 K-Nearest Neighbor 방법을 이용하였다. 여기서  $arg S(M_j) = j$  는 모델의 번호를 구하는 연산자이다.

$$\frac{\sum \sum w (I_i - M_j)}{k} \quad \text{식(12)}$$

위의 식(12)에 의해 구해진 값을 이용하여 모델 영상과 입력 영상의 인식을 결정한다. 여기서는  $k=3$ 을 이용하였다. [그림 10]은 공간상에 투영된 연속적인 입력 영상들과 모델 영상들의 위 방법을 이용한 매칭 방법을 나타낸 것이다.

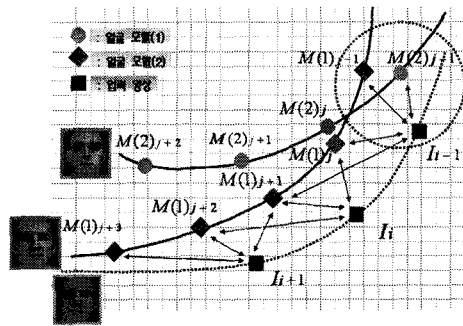


그림. 10 KNN을 이용한 얼굴 영상 인식

[그림 10]에서 나타나듯이 입력 영상과 모델 영상 간 가장 가까운 거리를 가지는 영상일지라도 실제 다른 얼굴 영상일 경우가 있다는 것을 보여준다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서 제안한 방법은 두 점간의 거리로만 판단하지 않고 연속적인 몇 개의 영상 단위로 매칭을 수행함으로써 얼굴 영상 전체인 궤적간의 일치성까지 알 수 있으며, 이를 이용하여 얻어진 결과는 얼굴 영상 전체를 평가하는 데도 이용할 수 있었다.

## VI. 실험결과

### 1. 사각형 특징 기반 분류기를 이용한 실시간 검출

본 논문에서 제안한 실시간 얼굴 검출 실험은 Web Camera를 통한 실시간 영상을 다양한 조건하에서 얼굴 검출을 실험하였고, 결과는 [그림 11]과 같다. [그림 11]의 (a)는 정면 얼굴을 검출한 결과이고, (b)(c)는 얼굴 영상의 다양한 회전을 통한 얼굴 검출결과이며 좌우 회전은 30°까지 회전에서 검출 가능하며 상하 이동은 45°까지 검출이 가능하였다. (d)는 동일한 인물에 안경을 추가하여 검출한 결과이다. (f)는 한 영상에 다중 사람이 입력되었을 때 검출한 결과이다.

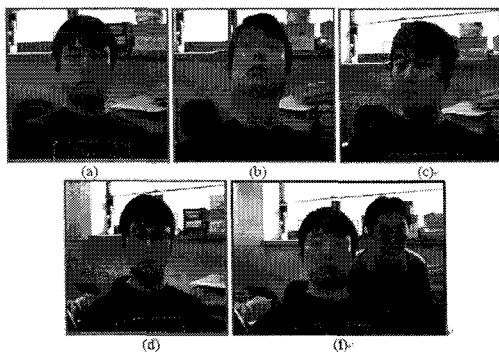


그림 11. 다양한 조건하에서 실시간 얼굴 검출

제안한 사각형 특징 기반 분류기는 640\*480 크기의 입력 영상에 대해, 1초당 약 22프레임을 실시간으로 처리하며, 다양한 위치와 크기의 얼굴 영역을 빠르고 효율적으로 검출하였다.

### 2. K-Nearest Neighbor를 이용한 인식 결과

실험에 이용된 얼굴 영상은 [그림 7]에서처럼 사각형 특징 기반 분류기로 검출된 영상이다. 입력 이미지는 640\*480으로 촬영한 얼굴 영상은 크기 정규화를 거쳐 100\*100 영상으로 변환하였다. 얼굴 영상 집합의 고유 벡터를 계산한 후 재구성된 얼굴 영상을 가장 잘 복원하는 5차원의 벡터를 선택하여 얼굴 영상 공간으로 이용하였다. 따라서 100\*100 = 10000 차원의 이미지가 5차원으로 압축되는 효과도 거둘 수 있었으며, [그림 12]는 각 매칭 방법별 매칭 성공률에 대한 분석 결과를 나타내었다.

[그림 12]에서 나타나듯이 개선된 K-Nearest Neighbor를 이용한 매칭 방법이 기존의 최소 거리 매칭 방법보다는 매칭 성공률이 높음을 알 수 있다. 특히 잘못된 매칭에 대해서는 많은 개선을 나타내었다.

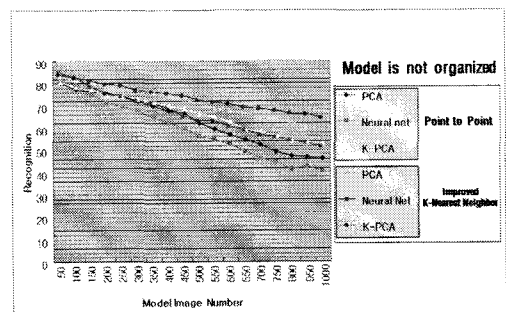
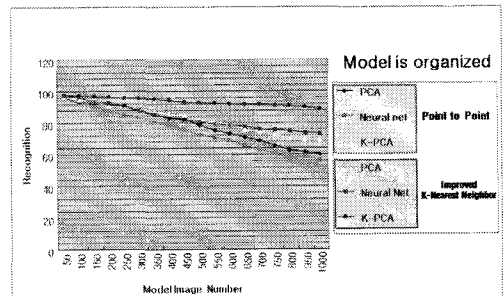


그림 12. 매칭 방법에 따른 매칭 성공률

## VII. 결론

설계된 실시간 얼굴 인식 시스템은 신뢰도 있고 안정적인 얼굴영역 검출을 위해 사각형 특징기반 분류기와

AdaBoost 알고리즘을 사용하여 초당 22프레임의 얼굴 검출 성능을 보였다. 또한 기존의 주성분 분석의 문제점인 Point to Point 매칭의 인식과정에서 여러 얼굴들이 투영되어 있는 얼굴 영상 공간에서 실제 얼굴 영상이 매칭에 성공했는지라도 다른 얼굴 영상으로 인식하는 잘못된 매칭이 빈번히 발생하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 K-Nearest Neighbor 방법을 제안하였고, 이 방법은 기존의 단일 얼굴 영상 단위의 매칭이 아닌 몇 개의 연속적인 입력 영상을 인식의 단위로 이용하였다. 제안한 매칭 방법으로 인해 기존의 유클리디어 거리 방식보다 매칭성공률이 10%이상 개선되었고, 특히 잘못된 매칭에 대해서는 많은 개선율을 나타내었다.

참고 문헌

[1] R. O. Duda, P. E. Hart, and D. G. Strok, *Pattern Classification*, Second Edition by John Wiley & Sons, Inc, 2001.

[2] H. A. Rowley, S. Baluja, T. Kanade, "Neural network-based face detection", *PAMI, IEEE Transactions on*, Vol.20 Issue: 1, pp.23-38, 1998(1).

[3] J. Yang and A. Waibel, "A real-time face tracker," In *Proc. 3rd Workshop on Appl. of Computer Vision*, pp.142-147, 1996.

[4] K-K. Sung and T. Poggio, "Example-based learning for view-based human face detection," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, Vol.20 Issue:1, pp.39-51, 1998(1).

[5] R. Brunelli and T. Poggio, "Face Recognition: features versus templates," *IEEE Transactions on PAMI*, Vol.15, No.10, pp.1042-1052, 1993.

[6] Y. Yagi, "Facial feature extraction from frontal face image," *Signal Processing Proceedings, 2000. WCCC-ICSP 2000. 5th International*

*Conference on*, Vol.2, pp.1225-1232, 2000.

[7] Paul Viola and M. Jones, "Robust real-time object detection," *International Conference on Computer Vision*, 2001.

[8] S. Z. Li, L. Zhu, Z. Q. Zhang, and H. J. Zhang, "Statistical Learning of Multi-View Face Detection," In *Proc. 7th European Conference on Computer Vision*, Copenhagen, Denmark. 2002(5).

[9] F. Crow, "Summed-area tables for texture mapping," In *Proceedings of SIGGRAPH*, Vol.18, No.3, pp.207-212, 1984.

[10] J. M. Kim and H. S. Yang, "A Study on Object Recognition Technology using PCA in Variable Illumination," *Lecture Notes in Computer Science LNAI 4093*, pp.911-918, 2006.

저자 소개

김종민(Jong-Min Kim)

정회원



- 2004년 2월 : 전남대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2008년 2월 : 조선대학교 전산통계학과(이학박사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 조선대학교, 광주대학교 외래교수

<관심분야> : 컴퓨터비전, 생체보안, 멀티미디어

강명아(Myung-A Kang)

정회원



- 1992년 2월 : 광주대학교 전자계산학과(이학사)
- 1995년 2월 : 조선대학교 전산통계학과(이학석사)
- 1995년 2월 : 조선대학교 전산통계학과(이학박사)

• 2004년 9월 ~ 현재 : 광주대학교 컴퓨터공학과 조교수  
<관심분야> : 영상처리, 패턴인식, 신경망