

# 다중 획득 및 매칭을 통한 얼굴 검증 성능 향상

김도형, 윤호섭, 이재연  
한국전자통신연구원 영상인식연구팀

## Improvement of Face Verification Performance Using Multiple Instances and Matching Algorithms

Do-Hyung Kim, Ho-Sub Yoon, Jae-Yeon Lee  
Visual Recognition Research Team,  
Electronics & Telecommunication Research Institute  
{dhkim008, yoonhs, leejy}@etri.re.kr

### 요 약

본 논문에서는 멀티모달 생체인식 시나리오 중에서, 단일 생체 특징에 적용되는 다중 획득 및 매칭이 시스템 성능에 기여하는 효과에 대하여 논의한다. 얼굴이라는 단일 생체 검증 시스템에 본 논문에서 제안한 간단한 다중 획득 및 매칭 결합 방법론들을 적용하였고, 실제적인 평가모델과 데이터베이스를 구축하여 이를 실험하고 결과를 분석하였다. 실험결과, 단일 획득 및 매칭 시스템보다 25% 가량 향상된 우수한 성능을 나타냈으며, 이는 얼굴 검증 시스템 구축에 있어 반드시 고려되어야 할 사항 중에 하나임을 보여준다.

### 1. 서 론

최근 멀티모달 생체인식(multi-modal biometrics)에 관한 연구개발이 활발하다. 멀티모달 생체인식은 생체인식을 통한 사용자 인증의 성능을 향상시키고 신뢰도를 높일 수 있는 방법으로 제안되고 있다. 일반적으로 멀티모달 생체인식이라고 하면 얼굴, 지문, 서명, 홍채 등, 다수의 생체특징들의 결합을 의미하곤 하지만, 다중 정보 소스의 구성 또는 정보 통합이 이루어지는 수준에 따라 다음과 같은 다섯 가지의 서로 다른 시나리오로 분류될 수 있다[1].

- 다중 센서
- 다중 생체특징
- 동일 생체특징의 다중유닛
- 동일 생체특징의 다중획득
- 동일 입력 생체특징 신호에 따른 다중 표현과 매칭 알고리즘

이중 하나의 동일 생체특징에 동일한 방법으로 여러 번의 생체특징 신호를 입력받는 다중 획득과, 입력된 특징 신호를 다양한 매칭 알고리즘으로 분류하는 다중 매칭은 단일 생체 특징에 있어서의 적용이 가능

하고, 비용면에서 매우 효과적이다. 또한 개인 검증 시스템의 궁극적인 목적이 최고의 검증률 이라고 할 때, 동일 생체특징에 대한 멀티모달 접근 방법은 검증 성능의 향상 효과와 시스템의 강인함을 기대할 수 있다.

이에 우리는 얼굴이라는 단일 생체특징에 대하여 다중 획득과 다중 매칭 방법을 적용하고자 시도하였다.

본 논문에서는 다양한 매칭 알고리즘을 결합하는 방법론과 다수의 영상 획득으로 산출된 유사도를 결합하는 방법론을 제시한다. 또한 본 논문에서 제시한 간단한 결합방식이 얼굴 검증 시스템의 성능 향상에 미치는 효과를 실제적인 실험으로 입증하였다.

논문의 구성은 다음과 같다.

2절에서는 다중 획득과 다중 매칭의 성능 향상 효과를 평가하기 위해 구축된 평가 모델에 대하여 설명한다. 3장에서는 구축된 평가 모델에 따른 실험 방법과 결과에 대해 분석하고, 4장에서 결론을 맺는다.

### 2. 평가 모델

### 1) 얼굴 검증 시스템

실험에 사용된 검증 시스템의 기본 얼굴 인증 알고리즘으로 주성분 분석(Principal Component Analysis : PCA)방법에 기반한 방법을 채택하였다[2]. 잘 알려진 바와 같이 주성분 분석방법은 벡터 표현의 통계적 특성에 기반한 방법으로 PCA의 근본개념은 데이터 집합의 분산값은 최대로 유지하고, 그 차원은 줄이는데 있다.

먼저 얼굴이 포함된 영상과 수동으로 검출된 눈의 위치가 입력되면 비교되어 질 얼굴 영상간의 정규화를 위한 전처리 과정을 수행한다. 전처리 과정은 양쪽 눈동자 위치정보를 이용하여 기울기 보정과 크기 보정을 수행하는 기하학적 정규화 과정과 배경간섭 제거를 위한 마스크와 히스토그램 평활화를 수행하는 화질 개선 과정으로 구분된다.

특징추출 단계에서는 전처리 된 얼굴 영역으로 주성분 분석을 수행하여 128개의 원소로 구성된 주성분 분석 벡터를 추출한다. 이러한 특징 벡터는 다중매칭 평가모델에서 설명될 간단한 유사도 측정 방법들에 의해 분류된다.

### 2) 데이터 베이스

다중 획득 및 매칭 실험을 위해서 인하대 데이터베이스와 영상인식팀 데이터베이스를 사용하였다. 2개의 데이터베이스는 우리가 구축한 다중 획득 및 매칭 시스템의 실제적인 평가를 위해 구축되었다. 각각 인하대 학생과 ETRI 영상인식팀원을 대상으로 하며 인하대 데이터베이스는 2100(105명×20장)장, 영상인식팀 데이터베이스는 750(10명×75장)장의 얼굴 영상으로 구성된다. 인하대 데이터베이스의 개인별 20장의 영상은 모두 비연속 정지 영상으로 구성되어 있는 반면, 영상인식팀 데이터베이스의 개인별 75장의 영상은 실시간으로 획득한 연속된 7장의 영상을 하나의 셋으로 하는 연속 영상셋 10셋과 5장의 비연속 정지영상으로 구성된다(7장×10셋 + 5장). 연속 영상셋은 다중 획득 실험을 위한 목적으로 구축되었으며 5장의 영상은 등록용으로 사용된다. 인원 구성에 있어서 남/녀의 비율은 제한을 두지 않았다. PC용 USB 카메라를 이용하여 영상을 획득하였으며, 정면 얼굴 영상을 대상으로 하였다. 일반적인 사무실 환경에서 조명, 얼굴 크기, 표정에 제약을 두지 않았으며, 임의의 사무실 위치에서 영상을 획득하는 방법을 사용하였다. 획득된 영상은 320×240 크기의 24bit RGB color scale 이다.

### 3) 표준 고유얼굴 및 유사도

일반적으로 PCA 변환을 통해 알고리즘의 우수성을 입증하는 많은 논문에서는 고유얼굴 생성에 참여한 인물과 등록 및 인식 실험에 참여한 인물이 엄격히 구분되지 않는다[3]. 즉, 동일인물에 대하여 일부 얼굴 영상은 고유얼굴 생성에 참여하고 나머지 얼굴영상은 등록 및 인식 실험에 참여하게 되는데, 실제 응용 시스템에 적용할 경우 문제점이 발생한다.

실제 응용시스템에서는 얼굴 데이터베이스에 등록된 인물의 구성원과 그 수가 고정되어 있지 않고 가변적이다. 따라서 고정된 표준 고유얼굴 없이 현재 등록된 데이터베이스에 기반하여 고유얼굴을 생성한다면, 등록 얼굴 집합에 새로운 인물이 추가될 때마다 고유얼굴을 다시 생성하는 비용이 매번 발생하게 되고, 추가된 인물에 의해 이전에 등록된 인물들의 특징 벡터들에도 영향을 미치는 불안정한 결과를 초래한다. 따라서 이러한 실험방법을 통해 평가된 알고리즘의 성능은 실제 응용시스템에서는 그대로 적용되지 않으며, 정확한 실험을 위해서는 등록된 인물과는 무관한 표준 고유얼굴(standard eigenface)이 필요하다.

본 연구는 상용화 목적의 얼굴 검증 시스템 개발 연구의 일환이다. 따라서 우리는 정확하고 실제적인 실험이 필요하며 이를 위해 고유얼굴 생성용 인물과 실험용 인물을 엄격히 분리하였다. 즉 인하 데이터베이스는 표준 고유얼굴의 생성을 위해서만 사용되며, 실험에서는 모두 영상인식팀 데이터베이스만을 사용하였다.

고유얼굴은 인하 데이터베이스 총 2100장으로 생성하였으며, PCA 가중치 벡터 요소의 개수를 결정하는 고유요소 수의 수는 총 2099개 중 고유값이 큰 128개를 선택하였다.

언급한 바와 같이 영상인식팀 데이터베이스 얼굴 영상에서 5장의 얼굴영상은 등록집합으로 사용하였고, 나머지 70장의 영상은 검증집합으로 사용하였다.

질의 얼굴영상의 특징벡터( $I_f$ )와 등록된 5장의 얼굴영상들의 특징벡터( $E_f$ )들과의 최종 유사도( $S$ )는 식(1)에 의해서 생성된다.

$$S = \text{MAX}_{i=1}^5 (M(I_f, E_{f_i}))$$

$i$ 는 등록된 얼굴영상의 인덱스,  $M$ 은 유사도 측정자를 나타낸다.

(1)

### 3. 평가 및 분석

1) 다중 매칭 실험

다중 매칭이란 동일한 특징 벡터에 대하여 다양한 매칭 알고리즘을 통해 유사도를 산출하고, 이를 종합하여 최종적으로 특징을 분류하는 방식을 말한다[5]. 본 논문에서는 다양한 매칭 알고리즘으로 다음과 같이 가장 기본적인 5개 유사도 측정자를 선택하여 실험을 하였다.

- Euclidian distance
- L1-norm distance
- Mahalanobis distance
- Correlation
- Covariance

각각의 간단한 유사도 측정자들에 의해 산출된 5개의 유사도를 결합하여 최종적으로 특징을 분류하기 위해서 Support Vector Machine(SVM)을 사용하였다. SVM은 고차원 가상 특징 공간을 이용한 통계적 학습 모델로서 구조적 오차 최소화 방법(Structural Risk Minimization : SRM)을 이용하여 일반화 오차 (generalization error)를 감소시키는 2 클래스 분류기이다[4].

그림 1은 본 논문에서 제시하는 다중 매칭 알고리즘의 구조를 보여준다.

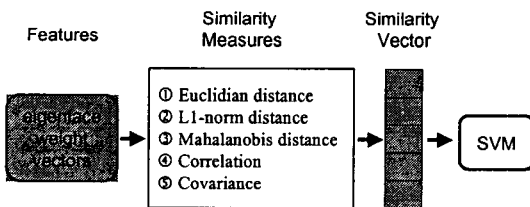


그림 1. 다중 매칭 알고리즘 구조

영상인식팀 데이터베이스 700장에 대한 유사도 측정자 별 성능 비교 결과는 표 1과 그림 2와 같다.

동일한 고유얼굴(eigenface) 특징 벡터에 대하여, 단일 유사도 측정자를 사용한 경우보다 유사도 벡터와 SVM을 이용한 결과가 더 우수함을 알 수 있다. 이러한 결과는 비록 단일 유사도 측정자들간의 상관관계가 높다고 하더라도, 단일 유사도 측정자의 결합에 따른 유사도 공간의 차원 확장이 분류기의 분류 능력을 향상시킬 수 있음을 나타낸다. 또한 제시한 SVM을 이용한 유사도 결합 방법이 적절하였음을 알 수 있다.

표 1. 유사도 측정자에 따른 Equal Error Rate(EER)

Similarity Measures	EER (%)
Euclidian	5.44
L1-norm	4.83
Mahalanobis	7.51
Correlation	4.15
Covariance	4.13
<b>Multiple matching</b>	<b>3.15</b>

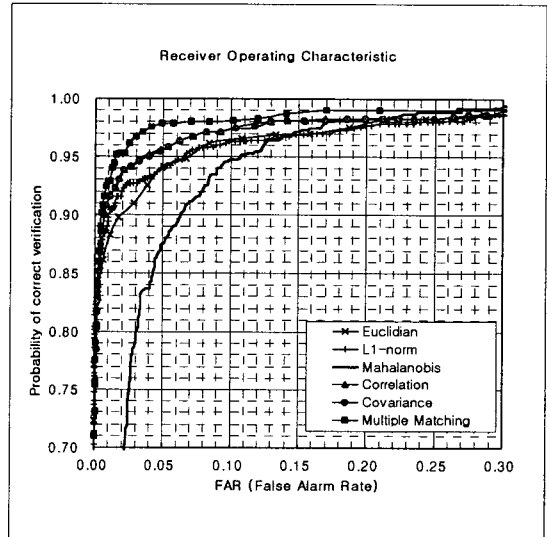


그림 2. 유사도 측정자 별 성능비교 (ROC Curve)

2) 다중 획득 실험

1인당 연속된 7장의 영상을 하나의 셋(set)으로 하는 10개의 셋에 대하여 1장, 3장, 5장, 7장을 획득하였을 때의 성능 향상의 효과에 대하여 살펴본다. 검증 알고리즘으로는 앞 실험에서 가장 좋은 성능을 보인 다중 매칭 알고리즘을 사용하였다. 각 얼굴 영상에서 산출된 유사도를 결합하는 전략으로는 최대 유사도 선택법(Max), 최소 유사도 선택법(Min), 중간 유사도 선택법(Median), 평균 유사도 선택법(Aver)을 사용하였다[6].

표 2는 획득 영상 개수와 결합 전략에 따른 실험 결과를 보여주며, 그림 3은 결합 전략별 획득 영상개수에 따른 EER 변화 추이를 나타낸다.

결과에서 보는 바와 같이 최소 유사도 선택법을 제외한 나머지 결합 전략의 경우, 획득 영상이 증가함에 따라 성능이 향상됨을 알 수 있다. 이중 최대 유사도 선택법(Max)이 가장 우수한 성능을 나타내었다. 이는 획득된 영상 중 가장 유사도가 높은 값만을 선택함으로써, 동일인의 표정 및 응시방향등의 변화에 의해 야

기될 수 오류를 최대한 배제한 결과이다.

이와 같이 간단한 결합 전략에 의한 다중 획득 방식의 적용은 성능을 현저하게 향상시키는 효과를 보인다. 실제 상용 가능한 시스템을 구성할 경우, 검증 시간과 검증 성능과의 trade-off를 고려하여 획득 영상의 개수를 선택하는 것이 필요하다. 본 연구실에서 개발한 시스템은 연속 3장의 획득영상을 사용하고 있다.

표 2. 획득영상 개수와 결합전략에 따른 EER

획득 개수	결합 전략			
	Max	Min	Median	Average
1장	3.15	3.15	3.15	3.15
연속 3장	<b>1.33</b>	5.06	1.78	1.78
연속 5장	0.78	6.22	1.17	1.39
연속 7장	0.39	5.00	0.94	0.94

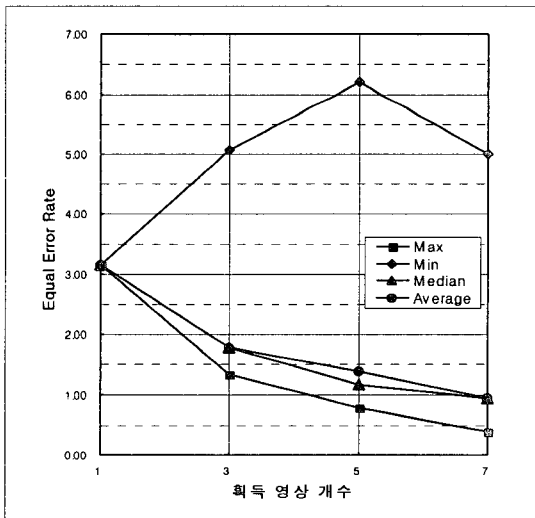


그림 3. 결합전략별 획득 영상 개수에 따른 EER 변화 추이

#### 4. 결론

본 논문에서는 얼굴이라는 단일 생체 검증 시스템에서 다중 획득 및 다중 매칭 방법이 얼굴 검증 성능 향상에 미치는 효과를 분석하였다. 주성분 분석을 기반으로 한 평가 시스템을 구축하였으며, 대용량 데이터베이스를 이용하여 실제적이고 정확한 실험이 되도록

평가 모델을 구축하였다. 실험 결과 일반 PCA기반의 유클리디안 거리를 사용한 단일 획득 및 단일 매칭 시스템(EER : 5.44) 보다 본 논문에서 구축한 다중 획득(3장) 및 다중 매칭 시스템(EER : 1.33)이 25% 가량 향상된 우수한 성능을 보였다. 실험결과에서 알 수 있듯이, 다중 획득 및 다중 매칭 방법은 실제 사용가능한 시스템 구축시 반드시 고려되어야 될 사항이다.

#### [참고문헌]

[1] N. Poh and J. Korczak, "Hybrid biometric person identification using face and voice features," Proc. Third Int. Conf. on Audio-and Video-Based Biometric Person Authentication, pp. 348-353, Halmstad, Sweden, June 2001.

[2] M. Turk, and A. Pentland, "Eigenfaces for Recognition," *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 3, no. 1, pp. 71-86, March 1991.

[3] P. J. Phillips, H. Wechsler, J. Huang, and P. Rauss, "The FERET database and evaluation procedure for face recognition," *Image and Vision Computing Journal*, vol. 16, no. 5, pp. 295-306, 1998.

[4] C.J.C. Burges, "A tutorial on support vector machines for pattern recognition," *Data Mining & Knowledge Discovery*, vol. 2, no. 2, pp. 121-167, 1998.

[5] A. K. Jain, S. Prabhakar, and S. Chen, "Combining multiple matchers for a high security fingerprint verification system," *Pattern Recognition Letters*, vol. 20, pp. 1371-1379, 1999.

[6] J. Kittler, J. Matas, K. Johnson, and M. U. Ramos Sanchez, "Combining evidence in personal identity verification systems," *Pattern Recognition Letters*, vol. 18, pp. 845-852, 1997.