

얼굴 인식 기반의 실시간 출입 관리 시스템

강봉수*, 오승근**, 박승진**, 박대희*

*고려대학교 컴퓨터정보학과

**고려대학교 컴퓨터정보학과

e-mail: {ares4you, gmo85, valkeylie, dhpark}@korea.ac.kr

A Face Recognition Based Real Time Entrance Management System

Bong-su Kang*, Seung-geun Oh**, Seung-jin Park**, Daihee Park*

*Dept of Computer & Information Science, Korea University

**Dept of Computer & Information Science, Korea University

요 약

본 논문에서는 대용량의 데이터베이스에서 실시간 얼굴 인식이 가능하며 동시에 높은 인식 정확률을 보장해야만 하는 얼굴 인식 기반 출입 관리 시스템의 요구 사항을 반영하여, 새로운 형태의 다중 클래스 SVM인 혼합 계층형 SVM을 제안한다. 제안된 시스템은 대용량의 데이터베이스에 적합한 이진트리 구조를 갖는 계층형 다중 클래스 SVM과 단일 클래스 SVM을 결합한 구조로써, 실제 출입 관리 시스템을 모의 구축하여 실험한 결과, 실시간 처리가 가능한 빠른 성능과 높은 인식률을 확인하였다.

1. 서론

최근 사무실, 주차장 또는 특수 시설물 등에 CCTV나 생체인식시스템을 설치하여 출입자의 신원을 확인하고 출입을 통제함으로써, 보안을 유지하고자 하는 출입 관리 시스템에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-2]. 특히 생체인식시스템 중 카메라를 이용한 얼굴인식시스템은 출입자에게 신체적 제한을 가하지 않으면서도 편리하게 출입 관리의 목적달성이 가능하다는 장점이 있다[3].

일반적으로 얼굴 인식을 이용한 출입 관리 시스템은 인증자의 얼굴을 인식한 후 인식된 얼굴이 시스템에 등록된 사람의 얼굴인 경우에만 출입을 허락하며, 그렇지 않을 경우에는 출입을 거부함으로써 출입을 통제한다. 이러한 얼굴 인식 기반 출입 관리 시스템은 탐지된 얼굴과 등록된 얼굴들과의 유사도를 비교하여 임계값(threshold)보다 클 경우 등록된 얼굴과 동일한 사람의 얼굴로 판정하여 출입을 허가하고 임계값보다 작을 경우 다른 등록된 얼굴과의 비교를 반복하는 방식으로 이루어진다[4].

연구 문헌 조사에 따르면 기존에는 얼굴인식의 방법으로, eigenfeature, eigenface, HMM(hidden markov model), NN(neural network) 등에 대한 연구가 활발히 진행되어져 왔지만 최근에는 기존의 방법들 보다 높은 인식률을 보장하는 SVM(support vector machine)을 적용한 연구가 증가하고 있다[5-6]. 그러나 SVM은 기본적으로 이진 클래스 분류기이므로, 출입 관리 시스템과 같은 다중 클래스 분류 문제에 적용하기 위해서는 별도의 구성방법

및 이에 따른 학습방법 등이 요구된다. 그 중 일대다 방법, 일대일-투표 방법, 그리고 일대일 토너먼트 방법과 같은 다중 클래스 분류 문제를 위한 SVM 방법론들[7-8]은 얼굴 인식에서 높은 인식률을 보장하나, 처리속도가 느리기 때문에 대용량의 데이터베이스에서 실시간으로 인식 작업을 수행해야 하는 출입 관리 시스템에는 적합하지 못하다.

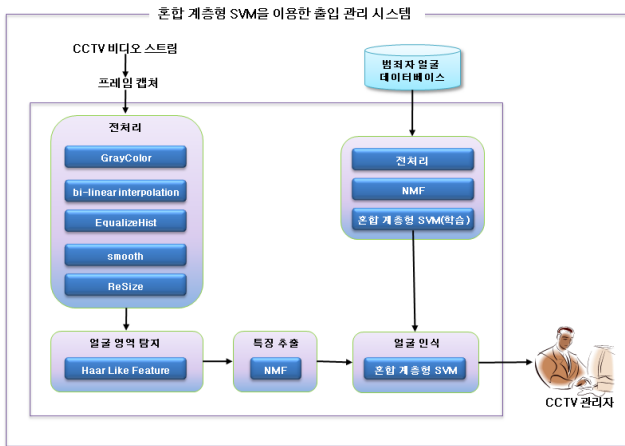
본 논문에서는 대용량의 데이터베이스에서 실시간 얼굴 인식이 가능하며 동시에 높은 인식 정확률을 보장해야만 하는 출입 관리 시스템의 요구 사항을 반영하여 새로운 형태의 다중 클래스 SVM인 혼합 계층형 SVM (HHSVM : hybrid hierarchical SVM)을 제안하고자 한다. 제안된 혼합 계층형 SVM은 대용량의 데이터베이스에 적합한 이진트리 구조를 갖는 Schwenker[9]의 계층적 다중 클래스 SVM과 단일클래스 SVM을 결합한 구조로써, k-means(k=2)알고리즘의 반복적 사용이 아닌 응집 계층형 클러스터링 알고리즘(agglomerative hierarchical clustering)을 한번만 사용하여 이진트리를 구성함으로써, 계산 시간을 절약한다. 또한, 최상위 노드에 단일 클래스 SVM(one class SVM, 즉 SVDD(support vector data description))을 배치함으로써, 범죄자 후보의 여부를 빠른 속도로 판단한다. 결국, 범죄자가 아닌 일반인에 대한 불필요한 연산을 줄임으로써 시스템의 부하를 경감하여 실시간 응용에 적합하도록 설계하였다. 또한 계층형 SVM의 단말 노드에 단일 클래스 SVM을 두어 학습되지 않은 데이터에 대하여 강제 선택 대신 새로운 데이터임을 알릴 수 있는 인증기능을 갖도록 설계하였다.

1) 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역 혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 제안하는 혼합 계층형 SVM을 이용한 출입 관리 시스템에 대하여 상세히 기술한다. 3장에서는 실험 결과 및 분석, 그리고 4장에서는 결론 및 향후연구과제에 대하여 서술한다.

2. 혼합 계층형 SVM을 이용한 출입 관리 시스템

본 논문에서 제안하는 출입 관리 시스템의 목적은 출입 관리 환경 내에서 CCTV를 통하여 범죄자 및 위험인물들을 인식하여 출입을 통제함으로써, 사건 발생의 위험을 사전에 예방하고자 한다. 본 논문에서 제안하는 혼합 계층형 SVM을 이용한 얼굴 인식 기반 출입 관리 시스템의 구조는 그림 1과 같다.



(그림 1) 혼합 계층형 SVM을 이용한 출입 관리 시스템의 구성도

본 시스템의 구성은 크게 얼굴 탐지 모듈과 얼굴 인식 모듈로 분류된다. 얼굴 탐지 모듈은 실시간으로 입력되는 영상에서 사람의 얼굴 영역을 찾아낸다. 얼굴 인식 모듈은 얼굴 탐지 모듈을 통하여 탐지된 얼굴과 데이터베이스에 저장되어 있는 범죄자 얼굴과의 비교를 통하여 사람의 신원을 인식한다.

2.1 Haar-like feature를 이용한 얼굴 탐지

얼굴 인식을 수행하기 위해서는 먼저 CCTV에서 촬영된 동영상의 프레임으로부터 얼굴 영역을 탐지해야 한다. 본 논문에서는 얼굴 탐지 방법으로 Haar-like feature 방법을 이용한다. Haar-like feature 방법은 기존의 얼굴 탐지 방법들에 비해 얼굴 탐지 속도에서 뛰어난 성능을 보인다고 평가되고 있다[10]. Haar-like feature 방법으로 탐지된 얼굴 영역은 그림 2와 같이 사각형의 형태로 표현되며, 탐지된 얼굴 영역의 이미지는 얼굴 인식 시스템의 입력 데이터로 사용된다.

2.2 얼굴 인식을 위한 특징 추출

얼굴 인식의 벡터 표현으로 NMF(non-negative matrix factorization)를 사용한다. 입력 공간의 얼굴 영상들로부터 NMF에 의해 유도된 특징 공간의 기저 벡터(basis vector)는 눈, 코, 입 등과 유사한 부분 영상 형태를 보이며, 기저 벡터의 선형 결합으로 얼굴 영상을 나타낼 수 있다. NMF에 의해 표현된 특징 값은 영상 내 객체들의 공간적(spatial) 정보를 포함하고 있으므로 이미지의 전체적인(holistic) 정보만을 포함하고 있는 SVD(singular value decomposition)나 PCA(principal component analysis)에 의한 특징 값 보다 얼굴 인식에 적합하다고 알려져 있다 [11].



(그림 2) Haar-like feature를 이용한 얼굴 탐지

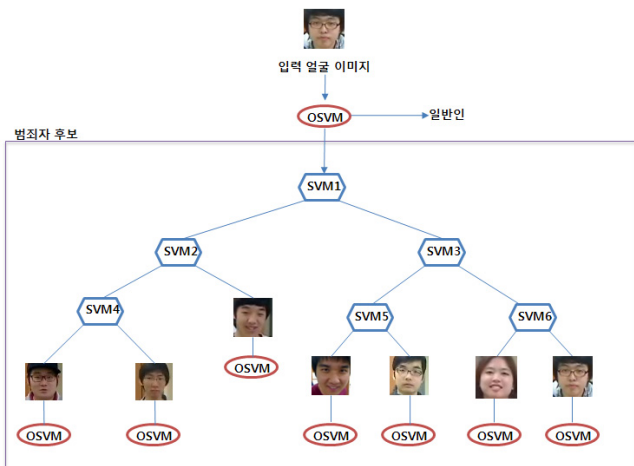
2.3 혼합 계층형 SVM을 이용한 얼굴 인식

본 논문에서는 얼굴의 빠르고 정확한 인식을 위하여 혼합 계층형 SVM (HHSVM: hybrid hierarchical SVM)을 제안한다. 제안된 알고리즘은 Schwenker[9]의 계층적 다중 클래스 SVM과 단일클래스 SVM을 결합한 구조로써, 이진트리를 응집 계층형 클러스터링 알고리즘을 이용하여 구성함으로써, 보다 빠른 시스템의 구성을 보장한다. 또한, 최상위 노드에 단일 클래스 SVM을 배치함으로써, 범죄자 후보의 여부를 빠른 속도로 판단한다. 결국, 범죄자가 아닌 일반인에 대한 불필요한 연산을 줄임으로써 시스템의 부하를 경감하여 실시간 응용에 적합하도록 설계하였다.

분류해야 할 n 개 클래스가 있을 경우, 기존의 다중 클래스 SVM에서는 최소 n 개의 분류기를 통해 분류하였으나, 계층형 SVM 모델에서는 평균 $\log_2 n$ 개의 분류기를 통해 클래스를 결정할 수 있다. 즉, 분류기가 이진트리 구조로 구성되면 매우 빠른 검색이 가능하게 된다. Schwenker[9]는 k-means($k=2$) 알고리즘을 이용하여 이진트리를 구성하였으나, 이진트리를 구성할 때 k-means 알고리즘을 매 분기마다 수행해야만 하는 불편함이 있다. 반면, 응집 계층형 클러스터링 알고리즘을 사용하면 한 번의 클러스터

링으로 이진 트리 구조를 생성할 수 있다.

이진 클래스 SVM을 이용한 분류기는 기본적으로 전체 공간을 2개의 공간으로 분할한 후 두 개의 공간 중에 더 가까운 공간 즉 클래스로 분류하므로, 학습되지 않은 새로운 클래스의 데이터에 대하여 새로운 데이터임을 알리지 못하고, 하나의 클래스로 강제 분류하게 된다. 따라서 본 논문에서는 계층형 SVM의 단말 노드에 단일 클래스 SVM을 두어 학습되지 않은 데이터에 대하여 강제 선택 대신 새로운 데이터임을 알릴 수 있는 인증기능을 갖도록 설계하였다. 그림 3은 제안된 HHSVM 구조의 예를 보여 준다.



(그림 3) 출입 관리 시스템을 위한 혼합 계층형 SVM

3. 실험 결과 및 분석

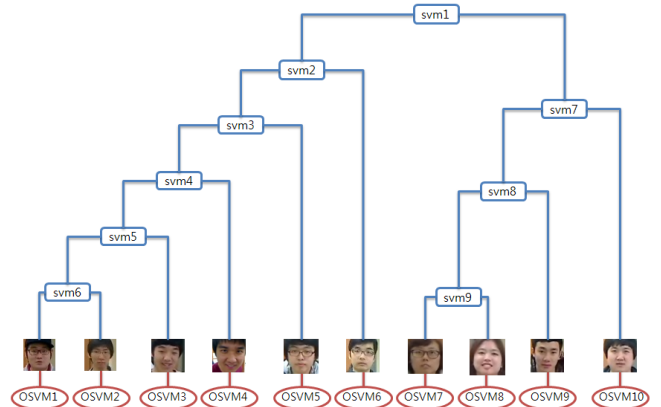
제안된 HHSVM의 성능을 실험적으로 평가하기 위하여 얼굴인식 벤치마킹 데이터로 사용되는 yalefaces[12]를 사용하였다. yalefaces는 15명의 얼굴에 1명당 11개의 얼굴 총 165개의 이미지로 이루어져 있다. 제안된 HHSVM의 분류율과 분류 속도를 측정하기 위해 기존의 3종류의 다중 클래스 SVM과 본 논문에서 제안하는 HHSVM을 사용하여 분석하였다. 하나의 클래스 당 데이터가 11개로 매우 작아 학습 데이터와 테스트 데이터로 분리하여 학습하기가 힘들다. 따라서 하나의 클래스에서 1개를 제외한 10개의 영상으로 학습을 수행한 후 제외된 1개의 영상을 테스트 데이터로 분류 실험을 한 후 오류 유무를 측정 한 후, 전체 클래스 얼굴 데이터 개수만큼 반복하여 전체 오류율을 계산하였다.

표1은 제안된 HHSVM과 기존의 3가지 다중 클래스 SVM 방법의 성능 비교를 보여준다. HHSVM은 분류율 면에서 일대일 방법보다 아주 근소한 차이로 분류율이 떨어지지만, SV(support vector)의 개수를 보면 최소 2배에서 최대 14배 정도 빠름을 알 수 있다. 따라서, HHSVM은 실시간 얼굴 인식을 위한 매우 효율적인 방법이라 할 수 있다. 또한, HHSVM은 인증 기능을 갖고 있다. 즉, 기존의 다중 클래스 SVM들은 새로운 데이터가 들어오면

그중 제일 유사도가 높은 클래스로 분류하게 된다. 따라서 학습에 참여하지 않은 새로운 얼굴 데이터들을 기존 테스트 데이터에 추가하여 실험하면, 기존의 다중 클래스 SVM들은 추가된 만큼 오분류율이 늘어나지만, 제안된 방법론은 추가되어도 분류율의 변화가 없다.

<표 1> 기존의 다중 클래스 SVM과 제안된 HHSVM의 분류율과 하나의 얼굴을 인식하기 위해 사용되는 SV의 평균 개수

	분류율 (%)	새 얼굴 10% 추가 후 분류율(%)	하나의 얼굴을 인식하기 위해 사용되는 SV의 평균 개수
일대다	96.89	88.08	418
일대일 투표	97.47	88.60	1142
일대일 토너먼트	96.90	88.09	154
HHSVM	97.42	97.42	82.7



(그림 4) 응집 계층형 클러스터링을 통한 범죄자 얼굴의 트리구조

본 논문에서는 자체 데이터베이스인 KUFace를 제작하였으며, 캠퍼스 내에 출입 관리 시스템을 모의 구축하여 성능평가를 수행하였다. KUFace 데이터베이스를 구축하기 위한 감시 카메라 환경은 조명이 일정한 실내 환경이며, 카메라는 원거리에 설치하여 감시 영상을 수집하였다. 그리고 수집된 감시 영상으로부터 얼굴 영역만을 추출하여 KUFace 데이터베이스를 구축하였다. KUFace 데이터베이스는 범죄자 후보를 10명으로 설정하고 1명당 50개의 얼굴 총 500개의 이미지로 구성하였으며, 그 중 1명당 40개의 얼굴을 학습 데이터로 사용하였고 나머지 10개의 얼굴을 테스트 데이터로 사용하였다. 원거리 영상의 수집으로 인해 얼굴 영역의 사이즈는 40x40크기로 생성되었지만 벤치마킹 데이터인 yalefaces와 동일한 실험환경을 위해 112x92의 이미지 사이즈로 확장하였다. 따라서 이미지의

입력 공간은 10304차원이 된다. 이를 NMF를 통해 120차원으로 축소하였다. 그리고 최종 10명의 범죄자 후보들에 대한 혼합 계층형 SVM은 계층형 클러스터링을 통해 그림 4와 같은 트리 구조로 구성하였다.

출입관리 시스템의 성능 평가 실험을 수행한 결과 SV의 개수가 98.2개로 실시간 처리가 가능할 뿐만 아니라 범죄자의 얼굴인식률도 96.7%의 높은 성능을 보였다. 또한 최상위 노드의 단일 클래스 SVM은 91%의 성능으로 일반인과 범죄자 후보를 초기에 판단할 수 있었으며, 최상위 노드의 단일 클래스 SVM에서 오분류 되어진 일반인은 단말 노드의 각 단일 클래스 SVM을 통해 인증과정을 거쳐 오분류가 방지되었다.

제안된 출입 관리 시스템의 사용자 인터페이스는 그림 5와 같다. CCTV관리자는 실시간으로 입력되는 원영상과 탐지된 얼굴 영역을 확인할 수 있는 영상을 볼 수 있다. 또한 사용자 인터페이스의 오른쪽 상단의 이미지를 통하여 탐지된 얼굴의 확대된 모습과 KUFace에서 인식된 사람의 대표 얼굴을 확인할 수 있다. 이와 동시에 오른쪽 하단에 인식된 사람의 이름 및 개인정보를 보여줌으로써, 관리자에게 위험 상황을 인지할 수 있도록 구성하였다.



(그림 5) 출입 관리 시스템을 위한 사용자 인터페이스

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 혼합 계층형 SVM을 이용한 얼굴 인식을 수행함으로써 보다 빠르게 위험인물을 인식하고 보안성 높은 출입 관리 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템의 얼굴 인식은 Haar-like feature 방법을 이용하여 실시간 인식이 가능하도록 하였으며, NMF 특징 추출 방법을 적용하여 저해상도의 감시 영상 얼굴 데이터에서도 높은 인식률을 보장하였다. 실제 출입 관리 시스템을 모의 구축하여 실험한 결과, 실시간 처리가 가능한 빠른 성능과 높은 인식률을 확인하였다.

향후 연구과제로는 개인 정보 보호를 위한 서버일런스

동영상에서의 부분 암호화 및 비정상 행동 탐지 등에 대한 연구를 수행하고자 한다.

참고문헌

- [1] 장운석, "출입통제 시스템을 위한 다중생체인식 기술," 석사학위논문, 중앙대학교, 2002.
- [2] 홍승필, 김재현, "다단계 사용자 신분확인 메커니즘 설계와 구현 방안 - 출입통제 시스템 사례 중심으로," 인터넷정보학회논문지, 제7권 제2호, pp. 161-172, 2006.
- [3] 임혜연, 김대일, 강대성, "출입 관리 시스템 개발을 위한 optical flow와 해마 신경망 알고리즘에 관한 연구," 한국정보기술학회논문지, 제6권 제6호, pp. 174-179, 2008.
- [4] 김상훈, 정선태, 정수환, 전승선, 조성원, "SVM 기반 출입통제용 얼굴 인증," 대한전자공학회 하계종합학술대회, 제30권 제1호, pp. 523-524, 2007.
- [5] A. S. Tolba, A. H. El-Baz, and A. A. El-Harby, "Face Recognition: a Literature Review," International Journal of Signal Processing, vol. 2, no. 2, pp. 88-103, 2006.
- [6] 치엔정천, 안명수, 김장희, 강대성, "PCA/SVM을 이용한 얼굴 인식에 대한 연구," 한국정보기술학회 하계학술대회, pp. 287-292, 2009.
- [7] Z. Lihong, S. Ying, Z. Yushi, Z. Cheng, and Z. Yi, "Face Recognition Based on Multi-class SVM," Control and Decision Conference, pp. 5871-5873, 2009.
- [8] D. Lin and D. Pan, "Integrating a Mixed-feature Model and Multiclass Support Vector Machine for Facial Expression Recognition," Integrated Computer-Aided Engineering, vol. 16, no. 1, pp. 61-74, 2009.
- [9] F. Schwenker, "Hierarchical Support Vector Machines for Multi-class Pattern Recognition," Fourth International Conference on Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems and Allied Technologies, vol. 2, pp. 561-565, 2000.
- [10] 정중교, 박상성, 장동식, "피부색과 Haar-like feature를 이용한 실시간 얼굴 검출," 한국컴퓨터 정보학회 논문지, 제10권 24호, pp. 103-111, 2005.
- [11] X. Sun, Q. Zhang, and Z. Wang, "Face Recognition based on NMF and SVM," Electronic Commerce and Security, vol. 1, pp. 616-619, 2009.
- [12] <http://cvc.yale.edu/projects/yalefaces/yalefaces.html/>