

얼굴 인식 기반의 범죄 용의자 탐지 및 식별 시스템

이종욱* 강봉수** 이한성*** 박대희**

*고려대학교 전산학과

**고려대학교 컴퓨터정보학과

***한국전자통신연구원 휴먼인식기술연구팀

{eastwest9, ares4you}@korea.ac.kr, mohan@etri.re.kr, dhpark@korea.ac.kr

A Face Recognition Based Suspected Criminal Detection and Identification System

Jong-Uk Lee*, Bong-Su Kang**, Han-Sung Lee***, Dae-Hee Park**

*Dept. of Computer Science, Korea University

**Dept. of Computer and Information Science, Korea University

*** Electronics and Telecommunications Research Institute, Korea

요 약

본 논문에서는 CCTV 감시 영상에서 취득한 얼굴 이미지를 이용하여, 범죄자 감시목록에 등록된 범죄 용의자를 탐지·식별하는 시스템을 설계 및 구현하였다. 특히 본 논문에서 제안한 SVDD와 SRC를 혼합한 계층적 구조의 범죄 용의자 식별 모듈은 다음과 같은 특성을 갖는다: 1) 먼저 SVDD를 이용하여 범죄 용의자만을 빠르게 인식함으로써, 일반인에 대한 불필요한 범죄자 식별 연산을 수행하지 않는다; 2) 다양한 식별 성능을 저해하는 환경에서도 이미 강한 성능이 검증된 SRC를 범죄 용의자 식별 과정에 적용함으로써 안정적이고 정확한 식별 시스템을 보장한다; 3) 동일 생체 특징의 반복적 사용을 통한 다수결 투표전략을 취함으로써 시스템의 신뢰도를 보장한다; 4) 점증적 갱신의 학습 능력으로 인하여 범죄 용의자 감시목록 데이터베이스의 변화에도 능동적으로 적응한다. 실제 KUFDB(Korea University Face Database)를 자체 제작하고 캠퍼스 내에서 CCTV 환경의 얼굴 인식 기반 범죄 용의자 탐지 및 식별 시스템 환경을 모의 구축하여 실험적으로 제안된 시스템의 성능을 검증한다.

1. 서 론

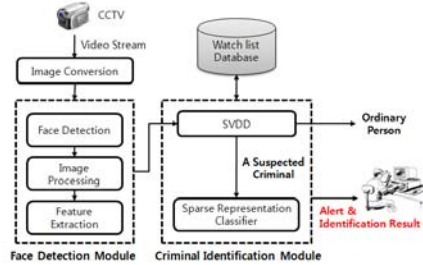
지난 2001년 발생한 9.11 테러 사태는 미국을 중심으로 세계 각국이 개인 및 공공의 안전을 위하여 보다 강화된 국토보안(homeland security) 기술의 개발에 많은 투자를 하게 되는 계기가 되었으며, 이와 더불어 영상 감시에 대한 수요가 급속하게 증가하고 있다[1]. 전통적인 CCTV 영상 감시 기술은 카메라를 통하여 획득한 영상을 모니터를 이용하여 사람이 직접 보안상황을 감시하거나 DVR(Digital Video Recorder) 등으로 저장한 후 사후에 저장된 영상을 검색하여 적절한 대응을 하는 다소 수동적인 물리적 보안 시스템을 의미한다. 그러나 이러한 영상 감시 시스템은 급속한 CCTV 카메라의 보급에 따른 사람에 의한 직접감시 및 분석의 한계, 사후처리가 아닌 실시간 감시 시스템에 대한 요구 증대 등에 따라 보다 효율적인 영상처리 및 분석 방법을 지원하는 영상 감시 시스템을 요구하고 있다[1].

본 논문에서는 감시 영상으로부터 얼굴 탐지 및 인식 기술을 이용하여 범죄 또는 테러 용의자가 범죄를 저지르기 이전에 먼저 용의자를 탐지·인식하고 검거함으로써 범죄를 사전에 예방할 수 있는 보다 적극적인 의미의 영상 감시 시스템을 연구 대상으로 하며, 얼굴 인식 기반의 범죄 용의자 탐지 및 식별 시스템을 출입관리 시스템의 부 시스템 혹은 얼굴 인식 연구의 한 아류 연구가 아닌 독립된 연구 대상으로 설정하고 학술적 관점 및 시스템적 관점을 모두 고려하여 시스템을 설계 및 구현하고자 한다. 먼저, 본 논문에서는 다음과 같이 얼굴 인식 기반의 범죄 용의자 식별 시스템이 가져야만 하는 4가지 시스템 요구사항들을 설정하고 이를 모두 만족하는 차원에서 새로운 시스템을 제안한다: 1) 신속한 범죄 용의자 인식 및 계산비용의 절감; 2) 조명 및 표정의 변화, 변장 등에도 강한 얼굴 인식을 보장하는 범죄 용의자 식별; 3) 대용량의 데이터베이스에서 실시간 얼굴 인식이 가능하며 동시에 높은 인식 정확률을 보장하는 안정적인 범죄 용의자 식별; 4) 범죄 용의자 감시목록 데이터베이스의 변화에도 능동적으로 적응하는 점증적 갱신(incremental updating)의 학습 능력. 제안된 시스템은 크게 얼굴 탐지 모듈과 범죄 용의자 식별 모듈로 구성되며, 본 논문에서는 범죄 용의자 식별 모듈을 중심으로 기술하고자 한다.

2. CCTV 기반의 범죄 용의자 탐지 및 식별시스템 구조

얼굴 인식 기반의 범죄 용의자 탐지 및 식별 시스템은 크게 얼굴 탐지 모듈과 범죄 용의자 식별 모듈로 구성되며, 다음과 같은 절차로 수행된다. 1) 특정 지역 감시를 위해 설치된 CCTV에서 영상을 취득한다; 2) 취득한 영상을 이미지로 변환한다; 3) 얼굴 탐지 모듈에서 감시 영상에 사람이 포착되면 얼굴 부분을 탐지하고 얼굴 인식을 위하여 이미지를 특징 벡터로 변환한다; 4) 범죄자 식별 모듈에서는 탐지한 얼굴 정보의 범죄 용의자 여부를 판별한다. 특히, 범죄 용의자 식별 모듈의 내부 구성은 다음과 같이 SVDD(Support Vector Data Description)[2]와

SRC(Sparse Representation Classifier)[3]를 계층적으로 구성한 구조로써, 첫 번째 계층의 SVDD는 탐지된 얼굴 이미지가 범죄자 감시목록 데이터베이스(watch list database)에 등록되어 있는지를 빠르게 판단하여, 감시 영상에서 범죄 용의자가 탐지되었다면 이를 관리자에게 통보한다. 두 번째 계층의 SRC는 이미 얼굴 인식 분야에서 그 성능이 검증된 강건한 얼굴 인식 알고리즘으로써, 본 시스템에서는 범죄자 감시목록에 등록된 범죄 용의자의 신원을 강건하게 식별하여 그 결과를 관리자에게 보고한다.



(그림 1) 범죄 용의자 탐지 및 식별 시스템의 구조

3. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 제안한 CCTV 환경의 범죄 용의자 얼굴 식별 시스템을 평가하기 위하여, KUFDB(Korea University Face Database)를 자체 제작하여 캠퍼스 내에서 모의 범죄 용의자 탐지 및 식별 시스템 환경을 구축하였다. 총 28명, 각 30장의 컬러 이미지로 구성되어 있으며, 실험을 위해 흑백 이미지로 변환하고 90×90의 크기로 조정한 후, 노름(norm)이 1인 단위 벡터로 정규화 하였다.



(그림 2) KUFDB 샘플 이미지들

첫 번째 실험은 SVDD의 범죄 용의자 인식 성능을 확인한다. 먼저, 범죄 용의자 10명, 각 15장, 총 150장의 얼굴 이미지로 범죄 용의자 단일 클래스 SVDD를 학습 시킨다. 학습에 사용하지 않은 범죄자 10명의 얼굴 이미지와, 일반인 18명의 이미지로 각 3장으로 테스트 데이터 셋을 만들어 실험하였다. 실험 결과 95.2%의 인식률을 보였다. 본 실험에서는 범죄 용의자 한 명의 얼굴 이미지 3장이 연속적으로 평가되며, 범죄자를 일반인으로 분류한 경우를 확인한 결과 범죄 용의자 1장의 이미지는 일반인으로 오분류 되었으나, 나머지 2장은 모두 범죄 용의자로 인식되었다. 결국, 본 시스템의 이미지당 인식률은 95.2%이나, 사람 당 인식률은 100%인 안정성을 보장하는 시스템임을 실험적으로 확인하였다. 두 번째 실험은 범죄 용의자로 인식된 얼굴 이미지를 SRC를 이용해 범죄자의 신원을 식별하는 실험이다. KUFDB 데이터 28개의 클래스에서 식별을 위해 두 가지 데이터 셋을 구성하였다: 1) 얼굴 당 10장을 학습 데이터, 학습에 사용되지 않은 나머지 10장은 테스트 데이터; 2) 얼굴 당 15장 학습 데이터, 나머지 15장을 테스트 데이터. 표 1은 PCA, SVM과 SRC의 얼굴 식별 성능을 비교한 내용이다. 실험 결과 SRC는 다른 얼굴 식별 알고리즘에 비해 99.4%, 99.5%의 높은 얼굴 식별률을 기록하였다.

(표 1) KUFDB를 이용한 얼굴 식별 방법 성능 비교

Method	PCA	SVM	SRC	
Feature vector	PCA	NMF	Converting image to column vector	
One person per Training/Test images	10/10	15/15	10/10	15/15
Identification rate	97.1%	97.2%	99.4%	99.5%

4. 결론

본 논문에서는 CCTV 감시 영상에서 취득한 얼굴 이미지를 이용하여, 범죄자 감시목록에 등록된 범죄 용의자를 탐지·식별하는 시스템을 설계 및 구현하였으며, 안정성과 높은 성능을 보임을 실험을 통해 확인하였다.

참고문헌

[1] J. H. Yu, K. Y. Mun, H. S. Jo, "Trends in Intelligent Video Surveillance," *Trend and Analysis in Electronics and Telecommunications*, vol. 23, no. 4, pp. 80-88, 2008. (in Korean)
 [2] J. Y. Song, H. S. Lee, Y. H. Im, D. H. Park, "Real-time Face Detection System using Cascade structure and SVDD," *proc. of KIISE Korea Computer Congress*, pp.763-765, 2005. (in Korean)
 [3] J. Wright, A. Y. Yang, A. Ganesh, S. S. Sastry, M. Yi, "Robust Face Recognition via Sparse Representation," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 31, no. 2, pp. 210-227, 2009.