

실시간 범죄 모니터링을 위한 CCTV 협업 추적시스템 개발 연구

최우철, 나준엽*

한국건설기술연구원 미래융합연구본부

Development of CCTV Cooperation Tracking System for Real-Time Crime Monitoring

Woo-Chul Choi, Joon-Yeop Na*

Department of Future Technology and Convergence Research, KICT

요약 본 논문에서는 CCTV를 통해 실시간 범죄에 대응할 수 있도록 CCTV 카메라 간 협업이 가능한 기술과 이를 활용한 실시간 범죄대응 서비스에 대해 연구하였다. 본 연구에서 개발하고자 하는 CCTV 협업 기술은 한 곳의 CCTV에서 추출된 이동 객체(용의자)가 범위를 벗어나 다른 CCTV로 이동했을 때 객체의 유사도 정보를 관제자에게 전달하여 선택된 객체를 추적하는 프로그램 모델이다. 일련의 유사도 정보 획득 과정은 객체 감지(object detection), 사전 분류(pre-classification), 특징 추출(feature extraction), 분류(classification)의 4단계의 프로세스로 진행된다. 이는 주로 사후처리용으로 사용되던 CCTV 모니터링을 긴박한 실시간 범죄에 대응하도록 개선시켜 범죄발생 초기대응 체계를 강화할 수 있다. 또한 관제요원의 모니터링에만 의존하는 CCTV 관제시스템을 부분 자동화하여 지자체 관제센터 운영 효율성을 증대시킬 수 있다. 해당 기술 및 서비스는 안양시 테스트베드에 구축하여 시범운영할 예정으로, 서비스가 안정화가 되면 전국 지자체에 확산하여 상용화가 될 것으로 예상된다. 향후 CCTV 협업 뿐 아니라 실시간 개인 정밀위치결정, 스마트폰 연계 등 통합 방법서비스 연구가 진행되어 시민들이 보다 안전한 생활을 영위할 수 있기를 기대한다.

Abstract Typically, closed-circuit television (CCTV) monitoring is mainly used for post-processes (i.e. to provide evidence after an incident has occurred), but by using a streaming video feed, machine-based learning, and advanced image recognition techniques, current technology can be extended to respond to crimes or reports of missing persons in real time. The multi-CCTV cooperation technique developed in this study is a program model that delivers similarity information about a suspect (or moving object) extracted via CCTV at one location and sent to a monitoring agent to track the selected suspect or object when he, she, or it moves out of range to another CCTV camera. To improve the operating efficiency of local government CCTV control centers, we describe here the partial automation of a CCTV control system that currently relies upon monitoring by human agents. We envisage an integrated crime prevention service, which incorporates the cooperative CCTV network suggested in this study and that can easily be experienced by citizens in ways such as determining a precise individual location in real time and providing a crime prevention service linked to smartphones and/or crime prevention/safety information.

Keywords : Real-Time Crime Monitoring, CCTV Cooperative Tracking, Crime Prevention Service, Smart CCTV, Integrated Control System

본 논문은 한국건설기술연구원의 연구비 지원(20190542-001)에 의해 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Joon-Yeop Na(KICT)

email: naz@kict.re.kr

Received September 25, 2019

Revised November 7, 2019

Accepted December 6, 2019

Published December 31, 2019

1. 서론

최근 살인, 성범죄, 강도, 방화 등 4대 강력범죄와 폭행 및 절도, 미아 및 실종자 수색과 같은 방법분야에 대한 국민적 이목이 쏠리면서 CCTV, 측위, 센서 등 방법기술에 대한 관심 역시 높아지고 있다. 이 중 직접적으로 사건·사고의 핵심 증거영상을 제공하는 CCTV는 날이 갈수록 그 중요성이 크게 부각되고 있다. 이에 각 지자체는 통합관제센터를 설립하여 CCTV를 관제하고 있으며, 개수를 늘려 사각지대를 최소화 시키는 등 다양한 노력을 기울이고 있다. 하지만 현재까지의 CCTV 분석은 이미 지나간 사건·사고의 과거 영상을 되돌려보는 사후 증빙 자료로 활용될 뿐이었다. 또한 실시간 범죄에 대응하더라도 관제요원의 모니터링에만 의존하고 있으며 관제요원 1인당 모니터링 대수가 지자체 평균 100대가 넘어가는 등 운영 효율성이 매우 낮다. 초기대응 체계 미흡에 따라 사건·사고의 골든타임을 놓치거나 용의자 추적에 실패하는 등 바람직하지 않은 결과로 사건이 종결되는 경우가 빈번하였다. 지자체에서는 지능형 CCTV, 원격제어 및 투망감시 등의 지능형 방법체계를 도입하고 있지만, 현재까지 기술개발의 한계와 관제요원 부족 등에 따라 CCTV를 활용한 실시간 범죄대응은 거의 이뤄지지 않는 실정이다.

이에 본 연구는 한 곳의 CCTV에서 추출된 이동 객체(용의자)가 범위를 벗어나 다른 CCTV로 이동했을 때 해당 객체에 대한 유사도 정보를 관제자에게 전달하여 선택된 객체를 협업 추적하는 기술 실증연구와 실시간 범죄대응 서비스 방안을 제시한다. 이를 위해 2장에서는 연구 분야인 지능형 방법 연구 및 이미지 분류에 대한 방법론적 선행연구와 국내외 방법서비스 현황을 살펴본다. 3장에서는 연구 방법 검토를 통한 연구모형 설정, 연구 프로세스, 데이터 수집방법 등 실증분석에 앞서 모델링 설정 연구를 수행한다. 4장에서는 객체 감지, 사진 분류, 특징 추출, 분류 등 연구프로세스별 CCTV 협업기술 실증분석 및 실증결과를 통해 서비스 방안을 제시한다. 마지막 5장에서는 본 연구를 통해 예상되는 기대효과 및 향후 필요 연구를 제안하여 범죄예방을 위한 연구 방향성을 제시하고자 한다.

2. 관련 연구 고찰

2.1 선행 연구

현재 CCTV 관련 방법 기술개발은 민간 분야에서 활발하게 이뤄지고 있으나, 공공 분야에서의 연구 및 학문적 접근을 통해 서비스가 제공되는 경우는 극히 드물다. 지자체에서는 개별 CCTV기술을 부분 활용할 뿐 통합운영관리 측면이 고려되지 않고 있다. 최근 들어 통합운영 측면이 고려된 지능형 방법 실증지구(Crime-Zero Zone) 조성을 위하여 방법 관련 기술 및 시스템의 우선순위와 기관별 연계 고려사항을 제시한 연구가 진행되었다. 총 15개의 방법기술 항목 중 CCTV 협업이 2순위, 지능형 영상분석이 3순위를 차지하는 등 CCTV 관련 기술의 중요도가 높게 나타남을 알 수 있었다[1]. 또한 지능형 방법서비스 기능과 서비스 평가 기준 및 우선순위를 도출한 사용자 서비스 측면에서의 모바일 어플리케이션 구현방안 연구가 진행되었다[2]. 또 다른 연구로 긴급상황 시 스마트 기기를 이용하여 신고하면, 자신의 위치정보를 전달하여 주변의 CCTV를 통해 모니터링 하는 응급상황 신고서비스를 제시하였다[3]. 하지만 해당 서비스들은 신고자가 스마트폰 어플리케이션을 통해 신고를 요청해야 하므로 적용대상이 제한적이다. 지능형 CCTV 관련한 연구들을 살펴보면, IoT(Internet of Things) 기반의 스마트 CCTV 방법 서비스를 제안한 연구는 RC(Radio Control) Car에 장착된 카메라를 통한 관제 시스템임에 따라 시설물 관리에 적합한 서비스이다[4]. CCTV 지능형 영상분석시스템에 대한 서비스모델을 제시한 연구의 경우 실증연구는 포함하지 않은 한계가 있었다[5]. 마지막으로 CCTV 영상정보를 기반으로 실시간 위기대응 시스템을 제시한 연구는 범죄보다는 재난재해 타깃으로 방법분야와는 다소 동떨어져 있다[6]. 본 연구는 실시간 범죄상황시 CCTV협업을 통해 용의자 객체를 추적하는 서비스모델을 기술적 이론 및 실증분석을 통해 제시하여 선행연구와의 차별성을 갖도록 한다.

연구 방법론적으로 이미지 분류를 위한 최근 연구동향을 살펴보면, 해외에서는 D.Madroñal가 많은 핵심 아키텍처에서의 SVM(Support Vector Machine, 이하 SVM) 기반 실시간 하이퍼 스펙트럴 이미지 분류 연구를 수행하였다[7]. 국내에서는 머신러닝 모델링 기반의 위성 영상 데이터 전처리 자동화 시스템 설계 및 구현 연구가 진행되었다[8]. 해당 연구들은 최근 5년 동안 급속도로 발전한 머신러닝 기법을 활용하여 이미지분류를 연구한 논문들이다. 본 연구 역시 해당 학습알고리즘을 활용하여 이전 분류작업보다 높은 정확도를 구현하고자 한다.

2.2 국내외 방법서비스 현황

한국의 방법 서비스 현황을 살펴보면 2016년 12월 기준 190개소 지자체의 통합관제센터가 구축 운영되고 있으며, 행정안전부는 2019년까지 전국 229개 모든 자치단체에 설치한다는 목표를 갖고 있다. 2018년 경기도 국정감사자료를 살펴보면, 관제요원 1인당 모니터링 CCTV 평균 개수가 363대로, 행정안전부의 '지방자치단체 영상정보처리기기 통합관제센터 구축 및 운영규정'의 1인당 모니터링 적정대수 50대인 것에 비해 7배 이상 높게 나타나고 있다. 이는 범죄상황 발생 시 적절치 못한 초기대응으로 인해 골든타임을 놓치거나, 관제요원들의 업무가 가중되는 등의 여러 문제가 발생하는 큰 원인이다. 최근 들어 국토교통부에서 스마트시티 통합플랫폼 보급사업을 추진 중에 있으나, 방법분야의 서비스는 지자체 사건사고 이벤트 및 영상정보를 112, 119 센터로 연결하는 수준으로 직접적인 범죄 진압과 실시간 현장대응에 대한 기대는 충족시키지 못하고 있다[9].

해외의 방법 관련 선진사례를 살펴보면 미국의 경우 뉴욕 경찰청이 마이크로소프트와 공동 개발한 실시간 범죄감시 통합시스템인 DAS(Domain Awareness System, 이하 DAS)를 2012년부터 뉴욕시에 적용하여 운영 중에 있다. DAS는 3,000대의 CCTV, 수백여대의 차량번호판 인식 카메라 등으로부터 받아들인 정보와 경찰정보 DB와 연동하여 실시간으로 상황정보 및 수개월간의 과거정보를 시계열로 심층 추적·분석하여 범죄에 대한 즉각적인 대응 및 감시역할을 수행하고 있다. LA시에서는 사회과학자들과 수학자들이 개발한 빅데이터 기반의 범죄예측시스템(PredPol: Predictive Policing)을 구축하여 목표한 지역에 실시간으로 범죄예측정보를 경찰에게 제공하고 있다. 이밖에 플로리다 범죄발생 예측 소프트웨어인 헌치랩(Hunchlab), 시카고의 스마트 데이터 플랫폼(Smart Data Platform) 등 미국에서는 범죄예측과 관련된 분석시스템 기술이 고도화되어 실질적 범죄대응 및 해결에 이용되고 있다[2]. 해외선진사례와 같이 국내에서도 도시 전역(또는 지자체 단위)을 지능화된 방법서비스를 운영하기 위한 관제시스템 도입이 필요할 것으로 보인다.

3. 연구 방법 및 모형 설정

3.1 연구 방법론

실시간 범죄대응 및 관제기능의 효율성 제고를 위해 사건·사고의 핵심 역할을 수행하는 CCTV를 활용한 지능

형 방법서비스를 제시하고자 한다. 기존 사후처리용으로만 활용되며 긴박한 범죄상황에 대응하지 못하는 CCTV 관제시스템의 단점을 보완하고자, CCTV간 이동하는 용의자를 추적·관제하는 실시간 대응시스템인 CCTV협업 기술을 연구·개발한다. CCTV 협업기술은 용의자 객체에 대한 다양한 속성정보를 수집한 뒤, 영상처리 및 머신러닝 기법을 활용하여 다른 객체간 유사도 분석을 통해 실시간 이동경로를 추적한다. 해당 기술을 통해 지자체에서 상용화 가능한 방법 서비스모형을 함께 제시하도록 한다.

3.2 연구모형 설정

본 연구에서 개발하고자 하는 CCTV 협업 기술은 한 곳의 CCTV에서 추출된 용의자(이동 객체)가 범위를 벗어나 다른 CCTV로 이동했을 때 용의자 객체에 대한 유사도 정보를 관제자에게 전달하여 선택된 용의자를 추적하는 프로그램 모델이다. 현재 몇몇 지자체에서 이와 유사한 지능형 CCTV 및 투망감시체계를 도입하고 있으나 오탐이 빈번하고, 과도한 시스템 구축비용으로 인하여 지자체 확산이 이뤄지지 않고 있다. 본 CCTV 협업 기술은 객체추적을 위한 정량적 정보를 제공하므로 직관적이고 효율적인 객체 추적이 가능하다. 또한 추적관제 서버 프로그램 및 협업 프로그램 등의 소프트웨어를 통합운영시스템에 연계하여 구축·운영되므로 설치비용이 저렴하여 실용 가능성이 높다.

연구이론적으로 살펴보면, 기존 이미지 분류는 이미지 특징 벡터(Image Feature Vector)를 통해 이미지를 수치화하였다. 이를 위해 Color Histograms, Local Binary Patterns(LBP), Histogram of Oriented Gradients(HOG) 등의 방법이 사용되었다. 하지만 이런 알고리즘들은 분류자의 데이터 속성에 따라 정확도가 크게 달라질 수 있으며, 모델 최적화를 하더라도 성능이 많이 떨어진다. 이를 보완하기 위해 최근 머신러닝 기술이 연구되고 있다. 본 연구는 Pre-Classification based kNN, Data Augmentation, SVM(Support Vector Machine) based PCA(Principal Component Analysis) 등의 머신러닝 기술들을 융복합화하여 범죄자 추적에 활용하는 방안을 제시하고자 한다.

3.3 연구 프로세스

본 연구에서 용의자 객체에 대한 유사도 정보를 획득하고자 영상처리 및 머신러닝 기법을 사용하였다. 일련의 유사도 정보 획득 과정은 Fig.1에서 보는 바와 같이 객체

감지(object detection), 사전 분류(pre-classification), 특징 추출(feature extraction), 분류(classification)의 4단계의 프로세스로 진행한다.

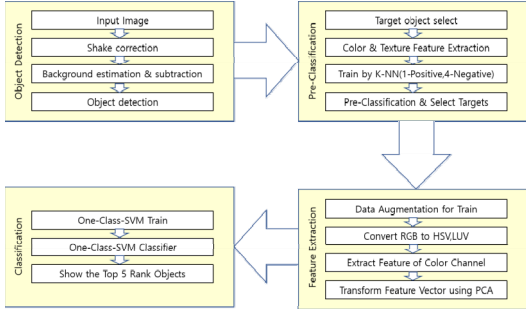


Fig 1. Architecture of the proposed similar object classification approach

3.4 데이터 수집방법

본 연구는 경기도 안양시의 CCTV 관제센터 영상을 기반으로 데이터를 수집하였다. 연구진은 안양시청과 Data 활용에 대한 지원 협약을 체결하여 CCTV 영상을 연구에 활용할 수 있었다. 해당지역의 CCTV 15개소에서 수집되는 영상을 관제센터 내 설치한 추적관제시스템을 통해 실증분석하였다.

소프트웨어의 경우 서비스 연계 및 상호호환성을 고려하여 오픈소스 기반으로 구성하였다. 일반적인 데이터는 Rest 기반 JSON(JavaScript Object Notation)을 활용하였으며, 프로그램 실행환경은 .NET Framework과 Window를 기반으로 한다. PostgreSQL을 사용하여 데이터를 저장하고, 지도는 웹서버인 IIS와 한국의 공공 지도서비스인 V-world를 활용하였다. 머신러닝은 Halcon Runtime을 활용하였다.

4. CCTV 협업기술 실증분석

4.1 객체 감지(object detection)

객체 감지는 영상 이미지 안에서 움직이는 사람에 해당하는 객체를 검출하는 것을 말하며, input image, shake correction, background estimation & subtraction, Object detection의 순서로 진행 된다.

4.1.1 Input Image

기존 통합관제센터의 VMS(Video Management

System, 이하 VMS)를 통해 객체추적이 필요한 Streaming 영상을 지능형 방법 추적관제 프로그램에 입력시킨다. 2MB(1920*1080) CCTV camera streaming 영상을 24fps의 속도로 받는 것이 준수한 영상 획득을 위한 최적의 조건이다. 이는 Fig. 2와 같다.

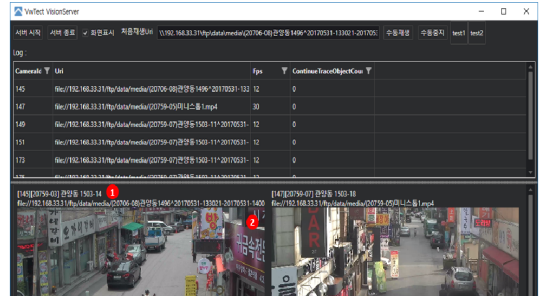


Fig. 2. Visionserver's main screen streaming playback

4.1.2 Shake Correction

CCTV 카메라는 일반적으로 4~5m 높이의 pole에 설치를 한다. 또한 보고자 하는 방향에 따라 바를 1~3m를 추가로 연결하여 그 위에 설치하는 경우가 대부분이다. 이러한 형태의 설치 시 바람에 강도에 따라 카메라 영상의 흔들림이 심하게 차이가 난다. 영상의 흔들림은 영상 간 객체 인식에 있어서 오류값을 나타나게 하는 원인 중 하나가 된다[10]. 흔들림 보정은 하나의 기준 영상에서 local feature template을 생성하고 해당 template의 변환된 정도를 분석하여 보정하여 준다. 이는 Fig. 3와 같다.

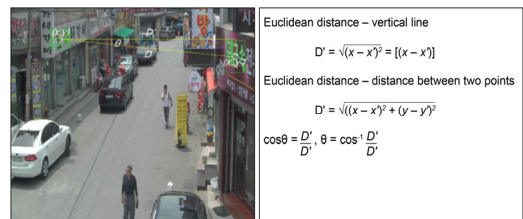


Fig. 3. Local feature-based shake correction

4.1.3 Background Estimation & Subtraction

객체 인식(Object Detection)을 위해서 본 연구에서는 background subtraction을 이용한 객체 추출을 수행하였다. Background subtraction을 수행하기 위하여 먼저 background estimation을 해야 한다. 배경 만 포함하는 이미지 계산은 연속된 선행 이미지의 평균화로

구할 수 있다. 순간 t 에서 배경 이미지를 계산하기 위한 식은 Eq. 1과 같다.

$$B(x,y,t) = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} I(x,y,t-i) \quad (1)$$

여기서 n 은 평균화를 위해 취한 선행 이미지의 수이며, 평균화는 주어진 이미지 픽셀에서의 평균화를 의미한다. n 은 영상의 속도 및 영상 내 객체의 움직임 양에 따라 결정된다. 본 연구의 실증 대상 구역이 차도가 아닌 일반 인도를 기준으로 적용된다. 그러므로 위의 방법에서 문제시 되는 느린 객체에 대한 문제는 초당 2장의 영상을 누적하고 60초 120장의 영상을 평균화 하여 배경 이미지를 획득하므로 느린 객체로 인한 배경화 문제를 해결한다. 또한, 메모리 문제에서도 일시적으로 500MB 이하의 영상을 저장 후 처리 되므로 해결된다. 배경이미지 획득은 주기적인 스케줄을 가지고 병렬로 처리되어 업데이트 된다.

4.1.4 Object detection

획득된 배경이미지 와 현재이미지간의 차연산을 통해서 움직이는 객체를 추출한다. 추출된 객체는 사람, 차량, 자전거 등 고정된 객체를 제외한 모든 객체를 추출한다. 추출된 객체들로부터 사람의 형태와 유사한 객체만을 따로 분류 한다. 이때 중형비를 이용하며, 가로/세로의 비가 0.25~0.428의 범위 객체를 사람이라 지정하여 분류한다. 분류된 객체는 100~200개를 한정지어 저장하게 된다.

4.2 사전 분류(pre-classification)

추출된 객체들 중 추적하고자 하는 객체를 선택하고 선택된 객체의 색상 및 표면 정보를 추출하여 선 학습하여 1차 분류를 수행한다.

4.2.1 Target object select

현재 화면에서 추적하고자 하는 대상을 선택한다. 선택된 대상은 positive target, 비 선택된 사람 객체들은 negative target 객체로 지정된다. 이는 Fig. 4와 같다.

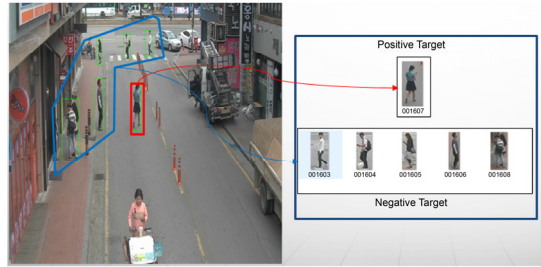


Fig. 4. Target object selected for the 1st classification

4.2.2 Color & Texture feature extraction

지정된 positive, negative 객체들의 color & texture 정보를 추출하여 객체 template 정보를 생성한 후 이를 기반으로 기 저장된 100~200장의 객체 영상 중 관심객체를 1차 분류한다. 객체의 색상 정보를 texture로 인식 정보화하여 색상의 강도 및 밀도, 패턴, 등을 수치화 하여 K-NN을 기반으로 학습한 후 1차 분류한다. 학습에 사용될 Color 특징 값은 이미지 객체를 9등분 한 후 각각의 셀의 H(hue),I(intensity) 값의 평균(μ)과 표준편차(σ)를 사용한다. 이는 Fig. 5와 같다.

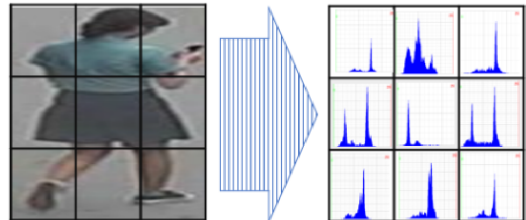


Fig. 5. Intensity histogram of 9 cells from partitioned image

이를 수식화하면 평균값은 Eq. 2, 표준편차는 Eq. 3과 같다.

$$Mean = \mu = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2} \quad (3)$$

학습에 사용될 Texture 특징 값은 Haralick feature 중 5개를 사용한다. Table. 1은 5개의 특징 값 및 수식을 나타낸다.

Table 1. Texture features from Haralick features set

No.	Haralick features	Equation
1	Homogeneity	$E = \sum_i \sum_j (M(i, j))^2$
2	Contrast	$C = \sum_{k=0}^{m-1} k^2 \sum_{ i-j =k} M(i, j)$
3	Correlation	$Cor = \sum_i \sum_j \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j)M(i, j)}{\sigma_i \sigma_j}$
4	Entropy	$H = \sum_i \sum_j M(i, j) \log(M(i, j))$
5	Local homogeneity	$LH = \sum_i \sum_j \frac{M(i, j)}{1 + (i - j)^2}$

4.2.3 Train by K-NN

K-NN은 분류되지 않은 데이터를 기 분류된 데이터 중 가장 가까운 그룹으로 분류해 준다. 이때 각 그룹간의 거리를 구하여 거리가 최소인 상위 K 개의 그룹만을 취한다. 이때 사용되는 거리는 유클리드로 Fig. 6과 같이 나타낼 수 있다.

분류된 상위의 K개수는 일반적으로 홀수로 정의 된다. 이는 짝수로 정의될 시 균등 분배가 되어 분류 되지 않은 경우가 생기기 때문이다. 낮은 K개일수록 민감한 분류기가 높은 K개일수록 포괄적인 분류기가 만들어 진다. K-NN을 이용하여 현재 camera 영상에서 선택된 객체의 서로 다른 형태를 분류 하여 다음 여러 개의 camera에 적용될 분류기의 학습 데이터를 생성한다. K number를 조정하여 최적의 K 값을 선정 하고 이를 통하여 선정된 객체들을 기반으로 확장된 학습 데이터를 생성한다.

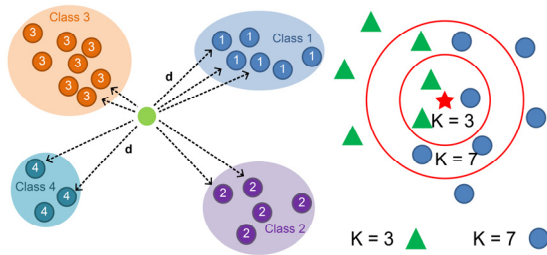


Fig. 6. K-Nearest Neighbor

4.2.4 Pre-classification from selected target

Fig. 7은 K number를 test 하여 얻게 된 결과이다. K=3 일 때는 오버 피팅이 발생하였으며, k=17 부터는 언더 피팅이 발생한다. K=11 일 때 최적의 결과 값을 획득한다.

K number	selected objects	result(true)	result(false)	result(total)
K=3		2	0	2
K=7		5	0	5
K=11		10	0	10
K=17		12	3	15
K=19		12	6	18

Fig. 7. Result of pre-classification by K-NN classify

4.3 특징 추출(feature extraction)

획득된 객체를 학습하기 위해서는 많은 수의 학습 데이터가 필요하다. 학습 데이터의 양을 인위적으로 늘리고 자 카메라별 환경 조건(밝기 조절) 및 gaussian filter를 적용하여 선택된 객체들의 개수를 늘린다. 일반적으로 augmentation에서 수행되는 회전은 실제 영상에서 사람에게 해당하는 객체는 회전을 하지 않기 때문에 적용 하지 않는다.

4.3.1 Data augmentation for train

보다 정확한 유사도율을 얻기 위해서는 많은 수의 학습 데이터가 필요하다. 그리고 이러한 데이터는 중요한 환경 변수를 포함한 이미지여야 한다. 본 기술에서는 외부 환경 특히 날씨의 변화에 따른 이미지의 변화를 한 CCTV 영상을 기준으로 획득하는 방법을 활용하였다. 이러한 획득 방법을 통하여 한 CCTV 내에서 다중 CCTV의 환경과 유사한 이미지를 획득하고 이를 학습데이터로 활용한다.

학습 데이터 양의 경우 카메라별 illumination(밝기 조절) 및 gaussian filter를 적용하여 선택된 객체들의 개수를 인위적으로 늘렸다. 일반적으로 augmentation에서 수행되는 회전은 실제 영상에서 사람에게 해당하는 객체는 회전을 하지 않기 때문에 적용 하지 않았으며, 한 객체 당 gaussian filter 3회, illumination 12회 적용으로 총 15개의 추가 객체를 생성한다. 또한 객체의 색상 정보의 피쳐를 추출하기 위해 기본 이미지 도메인을 RGB(Red, Geen, Blue)에서 HSV(Hue, Saturation, Value) 도메인으로 변경하도록 한다. 이는 Fig. 8와 같다.

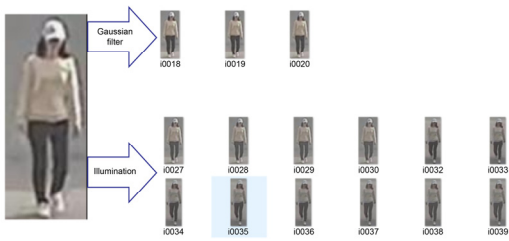


Fig. 8. Training data augmentation by Gaussian filter and illumination adjustment

4.3.2 Convert RGB to HSV, LUV

주성분 분석을 통하여 만들어진 학습 데이터는 대상의 주요 특징들은 가지고 있으면서 저차원의 데이터 집합임으로 실시간을 요구하는 본 연구의 방향성과 부합된다. 본 연구에서는 주성분 분석을 통하여 확장된 객체의 모든 차수를 12차수로 변환하도록 한다. 이는 Fig. 9와 같다.

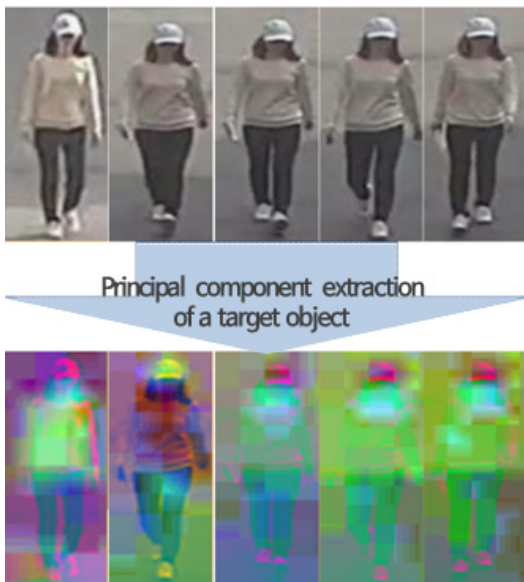


Fig. 9. Principal component extraction results of an augmented object

4.3.3 Extract Feature of Color Channel

객체의 색상 정보를 texture로 인식 정보화하여 색상의 강도 및 밀도, 패턴, 등을 수치화 한다.

4.3.4 Transform feature vector using PCA

영상의 화소 값은 기본적으로 2차원의 형태로 곱 연산시 엄청 높은 고차원의 데이터 형태를 갖는다. 본 기술은 실시간 상황에서의 객체에 대한 유사도 매칭을 수행하여

야 함으로 일반적인 영상 데이터를 학습데이터로 사용하기 어려운 실정이다. 주성분 분석은 통계학에서는 고차원의 데이터를 저차원의 데이터로 환원시키는 기법으로, 고차원의 영상 화소 데이터를 의미 있는 저차원 공산의 표본으로 변환시켜 학습 데이터를 만든다.

4.4 분류(classification)

4.4.1 One-Class-SVM Train

선정된 12개 특징들의 값을 가지고 CCTV 영상에서 유사도를 판단하기 위한 학습으로 딥러닝(Deep-learning) 기법 중 SVM을 활용한다. SVM은 분류하고자 하는 객체들 사이에 존재하는 여백(margin)을 최대화하여 일반화능력을 극대화 기법으로, 기본적으로 이진 분류로서 초평면은 $d(x) = W^T x + b = 0$ 식으로 정의된다. $d(x)$ 는 전체 특징 공간을 두 영역으로 분할하며 각 영역에 속하는 점 x 는 특징 벡터로서 $x = (x_1, \dots, x_d)^T$ 로 설명된다. W 는 초평면의 법선 벡터로서 방향을, b 는 위치를 나타내는 결정 초평면 정의 매개 변수이다. $d(x)$ 는 전체 특징 공간을 두 영역으로 분할하며 각 영역에 속하는 점 x 는 특징 벡터로서 $x = (x_1, \dots, x_d)^T$ 로 설명된다. W 는 초평면의 법선 벡터로서 방향을, b 는 위치를 나타내는 결정 초평면 정의 매개 변수이다.

4.4.2 One-Class-SVM Classifier

SVM으로 학습된 데이터를 기반으로 다중 CCTV 영상에서 객체 간 유사도 매칭을 수행한다. 다중 CCTV 유사도 매칭 결과 각각 영상에서 최대 유사도율을 가지는 5개의 객체를 선정한다. 이는 Fig. 10과 같다.

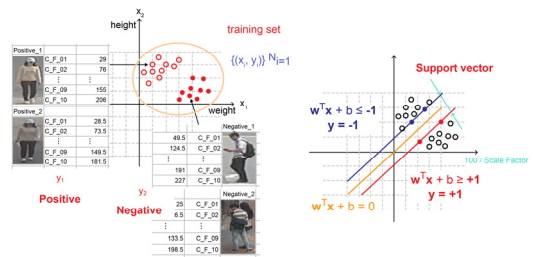


Fig. 10. Support vector machine

4.4.3 Show the Top 5 Rank Objects

Fig. 11의 왼쪽 그림은 대상 객체의 유사도가 측정된 결과이다. 오른쪽 그림은 다른 CCTV에서 유사도 측정을 한 결과이며, 최상위 5개 객체를 표출하는 것을 보여준다.

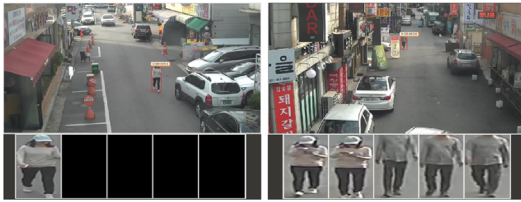


Fig. 11. Start of first object similarity measurement (target object) & Multi-CCTV similarity measurement result

4.5 실증결과 및 서비스방안

테스트는 안양시 관제센터 CCTV 15개소 기반으로 35일 동안 1일 평균 8.6회씩 총 300번의 테스트를 통해 CCTV 영역을 이탈하기 전까지의 객체가 감지되었을 때의 동일객체에 대한 유사도율을 측정하였다. 그 결과 객체에 대한 유사도율은 평균 80%로 실증 분석되었다. 알고리즘 보안을 통해 동일객체에 대한 유사도율을 85% 이상으로 높일 경우 실제 범죄현장에서 활용 가능할 것으로 판단된다.

앞서 설명한 CCTV 협업기술을 바탕으로 범죄 용의자의 도주 경로를 추적하는 실시간 범죄대응 서비스를 Fig. 12와 같이 설정하였다. ① 피해자 및 목격자의 신고를 통해 지자체의 통합관제센터에 접수가 되면, 관제요원은 사건 발생 위치를 확인한다. ② 관제요원은 사건발생 위치의 CCTV 영상을 확인하여 용의자 객체를 지정한다. ③ 지정된 용의자 객체를 추적관제서버에서 공간정보를 융합한 영상분석을 통해 CCTV 협업 추적한다. ④ 이후 지속적인 객체 추출을 통해 실시간 도주로를 분석하여 현장 출동한 경찰에게 해당내용을 전송하여 용의자를 검거한다. 이와 같이 CCTV 협업을 활용한 실시간 범죄대응 서비스는 대부분 사후처리용으로 사용되는 CCTV 모니터링을 실시간 범죄에 대응하도록 개선시켜 범죄발생 초기대응 체계를 강화시킬 수 있다. 또한 관제요원의 모니터링에만 의존하는 관제시스템을 부분 자동화하여 관제센터의 운영 효율성을 증대시키는 장점을 가진다.

CCTV 협업 추적시스템을 실제 지자체 관제센터에 적용시키기 위해서는 첫째, 공간 범위 설정을 해야 한다. 뒤에 언급될 VMS 연계 및 화각 조정을 위해 필요한 작업이며, 주거와 유흥시설 혼재지역 등 범죄가 주로 발생하는 지역 위주의 공간범위 설정이 필요하다. 둘째, 관제센터에 투입될 서버, 소프트웨어에 대한 물량산정을 해야 한다. 해당 시스템은 지자체 기설치 CCTV와의 호환이 되기 때문에 큰 예산이 소요되지 않는 장점을 가진다. 셋째, 관제센터에 서버, 소프트웨어 구축 후 지자체 방법 플

랫폼과의 커스터마이징 작업이 필요하다. 여기에는 VMS 연계 작업도 포함된다. 넷째, 영상분석을 위한 화각 조정을 해야 한다. 지자체 기설치 CCTV의 경우 영상이 왜곡된 경우가 종종 있으므로 영상분석에 맞는 화각 조정이 필요하다. 물론 유사도율을 높여 지자체 담당자가 원하는 수준까지 영상분석 고도화 작업이 전제되어야 하며, 이러한 과정을 통해 실증 테스트가 아닌 실제 상용화가 가능할 것으로 보인다.



Fig. 12. Real-time crime monitoring scenario

5. 결론

본 논문에서는 CCTV를 통해 실시간 범죄에 대응할 수 있도록 CCTV 카메라 간 협업이 가능한 기술과 이를 활용한 실시간 범죄대응 서비스에 대해 연구하였다. 이는 주로 사후처리용으로 사용되던 CCTV 모니터링을 긴박한 실시간 범죄에 대응하도록 개선시켜 범죄발생 초기대응 체계를 강화 할 수 있다. 또한 관제요원의 모니터링에만 의존하는 CCTV 관제시스템을 부분 자동화하여 지자체 관제센터 운영 효율성을 증대시키는 점에서 기존 연구와 차별성을 갖는다. 용의자의 실시간 추적을 위한 정량적 정보를 직관적으로 전달하여 관제자의 추적객체 판단을 도모하여 오탐률을 낮추고 실시간 도주경로를 제공할 수 있다. 본 연구는 안양시청과 데이터 활용에 대한 지원 협약을 체결하여 실제 CCTV 영상을 연구에 활용할 수 있었다. 이를 통해 실증분석을 체계적이며 효과적으로 수행할 수 있었고 학문적 연구 뿐 아니라 실용성을 갖는 토대가 되었다. 또한 해당 테스트베드에 성공적으로 구축/운영이 되면 전국 지자체에 확산이 용이할 것으로 판단된다.

향후 본 연구에서 제시한 CCTV 협업 뿐 아니라 실시

간 개인 정밀위치결정, 스마트폰 연계 대시민서비스, 방범정보 제공 등 시민들이 쉽게 체감할 수 있고 통합적인 방법 체계가 고려된 방법서비스 연구가 함께 진행되어 시민들이 보다 안전한 생활을 영위할 수 있기를 기대한다.

References

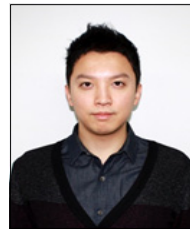
- [1] W. C. Choi, J. Y. Na, "Relative Importance for Security Systems of Crime-Zero Zone based on spatial information", *Spatial Information Research*, Vol.24, No.1, pp. 11-20, February, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s41324-016-0004-3>
- [2] W. C. Choi, J. Y. Na, "A Method on the Implementation of Intelligent Security Service Application based on Spatial Information", *Spatial Information Research*, Vol.23, No.6, pp. 89-98, December, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12672/ksis.2015.23.6.089>
- [3] D. S. Sung, "Emergency Situation Call Service Processing Several Location Information Based CCTV Camera Status", *Journal of Korean institute of next generation computing*, Vol.11, No.6, pp. 51-59, 2015.
- [4] J. R. Cho, H. S. Kim, D. G. Chae, S. J. Im, "Smart CCTV Security Service in IoT(Internet of Things) Environment", *Journal of Digital Contents Society*, VOL.18, No.6, pp. 1135-1142, 2017.
- [5] W. T. Kim, "Smart CCTV Video Analysis System on Crime Prevention", *The Police Science Journal*, Vol.9, No.2, pp. 209-233, 2014.
- [6] G. B. Kim, G. M. Geum, C. B. Jang, "Research on the Convergence of CCTV Video Information with Disaster Recognition and Real-time Crisis Response System", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol.8, No.3, pp. 15-22, 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.15207/jkcs.2017.8.3.015>
- [7] D. Madroñal, R. Lazcano, R. Salvador, H. Fabelo, S. Ortega, G. M. Callico, E. Juarez, C. Sanza, "SVM- based real-time hyperspectral image classifier on a manycore architecture", *Journal of Systems Architecture*, Vol. 80, pp. 30-40, 2017.
- [8] G. W. Lee, J. H. Yom, "Design and Implementation of Web-Based Automatic Preprocessing System of Remote Sensing Imagery for Machine Learning Modeling", *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol.26, No.1, pp. 61-67, 2018.
- [9] W. C. Choi, J. Y. Na, "Evaluating economic values of intelligent security services based on spatial information in South Korea", *Spatial Information Research*, Vol.26, No.4, pp. 347-356, March, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s41324-018-0180-4>
- [10] A. Walha, A. Wali, A. M. Alimi, "Video Stabilization

with Moving Object Detecting and Tracking for Aerial Video Surveillance", *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 74, pp. 6745-6767, 2015.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-014-1928-z>

최 우 철(Woo-Chul Choi)

[정회원]



- 2011년 2월 : 가천대학교 일반대학원 도시계획학과 (공학석사)
- 2015년 5월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 전임연구원

<관심분야>

공간정보, 도시계획, 스마트시티

나 준 엽(Joon-Yeop Na)

[정회원]



- 1999년 2월 : 서울대학교 대학원 농공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 서울대학교 대학원 농업시스템공학 (공학박사)
- 2001년 11월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>

공간정보, BIM/GIS, 스마트시티