

실증 기반 딥러닝 영상분석 기술 제공을 위한 클라우드 기반 지능형 영상보안 플랫폼

임 경 수*, 김 건 우*

요 약

딥러닝을 비롯한 인공지능과 영상처리 분야의 접목은 기존 물리보안의 기술적 한계를 뛰어넘어 새로운 기회의 장을 마련하고 있다. 하지만 딥러닝 기반 영상분석 기술도 지능형 영상감시가 필요한 실제 현장에서는 다양한 환경의 제약사항으로 인해 성능이 저하될 가능성이 높다. 본 논문에서는 실제 CCTV 환경의 영상 데이터를 확보하여 신경망을 이용한 지속적인 학습을 통해 영상분석의 성능을 개선하는 클라우드 기반 지능형 영상보안 플랫폼을 소개한다. 클라우드 기반 지능형 영상보안 플랫폼은 지자체 통합관제센터에서 수집한 CCTV 영상을 학습 데이터로 활용하여, 현장에서 신뢰받을 수 있는 사람 검출, 사람/차량 재식별, 열악 차량번호판 탐지 등의 지능형 영상분석 서비스를 제공할 수 있다.

1. 서 론

딥러닝(Deep Learning)과 같은 인공지능 기술의 등장으로 객체 탐지, 사람 검출, 얼굴인식 등 지능형 영상 분석 기술의 연구 성과가 비약적으로 증대되고 있다. 딥러닝 기술은 수많은 계층이 심층적으로 구성된 신경망 구조를 이용하여 대용량의 데이터를 학습시키는 기술로, 비선형의 계층적 특징에 대한 학습 능력은 사람의 인식 메커니즘과 유사하다고 알려져 있다.[1] 이러한 딥러닝 기반 영상분석 기술은 다양한 환경의 조건에서도 고성능의 객체 식별 및 인식을 할 수 있어, 사람의 인지 수준을 능가하는 연구 사례가 발표되고 있다. 이는 딥러닝 기반 영상분석이 이전의 머신러닝 기반 기술보다 성능이 비약적으로 상승하였으며, 이는 실제 사회 안전 서비스에 활용이 가능할 만큼 발전하고 있음을 보여준다.

하지만 딥러닝에 이용되는 대규모의 학습 데이터는 공개 데이터셋을 기반으로 하는 경우가 많으므로, 지방자치단체 통합관제센터와 같이 다양한 환경의 현장에 바로 적용할 경우, 연구 단계에서의 결과보다는 성능이 저하될 가능성이 크다. 만약 실제 CCTV 카메라의 영상을 클라우드로 저장하고 이를 학습 데이터로 이용할 경우 실제 데이터셋을 활용하므로 성능 저하를 개선하는

효과적인 대안이 될 수 있다. 따라서 실제 환경의 영상 데이터를 확보하여 클라우드로 관리하고, 신경망을 이용하여 지속해서 학습하여 영상분석의 성능을 개선하는 지능형 영상감시 솔루션의 연구가 진행되고 있다.[2]

이 논문에서는 딥러닝 영상분석 기술 제공을 위한 클라우드 기반 지능형 영상보안 플랫폼을 소개한다. 지자체 통합관제센터에서 수집한 CCTV의 영상을 학습 데이터로 활용한 지능형 영상분석 서비스를 제공함으로써, 실제 현장에서 필요로 하는 사람 검출, 사람 재식별, 교통사고 감지, 차량번호판 인식 등을 제공하는 클라우드 기반 지능형 영상보안 플랫폼을 소개한다. 클라우드 기반 지능형 영상보안 플랫폼은 실제 현장의 데이터셋을 이용하여 얼굴인식, 사람 재식별, 차량번호판 탐지 등과 같은 사용자 맞춤형 영상분석 서비스를 제공한다. 이는 경찰 기관, 통합관제센터와 같은 사회 안전 서비스가 필요한 기관에서 성능 및 신뢰성을 보장하는 지능형 영상분석을 제공할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 현장 CCTV 카메라 영상을 클라우드 서버에 업로드하고 신경망 학습 및 검증이 완료된 후, 실제 지능형 영상감시 서비스가 필요한 현장에 적용할 수 있어 신뢰성 향상에 크게 이바지할 수 있다.

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [2017-0-00207, 클라우드 기반 지능형 영상보안 인큐베이팅 플랫폼 개발]

* 한국전자통신연구원 정보보호연구본부 (lukelim@etri.re.kr; kimgw@etri.re.kr)

II. 관련 연구

2.1. 클라우드 컴퓨팅과 지능형 영상감시

최근 클라우드 기반 CCTV 솔루션은 대규모 제어 시스템의 효과적인 영상 관리를 위한 비용 증가를 완화함으로써 대중화에 기여하고 있다. VSaaS (Video-Surveillance-as-a-Service)는 영상 녹화, 영상 저장, 원격 뷰어, 지능형 영상분석 등을 포함하는 웹 기반 영상감시 서비스로, SaaS (Software-as-a-Service) 기반 비즈니스 모델로 제공되며 국내 대부분 이동통신사에서 서비스 제공하고 있다. VSaaS 기반의 다양한 서비스는 서비스 제공 업체의 관점에서 지속적인 수익 창출의 모델이므로, 이를 홍보하고 대중화하기 위한 노력을 기울이고 있으며, VSaaS의 세계 시장은 2020년까지 17억 달러에 달할 것으로 예상된다.[3] 이처럼 VSaaS는 자원을 관리하고 탄력성과 유연성을 가능케 하는 클라우드 플랫폼을 기반으로 변화하고 있으며, 기존 영상 관리 시스템 (VMS: Video Management System)이 클라우드 솔루션으로 서서히 옮겨 가고 있음을 의미한다.

클라우드 컴퓨팅은 최근 몇 년간 가장 많이 논의된 IT 패러다임 중 하나가 되었다. 클라우드 컴퓨팅을 사용하면 IT 인프라를 자체적으로 구축하고 운영하는 대신, 공유 컴퓨팅 및 스토리지 리소스를 확장하여 지속적으로 성능을 개선하는데 사용할 수 있다. 클라우드 컴퓨팅을 사용하면 국가별 전력망을 통해 가정과 조직이 중앙 집중식으로 관리되어 효율적으로 에너지를 이용하는 것과 동일한 방식으로 유연하고 안전하며 경제적인 IT 인프라를 얻을 수 있다.[4] 가장 널리 쓰이는 클라우드 서비스 플랫폼은 컴퓨팅 파워, 데이터베이스, 스토리지, 콘텐츠 미디어 전송 등을 통해 개인, 회사 또는 정부에 주문형 클라우드 컴퓨팅 플랫폼을 제공하는 Amazon Web Service (AWS)가 있다.[5]

한편 엔비디아는 GPU 가속화 기반 고성능 컴퓨팅을 제공하는 클라우드 서비스에 집중하고 있으며, 엔비디아 GPU 클라우드 NGC(NVIDIA GPU Cloud)를 출시했다. NGC는 심층 학습 소프트웨어, 타사 HPC 애플리케이션 및 기타 파트너 애플리케이션을 포함하여 포괄적인 GPU 가속 클라우드 서비스를 제공한다.[6]

마찬가지로 클라우드 컴퓨팅 및 인공지능 기반의 지

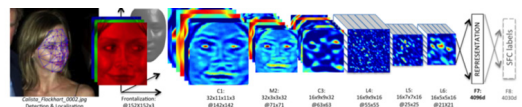
능형 영상감시 솔루션이 도시 안전 분야의 핵심 기술로 부상하고 있다. 예를 들어 최근 영상감시 시스템은 클라우드, 모바일 및 빅데이터 분석과 같은 핵심 ICT 기술 동향과 통합되는 대규모 지능형 CCTV 시스템으로 진화하고 있다. 뉴욕시와 Microsoft가 개발한 DAS(Domain Awareness System)는 지능형 영상감시 기술을 기반으로 전 도시의 사회 안전망을 복합적으로 모니터링할 수 있으며, 수천 대의 CCTV, 방사능감지기, 차량번호판감지기, 911 응급센터를 통합하는 시스템이다. 현재는 샌프란시스코, 로스앤젤레스 및 브라질까지 확장되었다.[7]

2.2. 얼굴인식 기술 (Face Recognition)

얼굴인식 기술은 패턴 인식 및 컴퓨터 비전 분야에서 전통적으로 연구해온 분야로, 얼굴이 포함된 영상에서 얼굴 영역의 검출 및 분석을 자동으로 수행하고 해당 얼굴이 누구인지를 판별하는 기술이다. 영상감시, 생체 인식, 보안게이트 등에 활용되고 있지만, 조도, 자세, 원거리 등의 제약사항으로 인식 및 판별 성능의 신뢰성이 보장되지 못하고 있다.

딥러닝 기술이 처음으로 얼굴인식에 적용된 연구는 Facebook의 DeepFace 연구로 얼굴 영역 내의 지역적인 특징점을 효과적으로 추출하기 위해 합성곱(Convolution) 계층을 사용한 것이 특징이다.[8] 이는 사전에 학습된 3D 얼굴을 이용하여 랜드마크 추출, 어파인(Affine) 변환, 얼굴 정렬을 수행한 뒤, 9개의 계층으로 구성된 컨볼루션 신경망(CNN: Convolutional neural network)을 데이터셋으로 학습하였다. DeepFace는 LFW(Labeled Faces in the Wild) 데이터셋에 대한 97.35%의 정확도를 보이면서, 기존 특징 기반 기술보다 현저한 인식을 향상을 보였다.

옥스퍼드 대학의 VGG(Visual Geometry Group)에서 발표한 VGG-Face는 15개의 컨볼루션 층으로 구성된 딥 네트워크 구조를 활용한 학습 모델로 DeepFace보다 1% 성능 향상을 달성하였다. 특히 VGG는 웹 상



(그림 1) DeepFace 신경망 구조

에서 검색을 통해 수집한 대용량 데이터셋인 VGG 얼굴 데이터셋을 공개하였다.[9]

2.3. 사람 재식별 기술 (Human Re-identification)

사람 재식별 기술 (Person re-identification, 이하 Re-id)은 서로 다른 위치, 시간 등의 검색 조건으로 분리된 뷰에서 여러 카메라 또는 단일 카메라의 여러 시간대에서 동일한 개인을 찾는 기술이다. 사람 Re-id는 영상보안, 공공 안전, 인간-컴퓨터 상호 작용, 로봇 및 콘텐츠 기반 비디오, 영상감시 등과 같은 많은 응용 분야에 적용할 수 있다.[10]

컴퓨터 비전과 패턴 인식 학계의 꾸준한 연구에도 불구하고, 서로 다른 카메라의 다양한 시점, 시간과 공간에서의 신체 자세의 변형, 조명 변화, 배경 혼란 및 교합, 유사한 외관의 객체 등으로 인한 시각적 외관과 주변 환경의 극적인 변화 때문에 Re-id는 여전히 해결되지 않은 어려운 문제로 남아 있다.[11] 그림 2는 데이터셋 (CUHK03[12], Makret-1501[13])에 저장된 보행자들의 이미지 샘플로 순서별로 가로로 인접한 2장만 동일한 인물이다. 이처럼 동일 색상의 의상을 입어 유사한 외관을 가진 사람을 동일하다고 분류할 가능성이 큰 문제점이 있다.[14]

Re-id는 검색 대상 사람의 질의 이미지가 주어지면, 해당 이미지에서 검색 대상 사람의 특징점에 대한 메타 데이터를 추출한 다음, 주어진 이미지 전체에서 특징점



[그림 2] 사람 Re-id에서 다양한 카메라 각도에서 사람 모습

을 비교하여 해당 사람을 찾는 방법을 주로 사용한다. 기존의 Re-id 연구는 일반적으로 불변적이고 판별 가능한 특징을 추출하는 알고리즘을 설계하고, 산출된 특징을 비교하기 위한 차별적인 유사도 측정 기준을 정하기 위한 신경망 학습에 초점을 맞춘다.

2.4. 차량번호판 인식 및 복원 기술

차량번호판 인식 분야도 딥러닝 기반의 기술이 접목되어 활발한 연구가 진행 중이다. 국가별로 다양한 차량번호판이 존재하므로, 해당 국가마다 차량번호판을 자동으로 인식하기 위해 신경망 학습을 통한 연구 결과들이 발표되고 있다.[15]

일반적으로 숫자 및 글자를 인식하기 위한 분류기를 학습하기 위해 CNN을 이용하는 연구들이 많이 발표되고 있으며, 번호판 자체를 자동으로 인식하기 위한 연구도 발표되고 있다. 즉 번호판의 가장자리 정보를 추출하고 각 자리에 대한 경계를 ROI(Region of Interest)로 생성하고 정렬하여 각 자리의 이미지를 추출하는 과정들을 수행하게 된다.

한편 사람의 눈으로는 인식할 수 없는 원거리 번호판, 심야 시간의 빛 번짐, 모션 블러링 등 열악한 환경에서 촬영된 번호판 이미지를 생산적 적대 신경망 (GAN: Generative Adversarial Network) 이용해 복원한 뒤, 인식 가능한 수준으로 생성하는 기술도 최근 연구되고 있다.[16]



[그림 3] 딥러닝기반 차량번호판 인식 기술 예 [15]

Ⅲ. 클라우드 기반 지능형 영상보안 인큐베이팅 플랫폼

클라우드 기반 지능형 영상보안 인큐베이팅 플랫폼(이하 인큐베이팅 플랫폼)은 다음 그림과 같이 클라우드 환경에서 신경망 학습의 데이터셋을 실제 현장의 이미지들을 기반으로 학습하고 업데이트함으로써 영상분석 성능을 지속적으로 향상시키는 플랫폼이다. 사용자는 필요한 지능형 영상분석 기술을 제공받기 위해, 클라우드 서버에 접속하여 영상을 업로드하고 이를 기반으로 딥러닝 기술을 통해 생성된 영상분석 엔진을 다운받아 현장에 적용할 수 있다. 이러한 클라우드 플랫폼의 목표는 실제 환경의 이미지 데이터셋을 사용하여 지속적인 성능 향상을 제공할 수 있어, 지방자치단체의 통합관제센터나 지능 치안이 필요한 사법기관 등에 활용할 수 있다.

인큐베이팅 플랫폼의 인큐베이터는 다양한 형태로 제공될 수 있는 신경망 학습이 가능한 추상화된 가상화 머신(Virtual Machine)으로 구성할 수 있으며, 하드웨어 사양이나 구축한 클라우드 환경에 따라 달라질 수 있다. 즉 구성하는 방법에 따라 가상화 인스턴스, Docker 컨테이너, 쿠버네티스 클러스터의 포드 등으로 생성할 수 있다. 인큐베이팅 플랫폼은 특정 지능형 영상분석 서비스를 제공받기 원하는 사용자에게 하나의 카메라에 하나의 인큐베이터를 배정하는 개념이다. 따라서 수천 대의 카메라가 관리되는 통합관제센터에서는 지능형 영상감시가 필요한 카메라마다 하나의 인큐베이터를 할당하여 관리하게 된다.

인큐베이팅 플랫폼의 목적은 사용자가 업로드한 데

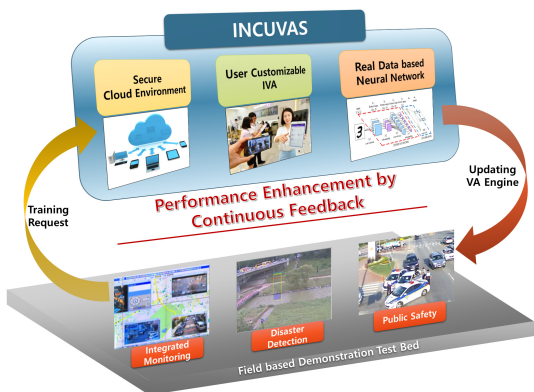
이터셋에서 온라인 심층 학습을 통해 가장 신뢰할 수 있는 지능형 영상 시 기능을 제공하는 클라우드 서비스를 제공하는 것이다. 예를 들어, 사용자는 미아 찾기 서비스를 공공 공원의 CCTV 서비스에 설치하기를 원한다고 가정하자. 사용자는 인큐베이팅 플랫폼 서버에 로그인하여 사람 재식별 서비스를 신청하고 카메라별로 인큐베이터를 할당받는다. 사용자는 클라우드 서버로 카메라 위치별 영상 또는 이미지를 업로드하고, 업로드가 완료되면 할당된 인큐베이터는 현장에서 수집한 이미지를 기반으로 사람 재식별 기술을 학습하게 된다. 신경망 엔진이 생성되고 검증이 완료되면, 사용자는 이를 다운로드하여 지능형 영상분석 시스템에 적용하게 된다. 적용된 지능형 영상분석의 성능은 지속적인 영상 업로드 및 신경망 학습 과정을 통해 성능을 업데이트하게 된다.

인큐베이팅 플랫폼은 다음과 같은 기능의 서비스를 제공을 목표로 현재 연구가 진행 중이다. 클라우드 기반 인큐베이팅 플랫폼은 클라우드 환경에서 실시간 업데이트를 통해 심층 학습 지능형 영상분석의 성능을 지속해서 향상하고 최적화하는 기술을 지원한다. 또한 딥러닝 기반 지능형 영상분석 기술은 실시간 상황을 자동으로 인식할 수 있도록 얼굴인식 / 차량인식, 얼굴/차량 재식별, 자동차 번호판 탐지/복원 기술을 제공한다. 그리고 인큐베이팅 플랫폼은 현장의 실제 감시영상 데이터셋을 기반으로 온라인 심층 학습을 위한 이미지 데이터베이스를 구축함으로써 데이터셋 및 온라인 학습을 위한 GT 반자동 태깅 기능을 제공한다.

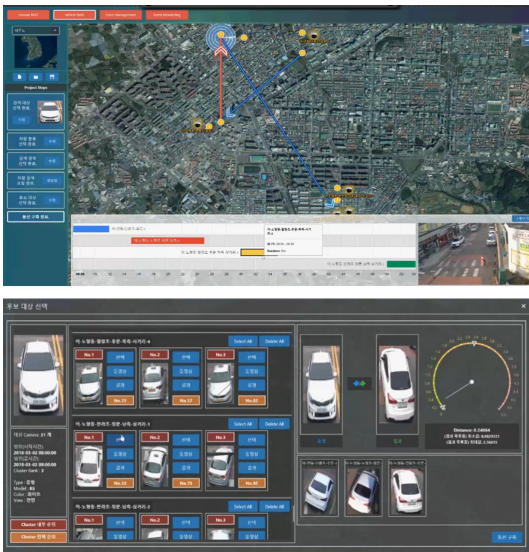
Ⅳ. 인큐베이팅 플랫폼을 활용한 영상분석 기술

인큐베이팅 플랫폼을 활용한 영상분석 기술은 차량 식별, 사람 식별 및 재식별(Re-id), 실시간 교통사고 탐지, 차량번호판 식별 및 복원 기술로 연구가 진행 중이다. 각 영상분석 기술은 지방자치단체에 설치된 CCTV의 실제 데이터셋을 바탕으로 신경망 학습을 통한 연구 개발 및 실증시험이 진행 중이다.

차량식별 기술은 차량 속성(제조사, 모델, 색상, 방향)을 고려한 분류기를 개발하여 성능시험을 진행 중이다. 연구용 및 지자체 DB를 기반으로 수집한 약 3만대의 차량에 대해 학습한 결과는 Rank-3 기준 88.53% 성능을, 성능시험 결과는 평균 70% 정확도를 보였다.



(그림 4) 인큐베이팅 플랫폼 개념도

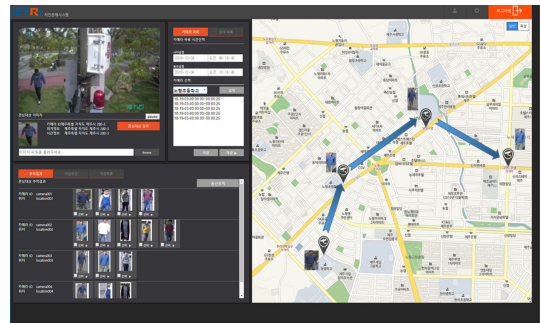


(그림 5) 차량 재식별 실증 서비스 GUI

그림 5는 실증 시범서비스를 위해 지자체 통합관제 센터의 VMS와 연동 가능한 차량 Re-id 시스템의 시연 화면이다. 사용자는 저장된 CCTV 영상에서 검색할 차량을 선정하고 시간대 및 지역 범위를 선택한 후 검색을 수행한다. 유사 차량에 대한 후보 군이 그림 5의 아래와 같이 출력되며, 사용자의 최종 선정 후에는 지도 위에 대상의 이동 경로가 표출된다.

사람 식별 및 재식별 기술은 사람 속성(Attribute) 기반 분류기와 재식별 모델로 구분된다. 속성 분류기는 12가지 속성에 대해 오픈 DB(Market 1501) 기반으로 학습하였으며 86.17% 인식률을 보였고, 지자체 실증 DB 기반 검색은 의상 색상 1가지 속성으로 인식률 56.02%를 달성하였다. 이를 바탕으로 한 재식별 모델은 12개 속성에 대해 오픈 DB(Market 1501)로 학습하였고, Rank-1 정확도는 80.91% 인식률을 달성하였다. 아래 그림은 사람 재식별 시범서비스 GUI로 검색 대상 사람의 유사한 속성을 지니는 후보 대상이 표출되고, 최종 검색 대상 선정 후에는 지도 위에 이동 경로가 표출된다.

차량번호판 식별기술은 번호판 인식 시스템과 식별 불가능한 열악 차량번호판의 복원 시스템으로 구분된다. 번호판 인식 시스템은 지자체 통합관제센터에서 수집된 약 3만 건의 번호판에 대해 학습하였다. 또한 심야 시간, 빛 번짐, 모션 블러링 등으로 인해 인식이 불가능한 열악한 번호판에 대해서는 생성적 적대 신경망

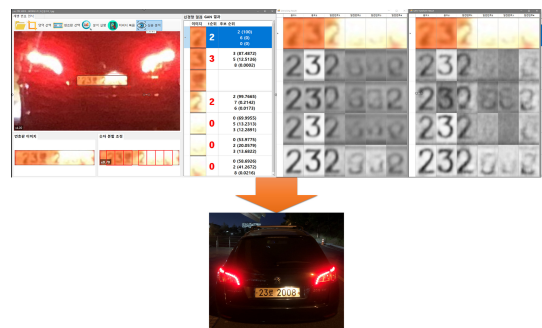


(그림 6) 사람 재식별 실증 서비스 GUI

(GAN: Generative Adversarial Network) 및 De-noising Auto-encoder를 이용하여 학습하였으며, Rank-1 81.1% 그리고 Rank-3 기준 96.03% 정확도를 달성하였다.

아래 그림은 실증 시범서비스를 위해 개발된 차량번호판 복원 GUI로 차량번호판의 영역을 사용자가 지정 한 뒤 번호판 인식 시스템에 식별을 요청하고, 열악한 번호판에 대해서는 오른쪽과 같이 복원 시스템을 이용하여서 인식 가능한 수준의 숫자 복원을 도출한다.

차량번호판 인식 및 복원 기술의 경우는 경찰청 및 경찰대학 치안정책연구소와 공동으로 실증 시험 및 시범서비스를 진행 중에 있다. 실제 경찰청 법과학수사계에 분석의뢰를 받은 요청 건을 본 연구팀에서 개발한 차량번호판 식별 기술을 이용하여 실증 시험을 진행하였으며, 치안정책연구소 내부에 구축된 인큐베이팅 플랫폼에 차량번호판 인식 기술을 시험 서비스하고 있다.



(그림 7) 차량번호판 복원 GUI

V. 결 론

영상분석 기술의 성능 향상에도 불구하고 지능형 영

상감시 솔루션은 실제 현장에서는 바로 적용하거나 활용하기에는 한계가 있다. 이는 다양한 환경을 고려하여 연구개발이 수행되더라도, 현장에 설치된 모든 CCTV 환경과는 동일할 수는 없는 한계성 때문이다. 따라서 널리 알려진 공개 데이터셋 기반으로 기술개발하여 성능을 입증한 경우에도 실제 환경에 적용할 때 성능이 저하될 가능성이 크다.

반면 현장에 설치된 카메라의 영상을 데이터셋으로 신경망 학습을 수행하여 개발한 영상분석 기술을 현장에 직접 적용하고 지속적으로 성능을 업데이트하는 방법이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 클라우드 기반 지능형 영상보안 인큐베이팅 플랫폼을 소개하였다. 인큐베이팅 플랫폼은 현장에서 필요로 하는 지능 치안 기술을 개발하고 있으며, 차량 식별, 사람 식별 및 재식별(Re-id), 실시간 교통사고 탐지, 차량번호판 식별 기술 등으로 연구가 진행 중이다.

한편, 인큐베이팅 플랫폼이 실증 데이터셋을 기반으로 신경망 학습을 통해 성능이 검증되더라도 상용화 단계에서는 연구 개발된 결과만큼의 성능을 모두 만족할 수 없을 가능성이 있다. 실제 환경에서 적용될 때는 복잡 다양한 환경에 따른 모든 변화에 대응할 수는 없다.

예를 들어, 차량번호판 복원 기술은 실제 차량번호판의 데이터셋으로 신경망 학습을 통해 높은 인식률을 달성하였다. 하지만 실제 경찰청에 분석의뢰 대상이 되는 차량의 이미지들에 대한 시험을 수행한 결과 상당히 열악하여 사람의 눈으로는 도저히 인식이 불가능한 수준의 사례가 상당수 존재하였다. 심야 시간에 빛 번짐이 발생하는 블랙박스 영상이나, 상당히 원거리에서 촬영된 차량의 번호판 이미지들로 숫자의 특징점을 거의 찾아낼 수 없는 의외 영상이 다수 존재하였다. 이를 위해서는 분석의뢰 사례들에서 열악한 번호판에 대해 새로운 데이터셋으로 신경망 학습을 통해 분석 엔진을 업데이트할 경우 성능 향상이 가능하다고 판단된다. 비단 번호판 복원 외에도 차량 모델 식별, 사람 재식별 등도 마찬가지로 열악한 상황에 대한 데이터셋에 대해 추가로 학습을 할 경우, 부가적인 성능 향상에 이바지하리라 예상된다.

한편 실증 데이터셋을 이용한 신경망 학습은 연구개발 결과물의 성능 향상에 크게 기여할 수 있으나, 개인정보보호법이나 여러 가지 보안 및 규제사항으로 인해 데이터 수집이 극히 제한되고 있다. 따라서 학계나 법조

계 등에서 연구 목적으로 수집되는 데이터셋에 대한 법적 제한 사항이나 규제에 대해 유예하거나 제한을 풀어 줄 수 있는 방법론이나 기술 대한 연구가 필요하리라 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 딥러닝 기반 고성능 얼굴인식 기술 동향, Research Trends for Deep Learning-Based High-Performance Face Recognition Technology, 전자통신동향분석, ETRI, 33권 4호 (통권 172)
- [2] Xu, Zheng, Chuanping Hu, and Lin Mei. "Video structured description technology based intelligence analysis of surveillance videos for public security applications." *Multimedia Tools and Applications* 75.19 (2016): 12155-12172.
- [3] The Global Video Surveillance As A Service (VSaaS)_ market, Global Industry Analysts, Inc. September 2015 Available at: http://www.strategyr.com/MarketResearch/Video_Surveillance_As_A_Service_VSaaS_Market_Trends.asp
- [4] K. R. Jackson et al., "Performance Analysis of High Performance Computing Applications on the Amazon Web Services Cloud," 2010 IEEE Second International Conference on Cloud Computing Technology and Science, Indianapolis, IN, 2010, pp. 159-168.
- [5] Jinesh Varia, Sajee Mathew, Overview of Amazon Web Service, Amazon Web Service, January 2014, <https://aws.amazon.com>
- [6] NVIDIA GPU Cloud (NGC), <https://www.nvidia.com/en-us/gpu-cloud/>
- [7] DAS (Domain Awareness System) https://en.wikipedia.org/wiki/Domain_Awareness_System
- [8] Y.Taigman et al., "DeepFace: Closing Gap to Human-Level Performance in Face Verification," IEEE Conf. Computer Vision Pattern Recognition, Columbus,
- [9] Omkar M Parkhi, Andrea Vedaldi, and Andrew Zisserman. Deep face recognition. *Proceedings*

of the British Machine Vision, 1(3):6, 2015

- [10] Oh, S.H., Kim, G.W. & Lim, K.S. Compact deep learned feature-based face recognition for Visual Internet of Things, J Supercomput (2017). <https://doi.org/10.1007/s11227-017-2198-0>
- [11] L. Zheng, Y. Yang, and A. G. Hauptmann. Person re-identification: Past, present and future. arXiv:1610.02984, 2016.
- [12] W. Li, R. Zhao, X. Wang, Human reidentification with transferred metric learning, in: Asian Conference on Computer Vision, Springer, 2012, pp. 31 - 44.
- [13] L. Zheng, L. Shen, L. Tian, S. Wang, J. Wang, Q. Tian, Scalable person re-identification: A benchmark, in: Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, 2015, pp. 1116 - 1124
- [14] Oh, S.H., Han, S.W., Choi, B.S., & Lim, K.S. Deep feature learning for person re-identification in a large-scale crowdsourced environment, J Supercomputing (2018). <https://doi.org/10.1007/s11227-017-2221-5>
- [15] Li, Hui, and Chunhua Shen. "Reading car license plates using deep convolutional neural networks and LSTMs." arXiv preprint arXiv:1601.05610 (2016).
- [16] Zheng, Zhedong, Liang Zheng, and Yi Yang. "Unlabeled samples generated by gan improve the person re-identification baseline in vitro." Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision. 2017.

<저자소개>



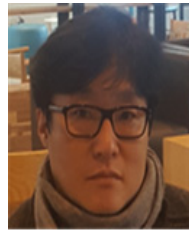
임 경 수 (Kyung-Soo Lim)

정회원

2013년 2월 : 고려대학교 정보보호
학과 박사

2010년~현재 : 한국전자통신연구
원 선임연구원

<관심분야> 정보보호, 영상보안, 디
지털포렌식



김 건 우 (Geon-Woo Kim)

정회원

2010년 2월 : 경북대학교 컴퓨터학
과 박사

2000년~현재 : 한국전자통신연구
원 책임연구원

2017년~현재 : 과학기술연합대학
원대학교 교수

<관심분야> 정보보호, 영상보안