

Development of Real-Time Tracking System Through Information Sharing Between Cameras

Seon-Hyeong Kim[†] · Sang-Wook Kim^{††}

ABSTRACT

As research on security systems using IoT (Internet of Things) devices increases, the need for research to track the location of specific objects is increasing. The goal is to detect the movement of objects in real-time and to predict the radius of movement in short time. Many studies have been done to clearly recognize and detect moving objects. However, it does not require the sharing of information between cameras that recognize objects. In this paper, using the device information of the camera and the video information taken from the camera, the movement radius of the object is predicted and information is shared about the camera within the radius to provide the movement path of the object.

Keywords : Internet of Things, Radius of Movement, Movement Path

카메라 간 정보 공유를 통한 실시간 차량 추적 시스템 개발

김 선 형[†] · 김 상 육^{††}

요 약

사물인터넷 기기를 이용한 감시 시스템에 대한 연구가 증가함에 따라 특정 객체의 위치를 추적하는 연구의 필요성이 높아지고 있다. 빠른시간 안에 실시간으로 객체의 이동을 감지하고 이동 경로를 예측하는 것을 목표로 한다. 움직이는 객체를 명확하게 인식하고 검출하는 연구는 많이 이루어졌지만 객체를 인식하는 카메라 간의 정보의 공유를 필요로 하지 않는다. 본 논문에서는 카메라의 기기정보와 카메라에서 촬영하는 영상정보를 이용하여 객체의 이동반경을 예측하고 반경 내의 카메라에 대해 정보를 공유하여 객체의 이동 경로를 제공한다.

키워드 : 사물인터넷, 이동 반경, 이동 경로

1. 서 론

최근 사물인터넷 기술을 이용한 보안 감시 시스템에 대한 연구와 감시 애플리케이션의 수가 지속적으로 증가하고 있다 [1, 2]. CCTV를 이용하여 실시간으로 이동하는 객체를 감지하는 보안 시스템은 직접적인 모니터링이 필요하기 때문에 많은 시간과 인력이 요구되며, 단일 기기로써 제한된 범위의 공간 촬영 및 회전과 같은 단순 동작만을 수행한다. 그리고 대부분의 연구는 움직이는 객체를 어떻게 명확하게 인식하고 검출을 할 것인지 인식의 정확성에 초점을 두고 있다. 따라서

사람의 개입 없이 촬영된 영상을 분석하고, 카메라 간의 정보 공유가 필요하다.

또한 도난 차량이나 분실 차량의 위치를 추적하기 위한 연구가 진행되고 있다[3]. GPS를 이용한 위치정보와 데이터베이스에 저장된 차량과 소유자에 대한 정보를 이용하여 차량을 추적한다[4]. 그러나 추적을 하기 위해선 해당 차량에 송수신기가 설치되어 있어야하고, 본 시스템을 가진 지역에서만 작동된다는 한계가 있다. 또한 GPS가 탑재된 차량에 국한된다는 제한이 있고, 이전에 차량과 소유자에 대한 정보가 저장되어 있어야한다.

본 논문에서는 시스템에 등록된 카메라에 대해 정보를 공유하고 탐색한다. 뿐만 아니라 차량의 이동반경을 예측하여 특정 범위 내의 카메라에 대해 영상을 분석하기 때문에 시간을 절약할 수 있다. 이를 통해 사용자들에게 차량의 이동경로를 출력하는 서비스를 제공함으로써 단시간에 차량의 현재 위치를 예측할 수 있도록 한다.

* 본 논문은 교육부 및 한국연구재단의 BK21 플러스 사업(경북대학교 컴퓨터 학부 Smart Life 실현을 위한 SW인력양성사업단)으로 지원된 연구임(21A2 0131600005).

† 준 회 원 : 경북대학교 컴퓨터학부 석사과정

†† 정 회 원 : 경북대학교 컴퓨터학부 교수

Manuscript Received : August 28, 2019

First Revision : February 4, 2020

Accepted : March 24, 2020

* Corresponding Author : Seon-Hyeong Kim(kimsh9510@gmail.com)

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구를 소개하고 3장에서는 제안하는 시스템의 개요와 기반이 되는 플랫폼 구조, 그리고 카메라를 탐색하는 방법에 대해 소개한다. 또한 전체 시스템의 동작과정을 알고리즘으로 설명한다. 4장에서는 기기의 모니터링과 번호인식에 대한 현재 구현 내용과 평가를 기록하고 5장에서 정리한다.

2. 관련 연구

사물인터넷 기술은 사물인터넷 기기와 센서 장치, 정보통신 시설, 데이터 처리 장치로 구성되어 있으며 방대한 양의 데이터는 클라우드에서 처리된다. 따라서 사물인터넷 기술적 구성요소는 스마트기기로 분류되는 센서의 기능을 하는 RFID, 통신 서비스를 제공하는 WSN, 위치지정 서비스인 GPS, 식별된 기기의 큰 데이터를 저장할 수 있는 Cloud Computing, 등으로 이루어져 있다[5]. 차량을 추적하는 시스템에서 다음과 같은 구성요소를 이용하여 모바일 기기의 위치와 상태를 동적으로 제공하고, 실시간 모니터링 및 제어가 가능하다[6]. 그러나 이 연구는 등록된 기기에 한해서 객체 이동의 결과를 모니터링하는데 그치고, 차량의 이동을 예측하거나 이를 위해 해당 기기에서 수집된 정보를 분석하지 않는다.

차량의 등록정보와 위치정보를 이용하여 특정 차량을 추적하는 시스템이 있다[7]. 차량 절도 범죄가 증가함에 따라 절도 행위를 적발하는 연구가 진행되고 있다. 등록된 차량의 위치 정보를 기준으로 특정 범위를 지정하여 범위 내의 카메라에서 해당 차량이 발견되었을 때 메시지를 출력함으로써 차량 도난을 예측할 수 있다. 또한 다양한 카메라에서 촬영된 차량의 사진을 비교 분석한다. 그러나 본 시스템은 차량 위치의 변경만 인지할 뿐, 추가적인 위치 탐색을 통해 이동경로를 예측하는데 한계가 있다.

또한 실시간으로 차량의 번호판을 인식하는 연구가 많이 이루어지고 있다[8-10]. 그러나 단일 카메라를 이용하여 차량을 추적하거나, 차량 추적용 카메라와 번호 식별용 카메라를 이용하여 연구를 진행하였다. 본 연구는 차량의 감지 및 추적과 번호판 인식의 정확도에 초점을 두고 있기 때문에 카메라 간 분석한 정보를 공유할 필요가 없고, 단일 카메라의 성능을 평가하는데 그친다.

그리고 차량 번호판 인식을 통해 특정 차량을 추적하는 연구가 있다[11]. JAVA OCR 라이브러리를 이용하여 차량의 이미지에서 텍스트 형태의 번호를 추출하고 비교하여 도난당한 차량을 찾는다. 또한 입력된 경로와 인접한 센서를 기준으로 다음 탐색할 이미지를 결정한다. 다음의 연구는 센서 간의 인접성을 정의하지 않아 인접하다는 기준이 모호하고, 차량이 도주한지 오랜 시간이 지났다면 인접한 센서에서 탐색을 하는 것이 무의미하다.

본 연구에서는 특정 차량을 추적하기 위해 번호판 인식과 함께 차량의 이동 반경을 예측하고 탐색하는 알고리즘을 제

안한다. 이 알고리즘을 이용하여 탐색하는 데이터의 양을 줄이고 탐색시간을 단축하고자 한다.

3. 카메라 간 정보 공유를 통한 차량 추적

3.1 카메라의 이미지 분석을 통한 실시간 추적 플랫폼의 구조 및 동작

제안하는 시스템은 특정 차량의 번호판 문자열을 인식한 카메라 사이에서 정보를 공유하여 특정 차량을 추적한다. Fig. 1은 제안하는 시스템의 개요이다.

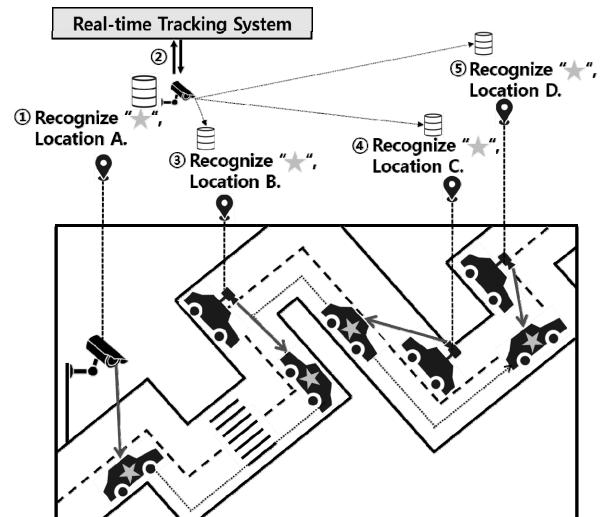


Fig. 1. Overview of System

시스템에 등록된 카메라는 실시간으로 촬영한 영상을 이미지로 분할하여 파일 서버에 저장한다. 그리고 카메라의 기기 정보(카메라의 고유번호, 촬영시간, 기기의 종류, 위치, 카메라의 연결 여부)와 영상정보(촬영된 영상의 저장경로)는 db 서버에 저장한다.

Fig. 2는 차량을 인식한 카메라에 대한 경로 생성과정을 시작화하였다.

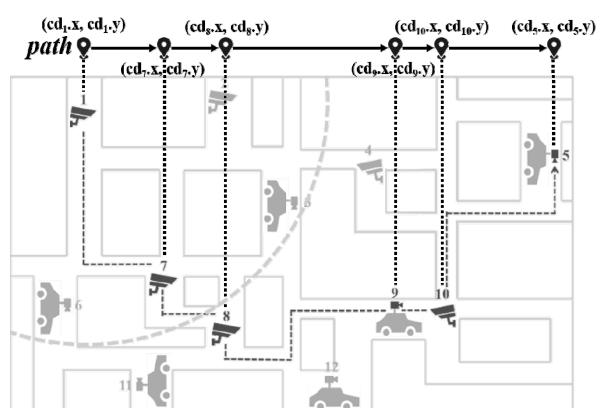


Fig. 2. Path Generation

본 시스템은 사물 인터넷 통합 플랫폼 환경에서 카메라 기기들의 데이터를 수집하고 상황에 따라 적합한 기기를 탐색하고 사용자에게 서비스를 제공한다. 서버에서는 특정 차량의 번호판을 인식한 카메라의 정보를 이용하여 데이터베이스에서 SQL 쿼리문을 통해 주위의 카메라에 같은 차량번호를 탐색한다. 다음과 같은 과정을 통해 차량의 번호판을 인식한 순서에 따라 차량의 이동 경로를 사용자에게 제공한다.

본 논문에서 제안하는 시스템의 구조는 카메라 기기로부터 데이터를 수집할 뿐만 아니라, 카메라의 상태를 함께 관리한다. 플랫폼을 통해 수집한 카메라의 정보를 기반으로 또 다른 카메라를 탐색함으로써 사용자에게 필요한 정보를 제공할 수 있다. 제안하는 시스템은 카메라로부터 데이터를 수집하는 데이터 매니저, 기기에서 받아온 값을 분석하는 기기 매니저, 사용자에게 서비스를 제공하는 서비스 매니저로 구성되어 있다. Fig. 3과 Fig. 4는 제안하는 시스템의 구조이다.

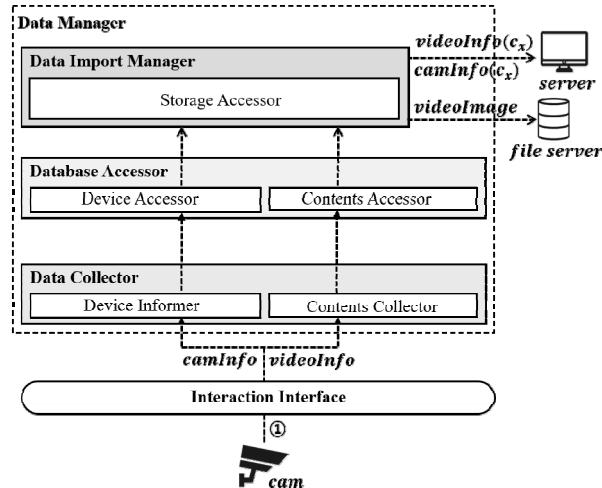


Fig. 3. Architecture of Data Manager

● 데이터 매니저(Data Manager)

데이터 매니저는 크게 세 개의 모듈로 구성되어 있다. 시스템에 등록된 카메라의 고유번호, 이미지 촬영시간, 카메라 종류, 카메라의 위치, 카메라 연결 여부 등의 기기정보 (camInfo)와 이미지 저장경로의 비디오정보(videoInfo)를 실시간으로 수집하여 서버(server)의 데이터베이스에 저장한다. 이때 카메라로부터 받아온 실시간으로 저장되는 이미지 데이터는 용량이 방대하기 때문에 파일 서버(file server)에 저장하고 저장경로를 반환하여 서버(server)의 데이터베이스에 저장한다. 또한 접근자 모듈(Storage Accessor)에서 서버에 저장된 기기정보와 파일 서버에 저장된 영상자료에 접근할 수 있도록 하며 기기 접근자(Device Accessor)와 콘텐츠 접근자(Contents Accessor)에서 받아온 영상정보 데이터를 서버에서 분석하여 조건에 부합하는 카메라의 기기정보 데이터를 이용할 수 있도록 한다. 또한 다음 모듈로 정보를 전달한다.

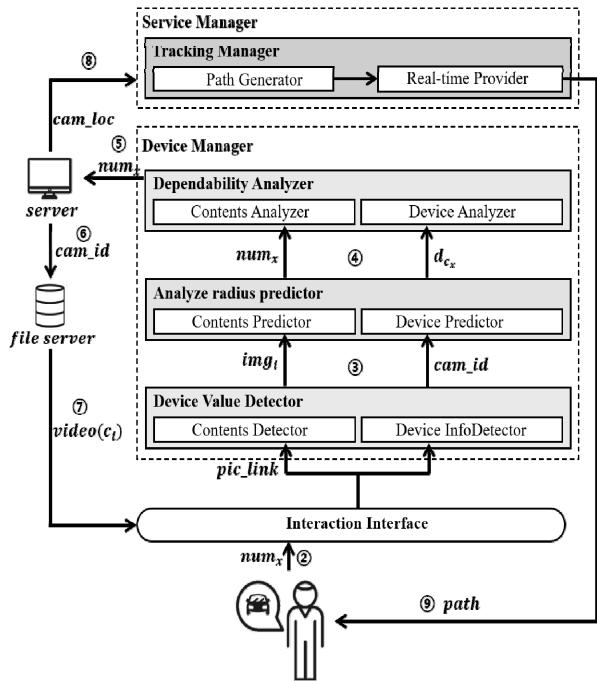


Fig. 4. Architecture of Tracking System

● 기기 매니저(Device Manager)

기기 매니저는 크게 세 개의 모듈로 구성되어 있다. 콘텐츠 탐색자(Contents Detector)에서 등록된 각각의 카메라에서 촬영된 영상정보를 이미지로 분할하여 파일 서버(file server)에 저장하며, 원하는 차량의 번호판 이미지가 캡처된 이미지를 받아온다. 또한 기기정보 탐색자(Device InfoDetector)에서 기기의 상태는 서버에서 실시간으로 모니터링 하고, 기기의 정보를 이용하여 탐색에 이용 가능한 기기인지 판별한다. 사용자가 찾고자 하는 차량의 번호()에 대해 저장된 이미지에서 차량 번호판을 탐색하여 콘텐츠 분석자(Contents Analyzer)에서 해당 이미지를 분석하고 번호판 번호를 서버의 데이터베이스에 문자열로 추가하여 이용 가능하도록 한다. 부여한 조건을 만족하는 카메라에 대해 번호판의 번호()를 탐색하게 하고, 동일한 문자열을 탐색한 기기의 위치와 시간정보를 이용한다. 또한 기기 분석자(Device Analyzer)에서 분석한 차량의 이동반경()을 예측하고 이동반경 내에 있는 카메라 중 거리가 가장 멀 카메라에 대해 같은 탐색을 반복한다.

● 서비스 매니저(Service Manager)

서비스 매니저는 결과적으로 사용자가 실시간으로 탐색한 차량의 이동경로를 모니터링 할 수 있도록 하는 실시간정보 제공자(Real-time Provider)와, 특정 번호판의 문자열 정보를 카메라 간에 공유하고 해당 번호판을 탐색한 시간과 탐색한 카메라의 위치(cam_loc)를 경로에 추가하고 저장하여 차량의 이동경로를 분석하는 경로분석자(Path Generator)로 구성되어 있다. 다음의 탐색과 분석은 모두 서버에서 이루어진다.

● 상호작용 인터페이스(Interaction Interface)

상호작용 인터페이스는 추적하고자 하는 차량의 번호판 이미지를 분석하고 저장된 문자열 정보를 서버의 데이터베이스에서 탐색한다, 이와 일치하는 차량의 번호() 문자열을 저장한 다른 카메라 기기를 찾는다.

3.2 탐색한 번호판 문자열을 공유할 카메라 선택 방법

제안하는 시스템의 시나리오는 Fig. 5와 같다. 다음의 시나리오는 전체 카메라 C 중 7번 카메라에서 원하는 차량의 번호판을 가장먼저 인식한 것으로 가정한다. 본 시스템은 카메라의 정보, 카메라의 현재 상태, 카메라에서 촬영한 영상을 실시간으로 저장한다.

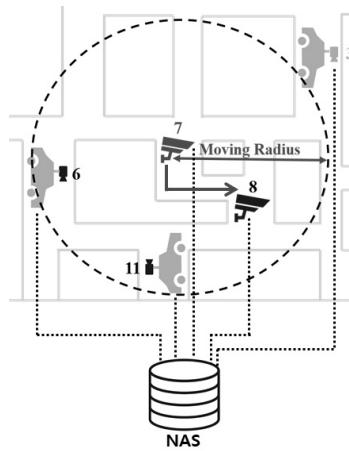


Fig. 5. Scenario of System

카메라 7번(c_7)에서 찾고자 하는 차량의 번호판 이미지를 인식하였을 때, 번호판 이미지를 분석하여 차량 번호판의 문자열 “ABCD”를 추출한다. 또한 해당 이미지의 촬영시간(c_x^t)과 현재시간(current time)을 이용하여 경과시간(t_{c_x})을 측정한다. 이 때 t_{c_x} 는 ($tm_{day}, tm_{hour}, tm_{min}, tm_{sec}$)로 이루어져 있고, 각각은 경과시간(t_{c_x})을 경과한 일(day), 시간(hour), 분(min), 초(sec)로 분리한 것이다. 다음의 경과시간을 이용하여 차량의 이동반경(d_{c_x})을 구하는 식은 다음 Equation (1)과 같다. 다음에서 차량의 속도(speed)의 단위는 km/h이다.

$$d_{c_x}(\text{km}) = (tm_{day} * 24 + tm_{hour} + tm_{min} \times 1/60 + tm_{sec} \times 1/3600) \times \text{speed}(\text{km/h}) \quad (1)$$

카메라의 경위도 좌표 값을 이용하여 전체카메라 C의 c_i ($i \neq 7$)에 대해 c_7 과의 거리 d_{c_i} (km)를 계산한다. 다음 Fig. 3의 시나리오에서 $d_{c_i} \leq d_{c_x}$ 를 만족하는 카메라 c_i ($i = 6, 8, 11$)에서 현재시간(current time)의 전후 α 시간에 대해 동일한 번호판 “ABCD”가 있는지 탐색하고, 탐색을 성공한 c_j 카메라의 위치와 시간 정보를 이용하여 차량의 이동경로를 추가한다. 이후 다음과 같은 탐색을 반복한다.

3.3 시스템 동작과정

실시간 추적 시스템의 동작과정은 아래 Fig. 6과 같다. 입력값(Output)은 추적하고자 하는 차량의 번호판이 인식된 시간(time)과 분석한 차량 번호판의 문자(num_x)이다. 그리고 출력값(Output)은 추적하고자 하는 차량의 이동경로 $path$ 이다.

Operation of real-time tracking system	
Input	c_x^t is the plate recognized time, num_x is the plate number.
Output	path is the path of the tracking vehicle
1	<code>addCamInfo()</code>
2	if <code>takeImage(cv_x) = true</code> then
3	$img_x \leftarrow$ captured image
4	if <code>string(img_x) = num_x</code> then
5	$path \leftarrow loc(c_x)$
6	$t_{c_x} = current\ time - c_x^t$
7	$d_{c_x} = t_{c_x} \times speed$
8	for each c_i in C
9	$d_{c_i} \leftarrow getDeviceDistance(c_x^{loc}, c_i^{loc})$
10	if $d_{c_i} < d_{c_x}$ then
11	for each c_j in c_i
12	$img_j \leftarrow$ captured image
13	if <code>string(img_j) = num_x</code> then
14	$path \leftarrow loc(c_j)$
15	end for
16	end for
17	return $path$

Fig. 6. An Algorithm of Real-time Tracking System

등록된 n개 카메라의 집합 $C(c_1, c_2, c_3, \dots, c_n)$ 에 대해 카메라의 고유번호, 촬영시간, 기기의 종류, 위치, 촬영된 영상의 저장경로, 카메라의 연결 여부 등을 데이터베이스에 저장한다. 카메라 영상의 집합 CV의 영상 중 x번째 카메라의 영상 cv_x 가 카메라 연결의 오류 없이 분할, 저장되었을 때 분할된 이미지를 img_x 에 저장한다. img_x 를 분석하여 원하는 차량의 번호판 문자(num_x)를 인식하였을 때, 차량의 이동경로 $path$ 에 카메라 c_x 의 위치정보를 저장한다.

번호판이 인식된 이미지가 촬영된 시간(c_x^t)과 현재시간(current time)의 비교를 통해 경과한 시간(t_{c_x})을 계산하고, 차량의 평균 속도를 이용하여 이동반경(d_{c_x})을 예측한다. 또한 이동반경(d_{c_x}) 이내에 있는 카메라 c_i 에 대해 카메라 c_x 와의 거리를 계산하고, 이동반경 내부에 있는 카메라 c_j 에 대해 실시간으로 촬영된 이미지를 img_j 에 저장한다. img_j 를 분석하여 문자열 값이 처음에 찾고자 하는 차량의 번호판 문자(num_x)와 동일할 때, 차량의 이동경로 $path$ 에 카메라 c_j 의 위치정보를 저장한다. 결과적으로 카메라의 시간과 위치값을 이용하여 추적하고자 하는 차량의 경로 $path$ 를 반환한다.

4. 카메라 데이터 모니터링 및 차량 번호판 인식 구현과 평가

4.1 시스템 동작과정

본 시스템은 등록된 카메라에 대해 실시간으로 수집한 정보를 데이터베이스에 실시간으로 저장한다. Fig. 7은 데이터베이스에 저장된 데이터를 모니터링 하는 화면이다. 데이터

베이스 테이블의 구조는 카메라 각각을 구분할 카메라 고유 번호(*cam_id*), 각 카메라에서 영상을 분할하여 이미지를 저장한 시간(*time*), 카메라 기기의 종류(*cam_type*), 카메라 위치의 위도 값(*cam_lat*), 카메라 위치의 경도 값(*cam_lng*), 분할 저장된 이미지의 경로(*pic_link*), 이미지를 분석한 차량의 번호(*car_num*), 그리고 카메라의 연결 여부(*cam_connect*)로 구성되어 있다.

또한 카메라의 연결이 끊어졌을 때 다음과 같이 카메라의 연결 여부(*cam_connect*)가 ‘on’으로 데이터베이스에 저장됨에 따라, 실시간 카메라의 상태를 모니터링 할 수 있고, 해당 카메라 위치에서의 사고여부를 예측할 수 있다.

<i>cam_id</i>	<i>time</i>	<i>cam_type</i>	<i>cam_lat</i>	<i>cam_lng</i>	<i>pic_link</i>	<i>car_num</i>	<i>cam_connect</i>
1	2020-03-02 19:49:39	web_cam1	35.889147	128.610314	Z:/HDD1/cam1/img_000002.jpg	AA5602PE	on
2	2020-03-02 19:49:39	web_cam2	35.894074	128.606904	Z:/HDD1/cam2/img_000002.jpg	AA5602PE	on
3	2020-03-02 19:49:39	web_cam3	35.902965	128.618665	Z:/HDD1/cam3/img_000002.jpg	AA5602PE	on
1	2020-03-02 19:49:42	web_cam1	35.889147	128.610314	Z:/HDD1/cam1/img_000003.jpg	AA5602PE	on
2	2020-03-02 19:49:42	web_cam2	35.894074	128.606904	Z:/HDD1/cam2/img_000003.jpg	AA5602PE	on
3	2020-03-02 19:49:42	web_cam3	35.902965	128.618665	Z:/HDD1/cam3/img_000003.jpg	AA5602PE	on
1	2020-03-02 19:49:44	web_cam1	35.889147	128.610314	Z:/HDD1/cam1/img_000004.jpg	AA5602PE	on
2	2020-03-02 19:49:44	web_cam2	35.894074	128.606904	Z:/HDD1/cam2/img_000004.jpg	AA5602PE	on
3	2020-03-02 19:49:44	web_cam3	35.902965	128.618665	Z:/HDD1/cam3/img_000004.jpg	AA5602PE	on
1	2020-03-02 19:49:47	web_cam1	35.889147	128.610314	Z:/HDD1/cam1/img_000005.jpg	AA5602PE	on
2	2020-03-02 19:49:47	web_cam2	35.894074	128.606904	Z:/HDD1/cam2/img_000005.jpg	AA5602PE	on
3	2020-03-02 19:49:47	web_cam3	35.902965	128.618665	Z:/HDD1/cam3/img_000005.jpg	AA5602PE	on

Fig. 7. Data Monitoring

4.2 실시간 데이터베이스 이미지 저장 및 번호 인식

시스템에 등록된 카메라는 실시간으로 촬영한 영상을 이미지로 분할하여 서버에 저장을 한다. 다음 Fig. 8에서 각각 (a)는 카메라2, (b)는 카메라 3, (c)는 카메라1에서 촬영된 이미지를 실시간으로 서버에 저장하고 모니터링 하는 화면이다.

또한 각각의 카메라는 이미지의 저장경로를 이용하여 차량 번호판의 알파벳과 숫자를 ‘AA5602PE’로 인식하고 데이터베이스의 ‘*car_num*’ 열에 저장한 것을 확인할 수 있다. 차량 번호판의 알파벳과 숫자는 KNN(K Nearest Neighbors) 알고리즘을 이용하여 학습시킨 후 인식하였다.

4.3 평 가

본 논문에서 개발한 실시간 추적 시스템에서 사용되는 모든 기기는 사물인터넷 플랫폼에 등록하고 사용한다. 제안하는 시스템은 시스템에 등록된 카메라 기기에서 차량의 이동 반경을 예측하고 예측된 반경 내에 있는 카메라에 대해서만 차량을 탐색한다. 따라서 구현한 시스템이 탐색시간 단축에 효율적임을 평가하기 위해 카메라 기기에서 촬영되고 저장된 모든 이미지에 대해 차량을 탐색할 때와 경과시간에 대한 비교 실험을 하였다.

Fig. 9는 모든 이미지를 탐색한 결과(TOTAL_search)와 구현한 시스템을 이용해 탐색한 결과(SYSTEM_search)의 경과시간(ELAPSED TIME)을 초 단위로 나타낸다.

본 실험은 시스템에 등록된 카메라 3대에 대해 3개의 차량 이동경로를 출력한다. 3분 간 촬영한 이미지 207개와 15분 간 촬영한 이미지 1062개, 그리고 30분 간 촬영한 이미지 2,106개에 대한 경과 시간을 비교해보면 이미지의 개수가 늘

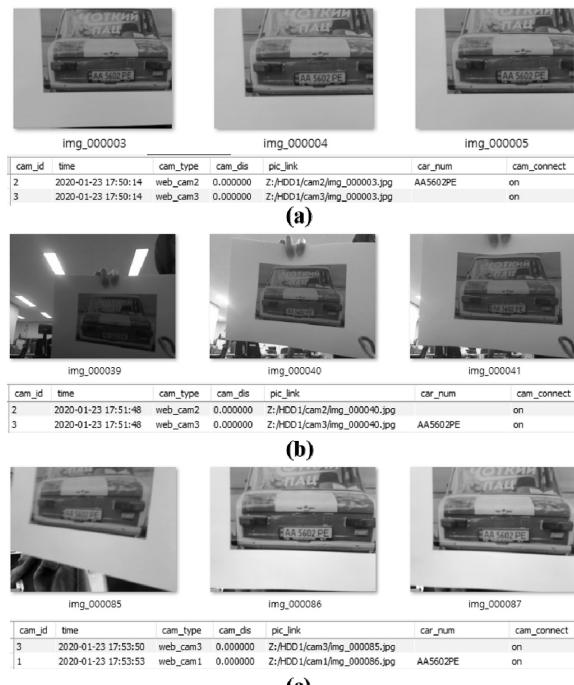


Fig. 8. Image Storage and Number Recognition

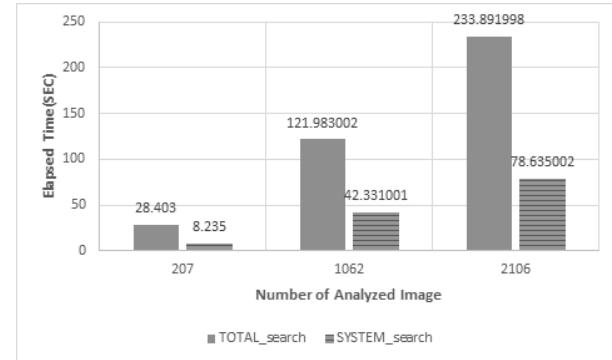


Fig. 9. Elapsed Time Comparison

어날수록 시스템을 이용해 탐색하였을 경우 경과시간이 더 짧은 것을 확인할 수 있다. 또한 탐색 시간의 기준을 추가하여 추후에 재평가할 것이다.

5. 결 론

본 논문에서는 시스템에 등록된 카메라의 정보를 이용하여 차량을 추적하고 이동경로를 제공하는 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 사물인터넷 플랫폼을 기반으로 카메라의 기기정보와 영상정보를 저장하고 모니터링 한다. 시스템에 등록된 기기들을 기반으로 분할 저장된 영상을 분석하여 번호판의 번호를 추출하고, 데이터베이스에 저장된 데이터를 기반으로 차량의 이동반경을 예측한다. 또한 반경 내에 있는 카메라에 대해 이미지를 탐색하여 번호를 찾고, 카메라의 위

치정보를 추출함으로써 차량의 이동경로를 예측할 수 있다. 제안하는 시스템을 통해 재난, 도난과 같은 여러 상황에서 카메라에 촬영된 영상을 기반으로 주변 상황을 판단하고, 사용자에게 맞춤형 서비스를 제공할 수 있다. 이 연구는 향후 카메라 간 정보 공유를 통해 차량을 추적하기 때문에 사용자의 개입이 필요 없고, 반경 내 제한된 카메라에 대해 정보를 공유하기 때문에 분석을 최소화 한다.

References

- [1] M. K. Hossen and S. H. Tuli, "A surveillance system based on motion detection and motion estimation using optical flow," *IEEE 5th International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV)*, pp.646-651, 2016.
- [2] D. K. Yadav, L. Sharma, and S. K. Bharti, "Moving object detection in real-time visual surveillance using background subtraction technique," *IEEE 14th International Conference on Hybrid Intelligent Systems*, pp.79-84, 2014.
- [3] P. A. R. Savoie and A. E. Boulay, U.S. Patent No. 5,895,436. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office, 1999.
- [4] S. A. Hameed, O. Khalifa, M. Ershad, F. Zahudi, B. Sheyaa, and W. Asender, "Car monitoring, alerting and tracking model: Enhancement with mobility and database facilities," *IEEE In International Conference on Computer and Communication Engineering*, pp.1-5, 2010.
- [5] D. Balakrishnan, A. Nayak, P. Dhar, and S. Kaul, "Efficient geo-tracking and adaptive routing of mobile assets," *2009 11th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications*, pp.289-296, 2009.
- [6] M. O. Thomas and B. B. Rad, "Reliability evaluation metrics for internet of things, car tracking system: A review," *Int. J. Inf. Technol. Comput. Sci. (IJITCS)*, Vol.9, No.2, pp.1-10, 2017.
- [7] Y. Y. Chen, J. R. Chen, L. H. Chang, and S. C. Hung, U.S. Patent No. 9,761,135. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office, 2017.
- [8] C. Caraffi, T. Vojíř, J. Trefný, J. Šochman, and J. Matas, "A system for real-time detection and tracking of vehicles

from a single car-mounted camera," *15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp.975-982, 2012.

- [9] H. Lee, D. Kim, D. Kim, and S. Y. Bang, "Real-time automatic vehicle management system using vehicle tracking and car plate number identification," *IEEE International Conference on Multimedia and Expo. ICME'03. Proceedings*, Vol.2, pp.II-353, 2003.
- [10] M. Betke, E. Haritaoglu, and L. S. Davis, "Real-time multiple vehicle detection and tracking from a moving vehicle," *Machine Vision and Applications*, Vol.12, No.2, pp.69-83, 2000.
- [11] D. M. Babu, K. Manvitha, M. S. Narendra, A. Swathi, and K. P. Varma, "Vehicle Tracking Using Number Plate Recognition System," In *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, Vol.6, No.2, pp. 1473-1476, 2015.



김 선 형인

<https://orcid.org/0000-0003-3916-7468>
e-mail : kimsh9510@gmail.com
2018년 경북대학교 응용생명과학부(학사)
2018년 ~ 현 재 경북대학교 컴퓨터학부
석사과정
관심분야: 모바일 컴퓨팅, 사물 인터넷,
빅데이터



김 상 융

<https://orcid.org/0000-0003-0717-7549>
e-mail : kimsu@knu.ac.kr
1979년 경북대학교 전자계산기공학(학사)
1981년 서울대학교 컴퓨터과학(석사)
1989년 서울대학교 컴퓨터과학(박사)
1982년 ~ 현 재 경북대학교 컴퓨터학부
교수
관심분야: 모바일 미디어, 소셜미디어, 사물인터넷