

## 교통량 측정 시스템에서의 프레임간 차영상을 이용한 차량 검출 및 추적

김형수<sup>1</sup>, 황기현<sup>2</sup>

<sup>1</sup>상지대학교 컴퓨터공학부, <sup>2</sup>동서대학교 컴퓨터공학부

### Vehicle Detection and Tracking Using Difference Frame Image for Traffic Measurement System

Hyung-Soo Kim<sup>1</sup>, Gi-Hyeon Hwang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Computer, Information, and Communication Engineering, Sangji University

<sup>2</sup>Division of Computer Engineering, Dongseo University

**요약** 지능형 교통 시스템(Intelligent Transportation System, ITS)은 첨단기술을 사용하여 도로의 상황을 판단하고 적절한 처리를 수행하므로 이상적인 차량의 흐름을 유도하는 시스템이다. 교통상황에 대한 정보는 다양한 지점에서 측정되고 관리되어야 하므로 주로 컴퓨터를 이용한 영상이 사용된다. 컴퓨터를 이용한 영상처리는 실시간으로 다양한 교통 파라미터를 수집하기 용이한 방법이고, 기술들도 점점 발전하고 있다. 지능형 교통 시스템의 교통 파라미터 중 차량 검출은 기본적으로 매우 중요한 기술이다. 이를 위해 영상의 배경 차를 이용한 검출방법, 에지를 이용한 윤곽선 추출 방법 등의 기술들이 사용되고 있으나 검출률의 정확도에 문제점이 제기되고 있다. 본 논문에서는 레이블링에 의한 차량검출과 감지선을 이용한 영상처리 방법으로 차량을 검출하였다. 제안된 방법의 정확도를 확인하기 위해 국도와 고속도로 등 두 곳의 장소에서 20개의 수직, 수평 방향 영상을 수집하여 차량 계수를 측정하였다. 그 결과 수직 방향 92%, 수평 방향 91.3%의 검출률을 얻었다.

• 주제어 : 지능형 교통 시스템, 차량 검출, 차량 추적, 배경간의 차영상, 교통량 측정 시스템

**Abstract** Intelligent Transport Systems (Intelligent Transportation System: ITS) is a system for inducing a flow of ideal car for using the most advanced technology, it is determined the status of the road, and take appropriate action. In order to be measured at various time points, and is managed, the information about the traffic situation is used image using a computer mainly. The image processing using a computer, it is an easy way to collect parameters of the various traffic in real time, technology has developed more and more. Vehicle detection of transport parameters of intelligent transportation system is a very important technology basically. Therefore, technology detection method using car background images and the contour line extraction method using an edge is used, however, problems have been raised on the accuracy of the detection rate.

• Key Words : Intelligent transportation systems, vehicle detection, vehicle tracking, background difference image, Traffic Measurement System

Received 20 February 2016, Revised 7 March 2016, Accepted 30 March 2016

\* Corresponding Author Gi-Hyeon Hwang, Division of Computer Engineering, Dongseo University, 47, Jurye-ro, Sasang-gu, Busan, Korea.  
E-mail: hwanggh@gdsu.dongseo.ac.kr

## I. 서론

최근 정보기술의 발달에 따라 수많은 분야에서 IT 분야와의 융합기술이 발전하고 있다. 특히, 교통 시스템과의 융합 기술은 빠르게 발전하고 있으며, 지능형교통시스템의 발전은 더욱 더 높아지고 있다. 지능형교통시스템은 도로, 차량, 신호시스템 등 기존 교통체계의 구성요소에 전자, 제어, 통신 등 첨단기술을 접목시켜 구성 요소들이 상호 유기적으로 작용하게 하는 시스템이다. 지능형교통시스템은 궁극적으로 교통 혼잡을 최소화하여 흐름을 효율적으로 조정하고 도로의 이상적인 교통상황을 만드는데 목적이 있다[1-2].

지능형 교통 시스템의 가장 중요한 기술은 실시간으로 교통 정보를 수집하는 것이다. 실시간 교통 정보는 불법주차단속, 과속단속, 신호위반단속, 교통정보수집 등의 분야에서 이용되고 있다.

교통량 측정을 하기 위한 방법에는 도로의 지하에 직접 센서를 매설하여 데이터를 얻는 지하 매설형 측정 방법과 지상의 신호등이나 기둥 등에 카메라를 거치하여 데이터를 얻는 지상 거치형 측정 방법이 있다. 지하 매설형 측정 방법에서는 루프 센서(loop sensors), 로드 튜브(road tube)등이 고속도로의 차량 계수 측정 등에 사용되고 있다[1-2]. 이러한 방법을 신규로 설치할 경우 교통을 통제하여 설치하기 때문에 교통체증을 유발한다. 또한, 설치 후 시간이 지나면서 차량의 무게에 의하여 도로가 손상되어 잦은 고장이 발생하며 많은 유지보수 비용이 소요된다. 반면에 컴퓨터 영상처리, 적외선, 초단파, 초음파, 레이더 등의 센서나 카메라를 이용하는 지상 거치형 측정 방법은 지하 매설형 측정 방법에 비해 더 많은 교통 정보를 얻을 수 있으며, 차종 분류, 차량 움직임 등의 정보를 수집할 수 있다. 또한, 지하 매설형 측정 방법과 달리 지상에 거치하는 방식이기 때문에 교통 혼잡을 유발시키지 않으며 설치가 용이한 장점이 있다. 그러나 장비의 가격이 대부분 고가이며, 설치와 유지보수 방법이 복잡한 문제점이 있다[1-3].

지능형 교통 시스템 중 컴퓨터를 이용한 영상처리에서 가장 기본이 되는 기술은 영상에서의 차량 검출이다. 차량의 검출은 배경의 차를 이용한 차영상방법, 윤곽선의 추출을 이용하여 차량을 검출하는 에지

검출 방법 등이 있으며, 각각의 방법들은 많은 연산으로 실시간 검출 성능과 주위 환경의 변화에 따른 검출률 저하의 문제점들이 있다.

본 논문에서는 지상 거치형 측정 방법 중 하나인 컴퓨터를 이용한 영상처리를 사용하여 차량을 검출하고 차량 계수를 측정한다.

본 논문에서는 320×240 화소의 해상도를 가진 CCD 카메라를 이용하여 두 곳의 장소에서 영상을 획득하였다. 영상은 60초의 길이로 20개를 수집하여 실험한다. 현 영상과 이전 영상의 차를 이용하여 배경을 분리하고, 발생하는 잡음의 제거는 미디언 필터(median filter)를 사용하였다. 그리고 잡음제거를 완료한 영상을 레이블링하여 차량을 검출하고, 영상 내에 감지선을 삽입하여 차량 계수를 측정하였다.

## II. 교통량 측정 시스템

### 2.1 지하 매설형

지하 매설형 측정 방법은 도로의 포장 아래에 루프 센서나 로드 튜브 등을 설치하여 교통정보를 수집하는 방법으로써 설치의 방법이 쉽지 않고 교통정보를 수집하는 종류가 다양하지 못한 단점이 있다 [1-2].

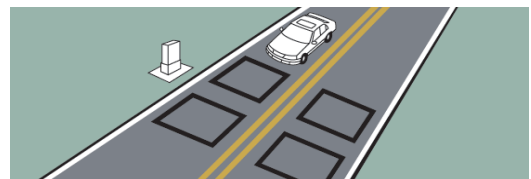


Fig. 1 Install of loop sensor

루프 센서는 아스팔트의 균열과 파손으로부터 루프 와이어의 끊어짐을 보호하기 위하여 인장 강도가 매우 높은 튜브 내에 테플론으로 코팅된 루프 와이어가 삽입되어 있는 센서이다. 아스팔트 포장 전 설치할 수 있으며, 철근 위에 직접 설치하여도 자기영향을 받지 않아 교량, 터널 등에 사용 가능하다. 특징으로는 약 10년의 사용 수명과 와이어의 연결이 필요치 않으며, 무게가 가볍고 소형으로 운반이 용이하다. 사각형, 원형, 팔각형 등의 여러 모양으로

설치할 수 있으며 무엇보다도 차량 검출 성능이 뛰어나다. 기존 및 신설도로에 설치되고 있으며 주차장, 공항, 교량, 터널, 철도 건널목 등에서의 지능형 교통 시스템 정보를 수집하고 있다[4-5]. 그림 1은 루프 센서의 설치 구조이다.

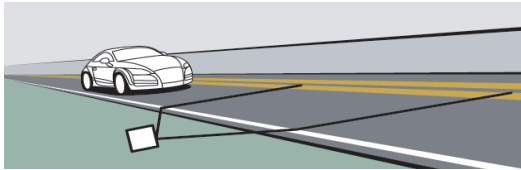


Fig. 2 Install of road tube

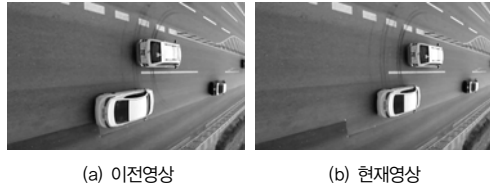
로드 튜브는 교통량 측정기에서 사용하는 장치로 도로에 설치된 로드 튜브를 통과하는 차량의 바퀴무게에 따라 튜브 안에 공기의 압력을 이용하여 정보를 수집하는 장치이다. 차량의 카운터 특징과 차량 진출입 검출 및 경보의 기능에 사용되고 있다[4-5]. 그림 2는 로드 튜브의 설치 구조이다.

## 2.2 지상 거치형

지상 거치형 측정 방법은 지하 매설형 측정 방법과 달리 지상의 거치물에 거치하여 교통정보를 수집하는 것으로 다양한 교통정보를 수집 할 수 있다 [1-2]. 측정 방법의 종류로는 컴퓨터를 이용한 영상처리, 레이더, 초음파, 센서나 카메라 등이 있다. 컴퓨터 영상처리 측정 방법은 카메라를 통하여 수집된 영상을 바탕으로 알고리즘을 이용하여 다양한 교통 정보를 수집할 수 있는 방법이다. 영상처리 알고리즘에 따라 측정할 수 있는 교통 정보는 차량 검출, 차량 계수 측정, 차량 속도, 위치, 차종, 차선 등에 대한 정보를 수집 할 수 있다. 그러나 컴퓨터 영상처리 시스템은 주변의 차폐물이나, 그림자 등과 같은 주변 환경에 의하여 영향을 받는다. 레이더를 이용한 교통 정보 측정 방식은 송신기에서 발생하는 주파수를 이용하여 교통 정보를 수집한다. 송신기의 주파수로 인한 도플러 효과로 주파수 천이 현상을 이용하여 교통 정보를 수집한다[3-5]. 그러나 레이더를 이용한 교통 정보 측정방법은 정지차량에 대해서는 측정이 불가능하기 때문에 교차로 등에서의 교통 정보 수집이 불가능하다는 단점이 있다.

## 2.3 차량 검출 기법

차량의 검출방법에는 영상의 차연산을 이용한 차영상 방법, 윤곽선을 검출하여 차량을 검출하는 에지를 이용한 방법 등이 있다.



(a) 이전영상

(b) 현재영상



(c) 차영상 결과

Fig. 3 Example of difference image.

차영상을 이용한 방법에서는 이동 중인 물체가 있는 두 개의 영상에서 이전 영상과 현재 영상에 대한 차영상을 분석하여 객체를 검출한다. 차영상 검출 방법은 영상 내에서 잡음이나 빛의 변화에 취약한 단점이 있지만, 이동 중인 물체가 있는 영상에 대해서는 검출이 뛰어나다[6-9]. 그림 3은 이전영상과 현재 영상에 대한 차영상이다.

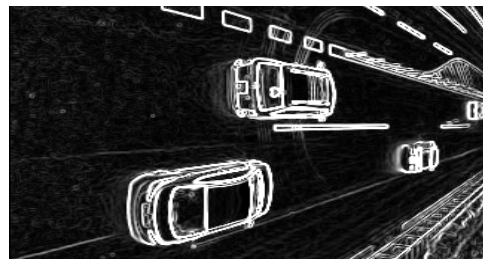


Fig. 4 Image applying sobel edge

영상에서 밝기가 급격하게 변하는 부분인 에지를 이용해서 차량을 검출하는 방법에는 소벨(Sobel), 로버트(Roberts), 캐니(Canny) 등이 있다[6-8]. 소벨 에지 기법은 영상의 방향과 상관없이 모든 방향의 에

지를 검출하며, 영상에 대한 잡음에 강하다. 그림 4는 소벨 연산자를 사용하여 검출한 영상이다.



Fig. 5 Image applying roberts edge

로버트 에지 기법은 에지 윤곽선 검출 기법 중 가장 기본이 되는 마스크를 사용하며, 잡음에 매우 민감하다. 장점으로는 연산속도가 빠르며, 에지를 뚜렷하게 검출한다. 그림 5는 로버트 연산자를 사용하여 구해진 영상이다.

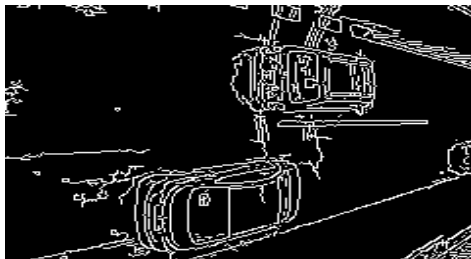


Fig. 6 Image applying canny edge

캐니 검출 기법은 잡음에 대해 그리 민감하지 않은 윤곽선 검출을 한다. 가우시안(Gaussian) 마스크를 사용하여 잡음제거를 하고 윤곽선을 검출하며, 영상에서 강한 윤곽선의 검출이 가능하다[4-5]. 그림 6은 캐니 에지 검출 기법을 적용한 영상이다.

### Ⅲ. 배경간의 차를 이용한 차량 검출 및 추적

차량을 검출하는 방법에는 이전영상과 현재영상의 배경의 차를 이용한 차영상 방법과 영상에서의 윤곽선을 검출하여 차량을 검출하는 방법 등이 있다. 본 논문에서는 연산량의 문제점을 보완하기 위하여 비교적 연산량이 적은 배경의 차를 이용한 알고리즘을

사용하였다. 본 논문에서 차량을 검출하기 위한 전체 처리과정은 그림 7과 같다.

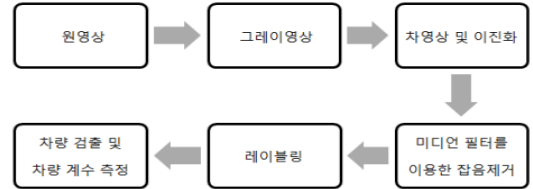
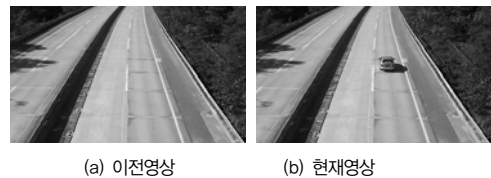


Fig. 7 Vehicle detection process

영상의 배경간의 차를 이용하여 차량을 검출하기 위해서는 이전영상과 현재영상을 그레이 변환 후 영상간의 차를 구한다. 이전 영상의 화소값과 현재 영상의 화소값의 차는 다음 식과 같다.

$$h(x,y) = g(x,y) - f(x,y) \quad \text{식-1}$$

그림 8은 식 1을 이용하여 (a)이전영상 에서 (b)현재영상을 차 연산한 차영상 결과이다.



(a) 이전영상 (b) 현재영상



Fig. 8 Results of difference image

영상처리에서 이진화란 영상을 흑, 백 두가지 색으로 출력하는 것을 말한다. 이진화 작업은 영상 인식을 할 때 매우 중요한 분야이다. 먼저, 이진화를 할 때는 원영상을 그레이영상으로 변화 시킨 후에 이진화 한다. 이진화의 장점은 컬러 영상의 경우 많은 화소 데이터가 있는데, 데이터 처리량을 줄여 준다. 또한, 영상의 성질과 특징 등을 훼손 하지 않고 보존할 수 있으며, 이진화 후 영상처리에 필요한 저장

공간이나 시간등을 절약할 수 있다. 이진화 작업을 하는 방법은 여러 가지가 있으나 간단한 방법 중 하나는 임계값을 정한 후, 각 화소에 대하여 임계값과 비교하여 이진화 하는 방법이다[10-11]. 본 논문에서는 차영상 후의 영상에 대하여 차량과 배경의 차이가 가장 잘 들어나는 값을 계산하여 이진화를 하였다. 그림 9는 이진화 작업 후의 영상이다.

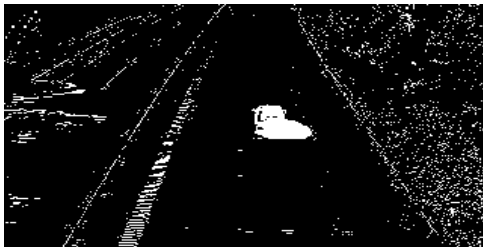


Fig. 9 Binary image

영상의 잡음이란 영상에 존재하는 불필요한 정보들을 의미하며 영상을 획득하는 과정에서 발생하는데 미디언 필터(median filter)를 사용하여 제거한다. 미디언 필터는 주어진 마스크 영역내의 각각의 화소값을 정렬한 다음 중간 순위의 값을 사용한다. 미디언 필터의 적용으로 주위의 화소 값과 가른 특정한 화소 값이 제거되어 유사한 값으로 변경된다[10-11]. 미디언 필터의 동작 구조는 그림 10과 같고, 미디언 필터를 사용하여 잡음제거 후의 영상은 그림 11과 같다.

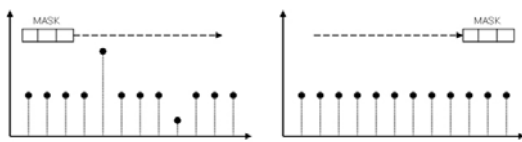


Fig. 10 Operation structure of the median filter



Fig. 11 Noise reduction image

레이블링은 그림 12와 같이 인접한 화소에 모두 같은 번호를 부여하고 연결되지 않거나 인접하지 않은 화소에 대해서는 다른 번호를 부여하는 작업이다.

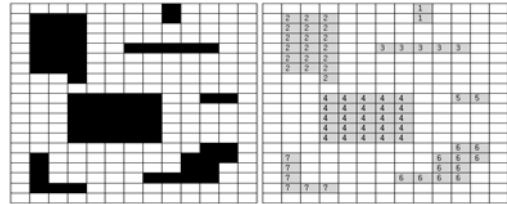


Fig. 12 Labeling diagram

레이블링이 완료되면 같은 영역에 속한 화소들의 그룹이 이루어져 차량에 대한 검출 유무를 표기한다. 그리고 주변의 화소를 분석하여 주변보다 더 밝거나 어두운 부분을 찾아내어 영역을 표기한다. 다음 그림 13은 레이블링을 완료한 영상이다.



Fig. 13 Labeling image

표기하는 방법은 검출된 차량의 화소 값이 변하는 부분에 표기를 하는데, 크게 윤곽선을 따라 표기하는 방법과 최소 근접 사각형 표기 방법이 있다[12-13]. 본 논문에서는 차량을 검출하여 최소 근접 사각형 표기 방법을 사용하였다. 사각형 표기는 기본적으로 차량을 추적하면서 이루어지는데, 초기 단계에서는 레이블링 중인 차량을 적색 사각형으로 표기하며 추적을 한다. 그리고 레이블링이 완료되면 푸른색으로 사각형이 바뀌며 레이블링이 완료된 차량임을 표기하면서 추적을 진행한다. 그리고 차량이 점점 작아지거나 멀어지면 푸른색 사각형 표기가 사라지고 적색 사각형으로 표기된다. 그림 14는 레이블링 완료 후 푸른색 사각형이 표기되어 차량 검출을 완료한 영상이며, 그림 15는 차량의 추적이 완료되어 적색 사각형으로 표기된 영상이다.

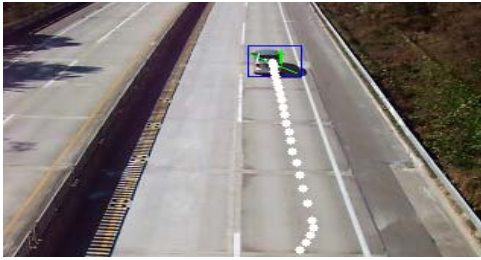


Fig. 14 Vehicle detection image



Fig. 15 Complete vehicle tracking image

차량의 검출이 완료되면 푸른색 사각형의 표기를 한다. 여기서 사각형 중간에 숫자 “1”은 검출이 완료된 순번으로 푸른색 사각형에서만 숫자가 나타난다. 이 숫자는 차량이 검출되어진 만큼 연속적으로 순번이 만들어지며, 각각의 사각형에 녹색의 사선이 만들어 지는데 이것은 차량의 레이블링 영역의 중심을 기점으로 나타내어진다. 또한, 한번 검출이 완료되어진 차량은 계속 추적을 하고 검출중 거리나 빛 등의 영향을 받아 화소 값이 변동되면 다시 적색 사각형으로 변경되면서 검출이 사라지게 된다. 이때는 차량의 검출이 완료 상태가 아니라 검출 중 상태가 된다. 그리고 검출이 완료되면 그 차량의 궤적을 표시하는데, 마찬가지로 푸른색 사각형 중심에 연속적인 흰점으로 궤적이 나타난다.

차량 검출이 완료된 영상을 바탕으로 차량의 계수를 측정한다. 차량 계수 측정 방법은 수집된 영상에서 차량계수를 측정할 부분에 감지선을 두어 감지선을 지나치는 차량에 대해 계수를 측정하는 방법을 사용하였다[12-14]. 또한, 감지선은 영상 내에서 원하는 부분에 설정할 수 있고, 수직, 수평 방향 모두 차량 계수 측정이 가능하다. 그리고 감지선을 기준으로 단방향이나 양방향으로의 차량 계수 측정도 가능하다.

본 논문에서는 도로의 특성상 차량이 단방향으로 진행되는 장소에서 차량의 계수를 측정하였다. 그림 16은 차량 계수 측정 모습이다.



Fig. 16 Measurement of vehicle count

HR 기반의 스마트 헬스 모바일 서비스는 사용자는 효율적인 건강관리를 위해 다양한 건강관리 서비스를 제공한다. 비만관리 서비스 제공을 위해서는 의학적 가이드라인이 필요하다.

#### IV. 실험결과

##### 4.1 실험 환경

320×240 화소 해상도의 CCD 카메라를 사용하여 영상을 수집하였고, 소프트웨어의 구현은 Intel i5 프로세서, Memory 16GB의 환경에서 구현하였다. 그리고 Visual Studio 2010 Service Pack 1에서 MFC를 사용한 Visual C++로 프로그래밍 하였다.



Fig. 17 Vehicle detection & Tracking

차량의 검출 및 계수 측정을 위해 카메라를 이용하여 영상을 수집하였다. 영상은 카메라의 각도에 따라 수직, 수평으로 각각 수집하였다. 수직 방향의 영상은 넓은 화각으로 인하여 편도 2~4차선 도로에서 차량의 검출이 가능하며, 수평 방향의 영상은 좁은 화각을 가지지만 수평 방향보다 오랜 시간 차량을 추적할 수 있으므로 더 많은 정보를 수집할 수 있다. 본 논문의 실험에서는 수직방향과 수평방향에 대한 영상을 수집하여 각각 실험 하였다.

본 논문에서 구현한 소프트웨어의 화면 구성은 원본 영상, 마스크영상, 차량검출 및 카운트, 차량 검출 계수로 구분된다. 원본 영상은 원영상을 나타내며, 마스크 영상은 이진화와 잡음제거 및 레이블링 과정을 거친 후의 영상이다. 차량 검출 및 카운트 부분은 차량 영역 추출이 된 사각형 부분이 영상 내에 임의로 정해진 감지선을 지날 때 차량 카운터가 증가한다. 영상내의 감지선의 위치는 고정이지 않으나 임의의 방향으로 설정할 수 있다. 그림 17은 본 논문에서 구현한 차량 검출 소프트웨어를 이용하여 차량 계수 측정을 처리한 결과이다.

본 논문은 서로 다른 환경의 도로인 차량 통행이 비교적 적은 국도와 차량 통행이 많은 고속도로로 나누어 교통량을 측정하였다. 성능 평가는 실제 사람의 눈으로 차량의 계수를 측정하는 육안 식별 방법과 구현한 프로그램을 이용하여 차량 계수를 측정된 차량 검출 계수를 비교 분석하였고, 수직, 수평 방향으로 나누어진 영상에 대하여 성능 평가 하였다. 수직 및 수평 방향 검출방법에 따른 실험결과를 다음 표 1과 2에 각각 나타내었다.

Table. 1 Vehicle detection of vertical profiles

영상종류	A	B	정확도
국도 - 1	7	8	88%
국도 - 2	13	14	93%
국도 - 3	11	13	85%
국도 - 4	6	6	100%
국도 - 5	9	9	100%
고속도로 - 1	22	24	92%
고속도로 - 2	25	27	93%
고속도로 - 3	28	31	90%
고속도로 - 4	9	10	90%
고속도로 - 5	20	22	91%
합계	150	164	92%

※ A-프로그램에 의한 계수, B-육안식별에 의한 계수

Table. 2 Vehicle detection of horizontal profiles

영상종류	A	B	정확도
국도 - 1	5	5	100%
국도 - 2	15	16	94%
국도 - 3	9	10	90%
국도 - 4	8	8	100%
국도 - 5	8	9	89%
고속도로 - 1	15	15	100%
고속도로 - 2	30	34	88%
고속도로 - 3	10	11	91%
고속도로 - 4	19	22	86%
고속도로 - 5	28	31	90%
합계	147	161	91.3%

※ A-프로그램에 의한 계수, B-육안식별에 의한 계수

위의 실험 결과 차량을 검출한 계수는 육안 검출로 325대이며, 구현한 프로그램을 통한 검출은 297대이며, 전체 평균 검출률은 91.3%로 측정 되었다. 또한, 영상의 수집 시간을 바탕으로 각 도로에서의 교통량을 측정 할 수 있었다.

## V. 결론

본 논문에서는 영상처리를 이용하여 교통량 측정에 관한 연구를 하였다. 지능형 교통 시스템에서 차량을 검출하기 위한 방법은 여러 가지가 있으며, 컴퓨터를 통한 영상처리 기법은 다양한 정보를 수집할 수 있는 장점이 있다. 본 논문은 차량의 계수를 측정하는 시스템을 구현하였고, 차영상과 필터링을 통한 레이블링을 이용하여 차량을 검출하였다. 그리고 영상 내에 감지선을 두어 차량의 계수를 측정하였고, 각각의 장소에서 수직, 수평 방향 92%, 91.3%이라는 높은 검출률을 얻을 수 있었다. 또한, 각각의 도로에 통행량을 바탕으로 분당 평균 교통량을 측정할 수 있었다.

본 논문에서 제안한 방법에 의한 차량 검출 방법과 차량 계수 측정 방법은 지능형 교통 시스템에 용이하게 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

향후 연구 계획으로는 그림자의 차선 간섭에 따른 차량 검출 오류 해결과 차량 검출에만 국한되지 않고, 차종의 분류, 차량의 속도 등 다양한 교통 파라미터 정보 수집에 대해 연구 할 계획이다.

REFERENCES

[1] Anagnostopoulos, Christos Nikolaos E., et al. "A license plate-recognition algorithm for intelligent transportation system applications," Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, Vol. 7, Issue 3, pp. 377-392, 2006.

[2] Padmadas, M., et al. "A deployable architecture of Intelligent Transportation System-A developing country perspective," Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC), IEEE International Conference on. IEEE, pp. 1-6, 2010.

[3] G. Xu, J. Liu, Z. Tao, and X. Li, "The research and development of highway's electronic toll collection system," In Proc. of World Academy of Science Engineering Tech, pp. 359-362, 2007.

[4] S. Araki, T. Matsuoka, H. Takemura, N. Yokoya, "Real-Time tracking of multiple moving object in moving camera image sequences using robust statistics," IEEE International Conference on Pattern Recognition, Vol. 2, pp. 1433-1435, 1998.

[5] J. K. Kang, Y. Son, Y. H. Yoon, S. Byun, "Regional Traffic Information Acquisition by Non-intrusive Automatic Vehicle Identification," The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, Vol 1, Issue 1, pp. 22-32, 2002.

[6] A. Elgammal, R. Duraiswami, D. Harwood and L. S. Davis, "Background and foreground modeling using nonparametric kernel density estimation for visual surveillance," In Processing of IEEE, Vol. 90, Issue 7, pp. 1151-1163, 2002.

[7] Stauffer, Chris, and W. Eric L. Grimson. "Adaptive background mixture models for real-time tracking," Computer Vision and Pattern Recognition, 1999. IEEE Computer Society Conference on.. Vol. 2. 1999.

[8] Caraffi, Claudio, et al. "A system for real-time detection and tracking of vehicles from a single car-mounted camera," Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2012 15th International IEEE Conference on. IEEE, pp. 975-982, 2012.

[9] Hofmann, Martin, Philipp Tiefenbacher, and Gerhard Rigoll. "Background segmentation with feedback : The pixel-based adaptive segmenter," Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2012 IEEE Computer Society Conference on. IEEE, pp. 38-43, 2012.

[10] Betke, Margrit, Esin Haritaoglu, and Larry S. Davis. "Real-time multiple vehicle detection and tracking from a moving vehicle," Machine Vision and Applications, Vol. 12, Issue 2, pp. 69-83, 2000.

[11] Betke, Margrit, Esin Haritaoglu, and Larry S. Davis. "Multiple vehicle detection and tracking in hard real-time," Intelligent Vehicles Symposium, 1996., Proceedings of the 1996 IEEE, pp. 351-356, 1996.

[12] Collins, Robert T. "Mean-shift blob tracking through scale space," Computer Vision and Pattern Recognition, 2003. Proceedings. 2003 IEEE Computer Society Conference on, Vol. 2, Issue 2, pp. 234-240, 2003.

[13] Coifman, Benjamin, et al. "A real-time computer vision system for vehicle tracking and traffic surveillance," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol.6, Issue 4, pp. 271-288, 1998.

[14] Sivaraman, Sayanan, and Mohan M. Trivedi. "Real-time vehicle detection using parts at intersections," Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2012 15th International IEEE Conference on, pp. 1519-1524, 2012.

저자소개



**김형수 (Hyeong-Su Kim)**  
 2014년 2월 상지대학교 컴퓨터정보공학부(공학석사)  
 2014년 2월~현재 상지대학교 컴퓨터정보공학부  
 박사과정  
 ※관심분야: 신호처리, 영상처리, 임베디드



**황기현 (Gi-Hyun Hwang)**  
 1996년 부산대학교 전기공학과(공학석사)  
 2000년 부산대학교 전기공학과(공학박사)  
 2003년 현재까지 동서대학교 컴퓨터공학부 교수  
 ※관심분야: RFID/USN, 임베디드 시스템, 영상처리, 진화연산, 지능제어