

■ 論 文 ■

## Tripwire 및 Tracking 기반의 영상검지시스템 개발 (Autoscope와의 성능비교를 중심으로)

Development of Video Image Detection System based on Tripwire and Vehicle Tracking  
Technologies focusing performance analysis with Autoscope

**오 주 택**  
(한국교통연구원 책임연구원)

**민 준 영**  
(상지영서대학 교수)

**김 승 우**  
(주)서돌전자통신 이사)

**허 병 도**  
(상지영서대학 겸임교수)

**김 명 섭**  
(한국교통연구원 연구원)

### 목 차

- I. 서론
    - 1. 연구의 배경 및 목적
    - 2. 연구의 범위 및 방법
  - II. 관련문헌조사
  - III. Tripwire 기반의 영상검지시스템 개발
    - 1. Tripwire 기반의 교통정보 수집 알고리즘
    - 2. 교통정보 산출결과
  - IV. Tracking 기반의 영상검지시스템 개발
    - 1. Tracking 기반의 교통정보 수집 알고리즘
    - 2. 교통정보 산출결과
  - V. 개발된 Tripwire 및 Tracking 기반의 영상검지시스템 성능비교 및 분석
    - 1. Autoscope를 이용한 교통정보 산출
    - 2. Autoscope와 개발된 Tripwire 기반의 영상검지시스템 및 Tracking 기반의 영상검지시스템 성능비교
  - VI. 결론
    - 1. 연구결과
    - 2. 향후 연구과제
- 참고문헌

**Key Words :** 영상검지기, 교통정보, 트립와이어 시스템, 트래킹 시스템, 오토스코프  
Video Image Detection Technique, Traffic Information Collection, Tripwire System, Tracking System, Autoscope

### 요 약

영상검지기(Video Image Detection System)는 교통운영 및 안전 등 교통류 관리를 위한 다양한 측면에서 이용될 수 있다. 영상검지기법은 크게 Tripwire System과 Tracking System으로 구분할 수 있으며, 가장 대표적으로 이용되는 Autoscope는 Tripwire System에 해당한다. 본 연구에서는 Autoscope의 성능을 구현할 수 있는 Tripwire 기반의 영상검지 기술을 자체적으로 개발함과 동시에, 미시적 교통정보를 취득할 수 있는 개별차량 추적기술을 이용한 Tracking 기반의 영상검지시스템을 개발하였다. 개발된 두 시스템의 통합에 앞서서, 동일한 영상과 분석시간을 가지고 기초적인 교통정보수집 능력에 대한 성능비교 및 분석을 수행하고자 하였으며, 우수성 및 정확성을 판단하기 위한 지표로는 가장 보편적이고 일반적으로 사용되고 있는 Autoscope를 이용하였다. 개발된 두 시스템과 Autoscope를 이용하여 성능비교를 수행한 결과, 교통량의 경우, 실제 교통량 대비 0.35%의 오차를 보였으며 Autoscope와 비교하여 1.78%의 오차를 보였다. 속도에 대한 성능비교는 Autoscope와 비교하여 최대 1.77%의 오차를 보여 개발된 두 시스템의 성능이 우수한 것으로 확인되었다.

Video Image Detection System can be used for various traffic managements including traffic operation and traffic safety. Video Image Detection Technique can be divide by Tripwire System and Tracking System. Autoscope, which is widely used in the market, utilizes the Tripwire System. In this study, we developed an individual vehicle tracking system that can collect microscopic traffic information and also developed another image detection technology under the Tripwire System.

To prove the accuracy and reliability of the newly developed systems, we compared the traffic data of the systems with those generated by Autoscope. The results showed that 0.35% of errors compared with the real traffic counts and 1.78% of errors with Autoscope. Performance comparisons on speed from the two systems showed the maximum errors of 1.77% with Autoscope, which confirms the usefulness of the newly developed systems.

# 1. 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

영상기반의 교통정보수집시스템은 관리 및 운영상의 한계를 보이고 있는 기존의 루프검지기의 역할을 대체하는 검지기로써의 역할 뿐 아니라, 다양한 교통류의 정보를 제공하고 관리할 수 있다는 점에서 전 세계적으로 널리 사용되고 있다. 한 예로써, Autoscope의 경우, 교통량, 속도, 점유율 등 교통운영에 직·간접적으로 유용한 다양한 정보를 제공할 수 있다는 장점으로 인하여 현재 세계시장의 약 70%를 점유하고 있다. 반면 국내의 경우, 영상기반의 교통정보 수집시스템은 선진국에 비해 아직 초보적인 수준에 머무르고 있고 특히 Autoscope 등 기존 Tripwire 기반의 영상검지기기가 갖고 있는 기능상의 한계인 개별차량 주행 궤적 추적기법에 대한 연구는 부족한 실정이다.

Tripwire기반의 영상검지방식은 일정검지 영역안에서 발생하는 차량들의 움직임을 개별차량별로 검지하지 못함으로써 차량의 평균적인 교통흐름만을 분석하는 알고리즘상의 한계를 갖고 있다. 그러나 이러한 영상검지기법에서도 교통운영전문가들이 기존에 전통적으로 요구하는 교통정보를 거의 대부분 구현시킬 수 있다는 점에서 알고리즘의 우수성을 무시할 순 없다. 그러나 이제 영상정보를 통해 교통안전, 신호연계 등 보다 정밀한 영상검지기법을 요구하는 분야에서는 Tripwire기반보다는 개별차량을 일정영역 안에서 추적하는 Tracking기반의 영상검지기법을 요구하고 있다. 따라서 본 연구에서는 국내뿐 아니라 전 세계적으로 널리 사용되고 있는 Tripwire 기반의 영상검지 알고리즘에 개별차량 주행 궤적 추적기술을 추가한 새로운 영상검지시스템의 개발이 필요하다고 판단하고, 두 시스템의 기술 통합에 앞서서 기존의 교통정보수집시스템과 본 연구에서 개발하고 있는 시스템들의 성능을 비교·분석하고 개선방안을 도출하는 것이 본 연구의 주목적이다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서 수행하고자 하는 범위로는 우선, 기존의 영상검지시스템에서 사용되고 있는 Tripwire 기반의 영상검지 기술과 Tracking 기반의 개별차량 주행 궤적 추적기술에 대한 선행연구를 조사·분석하고 시사점을 발견하고자 한다. 개발된 Tripwire 기반의 영상검지시스템



〈그림 1〉 연구의 흐름도

을 통한 교통정보 수집결과와 주행 궤적 추적기술을 통하여 개발한 Tracking 기반의 영상검지시스템을 통한 교통정보 수집결과를 현재 가장 널리 사용되고 있는 교통정보수집장치(Autoscope)와의 성능을 상호 비교 및 검토할 것이며, 성능비교를 위한 자료는 강원도 원주시의 중앙고속도로 영상을 이용하였다. 본 연구에서는 가장 기초적인 교통정보 중에서 교통량과 속도에 대한 산출결과를 비교하고자 한다.

연구의 범위와 방법에 관한 전체적인 흐름도를 제시하면 〈그림 1〉과 같다.

## II. 관련 문헌조사

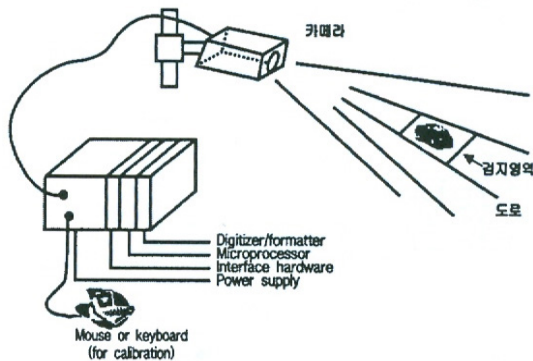
영상처리 시스템(VIP: Visual Information Processing)

은 CCD(Charge-Coupled Device Camera) 카메라로부터 수집되는 교통자료를 분석하기 위하여 영상분석을 이용한다. 영상을 디지털화하는 기술은 여러 해 동안 이용되어 왔으며, 최근 컴퓨터와 영상처리를 위한 하드웨어 비용이 감소하는 추세로 영상처리 시스템 개발을 가세하는 효과를 주었다. 영상처리 시스템의 장점은 광역적 정보를 처리할 수 있다는 데 있으며, 하나의 카메라로 여러 개의 차선을 검지 할 수 있다는 데 있다. 종합적으로 도로상에서 발생하는 모든 상황을 이해할 수 있고, 다양한 정보를 수집하는데 매우 효과적인 방법이다(이진호 외1인, 2007).

영상검지기는 각각 대응하는 화소(pixel)나 블록(block)간의 밝기 차를 구하고 일정한 임계치(threshold value)를 기준으로 밝기 값 차이가 한계치 이상이면 물체가 존재한다고 가정하여 교통자료를 산출한다(박창수, 2003; 한국건설기술연구원, 1997). 다시 말해서 검지할 영역에서의 화소 값들의 분포를 미리 인식하고, 차량이 진입할 때 화소 값들의 변화에 의하여 차량진입여부를 판단하며, 검지원리는 <그림 2>와 같다(장진환 외3인, 2005).

저자는 차량의 속도변화에 따른 영상검지기의 성능분석을 실시하여 속도자료의 경우, 차량의 통과속도가 50kph 이하로 떨어질 때부터 성능이 저하되었으며, 교통량과 점유율에 대해서는 30kph 이하일 때부터 성능이 저하되는 것으로 분석하였다. 또한, 영상검지기의 성능저하를 방지하기 위한 현실적인 설치높이는 17m~21m로 제안하였다.

이청원 외1인(2007) 역시 영상검지기의 정확도에 대한 연구를 수행하였다. 연구를 수행함에 있어서, 제조회사, 설치년도 등 각각의 영상검지기의 특성이 동일하지 않기 때문에 발생하는 이분산성(heteroscedasticity)



<그림 2> 영상검지기의 검지 원리

문제를 고려하여 영상검지기의 정확도 감소 곡선을 추정하였다. 수도권 남부국도 일대에 구축·운영 중인 영상검지기의 성능수준을 파악하기 위한 평가기준장비는 한국건설기술연구원의 협조를 구해 레이저방식과 1Loop+2Tape Switch 방식의 기준장비를 이용하였다. 평가결과, 이동식 기준장비는 정확도 수준이 매우 높은 것으로 나타나 자료수집에 문제가 없는 것으로 나타났다. 연구를 통하여 영상검지기의 정확도 감소함수를 추정하였으며, 이는 단기간에 영상검지기의 이력자료의 취득이 어렵기 때문에 체계적인 유지관리계획을 산정하고 운영·관리하는데 광범위하게 활용될 수 있을 것으로 분석하였다. 추가적으로 영상처리 기술을 이용한 교통정보 및 관련 정보를 추출하기 위한 다양한 연구가 수행되었다(가칠오 외3인, 2005; 이용주 외2인, 2002; 하동문 외2인, 2001; 서창진 외1인, 2000).

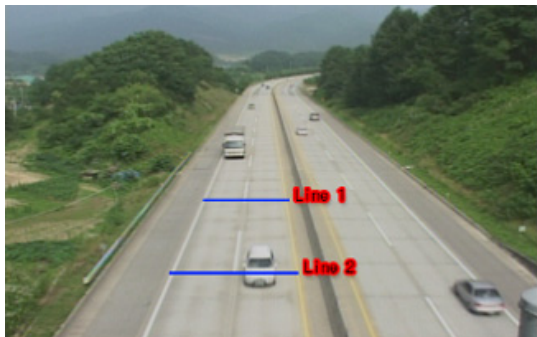
이진호 외1인(2007)에 의하면 영상검지체계는 일반적으로 Tripwire Systems, Tracking Systems, 그리고 Spatial Analysis의 3개 범주에 속한다고 설명하고 있다. 이 중에서도 Tripwire 시스템의 경우, 카메라는 작은 검지영역(Detection Window)을 이용하여 영상 내에서 인위적으로 구획을 설정하고 설정된 구획 안에서의 이벤트를 검지하기 때문에 도로의 기하구조에 적합하도록 쉽게 영역을 설정할 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만, 이러한 시스템의 단점으로 개별검지기의 정확도가 카메라의 가시영역에 따라서 달라지는 문제가 있으며 대표적으로 Autoscope가 해당된다고 설명하고 있다. 이러한 Tripwire 시스템의 약점을 보완할 수 있는 기술로써, Tracking 시스템과의 통합을 검토할 수 있다. Tracking 시스템은 카메라의 영상 내에서 이동하는 개별차량을 검지하고 추적할 수 있기 때문에, 이동하는 각 차량들에 대한 세부정보를 취득할 수 있으며, 갑작스러운 차선변경 및 잘못된 방향으로의 주행, 정지 상태의 차량 등 이상상황 발생시 새로운 정보를 취득할 수 있어 교통운영 및 관리의 측면에서 매우 유용한 정보를 제공할 수 있다.

이에 본 연구에서는 Tripwire 기반의 영상검지시스템과 주행궤적 추적기술을 통한 Tracking 기반의 영상검지시스템을 통합한 새로운 교통정보수집시스템을 개발하고자한다. 이에 앞서서, 본 연구에서 개발한 Tripwire 기반의 영상검지시스템과 개별차량 추적기술을 이용한 Tracking 기반의 영상검지시스템을 통하여 산출된 교통정보와 Autoscope를 통하여 산출한 교통정보의 성능을 비교·분석함으로써, 시스템 통합을 위한 참고자료로 사용하고자 한다.

### III. Tripwire 기반의 영상검지시스템 개발

#### 1. Tripwire 기반의 교통정보 수집 알고리즘

본 연구에서 사용하고자 하는 알고리즘은 Tripwire 기반의 영상검지 알고리즘 중의 하나로써, 임계치기법 검지 알고리즘(Threshold -Technique Detector Algorithm)을 사용하고자 한다. 임계치기법 검지 알고리즘(Threshold -Technique Detector Algorithm)은 그레이 수준비교(gray-level comparison) 방법이라고도 일컫는다. 영국의 TULIP(Traffic Analysis using a Low-cost Image Processing) 시스템에서 그레이 수준 비교를 통한 차량 검출에 관한 연구를 수행하였다(A. Rourke et al., 1988). 이 방법은 영상처리 분석에서 차량 검지를 도로노면의 영상과 차량의 그레이 레벨 차를 구분하여 차량의 존재를 인식하는 방법으로 화면상에 <그림 3>과 같이 검지구간(L1, L2) 라인을 설정하고 검지영역내에 차량이 존재함에 따른 영상변화 즉, 그레이 레벨 변화로 차량의 존재를 인식하는 기법이다. 카메라의 입력영상을 취득하여 <그림 3>의 검지영역 L1, L2에 해당하는 영상 데이터의 그레이 레벨을 분석하여 노면의 그레이 레벨과의 차이가 기준치 이상으로 변화하면 차량이 존재한다고 판정하는 방법이다.



<그림 3> 검지영역 설정의 예시

##### 1) 차량 인식과정

밝기 값의 변화가 식(1)에서와 같이 미소시간에 대해서 변화하지 않고 영상 속도장이 x, y방향으로 선형이라고 가정하면, 식(1)을 이용하여 영상의 밝기 값의 경계(gradient)는 시간에 대해서 변화하지 않는다는 식(2)와 식(3)을 유도할 수 있다.

$$\frac{dI}{dt} = 0, v_{xx} = v_{xy} = v_{yx} = v_{yy} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{d(\nabla I)}{dt} = 0 \quad (2)$$

$$\nabla I(x, y, t) = \nabla I(x, y, t+1) \quad (3)$$

검지 경계선의 타깃 영상에 차량이 없는 경우 연속되는 두 영상 간에 밝기 값의 변화가 없어 경계선 크기(Edge magnitude)의 비가 식(4)와 같이 일정하게 된다.

$$\frac{|\nabla I_{t,i}|}{|\nabla I_{b,i}|} = 1 \quad (4)$$

여기에서  $|\nabla I|$ 는 영상의 경계선 크기를,  $\nabla$ 는 구배(Gradient)연산자를 나타낸다. 따라서 검지창 영역에서의 경계선의 크기 비의 분산 값이 0에 근접하게 된다.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{|\nabla I_{t,i}|}{|\nabla I_{b,i}|} - m \right)^2 \cong 0 \quad (5)$$

식(5)에서  $N$ 은 검지창 영역에서의 픽셀 수를,  $m$ 은 경계선 크기비의 평균값을 나타낸다.

한편, 타깃 영상의 검지창에 차량이 있는 경우 두 영상 간에 밝기 값의 변화가 있으므로 식(6)과 같이 경계선 크기의 비는 일정하지 않다.

$$\frac{|\nabla I_{t,i}|}{|\nabla I_{b,i}|} \neq 1 \quad (6)$$

따라서, 경계선 크기 비의 분산 값은 다음과 같이 0보다 크게 된다.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{|\nabla I_{t,i}|}{|\nabla I_{b,i}|} - m \right)^2 > 0 \quad (7)$$

그러므로 위와 같이 기준 배경영상과 타깃 영상간의 경계선 크기 비의 분산을 계산하여 기준 문턱치(threshold value)보다 크면 차량을 검지했다고 판단할 수 있으며, 작으면 차량을 검지하지 않았다고 판단한다.

2) 차량속도 산출과정

M. Fathy et al.(1998)에 의하면, 각 차로에 두 개의 윈도우를 평행으로 위치시키고, 차량이 이 두 개의 평행한 윈도우를 각각 통과한 시간 차이를 측정하였다. 시간 차이는 차량이 두 개의 윈도우를 통과하는 동안 입력된 영상 프레임의 개수에 관한 정보를 기록함으로써 측정할 수 있다.

차량이 윈도우 내로 진입할 때의 위치를 기록하고, 차량이 윈도우를 빠져나가는 시점에서 다음 수식을 이용하여 속도를 산출할 수 있다.

$$speed = \frac{D \times F}{F_t} (km/s) \tag{8}$$

여기서, D는 윈도우 시작과 끝 사이의 물리적인 거리이며, F는 프레임 비율(frame rate)이고, Ft는 차량이 윈도우를 통과하는 동안 입력된 프레임의 개수이다. 일반적으로 프레임 비율이 높을수록 더욱 정확한 속도추정이 가능하다고 알려져 있다.

3) 차량속도 산출 보완 알고리즘

임계치기법 검지 알고리즘(Threshold-Technique Detector Algorithm)은 처리 속도가 빠른 장점이 있는 반면에 Frame을 기준으로 속도를 처리하기 때문에 검지선에 차량의 맨 앞 부분이 항상 정확히 일치하지 않는 단점이 있다. 이를 보완하기 위하여 Pixel 보정법을 이용하는데 이는 다음과 같다.

사용자가 검지영역을 설정할 때 검지영역의 실 계측값(가로, 세로 길이)을 입력하여 한 Pixel이 차지하는 실제 가로, 세로 길이를 산출해 낸다. 이를 바탕으로 속도를 구할 때 차량이 검지 선에 검지되면 전영상과 현영상의 차영상을 구하여 차량이 검지선을 얼마만큼 지나친 상태에서 검지되었는지 알 수 있고 이를 실 계측값에서 보정하여 보다 정확한 속도를 계산 할 수 있다.

2. 교통정보 산출결과

본 연구에서는 새롭게 개발한 Tripwire 기반의 영상 검지 시스템을 이용하여 가장 기본적인 교통정보에 해당하는 교통량, 속도를 산출하였으며, 분석을 위한 영상은

중양고속도로의 원주-제천 구간을 사용하였다. 분석은 1 차로에 대하여 약 25분 동안 실시하였으며, 교통량과 속도에 대한 산출결과는 <표 1>과 같다.

<표 1> 개발된 Tripwire 기반의 영상검지시스템을 이용한 교통정보 산출결과

시간	교통량(Count)	속도(Km/h)
9:31:25	1	89
9:31:35	2	119
9:31:42	3	107
9:31:43	4	107
9:31:45	5	97
9:31:49	6	119
9:31:52	7	119
9:31:52	8	119
9:32:09	9	119
9:32:22	10	119
9:55:13	277	119
9:55:23	278	107
9:55:24	279	107
9:55:26	280	89
9:55:29	281	107
9:55:46	282	119
9:56:10	283	89
9:56:14	284	107
9:56:18	285	107
9:56:20	286	119
합계	286 <sup>1)</sup>	32626
평균		114

IV. Tracking 기반의 영상검지시스템 개발

1. Tracking 기반의 교통정보 수집 알고리즘

영상에서 움직이는 객체를 추적하는 문제는 크게 두 부분으로 나누어지는데, 하나는 추적대상 즉 ROI (Region of Interest)를 결정하는 문제이며(Raju Patil et al., 2004), 또 하나는 결정된 ROI를 이용하여 연속되는 프레임에서 그 형상을 어떻게 지속적으로 추적하는가에 대한 문제이다.

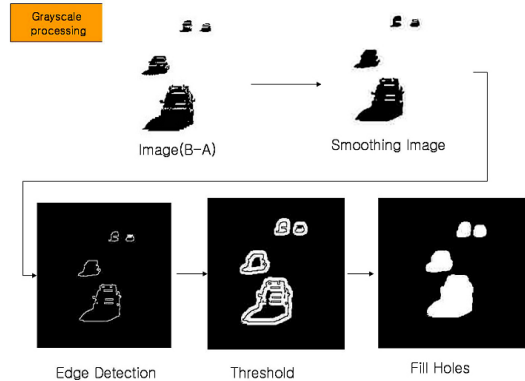
ROI 결정은 영상의 세그먼테이션과 움직이는 세그먼트를 찾는 문제이며 일반적으로 배경영상과의 차영상을 이용하거나 이전 프레임과의 차영상을 이용하는 방법을 사용한다(이기영 외1인, 2005). 본 연구에서는 이러한

1) 분석구간의 실제교통량은 285대였음.

두 가지 방법 모두 검토하여 장·단점을 분석하였으며, <표 2>과 같다.

<표 2> 구현방법의 장·단점 분석

구현방법	장·단점 분석
배경영상 차영상 방법	- 가장 많이 쓰는 방법 중의 하나 - 배경영상 저장 - 현재영상과 배경영상과의 차영상 - 시간에 따른 배경영상 update - 차량의 윤곽선 추출 - Morphology - 차량추출 및 ID부여 - 그림자 등 노이즈에 취약 - 영상접침(occlusion)에 의한 오차
이전프레임과의 차영상 방법	- 배경영상 저장 작업 생략 - 정지차량은 감지 불가 - 정확한 차량 추출이 불가



<그림 5> 배경영상과 차영상의 트래킹 절차(2)

1) 알고리즘 구현 및 실험

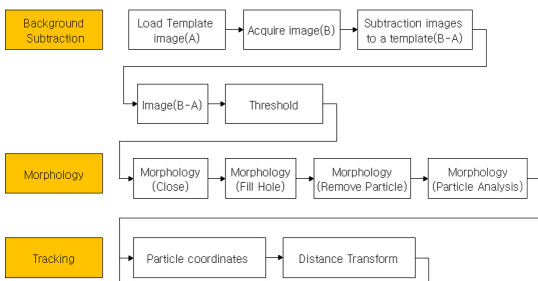
본 연구에서는, 구현방법에 대한 검토결과, 오차를 최소화하기 위하여 배경영상과 차영상을 이용하는 방법을 사용하고자 하며, 이 방법은 대부분의 차량트래킹 방법에서 이용하는 방법으로 사전에 배경영상을 저장 한 뒤 차량이 검지영역에 진입하면 배경영상과의 차영상(difference images)을 이용하여 차량을 검지하는 방법이다.

$$D = |P_t - Background|$$

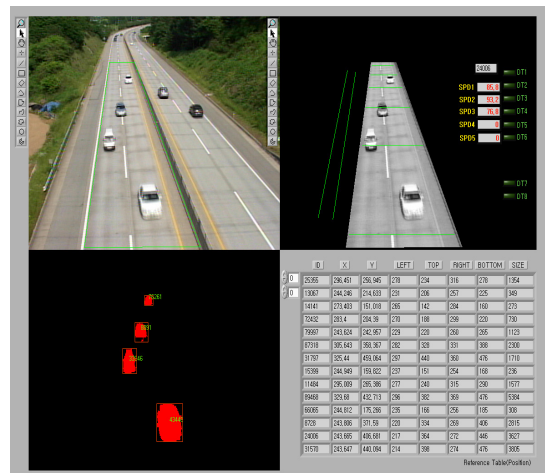
$$B = \begin{cases} 1, & \text{if } D > \theta \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

여기서,  $P_t$ 는 t시점의 영상픽셀

차량트래킹 방법의 절차는 <그림 4, 5, 6>과 같다.



<그림 4> 배경영상과 차영상의 트래킹 절차(1)



<그림 6> 배경영상과 차영상의 트래킹 절차(3)

2. 교통정보 산출결과

본 연구에서는 새롭게 개발한 Tracking 기반의 영상 검지시스템을 이용하여 가장 기본적인 교통정보에 해당하는 교통량과 속도를 산출하였다. 분석을 위한 영상은 Tripwire 기반의 영상검지시스템 개발을 통한 교통정보와의 비교를 위하여 영상을 동일하게 사용하였다. 속도 계산을 위하여 기존 윈도우 시스템 시간을 이용할 경우 윈도우 시스템 자체의 메시지 처리방식에 의해 오차가 발생하기 때문에 본 알고리즘에서는 속도계산을 위한 별도의 타이머를 이용하였다. 교통량과 속도에 대한 산출 결과는 <표 3>에 제시하였다.

〈표 3〉 개발된 Tracking 기반의 영상검지시스템을 통한 교통정보 산출결과

ID	교통량(Count)	속도(Km/h)
94494	1	94
68730	2	107
70774	3	105
89461	4	96
18628	5	107
51790	6	121
50938	7	112
19682	8	121
89592	9	110
74355	10	118
⋮	⋮	⋮
71983	276	102
70695	277	128
20380	278	105
24292	279	102
69263	280	87
49337	281	100
77794	282	102
775	283	89
33510	284	121
97074	285	110
합계	284 <sup>2)</sup>	31549
평균		111

〈표 4〉 Autoscope를 이용한 교통정보 산출결과

시간	교통량(Count)	속도(Km/h)
9:31:25	1	96
9:31:35	2	111
9:31:42	3	103
9:31:43	4	107
9:31:45	5	107
9:31:49	6	123
9:31:52	7	114
9:31:52	8	115
9:32:09	9	112
9:32:22	10	120
⋮	⋮	⋮
9:42:00	133	203 <sup>3)</sup>
⋮	⋮	⋮
9:55:13	272	128
9:55:23	273	110
9:55:24	274	105
9:55:26	275	92
9:55:29	276	101
9:55:46	277	117
9:56:10	278	93
9:56:14	279	116
9:56:18	280	112
9:56:20	281	119
합계	281	31642
평균		113

## V. 개발된 Tripwire 및 Tracking 기반의 영상검지시스템 성능비교 및 분석

### 1. Autoscope를 이용한 교통정보 산출

현재 교통운영 및 관리를 위하여 가장 광범위하게 사용되는 제품이 Autoscope의 제품이기 때문에, 본 연구에서 개발된 Tripwire 및 Tracking 기반의 영상검지시스템의 교통정보 산출 결과를 Autoscope를 통하여 동일하게 산출하고 이를 바탕으로 성능을 검토하고자 한다. 동일한 영상과 분석시간을 가지고 산출된 교통량 및 속도는 〈표 4〉에 제시하였다. 총 281대의 차량이 검출되었으며, Autoscope를 통한 속도의 검출시, 133번째 차량에서 속도가 20kph로 산출되는 것으로 보아 Autoscope 역시 에러를 발생시키는 것으로 판단할 수 있다.

### 2. Autoscope와 개발된 Tripwire 기반의 영상검지시스템 및 Tracking 기반의 영상검지시스템 성능비교

#### 1) 성능비교

Tripwire 기반의 영상검지시스템 개발을 통하여 산출한 교통량과 속도자료를 Autoscope를 통하여 분석한 교통량 및 속도와 비교하였다. 교통량의 경우, 실제 육안으로 확인한 결과 분석시간 동안 285대가 통과하였으나, Autoscope에서 281대를 산출한 반면, 개발된 Tripwire 기반의 영상검지기술은 286대를 산출하였다. 속도에 대해서는 Autoscope에서 평균 113km/h로 산출되었고, 개발된 Tripwire 기반의 영상검지 기술로는 평균 114km/h로 산출되어 평균속도에 대한 오차가 평균 1km/h로 분석되었다.

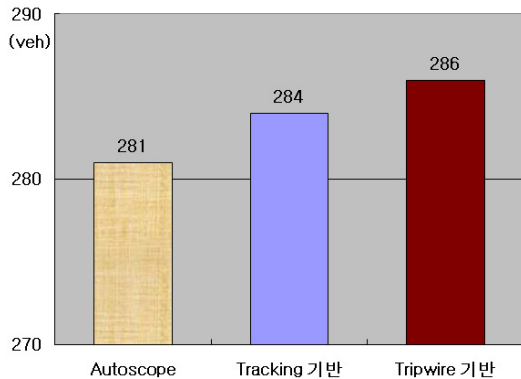
또한, Tracking 기반의 영상검지시스템과 Autoscope를 통하여 산출한 교통량과 속도를 비교하였다. Tracking 기반의 영상검지시스템을 통하여 확인한 교통량은 동일한

2) 209번째 차량의 데이터가 에러이므로, 교통량은 284를 검지한 것으로 보는 것이 타당함.

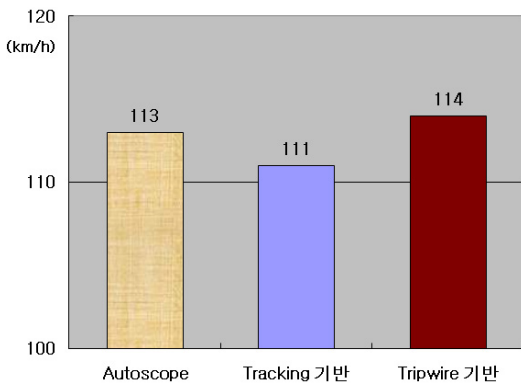
3) Autoscope가 가지는 자체 오류로 판단됨.



영상과 시간으로 분석한 결과, 284대가 확인되었으며, 속도는 평균 111km/h로 분석되었다. 개발된 두 가지 영상 검지시스템과 Autoscope를 통하여 확인한 교통량과 속도에 대한 분석결과는 <그림 7, 8>에 제시하였다. 동일한 영상을 가지고 성능분석을 실시한 결과, 교통량은 Autoscope가 281대, 개발된 프로그램에서 286대의 결과가 산출되었다.



<그림 7> 개발된 기술과 Autoscope의 교통량 산출결과 비교



<그림 8> 개발된 기술과 Autoscope의 속도 산출결과 비교

2) 통계적 검증

본 연구에서 개발한 두 가지 영상검지시스템(Tripwire 기반 및 Tracking 기반)의 성능을 가장 범용적으로 사용되고 있는 오토스코프의 분석결과와 비교하여 그 결과가 정확하다는 것을 확인하였다. 그러나 본 연구에서 산출한 교통정보(교통량, 속도 등)에 대한 성능비교가 다소 부족한 분이 없지 않기 때문에 이들 분석결과에 대한 통계적인 검증을 통하여 서로 유의하다는 것을 나타내고자 한다.

이를 위하여 본 연구에서는 통계패키지인 SPSS 12.0을 이용하여 Autoscope 기반과 Tripwire 기반에서 산출된 속도에 대한 비교를 독립검정 T-test를 통하여 수행하였으며, Autoscope 기반과 Tracking 기반에 대한 통계적 검증도 동일하게 수행하였다. 우선, Autoscope, 본 연구에서 개발한 Tripwire 및 Tracking 기반의 영상검지시스템을 통하여 산출된 세 집단의 속도자료에 대한 집단통계량을 <표 5>에 제시하였다.

<표 5> 속도산출 결과에 대한 집단통계량

구분	N	평균	표준편차	평균의 표준오차
Autoscope	281	112.605	12.267	0.732
Tripwire 기반	286	114.077	14.700	0.869
Tracking 기반	284	111.088	12.493	0.741

우선, Autoscope와 개발된 Tripwire 기반의 교통정보 수집장치를 통하여 산출된 속도자료에 대한 유의성을 비교하였다. 두 집단간의 평균비교를 위하여 독립검정 T-test를 수행하였으며, 분석결과는 <표 6>과 같다. 분석결과, 95% 신뢰수준에서 두 집단간의 차이는 없는 것으로 나타났다. 한편, 동일한 방법을 이용하여 Autoscope와 개발된 Tracking 기반의 교통정보 수집장치의 속도 산출결

<표 6> 속도 산출결과에 대한 독립검정 T-test 결과

구분	Levene의 등분산 검정	평균의 동일성에 대한 t-검정								
		F	유의 확률	t	자유도	유의확률 (양쪽)	평균차	차이의 표준오차	차이의 95% 신뢰구간 하한	상한
Autoscope vs. 개발된 tripwire 기반의 영상검지시스템	등분산이 가정됨	9.096	0.003	-1.293	565.000	0.196	-1.472	1.138	-3.707	0.763
	등분산이 가정되지 않음			-1.295	550.620	0.196	-1.472	1.136	-3.704	0.760
Autoscope vs. 개발된 tracking 기반의 영상검지시스템	등분산이 가정됨	0.366	0.545	1.456	563.000	0.146	1.517	1.042	-0.529	3.563
	등분산이 가정되지 않음			1.456	562.967	0.146	1.517	1.042	-0.529	3.563



과를 비교하였으며, 두 집단간의 통계적 차이에 대한 분석 결과는 <표 6>에 제시하였다. 이에 대한 결과도 마찬가지로 95% 신뢰수준에서 두 집단간의 차이는 없는 것으로 분석되었다.

## VI. 결론

### 1. 연구결과

본 연구에서는 Tripwire 및 Tracking 기반의 영상검지시스템의 개발 및 통합에 앞서, 개발된 Tripwire 기반의 영상검지시스템과 Tracking 기반의 영상검지시스템의 교통정보 수집 성능비교를 수행하였다. 이를 위하여 현재 가장 널리 사용되고 있는 Autoscope와의 성능을 비교하였으며, 교통량, 속도 등에 대한 산출결과는 통계적 검증을 통하여 서로 차이가 없는 것으로 분석되었다.

### 2. 향후 연구과제

본 연구에서는 Tripwire 및 Tracking 기반의 영상검지시스템의 통합에 앞서 개발된 Tripwire 기반의 영상검지시스템과 Tracking 기반의 영상검지시스템을 통하여 기본 교통정보를 산출하고 성능을 비교하였다. 하지만, 향후 연구에서 다음과 같은 사항들이 보완되어야 할 것이다.

첫째, 본 연구에서는 개발된 Tripwire 및 Tracking 기반의 영상검지 시스템에서 교통정보를 수집하고, 그 성능을 현재 가장 범용적으로 사용되고 있는 제품(Autoscope)과 비교하였지만, 다양한 실험환경에 대한 성능비교가 필요하다. 예를 들어, 침두 및 비침두 시간 및 야간, 새벽 등 다양한 환경에서도 유의한 결과를 제공하여야 하기 때문에 향후 연구에서는 지속적으로 다양한 환경에 대한 시험이 이루어질 것이다.

둘째, 두 가지 영상검지시스템을 개발하고 교통량 및 속도를 산출하여 Autoscope의 산출결과와 비교하였다. 산출결과는 유의하게 분석이 되었지만, Tripwire 기반의 영상검지시스템의 경우, 산출된 교통량은 실제 교통량보다 1대가 더 검지되었다. 이러한 오차를 발생시키는 원인들에 대한 지속적인 연구 및 보완을 통하여 정확도를 향상시켜나가는 과정이 필요할 것으로 판단한다.

마지막으로, 본 연구에서는 교통량과 속도만을 가지

고 성능을 평가하였지만, 시스템을 개발하는 측면에서 향후 사용자의 입장에서 유용한 다양한 정보들을 제공할 수 있도록 시스템을 개발하는 과정이 필요하며, 이러한 부분에 대한 알고리즘 개발과 성능비교는 지속적으로 수행하여야 하는 부분이다.

## 참고문헌

1. 가칠오·변영기·유기운·김용일(2005), "영상처리 기술을 이용한 도로 및 차량 추출 기법에 관한 연구", 한국지공간정보학회논문집, 제13권 제4호, pp.3~9.
2. 박창수(2003), 도시교통운영론.
3. 서창진·양황규(2000), "영상처리를 이용한 교통량측정 시스템에 관한 연구", 동서대학교 동서논문집, 제6집, pp.369~383.
4. 이진호·유성준(2007), "무인교통단속장비와 교통사고 자동기록장치 기능통합 및 효율적 운영방안 연구(II)", 도로교통안전관리공단 교통공학연구실 기본과제 중간심사의료, 도로교통안전관리공단.
5. 이기영·장명순(2006), "미시적 교통정보자료의 취득을 위한 영상기반 차량추적기술 개발", 대한교통학회지, 제23권 제7호, 대한교통학회, pp.137~148.
6. 이응주·손영선·김성진(2002), "영상처리 기법을 이용한 차량 분류 및 인식 알고리즘", 동명정보대학교 공학기술연구소 논문집, 제1권, pp.185~192.
7. 이청원·송영화(2007), "이분산성을 고려한 영상검지기 정확도 추정", 대한교통학회지, 제25권 제2호, 대한교통학회, pp.7~15.
8. 장진환·박창수·백남철·이미영(2005), "차량 속도별 영상검지기 성능분석", 대한교통학회지, 제23권 제5호, 대한교통학회, pp.105~112.
9. 하동문·이종민·김용득(2001), "영상기반 교통정보 추출 알고리즘에 관한 연구", 대한교통학회지, 제19권 제6호, 대한교통학회, pp.161~170.
10. 한국건설기술연구원(1997), "수도권 RTMS를 위한 검지기술".
11. A. Rourke and M. G. H. Bell(1988), "Traffic analysis using low cost image processing", in Proc. Seminar on Transportation Planning Methods, PTRC, Bath, U. K.

12. M. Pathy, and M. Y. Siyal(1998), "A window-based image processing technique for quantitative and qualitative analysis of road traffic parameters", IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. 47, No. 4, pp.1342~1349.
13. Raju Patil, Paul E. Rybski, T마데(저자체크요청) Kanade, Manuela M. Veloso(2004), "People Detection and Tracking in High Resolution Panoramic Video Mosaic", Proceedings of 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems September 28~October 2, 2004, Sendai, Japan.

☞ 주 작성 자 : 오주택  
 ☞ 교 신 저 자 : 오주택  
 ☞ 논문투고일 : 2007. 11. 10  
 ☞ 논문심사일 : 2008. 1. 14 (1차)  
                   2008. 3. 10 (2차)  
                   2008. 3. 21 (3차)  
 ☞ 심사판정일 : 2008. 3. 21  
 ☞ 반론접수기한 : 2008. 8. 31  
 ☞ 3인 익명 심사필  
 ☞ 1인 abstract 교정필