

# 영상검지 카메라를 이용한 도로상의 차량흐름 계측방안 연구

김희식<sup>†</sup> · 김진만

서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부  
(2003. 6. 9. 접수 / 2003. 9. 25. 채택)

## The Development of Camera Detection System for the Measurement of Road Traffic Data

Hie-Sik Kim<sup>†</sup> · Jin-Man Kim

Department of Electrical and Computer Engineering, University of Seoul  
(Received June 9, 2003 / Accepted September 25, 2003)

**Abstract** : To improve the road transportation safety, the road traffic data is monitored by applying an image detection system. The road traffic safety is analysed using image processing techniques. For more accurate measurement, the coordinate matching of real road data to image is one of the most essential parts of the image detection technique. The road image is skewed at the input screen, because the video camera is installed at the roadside. A fast and precise algorithm for the coordinate matching is developed to convert image coordinates into road coordinates.

**Key Words** : camera, detection, coordinates, road traffic, measurement

### 1. 서 론

도로 교통시설에서 영상감지기를 통한 안전을 확보하고, 차량흐름을 계측하기 위하여, 관할 관청에서는 Fig. 1과 같이 영상 검지시스템을 적용하고 있다. 영상 검지기는 영상처리 기법을 이용하여 실시간으로 도로의 교통 정보를 취득하고 분석하는 장치이다. 이러한 도로 영상정보를 이용하여 교통흐름을 분석하고 도로상 교통사고 및 터널내의 화재 등에 대한 즉각적인 안전조치에 활용하고 있다<sup>1)</sup>.

지능형 교통망(ITS)에서 영상 시스템을 적용하면 내부순환 도로와 같은 고속도로상의 사고 상황을 자동으로 감시하여 안전조치를 즉각 취하고 추가적인 안전 사고 방지 대책을 조치할 수 있게 한다. 도로 상의 사고와 화재 등 비상 사태에 발생을 자동으로 감지하는데 적용하고 있는 장비는 데이터 수집량이 가장 많은 영상검지가 가장 선호되고 있다. 영상 검지기 이외에도 다양한 장치들이 적용되고 있다.

교통 검지기의 종류에는 영상 검지기, 루프 검지기, 자기 검지기, 피에조 검지기, 레이저 검지기, 적외선 검지기, 초음파 검지기, 초단파 검지기, 압력 검지기 등의 다양한 차량 검지기 종류가 있다.

영상검지기를 이용하면 1개의 카메라로 다차로에 대한 교통정보를 검출할 수 있고, 실시간으로 교통현장의 영상을 수집할 뿐만 아니라 다양한 정보 수집이 가능하여 현재로서는 가장 효율적인 수단으로 평가되고 있다. 여러 장점에도 불구하고, 카메라 영상을 이용한 교통 분석 방법에는 문제점들이 있다. 영상 분석의 결과는 정확도가 낮다는 점이 문제점이다. 즉, 아직 효율적이고 정밀한 계측 알고리즘이 개발되지 않아 실제 적용하기에는 쉽지 않은 상태이다. 따라서 도로 영상검지기 분야에서 정밀도와 영상처리 속도를 향상시키기 위한 알고리즘의 개발이 필요하다.

### 2. 영상검지 시스템

영상검지기는 CCD 카메라에 의해 촬영된 도로의 동영상에 차로별 가상의 검지 영역을 설정하여

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.  
drtskim@uos.ac.kr

영상처리에 의해 차량을 검지하고 그 차량의 속도, 점유시간 등을 계산해 내는 최첨단 도로 교통 검지기이다. 영상검지기는 1980년대 말에서 1990년대 초 사이에 기존의 루프검지기의 대체 검지기로 개발되었다<sup>3)</sup>.

영상검지기는 도로를 촬영하는 CCD카메라, 렌즈, 카메라 하우징, 팬틸트 등으로 이루어진 검지부와 촬영된 영상으로부터 각종 교통정보를 검출하는 제어부 및 설치를 위한 철구조물, 합체 등으로 이루어져 있다<sup>4)</sup>.

영상 검지장치는 다양한 도로의 다양한 안전성 정보를 수집할 수 있고, 도로교통 감지 시스템으로서 장점이 많다. 교통량, 속도, 점유율, 차량길이(차종분류), 차두 간격, 대기행렬, 차량 주행궤적 등 여러 종류의 교통 정보를 수집하여 전송한다.

도로 안전성 확보를 위한 영상 시스템의 감지 대상 영역은 매우 다양하다. 영상 시스템의 도로 안전성 확보에의 이용은 차량접촉사고, 차량전복사고, 차량화재, 중간 분리대 및 가드레일 파손, 도로 차선상의 화물적재량 낙하감시, 가로수 및 전봇대의 도로방향으로 전복, 폭우에 의한 도로 잠수 및 유실, 등등을 즉각 감시하여 추가적인 사고의 방지에 활용되고 있다.

이 시스템의 특징은 1개의 카메라로 4차선 이상의 다차로에 대한 교통 정보를 검출할 수 있고, 실시간으로 교통현장의 영상을 수집할 수 있으며, fan/tilt 제어를 이용하여 검지 지점의 변경이 용이하다. 또한 기술개발에 따라 다양한 정보의 수집이 가능하고, 설치시에 교통의 흐름에 대한 통제를 최소화함으로써 도로교통에 영향을 거의 미치지 않는다. 또한 루프 검지기에 비해 설치 후 유지관리비가 적고 또한 타 검지기와와의 통합활용이 용이하다.



Fig. 1. Video detection camera at UOS

### 3. 기본원리

영상식 차량검지기를 이용하여 사고 및 교통 변수를 검지하는 단계는 다음과 같다.

먼저, 이미지 획득 단계에서는 영상캡처 모듈에서 초당 30프레임의 카메라 영상을 획득한다. 이때 획득된 영상은 그레이 레벨 영상이다.

다음은 카메라 보정 및 기하 변화 단계이다<sup>6)</sup>. 화면좌표에 대한 실세계 3차원 좌표를 계산하기 위해 도로 영상에서 도로의 네 모서리의 위치를 결정하고 도로의 폭을 실제로 측정하여 입력한다. 또한 실제 거리와 화면 좌표와의 축적으로 사용될 레퍼런스 위치 설정 및 그 실제거리를 입력하면 자동으로 화면좌표에 대한 실세계 좌표를 계산하는 알고리즘을 적용한다<sup>7)</sup>.

검지 영역 설정단계에서 획득된 영상에 대해 도로의 차선과 평행하게 검지 영역을 설정하고, 각 영역특성에 대한 임계치 및 매개변수들을 결정한다. 검지영역 매개 변수가 결정되면 그 후 영상의 잡음을 제거하고 최종적으로 차량을 검지한다.

이러한 일련의 과정 중에서 영상 좌표를 실제 좌표로 변환하는 과정이 대단히 중요한 부분이며, 이 부분에서 정밀도를 높이는 것이 전체 시스템의 성능을 높이는데 큰 역할을 한다. 이 과정을 좌표 매칭이라고 한다<sup>6)</sup>.

본 알고리즘에서 좌표 매칭의 순차적인 과정은 다음과 같이 구성된다. 영상 검지기는 일반적으로 도로변에 철제 구조물을 세워 카메라를 설치하는데, 이 때문에 검지기 설치 시 교통의 흐름에 전혀 영향을 미치지 않는다.

설치 장소에 위치한 영상 카메라로부터 획득되는 영상은 Fig. 3과 같다.

관측 대상 도로 위에 카메라 영상으로 보았을 때 도로와 구별이 잘 되는 색상의 테이프를 이용하여

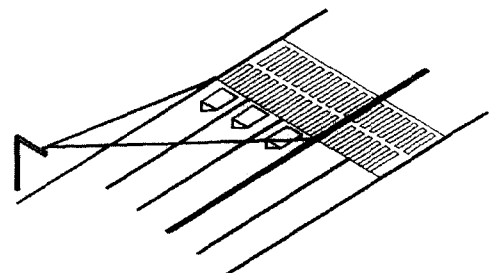


Fig. 2. Position of camera on the road

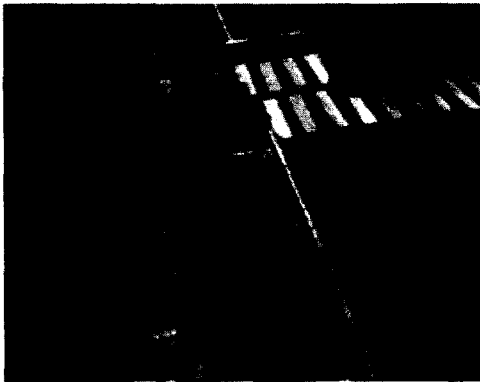


Fig. 3. Road traffic image from camera

관측 영역을 평행사변형으로 표시한다. 이때 네 개의 꼭지점과 각 선분의 중점이 기준점이 된다.

Visual C++ 프로그램 상에서 영상검지 카메라를 이용하여 도로의 영상을 획득한다. 메모리에 저장된 도로 영상 데이터에 본 프로그램의 기능을 이용하여 기준점을 입력한다. 초기에 기준점 입력은 설치 사용자가 직접 마우스를 조작하여 설정한다.

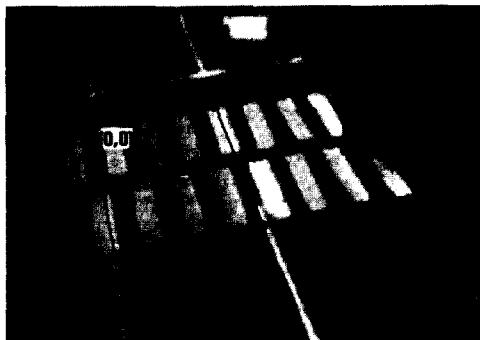


Fig. 4. Adjusting reference points



Fig. 5. Indication of reference points on the image

#### 4. 좌표 매칭 알고리즘

좌표 매칭은 기준점을 연결한 사각형 영역 내에서 영상 좌표에 대응하는 실제 좌표를 찾는 것을 의미한다<sup>1)</sup>.

앞서 설정한 기준 점을 이용해 영상 좌표와 실제 좌표를 매칭하기 때문에, 사전에 도로에 표시된 8곳의 기준점의 좌표값을 먼저 파일에 저장한다.

좌표 매칭 알고리즘은 크게 세 단계로 구성된다<sup>6)</sup>.

첫 단계는 임의의 위치에서의 x축 방향 기울기와 y축 방향 기울기를 찾는 것이다. 기준점 내에서 x축의 기울기는 a2에서 a1으로 변하고, y축 기울기는 b2에서 b1으로 변한다. 이러한 도로 화면에서 좌표 축의 기울기를 계산한다.

먼저, 기준점들을 연결했을 때 생성되는 선분 중 세로 방향 선분, 즉 선분 LB-LT와 RB-RT를 확장해서 연결하여 서로 만나는 점을 찾고, 또, 가로 방향 선분 즉 선분 LT-RT와 LB-RB를 확장해서 연결하여 서로 만나는 점을 찾을 수 있다. 이것을 그림으로 표시하면 Fig. 6과 같다<sup>9)</sup>.

y축 방향의 소실점과 임의의 점을 연결하면, 그 지점에서의 y축 방향 기울기를 구할 수 있고, x축 방향의 소실점과 임의의 점을 연결하면, 그 지점에서의 x축 방향 기울기를 구할 수 있다.

두 번째 단계에서는 임의의 점에서 앞에서 구한 기울기로 직선을 그었을 때 선분 LT-RT와 만나는 좌표와 선분 LB-LT와 만나는 좌표를 찾을 수 있다.

이 좌표들로부터 실제 좌표상의 기준점 (0,0)까지의 거리는 x1 과 y1 이다. x1는 기준점에서 x축 방

Table 1. Matching points on the image

LB	Left Bottom Point	RB	Right Bottom Point
LT	Left Top Point	RT	Right Top Point
LM	Left Middle Point	RM	Right Middle Point

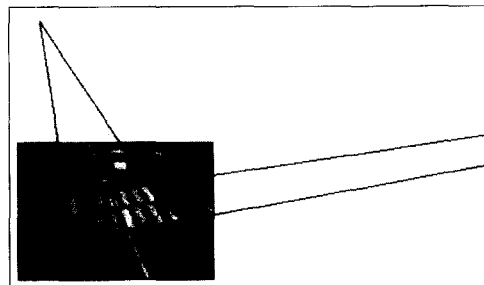


Fig. 6. Intersection of reference lines

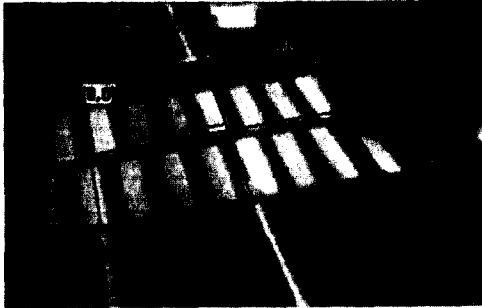


Fig. 7. Calculation of inclination on a point



Fig. 8. Matching of image coordinates to real road coordinates

향으로의 거리이고,  $y_l$ 은 기준점에서  $y$ 축 방향으로의 거리이다.

세 번째 단계에서는  $x_l, y_l$ 의 실제 좌표상의 거리를 계산한다.

Fig. 8에서  $P_3$ 는  $P_1$ 과  $P_2$ 의 중점이다. 이 기준점들의 관계에서 수식을 작성하여 사용한다. 이후에 나오는 수식에서  $P_i$ 는 이미지 상의 좌표를 나타내고,  $Pr$ 은 실제 좌표계 상에서의 좌표를 나타낸다. 이미 지상의 거리의 단위는 포인트, 실 좌표의 단위는  $m$ 를 사용하였다.

이미지 좌표와 실제 좌표 간의 변환을 위한 식을 먼저 설정하는데,  $Pr_1$ 에서  $Pr_2$ 로 실제 좌표의  $X$  축을 따라 이동할 때 영상 좌표  $P_{i1}$ 에서  $P_{i2}$  좌표로 임의의 비율로 증가하면서 좌표가 변화된다. 따라서 임의의 비율을 적용하여 근사하게 되며, 여기서는 지수함수로 증가한다<sup>4)</sup>.

Table 2. Comparison of distances on the real road surface and on the image

$P_{i2}$	이미지에서 $P_1 \sim P_2$ 의 거리	$Pr_{i2}$	$P_1 \sim P_2$ 의 실제 거리
$P_{i3}$	이미지에서 $P_1 \sim P_3$ 의 거리	$Pr_{i3}$	$P_1 \sim P_3$ 의 실제 거리

이 수식은  $Pr_{i2}$ 와  $P_{i2}$ 에 대하여 성립하여야 하고,  $Pr_{i3}$ 와  $P_{i3}$ 에 대해서도 성립해야 하므로, 이 특성을 이용하여 수식에 필요한 parameter를 계산할 수 있다<sup>2)</sup>.

$$\begin{aligned} \text{Let } P_{i2} &= a \\ a &= \sqrt{(x_{i2} - x_{i1})^2 + (y_{i2} - y_{i1})^2} \\ \text{Let } Pr_{i2} &= m \\ a &= \sum_{k=0}^{n-1} a * e^{ki} = a * \frac{e^{nk} - 1}{e^k - 1} \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} \text{Let } P_{i3} &= \beta \\ \beta &= \sqrt{(x_{i3} - x_{i1})^2 + (y_{i3} - y_{i1})^2} \\ \text{Let } Pr_{i3} &= m \\ \beta &= \sum_{k=0}^{n-1} a * e^{ki} = a * \frac{e^{nk} - 1}{e^k - 1} \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned} \frac{a}{\beta} &= \frac{e^{nk} - 1}{e^{nk} - 1} \\ \text{Let } t &= \frac{e^{nk} - 1}{e^{nk} - 1} \\ t(e^{nk} - 1) &= e^{nk} - 1 \\ t * e^{nk} - e^{nk} &= t - 1 \end{aligned} \tag{3}$$

$Pr_{i2}$ 는  $Pr_{i3}$ 의 2배이므로,  $m$ 은  $2n$ 으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} e^{2nk} - t * e^{nk} + (t - 1) &= 0 \\ \text{Let } s &= e^{nk} \\ s^2 - t * s + (t - 1) &= 0 \\ (s - t + 1)(s - 1) &= 0 \end{aligned} \tag{4}$$

$e^{nk}$ 가 1이 되려면  $n$  또는  $k$ 는 0이 되어야 하는데,  $n > 0$  이고,  $k$ 는 0이 아닌 상수이므로, 수식을 변경하면

$$\begin{aligned} s &= t - 1 \\ e^{nk} &= t - 1 \\ nk &= \ln(t - 1) \\ k &= \frac{1}{n} \ln(t - 1) \end{aligned} \tag{5}$$

식 5를 식 1에 대입하면  $a$ 의 값이 다음과 같다.

$$\begin{aligned} a &= a * \frac{e^k - 1}{e^{2nk} - 1} \\ &= a * \frac{e^{\frac{1}{n} * \ln(t-1)} - 1}{e^{2 * \ln(t-1)} - 1} \end{aligned} \tag{6}$$

Table 3. Precision result of coordinates matching

LT로부터의 실제 거리 (m)	이미지에서 계산된 거리(m)
1	1.01
2	2.01
3	3.02
4	4.02
5	5.02
6	6.03
7	7.03
8	8.04

a의 값과 k의 값을 구할 수 있으므로, 실제 좌표 사이의 거리가 이미지 상에서 어떻게 나타내어지는 지 알 수 있다.

그러나, 핵심적인 목표는 영상 좌표로부터 실제 좌표를 구하는 것이다. 앞서 구한 a와 k의 값으로부터 증가율을 계산할 수 있다.

P<sub>i</sub>으로부터 s 만큼 떨어진 지점의 이미지 좌표 x 축에서의 거리는 (7) 식과 같다.

$$\begin{aligned}
 x_s &= a * \frac{e^{k*s} - 1}{e^k - 1} \\
 e^{s*k} &= \left( \frac{e^k - 1}{a} \right) * x_s + 1 \\
 s &= \frac{1}{k} \ln \left( \frac{e^k - 1}{a} \right) * x_s + 1
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

첫 번째 단계에서 구한 이미지상의 거리 m - x<sub>1</sub>, m - y<sub>1</sub>을 위 식에 대입하여 실제 좌표상의 X축 방향, Y축 방향의 거리를 구할 수 있다. 이 알고리즘을 이용하여 실제 도로에 적용한 결과와 실제 거리와 비교하여, 도로상의 안전성확보를 위한 영상인식의 정밀도를 시험하였다.

이상과 같이 표준편차 0.0245m로 계측오차가 상당히 적은 결과이므로, 도로 영상 분석의 정밀도가 확보되었다. 기존에 설치되어 있는 도로 영상시스템의 정밀도는 0.1m이므로 개발한 시스템에서는 오차가 5분지 1로 감소되었다.

### 5. 결 론

도로교통 시설에서 안전성을 확보와 효율적인 교

통관리를 위하여 영상 검지기가 많이 적용되고 있으나 낮은 정밀도가 현장에서는 문제이다. 영상 검지기의 정밀도 향상을 위하여 도로영상과 카메라 좌표 사이의 변환 알고리즘을 새로 개발하였다. 영상검지기의 성능과 밀접한 관계가 있는 좌표 변환 알고리즘은 몇 종류가 개발되어 있다. 기존의 알고리즘에서는 계산과정이 복잡하거나 또는 알고리즘의 적용 문제가 있어, 영상 데이터 계산 오차로 인한 도로 시설에서의 안전성 확보가 충분하지 못하였다.

영상 카메라를 통해 실시간으로 획득한 영상의 좌표계와 도로상의 실제 좌표계의 관계 설정이 편리하고, 또한 정밀하게 좌표계가 매칭되는 알고리즘을 제시하였다.

기본적인 변수의 수동 설정법을 통한 카메라 좌표 보정용 알고리즘을 적용하면 도로의 영상 데이터 분석의 정밀도가 높아지고, 도로 교통시설에서의 여러 가지 사고에 대한 감지 정밀도를 높힐 수 있다. 또한 본 연구에서 개발한 영상시스템 알고리즘을 일반 산업 시설의 안전상태 자동 감시용 영상시스템에 적용하면 산업안전성이 향상될 수 있다.

### 참고문헌

- 1) Andrain Low, "Introductory Computer Vision and Image Processing", 1991.
- 2) Dwayne Philips, "Image Processing in C", 1994.
- 3) Ioannis Pitas, "Digital Image Processing", 1993.
- 4) James D. Foley, "Computer Graphics: Principles and Practice, second edition in C", 1995.
- 5) Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", 1993.
- 6) Loaiza, H. Triboulet, J. Lelandais, S. Barat, C. "Matching segments in stereoscopic vision", IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, pp. 37 ~42, March 2001.
- 7) Roth, G. "Computing camera positions from a multi-camera head", 3-D Digital Imaging and Modeling, 2001. pp. 135 ~142, 2001.