

A Development of Traffic Information Detection

Using Camera

김 양주, 한 민홍

고려 대학교 산업 공학과

ABSTRACT

This paper presents an image processing technique to get traffic information such as vehicle volume, velocity, and occupancy for measuring the traffic congestion rate.

To obtain these information, two horizontal lines are previously set on the screen. A moving vehicle is detected using the gray level difference on each line, and also template matching method at night. Threshold values are determined by sampling pavement grey level, and updated dynamically to cope with the change of ambient light conditions. These technique is successfully used to calculate vehicle volume, occupancy, and velocity.

This study can be applied to traffic signal control system for minimizing traffic congestion in urban areas.

I. 서론

최근 급격한 차량의 증가로 인하여 기존의 교통신호 체계로는 효율적으로 교통 흐름을 제어할 수 없게 되었다. 그 대표적인 현상으로써 도심에서의 교통 체증을 들 수가 있다. 교통 체증은 수송 시간의 증가, 공해, 연료의 낭비 등의 문제를 야기시키며, 이는 날로 심각해지고 있다. 교통 체증을 해소하기 위해서는 신도로의 건설도

중요하지만, 각 지역의 교통 체증의 정도에 따라 신호 시간을 자동으로 조절함으로써 효율적으로 교통 흐름을 제어할 수 있는 신 교통신호 체계도 필수적이다.

신 교통신호 제어 시스템의 근간을 이루는 것은 도로 정보를 획득하는 검지 시스템이다. 현재, 국내·외적(미국, 호주, 영국 등)으로 교통신호 제어 시스템에 가장 널리 사용되고 있는 검지기는 루프 검지기(inductive loop detector)이다. 루프 검지기에서 얻어진 정보는 매우 신뢰성이

높다. 그러나, 도로에 직접 매설이 되기 때문에 설치, 유지, 보수에 많은 문제점이 있으며, 차량 운행 형태에 따라 검지 자료의 신뢰도가 달라진다. 이러한 문제로 인하여 루프 검지기의 단점을 보완하고, 경우에 따라서 루프 검지기를 대체할 수 있는 검지기의 개발이 활발히 진행되고 있으며, 몇몇은 시험을 거쳐 실제 적용이 되고 있다. 여기에는 초음파 검지기(Ultrasonic Detector), 자기 검지기(Magnetic Detector), 초단파 검지기(Microwave Detector), 영상 검지기 등이 있다.

영상 검지기는 1970년대부터 미국, 유럽, 일본을 중심으로 연구가 시작되어 현재 실용화 단계에 있으며, 그 기능에 따라 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 즉, 기존의 검지기(루프 검지기)의 기능을 그대로 모방하는 시스템(Loop emulation system)과 영상 처리 기법을 활용하여 보다 고차원적인 작업을 행하는 시스템(Lane monitoring, Vehicle tracking, Collision prevention, Vehicle classification, etc.)이 있다. 본 연구에서는 전자의 기능을 가진 영상 검지기를 개발하는데 중점을 두었다.

II. 기존의 방법과 비교

교통 정보를 획득하는데 사용되는 검지기는 그 사용 센서(sensor)의 특성에 따라 검지 가능한 정보와 설치 장소 등이 결정이 된다. 기존의 검지기의 대부분은 루프 센서를 사용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 루프 센서를 사용한 루프 검지기와 영상 검지기의 적용에 따른 장단점을 비교 검토한다.

제 1 절. 루프 검지기

루프 검지기는 차량의 존재, 교통량, 속도(루프 검지기를 두개 사용), 점유율 등을 구할 수 있다. 그림 2-1은 루프 검지기의 개략적인 구성을 나타낸 것이다.

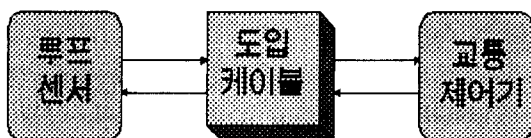


그림 2-1. 루프 검지기의 구성.

노면(路面) 밑에 설치된 루프 센서에 전류가 흐르면 일정한 자속을 갖는 루프 자장이 형성된다. 만일, 차량과 같은 도체가 루프 자장 위로 지나갈 경우 유도 자장이 발생하게 되고, 본래의 루프 자장과 차량이 지날 경우의 유도 자장이 상호 작용하여 자속이 변화한다. 식 2-1에서와 같이 자속은 인덕턴스와 비례하므로, 결국 인덕턴스도 변화된다. 루프 검지기는 이러한 인덕턴스 변화를 주파수 함수로 변환하여 차량의 존재 유무를 검지한다.

$$L = \frac{N\Phi}{I} = \frac{NBA}{I} \quad (\text{식 2-1})$$

L : 루프 코일의 인덕턴스

N : 코일의 회전수 (T : Turns)

Φ : 자속 (flux) (W : Webers)

I : 전류 (A : Ampere)

A : 코일 단면적 (m^2)

식 2-1에서 보는바 와 같이 루프 검지기는 구성 소재의 전기적인 특성(저항, 커패시턴스, 인덕턴스)에 따라서 검지 감도가 결정되기 때문에 설치가 까다롭다

루프 검지기는 차량이 정상적으로 루프 위를 지나갈 경우 검지의 신뢰성이 매우 좋다. 그러나, 검지 영역이 루프 자장이 형성되는 지역으로 한정돼 있기 때문에 검지의 신뢰성이 차량의 운행 패턴(pattern)에 많은 영향을 받는다.

제 2 절. 영상 검지기

영상 검지기는 도로변에 설치된 CCTV 카메라나 CCD 카메라를 이용하여 획득한 영상을 컴퓨터를 이용하여 처리함으로써 다양한 교통 정보를 얻을 수 있는 검지기이다. 또한, 설치, 유지, 보수가 기존의 검지기에 비해 매우 간단하다.

기존의 영상 검지 시스템은 TRIP (Traffic Research using Image Processing , Britain, 1984, Mini-computer 사용), TRIP II (upgraded TRIP system, 1989, INTEL 80386 사용), Belgian Research system (1980), CCATS (Camera and Computer-Aided Traffic Sensor,

상용 시스템, 1989), Japanese Research system (1984, NCC100 Microcomputer사용), VADAS (ARRB: Australian Road Research Board, 1984) 등을 들 수 있다. 이러한 시스템의 대부분은 루프 검지기를 모방하여 교통 정보를 추출하는 것으로, 노면의 화소(pixel) 값의 변화로써 차량을 인식한다.

III. 영상 검지 시스템 구성

제 1 절. 전체 시스템 구성.

일반적인 영상 검지기 시스템 구성은 크게 영상을 감지하는 카메라(camera)부분과 영상 처리 보드, 컴퓨터, 기타 시스템에 필요한 주변 기기들로 이루어져 있다.

그림 3-1은 교차로를 모델로 영상 검지 시스템을 구성한 것이다.

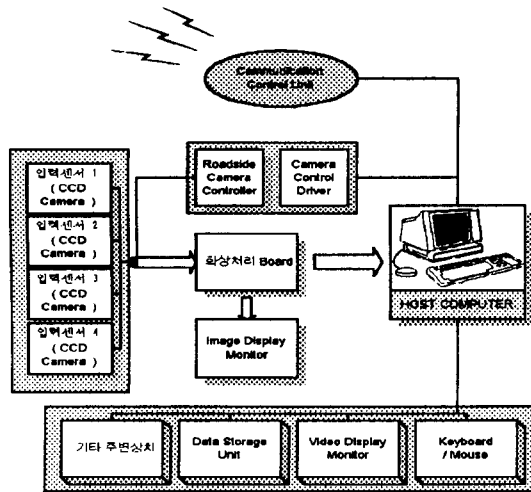


그림 3-1. 영상 검지기의 시스템 구성도.

그림 3-1에서 보는바 와 같이 영상 검지 시스템은 CCD 카메라로부터 영상 신호(analog signal)가 들어오면 화상 처리 보드에서 이 신호를 컴퓨터가 처리할 수 있는 디지털(digital)로 변환을 한다. 컴퓨터에서는 입력된 영상 신호를 적절한 알고리즘을 통해 교통 정보를 추출하고, 이를 지역 교통 관제 센터로 전송한다. 지역 관제 센터에서는 이러한 정보를 토대로 교통 신호 주기를 재조정한다.

그림 3-1과 같은 시스템을 구축하는데는 많은

어려움이 있으므로 본 연구에서는 이를 간략화하여 영상 획득에서 교통 정보 추출 알고리즘을 구현하는 것까지 시스템을 구축하였다. 영상 처리를 위해 국산 Ci-256 화상 처리 보드(resolution : 256 * 256)를 386PC에 장착하여 검지 알고리즘을 구현했다.

제 2 절. 카메라(camera)의 설치

영상 검지기에서 목적하는 정보를 얻기 위해서 가장 먼저 고려해야 하는 것은 카메라의 종류, 위치, 높이, 각도 등을 결정하는 것이다. 이러한 요소들은 검지에 필요한 모든 파라미터(parameter)에 많은 영향을 준다.

영상 검지기에서 카메라의 수평 각도가 클 경우 선행 차량이 다른 차선의 차량을 은폐시킴으로써 검지 오차를 증가시키는 주요 원인이 되기 때문에 가능하다면 0° 로하는 것이 바람직하다. 또한 수직 각도가 너무 적을 경우 후속 차량을 은폐시키거나 야간의 경우 블러링(blurring)의 원인이 된다.

그림 3-2는 이러한 제 요소들을 감안하여 카메라의 설치와 그에 따르는 검지 영역을 도시(圖示)한 것이다.

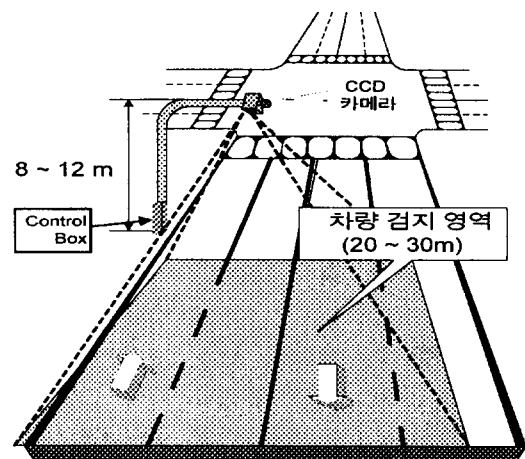


그림 3-2. 도로변에서의 카메라의 설치

본 연구에서는 영상 획득을 위해 교차로부터 30m 떨어진 육교 위에서 CCD 카메라 대신 일반적인 캠코더(camcoder)를 사용하였으며, 수평 각도를 0° 에 가깝게 하였다.

IV. 차량 검지 알고리즘의 구현

주간과 야간의 도로 영상의 특징이 완전히 다르기 때문에 본 연구에서는 이를 구분하여 각각 별도의 알고리즘을 구현하였다. 주간에서는 노면의 화소 값을 이용하여 차량을 검지하였고, 야간에서는 차량의 전조등을 이용하여 차량을 검지하였다. 또한 시간에 따른 영상의 변화를 반영하기 위해 역치(threshold)값을 동적으로 갱신하도록 하였다.

제 1 절. 주간에서의 차량 검지

주간에서의 검지 알고리즘은 차두에 맺히는 그림자, 노면, 차체의 화소 값을 이용하여 검지 알고리즘을 구현하였다.

1. 차량이 존재하지 않을 경우.

그림 4-1은 화면 중앙 부분에 설치한 검지 영역에 차량이 존재하지 않을 때의 시간에 따른 평균 화소 값들의 변화를 나타낸 것이다.

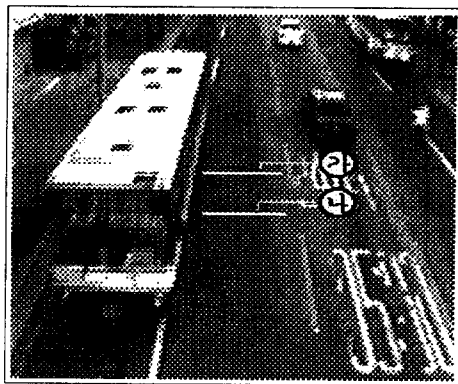


그림 4-1. 차량이 존재하지 않을 때

그림에서 ㉑는 차량의 존재 유무를 인식하여 교통량, 점유율을 구하기 위해 설정된 것이며, ㉒는 속도를 구하기 위해 설정된 검지 영역이다.

이들 검지 영역에서 노면의 화소(pixel) 값들은 평균을 중심으로 일정한 변동을 한다. 따라서 역치(threshold) 값은 이 값들을 포함하고, 그림 4-1에서 보는 바와 같이 대형 차량이 검지 영역 옆 차선을 지날 경우 유발되는 그림자의 영향을 없애기 위해 신뢰 구간으로 정하였다. 또한, 식 4-1을 이용하여 동적으로 역치(threshold) 값을 갱신함으로써 시간의 따른 검지의 신뢰성을 높이도록 했다.

$$AT(t) = \alpha \overline{X(t)} + (1 - \alpha)AT(t-1) \quad (\text{식 4-1})$$

$AT(t)$: 시점 t에서의 갱신된 역치(threshold) 값

α : 갱신율 (0.0 ~ 1.0)

$\overline{X(t)}$: 시점 t에서의 평균 화소(pixel) 값

$AT(t-1)$: 시점 t-1에서의 역치(threshold) 값

2. 차량이 존재할 경우

가. 흰색 차종의 경우

그림 4-2는 흰색 차종이 검지 영역을 지나갈 때의 평균 화소 값의 변화량을 그래프로 나타낸 것이다.

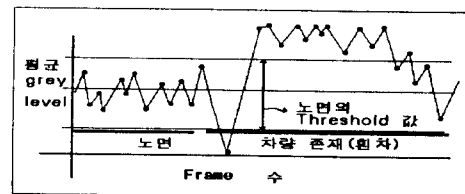
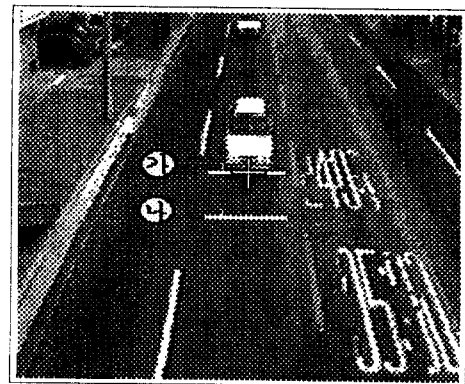


그림 4-2. 흰색 차종이 지나갈 때

그림 4-2에서와 같이 차량이 검지 영역을 지날 때 차두에 멧히는 그림자로 인하여 화소(pixel) 값의 평균이 큰 폭으로 떨어진다. 이러한 특징은 카메라(camera) 수직 각도를 줄 경우 차종이나 색상에 무관하게 나타난다. 특히, 흰 차종일 경우는 차두의 그림자와 차량과의 평균 화소(pixel)값의 차가 심하고, 차량과 노면의 화소(pixel) 값의 차가 현저하게 나타나기 때문에 비교적 검지하기가 용이하다. 그림 4-2의 ㉞는 차량이 검지된 상태를 나타낸다.

나. 검은 색 차종의 경우.

그림 4-3은 검은 색 차종이 검지 영역을 지날 때의 평균 화소 값의 변화를 나타낸 것이다.

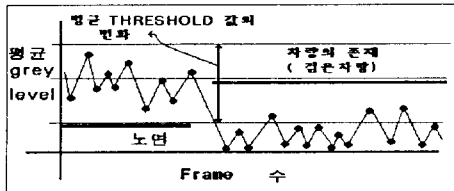
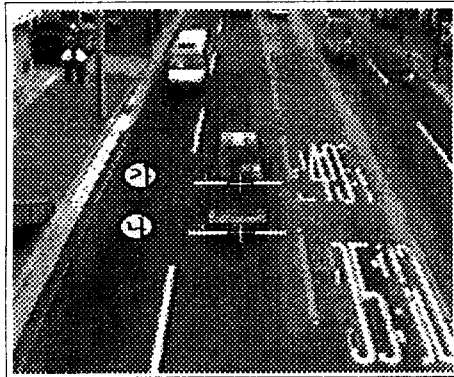


그림 4-3. 검은 색 차종이 지나갈 때

그림 4-3에서 알 수 있듯이, 그림 4-2의 흰색 차종의 경우와 비슷하게 차두가 검지 영역에 근접할 때 평균 화소(pixel) 값이 현저하게 떨어진다. 그러나, 이후의 평균 값들을 살펴보면 흰색 차종과는 반대의 결과를 보인다. 즉, 차량의 화소(pixel) 값이 역치(threshold) 값의 구간과 크게 차이가 나지 않을 뿐 아니라, 차량 자체의 화소(pixel) 값도 노면과 유사한 값을 갖는다. 따라서, 단순히 노면과 차량의 화소 값의 차이를 이용하여 차량을 검지할 수가 없다. 이 경우 차두에 생

기는 그림자를 이용하여 차량을 인식하도록 했다.

그림 4-3의 ㉞는 차량이 검지 영역에 존재하는 시간(점유 시간)을 나타낸다. ㉞는 차량의 속도를 감지한 상태를 나타낸다.

제 2 절. 야간에서의 차량 검지

야간의 경우 주간에 적용한 알고리즘을 그대로 적용하는데, 많은 어려움이 발생한다. 즉, 차량 전조등의 화소 값이 주위의 화소 값에 비해 현저하게 크고, 노면에서 반사되는 반사광의 처리가 힘이 들며, 블러링(blurring)이 심하게 발생한다.

야간에서도 검지 영역은 주간의 경우와 마찬가지로 정하였으나, 주간과는 달리 검지 영역 하나로써 두개의 차선을 검지하도록 하였다. 또한, 노면, 차량, 차두에 멧힌 그림자의 화소 값을 이용하던 주간과는 달리 차량의 전조등을 인식하는 방법을 사용하였다.

1. 차량이 존재하지 않을 경우

그림 4-4는 야간에 차량을 검지하기 위해서 설치한 검지 영역을 나타낸다. 상단의 검지 영역은 교통량, 차종 등의 교통 변수의 획득 기능을 가지며, 검지의 정확도에 직접적인 영향을 준다. 하단 검지 영역은 속도의 검지에 이용된다.

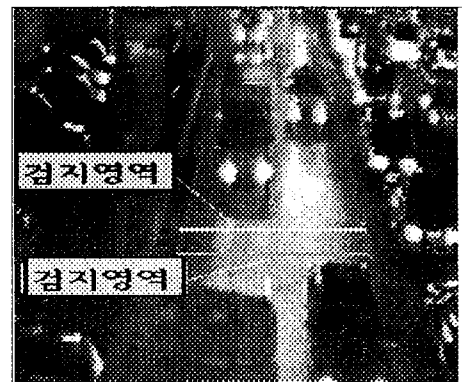


그림 4-4. 야간에서의 검지 영역 설치.

그림에서 보는 바와 같이 야간의 검지 영역은 차량의 전조등으로 인하여 매우 불규칙하게 변화한다. 또한, 화소 값들이 극단적으로 분포되어 있다. 따라서, 노면의 화소 값들을 이용하지 않

고, 설정된 상단의 검지 영역과 하단의 검지 영역의 화소 값의 차이를 이용하여 차량을 검지하는 것이 더욱 의미가 있다. 차량이 검지 영역에 존재하지 않을 때 상단과 하단의 화소 값의 차는 거의 일정한 구간의 값을 갖기 때문에 역치(threshold) 값을 갱신하지 않아도 된다.

역치(threshold) 값은 식 4-2와 같이 표현할 수 있다.

$$T = \text{Max}(|x_1|, |x_2|, \dots, |x_n|) + c, \text{ (식 4-2)}$$

T : 역치(threshold) 값

x_i : 상단과 하단의 화소 값의 차

($i=1, 2, \dots, n$)

c : 상수 (constant), ($0 < c < 255$)

2. 차량이 존재할 경우

가. 교통량과 차종 구분

그림 4-5는 설치된 상단의 검지 영역에 버스가 검지된 것을 나타낸다.

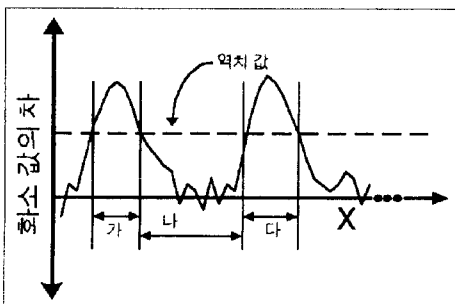


그림 4-5 야간에서의 차량 검지.

차량이 검지 영역을 지날 때 전조등으로 인하여 상단과 하단의 화소 값의 차는 그림 4-5의 아래 그래프와 같은 일정한 패턴(pattern)을 가진다. 즉, '가'와 '다'는 전조등을 가리키며, '나'는 전조등간의 거리를 나타낸다. '나'의 길이는 차량을 대소로 구분하는 기준이 된다.

나. 속도의 검지

그림 4-6은 하단의 검지 영역에서 차량의 속도를 검지하였을 경우를 나타낸다.

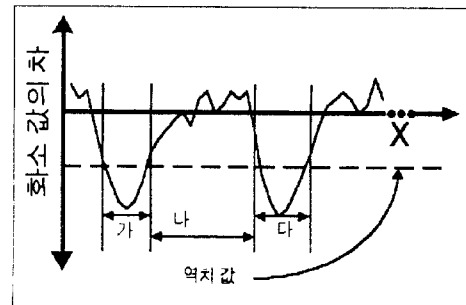


그림 4-6. 검지 영역에서의 속도 검지.

그림 4-6의 아래 그래프에서 '가'와 '다'는 전조등을 나타내며, '나'는 영상에서의 전조등간의 거리를 나타낸다. 만일 검지된 차량 뒤에 차량이 있을 경우 위의 그래프는 더 복잡한 형태를 띠게 것이다. 그러나, 좌측의 전조등에서 우측의 전조등까지의 그래프는 그림과 유사한 형태를 가진다.

상단의 검지 영역에 비해 하단의 검지 오차가 매우 크다. 이는 하단의 검지 영역에서 차량의 근접으로 인하여 블러링(blurring)이 많이 발생하기 때문이다. 즉, 그림 4-6의 그래프에서 '가'와

‘다’의 길이가 협소해지고 ‘다’의 영역이 상대적으로 길어짐으로써 차량이 아닌 반사광으로 오인을 하게 된다.

제 3 절. 실험 결과

표 4-1에서 보는바 와 같이 주간에서는 신뢰성이 높으나 야간에서는 교통량을 제외한 나머지 정보를 획득하는 것이 매우 어렵다. 이는 야간의 영상이 잡음(noise)이 많고 차량이나 노면의 화소값들이 불규칙하게 변동을 하므로 이를 차량 검지에 사용하지 못하기 때문이다.

(표 4-1)

	주 간	야 간
교통량	92/100 (대)	87/100 (대)
점유율	85/100 (대)	차종과 속도를 이용하여 추정
속도	86/100 (대)	65/100 (대)

점유율을 구하기 위해서는 차량의 길이를 인식해야 하는데, 야간의 경우 차량과 노면의 구별이 매우 어렵기 때문에 검지가 거의 불가능했다. 따라서, 본 연구에서는 차량의 속도와 차종(대, 소)을 구함으로써 점유 시간을 예측하는 방법을 사용했다.

V. 결론

정상적인 주간에서 영상 검지기를 이용하여 교통 정보를 획득하는데 상당한 효과가 있다. 그러나, 도로의 상황(비, 눈, 안개 등)의 변화에 신뢰도를 보장할 수 없다는 단점이 있다.

현재 사용 중인 대부분의 영상 검지기는 기존의 검지기와 병행하여 사용되고 있다. 즉, 기존의 루프 검지기로써 검지하기 어려운 대기 행렬 길이, 교통 사고, 차선 위반 차량 등을 검지하는데 주로 사용되고 있다. 이러한 시스템을 구축하는데 근간을 이루는 것은 차량의 존재를 파악하는 것이므로, 본 연구의 의의가 있다고 하겠다.

참고문헌 .

- [1] Panos G.Michalopoulos, Richard D.Jacobson, Craig A.Anderson, James C.Barbaresso, "Field Deployment of Machine Vision in the Oakland Country ATMS/ATIS Project", *IVHS America*, 1994.4.
- [2] Masatoshi Matsubara, Masanori Aoki, and Douglas A.Day, "Development of New Multi-Purpose Image Processing Vehicle Detector and its Implementation in the Tokyo Metropolitan Traffic Control System", *IVHS America*, 1994.4.
- [3] E L Dagless, A T Ali, J Bulas Cruz, "Visual Road Traffic Monitoring and Data Collection", *IEEE-IEE Vehicle Navigation & Information Systems Conference*, pp 146-153, 1993.10.
- [4] Neil Hoose, "AUTOMATIC TRAFFIC MONITORING FROM VIDEO IMAGES", *PROCEEDINGS 15th ARRB CONFERENCE*, PART6.
- [5] Masaru OMURA, Tomokazu KAWABATA, Kazuhiko FUJITA, Takemi FUKUMITSU, Tomio ASAI, Kuniichi SAWAI, "Development of an Image-Processing Traffic Flow Measurement System for Intersections", *SUMITOMO ELECTRIC TECHNICAL REVIEW*, NO.27, 1988.
- [6] A.Rourke and M.G.H.Bell,"Queue detection and congestion monitoring using image processing", *Traff Engng Control*, 1991.9.
- [7] Neil Hoose, "IMAPACTS : an image analysis tool for motorway surveillance", *Traff Engng Control*, 1992.3.
- [8] Kunio SAKAI, Yoshiyuki ITO, Takao NEGISHI, Masatoshi DEGUCHI, Kazuto NISHIYAMA, Kenji KATO, "In-Tunnel Traffic Flow Measuring System Using an ITV Camera", *SUMITOMO ELECTRIC TECHNICAL REVIEW*, NO.29 1990.1.
- [9] Transportation Research Board, *ASSESSMENT OF ADVANCED TECHNOLOGIES FOR RELIEVING URBAN TRAFFIC CONGESTION*, NCHRP 340, Washington, D.C. December, 1991.

- [10] Gonzalez/Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley.
- [11] MYLER/WEEKS, *COMPUTER IMAGING RECIPES IN C*, Prentice Hall.
- [12] NADLER/SMITH, *PATTERN RECOGNITION ENGINEERING*, WILEY INTERSCIENCE.
- [13] Neil Hoose, *Computer Image Processing in Traffic Engineering*, RESEARCH STUDIES PRESS LTD.
- [14] Don W.Lake, "CCD'S AND CAMERAS", EG&G RETICON APPLICATION NOTES, pp. 357-388, 1988.11.
- [15] 서울특별시 지방경찰청, *교통신호제어 시스템개발 연구용역 시행, 1차년도 보고서*, 1991.10.
- [16] 아주대학교 교통공학 연구소, *차량 검지기 타당성 조사*, 1992.12.